

El

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA OBRA

Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez

2020

Contenido

PRESENTACIÓN	4
CAPÍTULO 1	5
CAMPOS DE LA INGENIERÍA CIVIL.....	5
INTRODUCCIÓN	5
1.1 EL INGENIERO CIVIL	5
1.2 PERFIL DEL INGENIERO CIVIL	8
1.3 CAMPOS DE LA INGENIERÍA CIVIL	9
1.3.1 <i>El campo de la investigación</i>	9
1.3.2 <i>El campo del desarrollo o investigación aplicada</i>	11
1.3.3 <i>El campo de la planeación</i>	12
1.3.4 <i>El campo del diseño</i>	14
1.3.5 <i>El campo de la construcción</i>	15
1.3.6 <i>El campo de la operación</i>	30
1.3.7 <i>El campo del mantenimiento</i>	30
1.4 RELACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN CON LOS DEMÁS CAMPOS	31
ACTIVIDADES SUGERIDAS	33
CAPÍTULO 2	34
EL PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL	34
INTRODUCCIÓN	34
2.1 EL PROYECTO Y EL DISEÑO	34
2.2 EL PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL	35
2.2.1 <i>Proyectos de infraestructura</i>	35
2.2.2 <i>Proyectos de urbanización</i>	35
2.2.3 <i>Proyectos de edificación</i>	36
2.2.4 <i>Otros proyectos</i>	36
2.3 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO	36
2.4 INTEGRACIÓN DEL PROYECTO	37
2.5 GERENCIA DE PROYECTO	38
ACTIVIDADES SUGERIDAS.....	40
CAPÍTULO 3	41
EL SISTEMA OBRA	41
INTRODUCCIÓN	41
3.1 LA CONSTRUCCIÓN COMO SISTEMA.....	41
3.2 EL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	43
3.3 MARCO NORMATIVO VIGENTE	45
3.4 TERMINOLOGÍA.....	46
3.5 PRECIOS UNITARIOS.....	47
ACTIVIDADES SUGERIDAS	49
CAPITULO 4	50

EL PROCESO DE CONTROL	50
INTRODUCCIÓN.....	50
4.1 GENERALIDADES	50
4.2 CONTROL DE CALIDAD	53
4.3 CONTROL ADMINISTRATIVO.....	57
4.3.1 <i>Control de costos</i>	57
4.3.2 <i>Control de tiempo</i>	59
ACTIVIDADES SUGERIDAS.....	62
CAPITULO 5	63
TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN LA CONSTRUCCIÓN	63
INTRODUCCIÓN	63
5.1 BUILDING INFORMATION MODELING, BIM.....	63
5.2 IMPRESIÓN EN 3D.....	64
5.3 BIG DATA	64
5.4 DRONES	65
ACTIVIDADES SUGERIDAS.....	67
ANEXO	68
BIBLIOGRAFIA	76
MESOGRAFÍA	76

PRESENTACIÓN

Una de las actividades que el académico desarrolla, es la elaboración de apuntes que, con apego a los objetivos educacionales señalados en los planes y programas de estudio, permitan al alumno tener una fuente de información de fácil acceso y, a los profesores del área, un valioso punto de referencia en la impartición de su clase.

Los presentes apuntes, constituyen una introducción a los cursos posteriores del área y cubren el primer tema del programa de la asignatura Recursos de la Construcción que se imparte dentro del plan de estudios de la carrera de ingeniería civil en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., en ellos, se presentan los diferentes campos de la ingeniería civil, haciendo especial énfasis en el de la construcción, se analiza este campo como un sistema en el cual los recursos: materiales, obra de mano y equipo, son transformados a través de procesos constructivos controlados, en una obra de beneficio colectivo. Se introduce al alumno en los conceptos de proyecto: su definición, ciclo de vida, integración y la gerencia de proyecto. Asimismo, en las tecnologías de punta que se están incorporando paulatinamente al campo de la construcción.

Desde hace algunos años, se consideró pertinente ubicar el curso inicial de construcción, en los primeros semestres de la carrera, con el fin de motivar a los alumnos al introducirlos en un campo de conocimiento tangible y práctico, que se complementa con visitas técnicas a obras en proceso de ejecución.

Para reforzar lo anterior, al final de cada capítulo, se sugieren actividades para fortalecer los conocimientos adquiridos en el salón de clase y motivar a los alumnos hacia la investigación, trabajo en equipo y comunicación de la presentación de temas fijados por el profesor previamente, frente a sus compañeros de clase.

Se agradecen de antemano los comentarios y sugerencias que por vía del email permitan enriquecer el contenido de las futuras ediciones.

Atentamente,

Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez

Mayo, 2020

CAPÍTULO 1

Campos de la ingeniería civil

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la ingeniería ha sido el motor impulsor de los cambios en el entorno donde las civilizaciones se han asentado. Gracias a la ingeniería se dispuso de vivienda segura y confortable, agua y vías terrestres de comunicación; más adelante, de electricidad, medios de comunicación a distancia: telégrafo, telefonía, medios satelitales. La ingeniería ha creado plantas nucleares, aviones supersónicos, edificios de gran tamaño, sistema de cómputo avanzado, robots, drones y un sinnúmero de inventos más.

Inteligencia artificial, realidad virtual, modelación en 3D, son palabras familiares para las nuevas generaciones. El hombre, con apoyo de la ingeniería, ha puesto su pie en la luna y ha lanzado naves espaciales para explorar el universo. No ha habido más límite que la imaginación.

La finalidad de los proyectos desarrollados por los ingenieros, ha sido siempre la de mejorar las condiciones de vida del ser humano. No siempre se ha logrado; por ejemplo, el automóvil que permite transportarse con comodidad, se ha vuelto, debido a su uso desmedido en las grandes ciudades, un importante agente de contaminación ambiental y un elemento que genera estrés en la población, amén de un paradójico sedentarismo de sus usuarios. Para resolver lo primero, ya se tienen avances sustanciales con el surgimiento de automóviles eléctricos e híbridos. Resolver lo segundo será decisión de los usuarios.

La ingeniería civil no ha sido ajena a los avances tecnológicos en diferentes áreas: desde el uso de tarjetas perforadas que permitieron correr incipientes programas de cómputo para auxiliarse en sus labores sustantivas, hasta las potentes y rápidas computadoras que ahora dispone para tal fin, ha transcurrido aproximadamente medio siglo. De igual manera la maquinaria pesada utilizada en construcción, cuyos útiles de trabajo eran operados por cables, hasta los sofisticados equipos de funcionamiento hidroneumático, provistos con microprocesadores para hacer más eficiente el trabajo, por mencionar únicamente dos ejemplos. La nanotecnología ha permitido la utilización de materiales con propiedades físico químicas y mecánicas cada vez mejores, menos contaminantes y más resilientes.

Las actividades que desempeña el ingeniero civil son múltiples y variadas. Por sus características, se pueden clasificar en campos bien definidos, cada uno de ellos con sus propias características y objetivos. Se presentan a continuación, estos campos de la ingeniería civil.

1.1 EL INGENIERO CIVIL

Para poder determinar los campos de acción en que se desenvuelve, es necesario, primero, reflexionar acerca de qué es y qué hace el ingeniero civil. Tratar de definirlo en unas cuantas

palabras no es fácil, ya que, en principio, el término "ingeniero civil", no nos dice nada acerca de las actividades que desempeña, como es el caso por ejemplo de un ingeniero textil, un ingeniero agrónomo o un ingeniero en telecomunicaciones. Se sabe que, en cierto momento de la historia, se le nombró "civil", para destacar el hecho de que su función estaba alejada de cualquier finalidad de índole militar.

El diccionario de la real academia indica que la palabra ingeniero, deriva de *ingenio* (máquina, artificio mecánico) y *ero*. Define al ingeniero como la persona con titulación universitaria superior que la capacita para ejercer la ingeniería en alguna de sus ramas.

Se dice también, que ingeniero viene del inglés engineer que significa máquina, es decir, el hombre de la máquina. Este nombre se daba a quienes operaban las primeras máquinas de vapor.

Al consultar un diccionario etimológico, se encuentra que la palabra *ingeniero* proviene del latín *ingenium*, formada de *in* (en) y *genium*, de la misma raíz que *gene*, o sea, engendrar (producir-hacer más gente). La palabra latina *ingenium*, dio origen a las palabras *engin* y *engine* del francés e inglés respectivamente, las cuales a su vez produjeron *engigneur* y *engineer*, que apuntan a personas encargadas de diseñar u operar máquinas.

Finalmente, *ingenio*, que proviene de *ingenium*, es la facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad.

Revisando la literatura existente, encontramos una diversidad de definiciones, algunas de ellas bastantes informales como la que menciona que: -"Ingeniería; es el arte de hacer bien con un peso lo que cualquier chambón hace mal con dos"-, lo cual, aunque resalta en cierta manera el objetivo económico que persigue el ingeniero, dista mucho de poder aceptarse como una definición formal.

Otras definiciones que se encuentran en la literatura son:

"Ingeniería es una actividad distinta de la puramente manual y del esfuerzo físico, que desarrolla la utilización de los materiales y las leyes de la naturaleza para el bienestar de la humanidad" (R.E. Hellmund, 1929).

El profesor Hardy Cross, afirmó que: *"Ingeniería es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos incompletos e inexactos, con el fin de obtener, para un cierto problema, aquella, de entre las posibles soluciones, la que funcione de manera más satisfactoria"*.

En uno de sus artículos, el Ing. Jorge L. Tamayo señala que: *"es característica del ingeniero la aplicación del concepto de eficiencia: eficiencia en los servicios y en la producción para poder satisfacer la creciente demanda"*.

La técnica misma -dice Tamayo-, *"no tiene justificación cuando no va asociada a la eficiencia; hasta que se realiza el ayuntamiento de técnica y eficiencia es cuando surge el ingeniero. Antes de la conjunción existe el artesano, el artista, el capataz y el experto, no el ingeniero"*.

Las definiciones anteriores, concurren en señalar que la ingeniería es una actividad donde el profesional aplica con buen juicio sus conocimientos, su experiencia, su ingenio y su capacidad

de trabajo para transformar la naturaleza en beneficio de las necesidades del hombre y de la sociedad. Cabría agregar que la transformación de la naturaleza debe ser hecha respetando el medio ambiente y procurando la sustentabilidad.

Evidentemente, el ingeniero civil queda enmarcado dentro de las definiciones anteriores, sólo que realiza ingeniería en un campo de actividad específico: las obras civiles.

The Free Dictionary, asocia a la construcción como actividad preponderante del ingeniero civil y lo define como *“aquél que pertenece a cualquiera de los cuerpos facultativos no militares, dedicados a trabajos y obras públicas”*.

Dictionary.com, abunda en esta definición: *“persona que diseña obras públicas tales como puentes, canales, presas y puertos, o supervisa su construcción o mantenimiento”*.

La Facultad de Ingeniería de la UNAM, 2020, establece: *“El ingeniero civil es el profesional que posee una formación multidisciplinaria conformada por conocimientos generales de matemáticas, física, química y de las áreas específicas de la disciplina, los que aunados a las nociones de computación, comunicación gráfica, informática, administración y evaluación de proyectos, lo capacitan para participar en las etapas de planeación, diseño, organización, construcción, operación y conservación de obras civiles y de infraestructura”*.

En resumen, se puede concluir que, el Ingeniero Civil, es el profesional capacitado con los conocimientos físico-matemáticos, que le permiten transformar óptimamente, con respeto al medio ambiente y dentro de un marco legal establecido, los recursos para la realización de obras civiles de servicio colectivo, donde cubre las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las mismas.

Algunas de las obras de servicio colectivo que planea, diseña, construye, opera y mantiene el ingeniero civil, son:

Para asentamientos humanos: Unidades habitacionales, edificios (cimientos, estructuras e instalaciones en general), centros comerciales, estadios, cines, mercados, equipamiento urbano, vialidades, etc.

Para la conducción de personas, fluidos y productos: Carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos, puentes, oleoductos, gasoductos, líneas de conducción de energía eléctrica, etc.

Para el uso y manejo del agua: Presas para generación de energía eléctrica o para riego, canales y drenes, sistemas de captación, conducción, almacenamiento y distribución de agua, sistemas de drenaje superficiales y profundos, plantas potabilizadoras, plantas de tratamiento de aguas negras, tanques superficiales y elevados, redes de agua potable y alcantarillado, etc.

Otras: Plantas industriales, petroquímicas, nucleares, eólicas, solares, etc.

1.2 PERFIL DEL INGENIERO CIVIL

De la definición propuesta y de las actividades que realiza, podemos derivar algunas de las características que conforman el perfil del ingeniero civil, entendido este como el conjunto de rasgos y atributos peculiares que lo caracterizan.

Conocimientos:

- Sólidos conocimientos en las ciencias físico matemáticas, química, ambientales y otras.
- Conocimiento de los problemas políticos, económicos y sociales de su comunidad.

Habilidades:

- Requiere de habilidad para supervisar el trabajo técnico y administrativo de otras personas.
- Capacidad para comunicarse de manera efectiva con diferentes audiencias.
- Facilidad para trabajar en grupos inter y multidisciplinarios

Aptitudes:

- Buena resistencia física para sesiones de trabajo prolongadas bajo condiciones y ambientes físicos adversos.
- Su trabajo primordialmente es intelectual, requiere de juicio e ideas originales.
- Capacidad sobresaliente para el manejo de conceptos abstractos.
- Inventiva, habilidad e ingenio para el análisis de problemas.
- Capacidad para tomar decisiones.
- Facilidad para organizar y dirigir grupos de trabajo.

Actitudes:

- Disposición para tratar con personas de diversa preparación, criterio y caracteres.
- Voluntad para observar los códigos de ética propios del gremio ingenieril y de su desempeño como persona.
- Vocación de servicio hacia la sociedad en general y hacia las instituciones, dependencias o empresas en las que trabaja.

Las cualidades antes mencionadas son importantes para el ingeniero civil, por la actividad decididamente humana que desarrolla, y que influye no solo en el medio ambiente y la naturaleza, sino también en la vida de muchas personas que forman parte de la sociedad en que vive.

Adicionalmente a su preparación físico-matemática, el ingeniero civil debe prestar atención especial al área socio humanística, que le permitirá integrarse y desenvolverse en la sociedad de la que forma parte. Asimismo, la búsqueda de soluciones óptimas a los problemas que se le presentan, lo llevará a un estudio exhaustivo de la teoría de toma de decisiones. Su formación lo capacita también para realizar actividades docentes y de investigación.

1.3 CAMPOS DE LA INGENIERÍA CIVIL

Como se ha visto, la actividad del ingeniero civil es muy diversa; son pocos los casos de profesionales que han abarcado la totalidad de disciplinas y sus consecuentes especializaciones. Por lo general, a lo largo de su desarrollo profesional, el ingeniero civil va delineando alguna área específica en que se desenvuelve, bien sea porque le atrae o porque le representa un área de oportunidad y realización económica y social.

Se pueden identificar los siguientes campos de ocupación de la ingeniería civil:

- Investigación
- Desarrollo o Investigación Aplicada
- Planeación
- Diseño
- Construcción
- Operación
- Mantenimiento

Se describe a continuación brevemente cada una de estos campos, haciendo especial énfasis en el campo de la Construcción.

1.3.1 El campo de la investigación

Este campo, tiene como objetivo primordial la búsqueda metódica y sistemática de nuevos conocimientos, potencialmente aplicables a los demás campos de la Ingeniería Civil.

La investigación pura, se lleva a cabo aplicando el método científico que, en síntesis, consiste fundamentalmente en lo siguiente:

- a) Observar un hecho o fenómeno cuyo origen o comportamiento no es explicable con los conocimientos disponibles;
- b) Formular una o varias hipótesis sobre el origen o comportamiento del mismo.
- c) Probar y verificar, mediante la experimentación las hipótesis planteadas.
- d) Evaluar la validez de lo supuesto y, como conclusión:
- e) Formular una teoría que explica el origen o comportamiento del hecho o fenómeno observado.

La investigación pura, tiene sus principios en el siglo XVI y XVII con Galileo Galilei, Hooke y Mariotte, precedidos por Leonardo da Vinci quien se ocupó de todas las artes y las ciencias, realizando experimentos importantes sobre múltiples disciplinas. Al fundarse las primeras

escuelas de Ingeniería en el siglo XVIII, famosos matemáticos y físicos como Bernoulli, Newton, Leibnitz, Euler, Lagrange y Coulomb, realizaron enormes trabajos de investigación. Entre los investigadores más notables del siglo XIX, encontramos a Navier, Rankine, Boussinesq y Kelvin, por mencionar solamente algunos.

Después de la segunda guerra mundial, la liberación de la energía atómica, el avance en las comunicaciones y la aparición de la computadora electrónica, propiciaron el avance científico y tecnológico que estamos viviendo.

El término investigación tal como se entiende en este capítulo, denota un extenso grupo de actividades en las cuales el ingeniero civil se ocupa. Estas actividades incluyen la investigación de nuevos hechos en la naturaleza sin considerar, en ocasiones, el valor utilitario posterior de los resultados obtenidos en un campo de actividad específico.

La investigación en ingeniería por consiguiente, comprende una amplitud de actividades creativas que es superior y a menudo más exigente que lo que se requiere en la investigación aplicada.

La importancia que los sectores oficial y privado conceden a la investigación en nuestro país no es suficiente. El apoyo del gobierno es inferior al 1% del PIB, lo cual significa escasez de oportunidades para que los interesados puedan desarrollarse en este campo en México. Por consiguiente, tienen que emigrar a otros países donde las perspectivas sean mejores. La tabla 1.1, muestra el porcentaje del producto interno bruto que algunos países destinan a la investigación.

Se puede afirmar que las condiciones económicas, sociales, de empleo y bienestar en los países, son proporcionales al % del PIB que asignan a la investigación y desarrollo.

Tabla 1.1 Porcentaje del PIB asignado a la investigación y desarrollo en algunos países del mundo.

PAÍS	AÑO MÁS RECIENTE	% DEL PIB
Alemania	2017	3.02
Argentina	2017	0.54
Austria	2017	3.16
Bélgica	2017	2.59
Brasil	2017	1.26
Canadá	2018	1.55
Chile	2016	0.36
China	2017	2.15
Corea, República de	2017	4.55
Costa Rica	2017	0.42
Dinamarca	2017	3.06
Estados Unidos	2017	2.79
Finlandia	2017	2.76
Israel	2017	4.54
Guatemala	2017	0.03
Honduras	2017	0.04
México	2016	0.49
Panamá	2017	0.15
Perú	2018	0.13
Uruguay	2017	0.48

Fuente: Banco Mundial

Las universidades e institutos son los principales promotores de la investigación en nuestro país; los programas que formulan son apoyados principalmente por la iniciativa privada y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, este último, creado en 1970.

La investigación tendrá que incrementarse sustancialmente de inmediato, para lograr en el mediano y largo plazo cierta independencia tecnológica y mayor bienestar económico y social para la población.

1.3.2 El campo del desarrollo o investigación aplicada

La aplicación directa de los conocimientos generados en el campo de la investigación pura a la solución de problemas específicos de ingeniería, da como resultado una actividad denominada desarrollo o investigación aplicada.

Al ingeniero dedicado a la investigación aplicada o desarrollo, no le satisfará por ejemplo, saber que hay una manera científica de demostrar que el vuelo es posible y las leyes que lo rigen, él aplicará este conocimiento para diseñar un avión que además sea seguro, confiable, rápido, confortable, económico, y capaz de llevar suficiente carga.

Para lograr esto, requerirá hacer investigaciones que le ayuden a comprender más a fondo los fenómenos de la naturaleza que incidan de manera directa sobre la necesidad que está tratando de satisfacer.

El ejemplo anterior si bien no corresponde a la ingeniería civil, describe claramente lo que es la investigación aplicada. Difiere de la investigación básica o pura, solo en que es rigurosamente enfocada hacia una meta inmediatamente útil.

Otro ejemplo: el ingeniero civil dedicado a este campo, aprovechará las teorías de flujo de agua, a la solución específica del problema de flujo de agua en cortinas de materiales graduados. Para ello, se valdrá de la experimentación en el laboratorio, construyendo eventualmente modelos a escala que le permitan verificar anticipadamente los resultados que se esperan tener en la estructura real.

Otros ejemplos serían el aprovechamiento de las características físico-químicas de cierto material, para fabricar con él formas comerciales aplicables a la construcción o las investigaciones sobre microorganismos para producir concreto hidráulico que se pueda reparar a sí mismo.

Los países en vías de desarrollo deberían enfocar los recursos económicos, siempre escasos, a realizar este tipo de investigación para resolver problemas específicos encaminados a resolver las carencias que los aquejan. En México, los Programas Nacionales Estratégicos, Pronaces fueron concebidos en el año 2020 para organizar los esfuerzos de investigación en torno a problemas nacionales concretos.

Las ocupaciones y perfiles del ingeniero civil dedicado a uno u otro campo, son sensiblemente iguales. Durante el desempeño de sus funciones, dedicarán gran parte de su tiempo a formular teorías, concebir, planear y realizar experimentos, registrar y analizar observaciones hechas a fenómenos naturales, probar hipótesis, obtener conclusiones, expresar los fenómenos naturales en términos matemáticos, generalizar y deducir de lo que han aprendido, publicar resultados, etc.

De acuerdo a lo anterior, podemos decir que, para este tipo de actividades se requieren rasgos especiales de personalidad. El ingeniero civil en estos campos, unirá a una inteligencia despierta, su espíritu creador, paciencia y constancia, deseos de informarse y adquirir nuevos conocimientos, habilidad para planear y desarrollar nuevas técnicas, tendrá cierta intuición sobre la importancia relativa de las variables que maneja, necesitará sentido de autocrítica, buscará y soportará la crítica ajena y será, finalmente, capaz de trabajar en equipo y mostrar voluntad de comunicar sus hallazgos.

1.3.3 El campo de la planeación

Russel L. Ackoff, pionero y promotor del enfoque de sistemas y la investigación de operaciones, afirma, que: *“planear es diseñar un futuro deseado y los medios adecuados para conseguirlo”*.

También se ha escrito que: *“planeación es el proceso de análisis sistemático, documentado y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una situación, y la definición y ordenamiento de los actos que conducen a ese mejoramiento”*.

La planeación como actividad fundamental, presente en todas y cada una de las acciones que el ingeniero civil emprende, es susceptible de asociarse a un cierto nivel de referencia: se puede planear un procedimiento constructivo, la compra de equipo, la contratación de mano de obra o la procuración de materiales.

En un marco más amplio, se puede hablar de la planeación de un sistema de comunicaciones terrestre, del desarrollo agrícola o industrial de determinada zona del país, de la distribución de los asentamientos humanos, en cuyo caso se está ejemplificando un caso de planeación a nivel nacional.

A nivel mundial, se tienen ejemplos de planeación, en la que se estructuran y ordenan actos en que intervienen necesidades e intereses de las naciones existentes en nuestro planeta.

La falta de planeación, impide que las obras se lleven a cabo con calidad, en el tiempo y con los costos estipulados previamente. No planear, es llevar a cabo un proyecto sin haber previsto los impactos ambientales, legales y sociales que se presentarán durante el desarrollo de los trabajos.

En términos amplios, el mecanismo de la planeación es:

- a) Conocimiento de la necesidad o situación que se pretende cambiar.
- b) Interés por parte de la colectividad en realizar la modificación y su proyección al futuro, lo que implica de hecho la definición de una meta.
- c) Una proposición que sea la expresión concreta para satisfacer la necesidad de la colectividad.
- d) Un juicio que valore las consecuencias de la proposición.
- e) Un programa que ordene en el tiempo y en el espacio, el desarrollo de los actos necesarios para lograr el objetivo.
- f) Implementación del programa y de los mecanismos de control para garantizar los resultados.

Para explicar lo anterior, consideremos el siguiente ejemplo:

- a) Se requiere la construcción de una carretera para conectar un poblado con una vía principal, como medio para poder desplazar el producto de sus cosechas, tener rapidez para trasladarse a la ciudad vecina más próxima en caso de emergencia, etc. Actualmente solo existe una brecha que, además, en tiempo de lluvias es intransitable.
- b) La población, está de acuerdo en ceder, previa indemnización, los terrenos que sean necesarios para la construcción de la carretera.
- c) La dependencia de gobierno estudiará la relación beneficio-costos, gestionará los recursos económicos necesarios, llevará a cabo los estudios pertinentes, elaborará el proyecto ejecutivo de la carretera y convocará a los constructores a licitar la obra.
- d) La carretera tendrá un impacto ambiental en la zona que deberá valorarse para lograr la autorización correspondiente.
- e) En la licitación, se exigirá a los participantes un programa de ejecución de la obra.
- f) Se implementarán mecanismos para controlar la calidad, el costo y los avances requeridos.

La gran cantidad de variables que intervienen durante la planeación y programación de una obra y la interrelación que tienen, hace difícil su manejo, constantemente se tendrán que tomar decisiones, en la mayoría de los casos, con objetivos múltiples. En este sentido, la computadora constituye una herramienta de incalculable valor para la generación y análisis de alternativas en un tiempo sumamente corto.

La actividad profesional del ingeniero civil dedicado a la planeación, se realiza en los sectores público y privado donde lleva a cabo las siguientes funciones:

- Procesa información relevante y oportuna para la toma de decisiones.
- Propone objetivos a corto, mediano y largo plazo y formula planes que permitan alcanzarlos, como un marco de referencia para unir o coordinar proyectos individuales.
- Balancea el programa de desarrollo general para asegurar que se progrese según los lineamientos prefijados, haciendo al mismo tiempo el mejor y más efectivo uso de los recursos.
- Formula objetivos y planes para proyectos individuales, consistentes con los objetivos a largo plazo.
- Diagnostica las necesidades presentes de una organización y anticipa las futuras, con objeto de que ésta se encuentre preparada cuando se presenten.
- Lleva a cabo cada una de las operaciones de un proceso de la manera más eficiente posible balanceando la precisión, el detalle y la velocidad de ejecución, de acuerdo con la fase en que se encuentre el proyecto.

En México, a nivel gubernamental, se cuenta con un Plan Nacional de Desarrollo, del cual se deriva el Programa Nacional de Infraestructura, para llevar a cabo las principales obras que el país necesita. Sin embargo ambos documentos no obedecen a un esquema de planeación formal debidamente instrumentado, sino a vaivenes políticos de las administraciones en turno; por eso, el gremio de la ingeniería civil ha estado pugnando por crear un instituto de planeación independiente, cuya

ocupación principal sea la formulación de un plan de desarrollo que trascienda los ciclos sexenales y garantice la continuidad de los proyectos.

1.3.4 El campo del diseño

La palabra diseño, proviene del italiano *disegno*, que significa, entre otras cosas: Traza o delineación de un edificio o de una figura, proyecto, plan que configura algo o concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie.

El diseño entonces, es el campo de la ingeniería civil que consiste en la utilización de principios científicos, información técnica e imaginación, en la definición de una obra que cumpla funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia.

Se refiere, en otras palabras, a la representación gráfica o virtual de lo que se quiere construir, antes de construirlo, tantas veces como sea necesario, para confiar en el resultado final.

En esta etapa, el diseñador deberá apoyarse en los datos y requerimientos proporcionados por la planeación, para definir las posibles soluciones a un problema determinado y plasmar, posteriormente, la solución óptima en planos y especificaciones.

El campo del diseño tiene a su vez diferentes especialidades que participan en la consecución de un proyecto para la construcción de una obra. Así, se pueden mencionar, entre otros: Diseño arquitectónico, diseño geotécnico, diseño estructural, diseño hidráulico.

Durante el diseño de la carretera que se ejemplificó en el campo de la planeación, intervendrá un experto en geotécnica para definir las características del terreno superficial y del subsuelo para determinar las dimensiones de las excavaciones y rellenos, la inclinación de los taludes, la estructura del pavimento, la cimentación de los puentes, etc., el ingeniero especializado en hidráulica estudiará con detalle los escurrimientos hidrológico de las cuencas y, en su caso, de los ríos existentes para diseñar las obras de drenaje y los puentes necesarios, el especialista en vías terrestres formulará el diseño geométrico (la arquitectura) de la carretera. El experto en estructuras, a través de los análisis y cálculos correspondientes, determinará la escuadría y características estructurales de cada uno de los elementos que componen los puentes, alcantarillas y estructuras en general, así como los materiales que deberán utilizarse especificando, en su caso, el procedimiento constructivo a seguir.

El ingeniero civil dedicado al diseño, debe analizar la viabilidad técnica y económica de su proyecto, de lo contrario, llegará a especificar soluciones que desde el punto de vista constructivo sean prácticamente imposibles de realizar o bien antieconómicas.

El encargado del diseño de cualquier obra de ingeniería civil, requiere de habilidades como imaginación, inventiva, buen criterio, capacidad de expresarse matemática, gráfica y verbalmente, así como habilidad en la simulación de fenómenos mediante modelos físicos y reológicos.

En el campo del diseño, se dispone de gran cantidad de programas de cómputo para acelerar los análisis y los cálculos; sin embargo, no se debe perder de vista que los resultados que se obtengan

dependerá en gran parte de la información que se introduzca en dichos programas, es decir, se debe tener sensibilidad en la escala de las magnitudes que se están manejando.

1.3.5 El campo de la construcción

Una vez que se han terminado los planos y que se han preparado las especificaciones, que son el lenguaje con el que se relaciona el campo del diseño con el de la construcción, este último campo se encarga de la realización física de la obra.

En el campo de la construcción, se materializan las ideas que el diseñador ha expresado a través de planos y especificaciones, mismas que van desde pequeñas y modestas obras, hasta majestuosos proyectos monumentales que inciden de manera significativa en el desarrollo económico del país; de esta manera, las obras van conformando la infraestructura en que se apoyan múltiples actividades económicas, tales como la agricultura, la industria, el comercio y el turismo.

Las obras que el Ingeniero Civil realiza en esta área, son muy diversas y abarcan todos los sectores de la actividad económica.

Lo variado de las obras y los problemas que se presentan durante la construcción, obligan al especialista en esta área a tener una preparación muy completa en todas las ramas de la ingeniería civil; necesariamente tiene que relacionarse con ingenieros de otras especialidades y, de acuerdo con la complejidad de la obra, frecuentemente forma parte de equipos multi e interdisciplinarios.

Asimismo, el medio ambiente en que se desenvuelve es muy variado: las grandes obras de infraestructura, que se realizan generalmente lejos de las zonas urbanas, requieren de él una buena disposición para realizar actividades al aire libre y un reducido trato social, circunscrito al personal en el área de trabajo. Las obras urbanas, en cambio, lo obligan a desenvolverse en un medio más complicado y exigente, ya que debe mantenerse en constante trato con problemas y personas de los grandes conglomerados.

Algunas de las actividades que desempeña el ingeniero civil en este campo son:

- Elaboración de presupuestos, planes y programas para la ejecución de obras.
- Planeación de la construcción, selección de procedimientos constructivos y de los insumos necesarios: mano de obra, materiales y equipo.
- Planeación financiera de las obras.
- Ejecución de la obra con base en planos y especificaciones, de acuerdo con la calidad, el programa y presupuesto establecidos.
- Organización de los recursos humanos disponibles para la administración y ejecución de las obras.
- Establecimiento y operación de mecanismos de control, necesarios para mantener la calidad dentro de lo especificado.

- Vigilancia de la oportuna realización de los trabajos para que sean ejecutados dentro de los tiempos y costos previstos, cuidando que no sobrepasen lo planeado y ejercer acciones correctivas cuando las desviaciones sean significativas.
- Implementación de programas de seguridad e higiene: cuidado y responsabilidad de la seguridad de los trabajadores en el desempeño de sus labores.

A medida que el profesional dedicado a la construcción asciende en la pirámide organizacional, su labor tiende a ser eminentemente administrativa. Al frente de una empresa constructora puede escalar a posiciones de gerencia o dirección general y estar en contacto con disciplinas como: contabilidad, informática, planeación financiera, desarrollo de negocios, impuestos, área legal, promoción, relaciones públicas, etc.

El campo de la construcción, es un detonador del desarrollo económico. Su aportación al producto interno bruto es relevante. Su presencia a lo largo de la historia del México moderno es destacable. La construcción no es un campo aislado, tiene relación estrecha con los demás campos de la ingeniería civil.

El campo de la construcción absorbe un alto porcentaje de los ingenieros civiles en activo, desempeña un papel importante dentro del contexto económico nacional, tanto por su alta contribución al valor agregado del país como por su elevado porcentaje de participación en la generación de empleos, que se refleja no solamente en las obras, sino en industrias afines como las del cemento, acero, aluminio, cal, madera, etc.

Las empresas dedicadas a la construcción están afiliadas a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC). Como esta afiliación es opcional, los datos estadísticos que se tienen en cuanto al comportamiento de esta industria están limitados al número de empresas registradas.

La tabla 1.2, muestra el ranking de las 25 empresas más grandes que operan en México en 2016, si bien no todas son de origen puramente nacional, sino asociaciones con empresas extranjeras.

Tabla 1.2 Ranking de las 25 constructoras más grandes en México en 2016.

Ranking 2016	Ranking 2015	Empresa	Entidad
1	2	Grupo ACS	CDMX
2	1	Empresa ICA	CDMX
3	5	OHL México	CDMX
4	4	Carso Infraestructura y Construcción	CDMX
5	3	IDEAL	CDMX
6	7	Fibra Uno	Estado de México
7	8	Mexico Proyectos y Desarrollos	CDMX
8	6	Pinfra	CDMX
9	11	ALDESA	CDMX
10	15	Inmuebles Carso	CDMX
11	12	Consortio ARA	CDMX
12	13	Casas Javier	Nuevo León
13	10	Grupo GP	Nuevo León
14	14	Ruba	Chihuahua
15	26	Grupo Hermes Infraestructura	CDMX
16	16	Mota - Engil México	CDMX
17	18	Coconal	CDMX
18	20	Copachisa	Chihuahua
19	19	GICSA	CDMX
20	9	Technit Ingeniería y Construcción	CDMX
21	23	CADU Inmobiliaria	Quintana Roo
22	30	Grupo Indi	CDMX
23	22	Grupo Omega	CDMX
24	27	Grupo Mexicano de Desarrollo	CDMX
25	28	Fibra Macquarie México	Estado de México

Fuente: Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción, CEESC, (Con datos de la revista Obras).

Para conocer qué tipo de obras se llevan a cabo en nuestro país, con información publicada por el CEESC de la CMIC, para el primer trimestre de 2019, las tablas 1.3 y 1.4, muestran la composición de diez tipos de obra privada y pública respectivamente.

Tabla 1.3. Composición y desempeño de la obra privada a nivel nacional.

	Valor total de la obra (miles de pesos corrientes)	% de participación
Edificación y vivienda	\$ 51,770,081	32.7%
Edificación Edificios industriales, comerciales y de servicios	\$ 48,443,973	30.6%
Otras construcciones instalaciones en edificaciones	\$ 10,477,511	6.6%
Otras construcciones. Obras y trabajos auxiliares para otras construcciones	\$ 8,379,518	5.3%
Electricidad y telecomunicaciones infraestructura para la generación y distribución de electricidad	\$ 5,634,515	3.6%
Transporte y urbanización. Obras de transporte en ciudades y urbanización	\$ 5,500,651	3.5%
Transporte y urbanización. Carreteras, caminos y puentes	\$ 5,427,356	3.4%
Electricidad y telecomunicaciones. Infraestructura para telecomunicaciones	\$ 4,951,725	3.1%
Otras construcciones. Trabajos de albañilería y acabados	\$ 3,586,079	2.3%
Otras construcciones. Montaje de estructuras	\$ 3,396,739	2.1%
Otro tipo de obras	\$ 10,576,204	6.7%
TOTAL	\$ 158,144,352	100.0%

Fuente: Propia, con datos del CEESC de la CMIC.

Tabla 1.4 Composición y desempeño de la obra pública a nivel nacional.

	Valor total de la obra (miles de pesos corrientes)	% de participación
Transporte y urbanización. Carreteras caminos y puentes.	\$ 27,312,888	28.9%
Transporte y urbanización. Obras de transporte en ciudades y urbanización	\$ 10,861,754	11.5%
Electricidad y telecomunicaciones infraestructura para la generación y distribución de electricidad	\$ 9,700,381	10.3%
Agua, riego y saneamiento. Sistemas de agua potable y drenaje.	\$ 8,832,100	9.4%
Petróleo y petroquímica. Refinerías y plantas petroleras	\$ 8,074,539	8.5%
Petróleo y petroquímica. Oleoductos y gaseoductos.	\$ 6,694,385	7.1%
Edificación Edificios industriales, comerciales y de servicios	\$ 5,170,180	5.5%
Edificación. Escuelas	\$ 4,232,807	4.5%
Edificación. Hospitales y clínicas	\$ 2,972,534	3.1%
Otras construcciones. Obras y trabajos auxiliares para otras construcciones	\$ 2,612,834	2.8%
Otro tipo de obras	\$ 7,985,640	8.5%
TOTAL	\$ 94,450,042	100.0%

Fuente: Propia, con datos del CEESC de la CMIC.

La construcción, aunque es considerada como una industria, tiene características particulares que la identifican. Entre otras, se pueden mencionar las siguientes:

El producto que se "fabrica" nunca es el mismo, aun cuando se trate del mismo tipo de obra, cada una de ellas tendrá su propia problemática y ofrecerá distintas condiciones técnicas, económicas y sociales. Por otra parte, la construcción no solamente abarca obras nuevas sino también ampliaciones, adecuaciones, remodelaciones, restauraciones, modificaciones, y trabajos de mantenimiento, entre otros.

En la inmensa mayoría de los casos, el precio de venta del producto fabricado (la obra) se fija previamente a su realización mediante un estimado del costo (presupuesto), lo mismo que el tiempo de ejecución (programa de obra). Por lo regular, debido a múltiples circunstancias, ambos aspectos tiene que ajustarse posteriormente.

Salvo para ciertos subsistemas del proceso constructivo como es el caso de la prefabricación, la industria de la construcción no tiene una instalación fija, de hecho la "fábrica" está localizada en la propia obra.

En algunas ocasiones, los trabajadores de la industria de la construcción son personas no calificadas, generalmente campesinos, quienes paulatinamente van adquiriendo el conocimiento de un oficio. La eventualidad de la mano de obra es fuerte pues, continuamente, el personal cambia de una obra a otra y, en determinadas épocas del año, regresa a su lugar de origen para permanecer ahí una temporada.

Las condiciones anteriores, entre otras, propician que la industria de la construcción tenga un comportamiento muy particular, diferente al de otras industrias.

Es conocido que actualmente la construcción atraviesa por un período crítico, resultado de muchos factores internos y externos a la propia industria, pero es difícil pensar que esta situación se prolongue indefinidamente: México es un país donde queda mucho por hacer.

El futuro que se vislumbra es promisorio y representa un verdadero reto que habrán de afrontar las nuevas generaciones de ingenieros.

Las Figuras 1.1 a 1.4, muestran algunos tipos de obras en el campo de la construcción.



Figura 1.1 Construcción de la cortina en un proyecto hidroeléctrico..



Figura 1.2 Infraestructura urbana.



Figura 1.3 Construcción de edificio.



Figura 1.4 Construcción de vías férreas.

Previamente a presentar la relación de la construcción con los demás campos, se hace a continuación una breve historia de la construcción en algunas áreas específicas:

1.3.5.1 Antecedentes históricos de la construcción

La construcción en el Continente Americano, es tan antigua como la aparición misma del hombre. Desde tiempos remotos, el ser humano se vio en la imperiosa necesidad de procurarse alimento y abrigo para poder subsistir, modificando la naturaleza que le rodeaba para llegar a construir, ya establecido en grupos sociales, su primera choza, el primer pozo para extraer agua, su primera vereda.

En nuestro país tenemos ejemplos palpables de lo anterior: Teotihuacán, ciudad sagrada de grandes monumentos, destaca por su planificación conforme a un riguroso trazo urbano que contemplaba calles con banquetas, red de drenaje pluvial, plazas, templos y mercados. Su edificio principal, la pirámide del Sol, tiene aproximadamente 250 metros por lado en la base y casi 70 metros de altura.

La cultura maya por su parte, alcanzó un alto grado de desarrollo en la construcción de edificios, erigiendo varios de dos, tres y hasta cinco pisos utilizando, con mucho éxito, la bóveda falsa o de voladizo. Se han encontrado restos de construcciones que demuestran el empleo de una argamasa preparada a base de cal, mezclada con arena, concha marina, piedra pómez y fragmentos de cerámica.

La multitud de construcciones heredadas por nuestros antepasados cierran su ciclo con la cultura azteca quienes erigieron grandes templos y palacios. La isla, que fue el corazón de lo que hoy es nuestra impresionante ciudad capital, se ligaba con el exterior por medio de calzadas que se cortaban y unían por medio de puentes levadizos, cumpliendo la doble función de comunicar y defender.

Los aztecas, se valieron de un ingenioso procedimiento para construir sus chinampas (tabla estacados rellenos con tierra fértil) que les suministraban terrenos de sembradío en medio del agua. Construían canoas y trajineras para su transporte y el agua potable les llegaba por un elemental pero utilísimo acueducto.

Tiempo después, durante la época de la Colonia, surgieron acueductos, edificios, viviendas y caminos que hicieron aparecer a México ante los ojos del mundo, como un pueblo talentoso y audaz en la realización de sus obras.

En esa época, en algunas de las técnicas de construcción, se aprecia una fusión de procedimientos aztecas y europeos; se incorpora, por ejemplo, el uso combinado del ladrillo crudo o adobe, el tepetate y el tezontle, con el ladrillo cocido, la argamasa de cal y arena, los techados de ladrillo delgado cocido sostenido sobre traveses o vigas de madera, así como el hincado de troncos como base de las cimentaciones.

Hacia fines del siglo XVI, empiezan a construirse edificios de estilo renacentista y plateresco. Del siglo XVII hasta fines del XVIII predomina en las edificaciones el estilo barroco mexicano.

Los edificios construidos a principios del siglo XVIII para alojar colegios, se destacan por su extraordinaria calidad técnica y artística. A finales de este mismo siglo, Manuel Tolsá realiza el Colegio de Minería donde se alojó el Real Seminario de Minas y posteriormente la Escuela Nacional de Ingeniería de la UNAM.

Sin embargo, todas estas construcciones pueden considerarse todavía como producto de una actividad artesanal desarrollada por grupos de trabajadores más o menos organizados, pues no fue sino hasta finales del siglo pasado y principios de este siglo, cuando se constituyeron las primeras empresas constructoras.

A partir de entonces, la evolución del desarrollo en algunas áreas representativas de la infraestructura de nuestro país ha sido la siguiente:

Vías terrestres

a) Carreteras

El 25 de diciembre de 1917 se promulga la Ley de Secretarías y Departamentos de Estado, asignándose a la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas la misión de construir los caminos carreteros nacionales.

Más tarde, en 1925, se crea la Comisión Nacional de Caminos; nuestro país contaba en ese momento con tan solo 28,000 kilómetros de brechas inadecuadas para la circulación de vehículos automotores.

En 1926, con las rutas México-Pachuca y México-Puebla, se inician los primeros caminos para automóviles. La Comisión Nacional de Caminos se transforma en Dirección Nacional de Caminos en 1932. En 1946 se llevan a cabo los primeros ensayos con la fotografía aérea y la fotogrametría proyectándose dos años más tarde, con esta herramienta, algunos tramos de las carreteras México-Acapulco y Durango-Mazatlán. El uso de la fotogrametría se intensifica llegándose a realizar con este procedimiento, la tercera parte de los proyectos carreteros en 1958.

En 1963 comienza a emplearse el método llamado fotogramétrico-electrónico que aunque cada vez menos, aún se utiliza.

Al día de hoy, se cuenta con herramientas poderosas para el diseño geométrico de las carreteras, para el monitoreo durante su construcción y operación: Global Mapper (programa de análisis y procesamiento de datos SIG), levantamientos y topografía LIDAR (light detection and ranging), drones para la obtención de fotografías y videos, etc., si bien, la utilización de brigadas de campo equipadas con estaciones totales es imprescindible, así como la utilización de software especializado.

De acuerdo con la información proporcionada por la Subsecretaria de Infraestructura de la SCT, en marzo de 2020, la red nacional de carreteras, está integrada a la fecha por aproximadamente 408,000 kilómetros, clasificada conforme podemos observar en la Figura 1.5.



*Figura 1.5 Longitud total de carreteras en México hasta marzo de 2020.
Fuente: Conferencia del Subsecretario de Infraestructura de la SCT, en el CICM.*

Según información dada por la Dirección General de Conservación de Carreteras de la SCT, para el año 2020 el 55% de las carreteras, que actualmente tienen una longitud de 40 mil 590 kilómetros, estará en buen estado y solo el 5 por ciento estará en malas condiciones. Para el año 2020 se asignaron al rubro de conservación de carreteras 15 mil 169.7 millones de pesos.

En los últimos años las inversiones destinadas a la conservación, reconstrucción, modernización y ampliación de la red federal libre han sido considerables para afrontar demanda la cada vez mayor de usuarios. Programas multianuales de mantenimiento, esquemas de participación público privada, concesiones y otras alternativas de inversión, se han implementado como medidas para que la infraestructura se mantenga dentro de los mejores parámetros de capacidad y niveles de servicio.

b) Ferrocarriles

La primera vía ferroviaria se inició en 1850. El 10 de enero de 1873 se inauguró el Ferrocarril Mexicano, construido para recorrer el tramo México- Veracruz. En 1884 se terminó la ruta México-Ciudad Juárez. Para 1905 la red se había extendido a 16,000 kilómetros llegando a tan solo 19,000 kilómetros de vías en malas condiciones en 1926.

En 1937, se decretó la nacionalización total del sistema ferroviario, en ese período se iniciaron la construcción del ferrocarril de Sonora a Baja California, la continuación de la vía de Uruapan hasta Apatzingán y el ferrocarril del Sureste que más tarde unirían la península de Baja California y Yucatán con el centro del país.

En 1940, se creó Ferrocarriles Nacionales de México, organismo descentralizado; es en este año cuando el gobierno mexicano adquiere los derechos de la Kansas City México y Oriente Railroad

Company. En la década de los cuarenta inicia la construcción del ferrocarril Chihuahua-Pacífico, que habría de concluirse en los años sesenta con una longitud total de 3,677 metros.

En 1955 inició, por parte de Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril, la fabricación de carros en nuestro país.

De 1963 a 1982 se rectificó el tramo de Pinto a Bocas, San Luis Potosí, se construyó doble vía en el tramo Jaltocan a Teotihuacán en el estado de México, se construyó la línea de Coróndiro las Truchas en Michoacán y se inició la doble vía de México a Querétaro.

En 1977, por acuerdo presidencial, las empresas ferroviarias quedaron bajo responsabilidad de Ferrocarriles Nacionales de México.

En 1986 se pusieron en operación entre otros, los trenes rápidos México-Querétaro-Irapuato-San Miguel Allende (El Queretano), México-Monterrey-Nuevo Laredo (El Regiomontano), México-Guadalajara (El Tapatío), México-Morelia (El Purépecha), México-Veracruz (El Jarocho), Chihuahua-Los Mochis (Nuevo Chihuahua-Pacífico), Nogales- Hermosillo (Expreso del Mar), y México-Oaxaca, todos ellos, de pasajeros. Con el paso de los años, estas rutas dejaron de operar.

En 1996, se privatizaron y concesionaron los ferrocarriles primordialmente a Kansas City Southern de México y a Ferromex.

De acuerdo a la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario de la SCT, al año 2020, la infraestructura ferroviaria actualmente está compuesta por 17,360 kilómetros de vía principal y secundaria, 4,474 kilómetros de vía auxiliar y 1,555 kilómetros de vías particulares.

El transporte de mercancías por ferrocarril ha ido creciendo gradualmente, según la fuente mencionada, en 2019 se movilizaron 89,000 millones de toneladas-kilómetro de carga, así como más de 57 millones de personas.

El ferrocarril para pasajeros comienza a despegar, si bien al 2020 se tienen pocos ferrocarriles interurbanos y ligeros, así como algunos turísticos como el famoso CHEPE, el Tequila Express y el Tren Escénico Puebla-Cholula. En la administración pública para el período 2019-2025, se tiene considerado como proyecto emblemático el Tren Maya, y la terminación del Tren interurbano México-Toluca.

c) Presas

Destinadas mayormente a dos actividades concretas: Riego y generación de energía eléctrica.

La Dirección de Aguas, Tierras y Colonización fue creada en 1917.

El 9 de enero de 1926, el diario oficial de la Federación publicó la "Ley sobre Irrigación con Aguas Federales" que en su artículo tercero mencionaba: " para promover y construir obras de irrigación en la República, se crea un organismo que se denominará Comisión Nacional de Irrigación".

Entre los trabajos llevados a cabo por aquella Comisión, se encuentra la construcción de presas de almacenamiento como la Calles en el río Santiago, Don Martín (Venustiano Carranza) en el río Salado, Taxhimay en el río San Luis de las Peras, La Angostura en el río Bavispe, Valsequillo en el

río Atoyac, etc. Asimismo, se dejaron avanzadas las presas El Palmito (Lázaro Cárdenas) en el río Nazas, Dgo., Sanalona en el Tamazula, Sin., Las Vírgenes (Francisco I. Madero) en el río San Pedro, Chih. y Solís en el Lerma, Gto.

El 1º de enero de 1947, nació la Secretaría de Recursos Hidráulicos, absorbiendo las funciones de la Comisión Nacional de Irrigación. En treinta años de funciones, la Secretaría terminó 412 presas de almacenamiento con capacidades entre 0.5 y 12,960 millones de metros cúbicos. Entre estas presas destacan la Abelardo L. Rodríguez sobre el río Sonora, Miguel Hidalgo en el río Fuerte, Falcón en Tamaulipas y la Amistad en Coahuila, Nezahualcóyotl sobre el río Grijalva en Chiapas, Vicente Guerrero en el río Soto la Marina, Chicayán en Veracruz y Cajón de Peñas en el río Tomatlán, entre otras. Posteriormente, construidas por la misma Secretaría, se encuentran las presas Bacurato y Comedero en Sinaloa, La Purísima y La Gavia en Guanajuato, Atoyac, Nexpa, Cocula y Ometepec en Guerrero, así como Custepeques, San Gregario y Rosendo Salazar en Chiapas.

El 29 de diciembre de 1976 se dio a conocer en el diario oficial de la Federación, la fusión de las Secretarías de Agricultura y Ganadería y la de Recursos Hidráulicos, constituyéndose la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Entre las obras de mayor importancia por su magnitud que se construyeron en la zona norte del país se tienen los proyectos de riego de los ríos Sinaloa, San Lorenzo Fuerte y Elota Piaxtla, presa El Salto sobre el río Elota, presa El Sabinal sobre el río del mismo nombre y presa Santiago Bayacora sobre el río Bayacora en Durango.

En la zona centro, se construyó la presa La Manzanilla en Guanajuato para controlar las avenidas y proteger la ciudad de León, en ella, al igual que en la Trigomil de Jalisco, se utilizó el sistema de construcción a base de concreto compactado con rodillo. En Michoacán, se construyó la presa Chilatán como obra de cabeza principal del proyecto Cupatitzio-Tepalcatepec.

En el sureste de la república, en los estados de Oaxaca y Veracruz, la presa Cerro de Oro para el control del río Santo Domingo con un área beneficiada de 300,000 hectáreas.

El 16 de enero de 1989, como órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos se creó la Comisión Nacional del Agua, Conagua, cuya misión es “administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso”. Ese mismo año, se integra a la Conagua el Servicio Meteorológico Nacional.

La Ley de Aguas Nacionales se publicó en el Diario Oficial de la Federación el día 1º de diciembre de 1992 y su Reglamento el día 12 de enero de 1994.

Algunos de los acontecimientos relevantes en la historia de la Conagua son:

Constitución del primer consejo de cuenca de México, el Lerma-Chapala en 1993, con la finalidad de ordenar el uso del agua, sanear las corrientes superficiales, lograr el uso eficiente del agua y mejorar o conservar el uso del suelo y el agua, esto en una cuenca de aproximadamente 60,000 km². En 1994, se creó la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP, y la Conagua cambia del sector agrícola a un órgano descentralizado

En 1998, se constituyeron 13 regiones hidrológico-administrativas conformadas por una cuenca o un conjunto de ellas. Las trece regiones y sus sedes son:

- I.- Península de Baja California (Mexicali, Baja California).
- II.- Noroeste (Hermosillo, Sonora).
- III.- Pacífico Norte (Culiacán, Sinaloa).
- IV.- Balsas (Cuernavaca, Morelos).
- V.- Pacífico Sur (Oaxaca, Oaxaca):
- VI.- Río Bravo (Monterrey, Nuevo León).
- VII.- Cuencas Centrales del Norte (Torreón, Coahuila).
- VIII. Lerma Santiago Pacífico (Guadalajara, Jalisco).
- IX. Golfo Norte (Ciudad Victoria, Tamaulipas).
- X. Golfo Centro (Jalapa, Veracruz).
- XI. Frontera Sur (Tuxtla Gutiérrez, Chiapas).
- XII. Península de Yucatán (Mérida, Yucatán).
- XIII. Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala (México, Distrito Federal).

Da inicio el programa de sectorización de la red de agua potable de la Ciudad de México en 2001. En 2003, inicia el programa de recarga de acuífero en el Valle de México. En 2013 se publica el Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

En cuanto a las presas para generación de energía eléctrica, su construcción o administración en los últimos años, ha correspondido a la Comisión Federal de Electricidad, CFE, fundada en 1937. Entre otras se tienen:

Necaxa, Puebla (Inaugurada en 1905)
Nezahualcóyotl (Malpasos), Chiapas (1958-1966)
Infiernillo, Guerrero (1961-1963)
Tenango, Puebla.
Plutarco Elías Calles (El Novillo), Sonora (Puesta en operación el 14 de noviembre de 1964)
Manuel M. Diéguez (Santa Rosa), Jalisco (Inició operaciones el 2 de septiembre de 1964)
Belisario Domínguez (La Angostura), Chiapas (Puesta en operación el 14 de julio de 1976)
Manuel Moreno Torres (Chicoasén), Chiapas (Terminada en 1980)
Aguamilpa Solidaridad, Nayarit (Puesta en operación el 15 de septiembre de 1994)
Leonardo Rodríguez Alcaine (El Cajón), Nayarit (Inició operaciones el 1 de marzo de 2007)
Alfredo Elías Ayub (La Yesca), Nayarit y Jalisco (Inaugurada el 6 de noviembre de 2012)

d) Aeropuertos

Los aeropuertos, además de las pistas para el despegue y aterrizaje de los aviones, incluyen otras instalaciones como: caminos de acceso, estacionamiento, edificio terminal, plataformas, calles de rodaje, torre de control, sistemas de ayuda para la navegación aérea, zonas de combustibles, iluminación, almacenamiento y distribución de agua, drenaje, señalización, instalaciones para salvamento y extinción de incendios y cercado perimetral.

La aviación comercial inició en nuestro país en 1924 con la ruta de México a Tampico.

En los años treinta, se inició la construcción de pistas y aeródromos en todo México. En la siguiente década la red aérea estaba constituida por 60,000 kilómetros, y se contaba con 100 aviones particulares y 140 comerciales.

En 1965, únicamente 8 aeropuertos permitían la operación de turborreactores y sólo en México y Acapulco operaban aviones del tipo Jet B- 707 Y DC-8. En este año se crea, dentro de la Secretaría de Obras Públicas, la Dirección General de Aeropuertos con el objetivo de planear, proyectar, construir y reconstruir terminales aéreas.

El 1o de marzo de ese mismo año se crea Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), organismo público descentralizado cuyo objetivo es “administrar, operar, conservar y prestar servicios complementarios auxiliares y comerciales a los aeropuertos del país”. Se inician entonces las obras de adaptación en las diferentes zonas de los aeropuertos que facilitan el servicio a los distintos tipos de aviones de reacción.

En el período 1975-1985, la red operada y administrada por ASA, llegó a tener más de 60 aeropuertos; en este lapso modernizaron los aeropuertos de la Ciudad de México, Cancún, Acapulco, Guadalajara y Monterrey.

En el DOF del 9 de febrero de 1998, aparecen publicados los lineamientos generales para la apertura a la inversión en el sistema aeroportuario mexicano, en los cuales se definen los grupos integrados en principio por las siguientes ciudades:

Grupo Centro Norte (OMA): Monterrey, Acapulco, Mazatlán, Zihuatanejo, Zacatecas, Culiacán, Ciudad Juárez, Chihuahua, San Luis Potosí, Durango, Torreón, Tampico y Reynosa.

Grupo Pacífico (GAP): Guadalajara, Puerto Vallarta, Tijuana, San José del Cabo, Bajío, Morelia, Hermosillo, La Paz, Aguascalientes, Los Mochis, Mexicali y Manzanillo.

Grupo Sureste (ASUR): Cancún, Mérida, Villahermosa, Cozumel, Oaxaca, Huatulco, Minatitlán, Tapachula y Veracruz.

Grupo Ciudad de México (AICM): Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Al año 2018, nuestro país cuenta con 76 aeropuertos de los cuales 73 son internacionales, además de 34 terminales aéreas concesionadas a grupos privados.

e) Puertos

La historia de los puertos en nuestro país, se remonta a la época de la colonia; luego, entre 1902 y 1906 fue construido el puerto de Salina Cruz en Oaxaca.

Durante el porfiriato, se inició el desarrollo de los puertos de Veracruz, Tampico, Coatzacoalcos, Manzanillo y Salina Cruz que hubo de suspenderse durante la Revolución.

La expropiación petrolera en 1938, evidenció la carencia de una flota nacional. En 1940 se crea la Secretaría de Marina.

En los años cincuenta, el impulso de la economía y las necesidades crecientes de un proceso de industrialización repercuten en el sistema de transporte nacional, generando la necesidad

de una ampliación de la infraestructura existente. En este período adquieren gran desarrollo los puertos de Ensenada, Guaymas y Mazatlán como consecuencia de la salida de grandes volúmenes de excedentes agrícolas.

Asimismo se adecuan y mejoran otros puertos como Manzanillo, Tampico, Salina Cruz y Coatzacoalcos.

En la década de los sesenta, el sistema portuario debido a su crecimiento, presenta una etapa de rezago y obstáculos, tales como manejo inadecuado, y equipo e instalaciones insuficientes, llegando con esto al límite de su capacidad.

Se implementa el régimen de zonas francas concesionadas a las empresas de servicios portuarios. Se emprenden obras de mejoramiento en las instalaciones de Tampico, Veracruz y Coatzacoalcos.

Se crea la Subsecretaría de Puertos y Marina Mercante para coordinar las siguientes áreas: Obras Marítimas, Dragado, Señalamiento Marítimo, Marina Mercante y Operación Portuaria. Se crea de igual forma en esta década el Servicio Multimodal Transístmico, con el objeto de coordinar el transporte multimodal de las mercancías que, en el tránsito interoceánico, arriben a los puertos de Coatzacoalcos, Ver. o de Salina Cruz, Oax., consolidándose de esta forma la superestructura del sistema Portuario de México.

Durante el período 1958-1970 se continuaron con las obras portuarias, construyéndose el puerto de Ensenada y otros de menor importancia.

Hacia el final de los años sesenta, se iniciaron las obras del puerto interior de San Pedrito, concluyéndose al principio de la década de los setenta.

Durante el período 1970-1975, se realizaron grandes proyectos para el desarrollo portuario nacional:

Se estableció la Reforma Portuaria creándose, el 29 de diciembre de 1970, la Comisión Nacional Coordinadora de Puertos, para impulsar la integración y desarrollo del sistema portuario nacional, así como la eficaz regulación y operación portuarias.

Se modifica la estructura orgánica de la Secretaría de Marina creándose, el 6 de abril de 1972, la Dirección General de Operación Portuaria.

Se construye el Puerto Madero, en Chiapas, iniciándose su operación el 1º de junio de 1975.

Se inician las construcciones del Puerto Lázaro Cárdenas, que concluyen, en su primera fase, en 1976.

En el sexenio que inicia en 1976 se impulsa la Marina Mercante consolidando la flota petrolera y construyendo los cuatro astilleros más importantes del país: Veracruz, Mazatlán, Guaymas y Ensenada.

Hasta 1976, la Secretaría de Marina tuvo a su cargo la administración de los puertos, así como la construcción de la infraestructura portuaria. A partir de 1977, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal incorporó a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes todas las actividades relacionadas con el fomento a la Marina Mercante, la provisión de la infraestructura y la administración de operación portuaria.

Como parte de la Reforma Administrativa quedaron también integrados al Sector Comunicaciones y Transportes la Comisión Nacional Coordinadora de Puertos, el Fideicomiso para el Equipo Marítimo y Portuario, las Empresas de Servicios Portuarios, el Fideicomiso de Escuelas Náuticas Mercantes, el Servicio de Transbordadores y el Servicio Multimodal Transístmico, todos ellos fundamentales para el fomento y prestación de los servicios en las actividades marítima y portuaria.

En la década de los ochenta se llevan a cabo los trabajos para la terminal de contenedores del Servicio Multimodal Transístmico en Salina Cruz, Oaxaca.

En Lázaro Cárdenas, Michoacán se amplía el muelle de carga general y se continúa con la construcción de un muelle para el manejo de contenedores.

En Manzanillo, Col. se construye una bodega de tránsito de 3,600 m², un patio de contenedores y se inicia la construcción de 200 m de muelle. De igual forma, se amplían los puertos de Mazatlán y Topolobampo, Sin., Guaymas, Son., Acapulco, Gro., Veracruz y Coatzacoalcos, Ver. y Tampico, Tamps.

En cuanto a puertos industriales, se realizan estudios y se inician las obras de cuatro puertos industriales: Altamira, Tamps., Laguna del Ostión, Ver., Salina Cruz, Oax. y Lázaro Cárdenas, Mich.

Con base en la Ley de Puertos emitida en 1993 quedaron constituidas 24 Administraciones Portuarias Integrales siendo estas sociedades mercantiles las que llevan a cabo la planeación, administración y desarrollo de los puertos en el ámbito local con autonomía de gestión, participación de los usuarios, así como de los Gobiernos Estatales y Municipales.

Al año 2107, el Sistema Portuario Nacional, está conformado de la manera siguiente:

-Administraciones Portuarias Integrales Federales:

Sistema portuario del Océano Pacífico

Ensenada, Guaymas, Topolobampo, Mazatlán, Puerto Vallarta, Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Salina Cruz y Puerto Madero.

Sistema portuario del Golfo de México-Caribe

Altamira, Tampico, Tuxpan, Veracruz, Coatzacoalcos, Dos Bocas, Progreso.

-Administraciones Portuarias Integrales Estatales:

Baja California Sur, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas.

- Administraciones Portuarias Integrales FONATUR:

Cabo San Lucas, Huatulco.

- Administraciones Portuarias Integrales Privadas

Acapulco.

1.3.6 El campo de la operación

Una vez concluida la obra, debe ponerse al servicio para lo que fue construida, esta actividad se conoce como operación. Será una actividad permanente durante la vida útil de la obra o de la instalación de que se trate. La operación, va de la mano con el mantenimiento por lo que muchas veces se habla de la “operación y mantenimiento” de las obras.

No todas las obras son operadas necesariamente por ingenieros civiles, aunque sí intervienen en muchos casos formando parte de equipos multidisciplinarios.

En un aeropuerto por ejemplo, podrá tener bajo su responsabilidad aspectos tales como la operación óptima del edificio terminal y áreas de estacionamiento, de la zona de combustibles y de las instalaciones en general, entre otras.

La operación de los sistemas de agua potable, drenaje, recolección y disposición de desechos sólidos en las ciudades, son llevadas a cabo con la participación de ingenieros civiles.

Otras áreas en las que colabora el ingeniero civil son la operación de carreteras, ferrocarriles, puertos, transporte urbano, así como en plantas industriales, centrales hidroeléctricas, plantas potabilizadoras y para tratamiento de aguas residuales, edificios residenciales o para oficinas.

Particularmente en los túneles, con los sistemas inteligentes de transporte (ITS, por sus siglas en inglés), el ingeniero civil debe operar los equipos de monitoreo del funcionamiento de los sistemas de iluminación y ventilación así como de información y comunicación con los usuarios.

Las herramientas fundamentales que se utilizan en este campo, son las especificaciones de operación definidas desde la etapa de diseño, así como los manuales proporcionados por los fabricantes en el caso de equipos de instalación permanente como pudieran ser, en el caso de un edificio, los equipos de calefacción, aire acondicionado, elevadores, sistemas hidroneumáticos y plantas de emergencia.

El objetivo primordial del ingeniero encargado de la operación, es que la infraestructura a su cargo proporcione el servicio para el que fue creada de la manera más segura y confortable para el usuario.

1.3.7 El campo del mantenimiento

Una de las acepciones de la palabra mantenimiento es: Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que las instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

Lamentablemente, en nuestro país, la cultura del mantenimiento es deficiente. Se construyen las obras y no se les brindan los cuidados necesarios. Esto ocasiona un deterioro de las características iniciales de la obra, un menoscabo en la calidad del servicio que puede ofrecer, y una pérdida considerable del valor de la inversión que fue destinada para su consecución.

Para que las obras funcionen bajo condiciones óptimas de servicio y seguridad, es necesario realizar permanentemente trabajos de mantenimiento. Así por ejemplo, en una carretera, será necesario revisar que las características originales del pavimento se conserven, corregir deformaciones y desgastes excesivos, desazolver las obras de drenaje, verificar la estabilidad de los taludes, repintar las líneas de señalización, etc. No siempre se cuenta con los recursos económicos para construir nuevas carreteras por lo que será conveniente mantener en buenas condiciones de operación y servicio la red existente. La Asociación Mundial de Carreteras, recomienda invertir entre el 2 y el 3.5% del valor de la infraestructura carretera en su mantenimiento.

En relación con las fuentes de trabajo en este campo, existen empresas dedicadas exclusivamente al mantenimiento de obras. Asimismo, en el sector oficial, el área de mantenimiento y operación constituye un campo importante de trabajo para el ingeniero civil.

1.4 RELACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN CON LOS DEMÁS CAMPOS

El hecho de que las actividades que realiza el ingeniero queden enmarcadas dentro de alguno de los campos mencionados, no implica que su conocimiento se restrinja únicamente a esa área específica; por el contrario, los campos de la ingeniería civil están íntimamente relacionados entre sí. Por ejemplo, es ocasional que un ingeniero que se dedica a la construcción, sea simultáneamente competente en el proyecto de puentes, sin embargo, como complemento a su experiencia en los procedimientos de construcción, deberá tener un buen nivel de conocimientos tecnológicos en el área de estructuras, esto le permitirá tomar mejores decisiones durante el desarrollo de sus actividades, que estarán apoyadas en una concepción total del problema y no en un enfoque parcial del mismo.

La construcción está relacionada con los campos de la investigación, investigación aplicada, planeación y diseño antes de la ejecución de las obras y con el mantenimiento y la operación, después de haberse terminado la obra. El desmantelamiento o la demolición de alguna obra, pueden considerarse también como actividades propias de la construcción, que por supuesto, tendrán que ser planeadas y diseñadas.

Durante la construcción de una obra, es probable que se presenten condiciones diferentes a las que se supusieron durante el diseño o que surjan imprevistos, por ejemplo, que durante la construcción de un proyecto hidroeléctrico se encuentre una falla geológica que no fue detectada previamente. Se tendrán que hacer de inmediato estudios geológicos, de mecánica de suelos, estructurales, etc., para proponer soluciones y poder proseguir con la obra.

Para ilustrar la manera en que intervienen los campos de la ingeniería civil dentro de una obra en particular, citaremos el caso de la construcción de una carretera que servirá para comunicar dos poblaciones. Como se puede ver en la figura 1.6, todos estos campos están interrelacionados, puesto que tienen como objetivo adecuar la técnica y el costo a la satisfacción de una necesidad. El profesional de la ingeniería, debe ser capaz de tomar las decisiones correctas en cualquiera de los campos mencionados anteriormente, de tal manera que se encamine hacia el objetivo fundamental que es el económico.

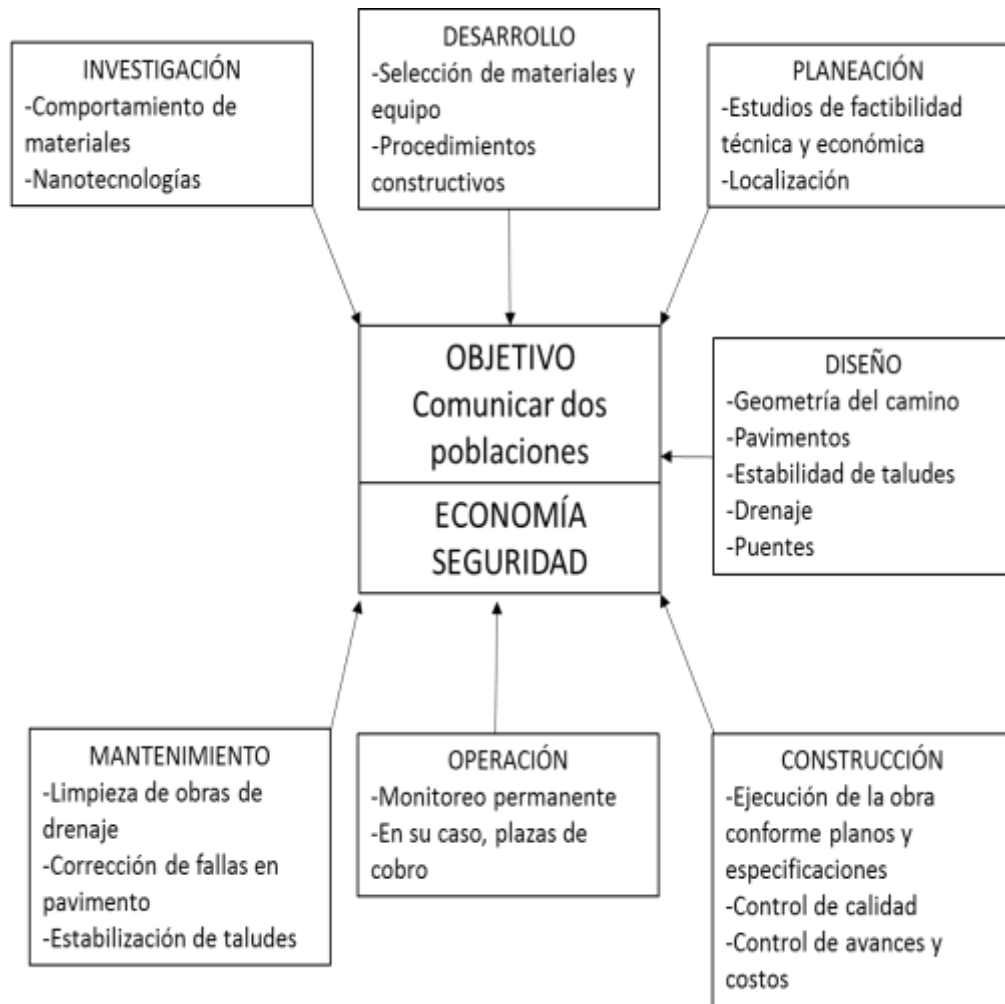


Figura 1.6. Interacción de los campos de la ingeniería civil.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

1. Analizar y discutir el alcance y limitaciones de cada una de las definiciones de ingeniero civil presentadas. Proponer otras definiciones.
2. Complementar la lista de actividades que realiza el ingeniero civil.
3. Complementar el perfil del ingeniero civil presentado en estos apuntes.
4. Discutir el perfil del caso particular del ingeniero civil que se desarrolla y desenvuelve en un ámbito netamente urbano, como es el caso de ingenieros que se forman y trabajan en la ciudad de México.
5. Revisar los perfiles de ingreso, egreso y profesional contenidos en el plan de desarrollo de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, compararlo con el de otras universidades del país y del extranjero. Obtener conclusiones.
6. Analizar y discutir cada uno de los campos de la ingeniería civil.
7. Complementar la lista de actividades que realiza el ingeniero civil en cada uno de los campos estudiados.
8. Discutir la trayectoria profesional de desarrollo ascendente que el ingeniero puede seguir en cada uno de los campos presentados.
9. Investigar las fuentes de trabajo disponibles en cada uno de los campos, tanto en el sector público como en la iniciativa privada, exponer en clase.
10. Plantear las posibilidades que el ingeniero civil tiene en cada uno de los campos para autogenerar sus propias fuentes de trabajo.
11. Explicar la participación de cada uno de los campos de la ingeniería civil en la ejecución de diversas obras: Una vía férrea, un aeropuerto, un puerto, una presa, un edificio, el drenaje profundo, el metro, el metrobús, un teleférico, etc.
12. Analizar la participación de otras disciplinas en los grandes proyectos (proyectos multidisciplinarios).
13. Analizar el entorno económico del campo de la construcción en México. Consultar la página de la CMIC (www.cmic.org)
14. Discutir el efecto de la globalización en la industria de la construcción mexicana.
15. Encargar a los alumnos, de manera individual o por brigadas, la investigación documentada sobre alguna obra importante, elaboración de un reporte descriptivo y, en su caso, exposición en clase.
16. Investigar sobre la evolución histórica de algún sector de la construcción o grupo específico de obras, ejemplo: presas, edificios altos, vivienda, transporte colectivo, obras petroleras, obras eléctricas, etc.
17. Investigar sobre las partes o componentes de algún tipo específico de obra como puede ser una carretera, un aeropuerto, un puerto, una obra hidroeléctrica entre otras, o sobre los elementos de una parte de dicha obra como por ejemplo el pavimento en una carretera o la cortina de una presa.
18. Investigación y discusión sobre el estado actual de la infraestructura de la Ciudad de México, de algún Estado o de la República Mexicana ("lo que se está haciendo, lo que falta por hacer").
19. Otras: _____

CAPÍTULO 2

El proyecto de ingeniería civil

INTRODUCCIÓN

Como se vio en el capítulo anterior, el ingeniero civil participa en todas las etapas relativas a la consecución de una obra que satisfaga las necesidades de una colectividad: desde la generación misma de la idea conceptual, hasta su ejecución, operación y mantenimiento, así como su eventual desmantelamiento o demolición.

Es importante, por tanto, que se tenga una idea clara de lo que significa un proyecto y su diferencia con el diseño, palabras ambas que, por rutina y durante mucho tiempo en el medio, se han utilizado como sinónimos.

2.1 EL PROYECTO Y EL DISEÑO

El Project Management Institute, PMI, en su Project Management Body of Knowledge, PMBOKⁱ, propone la siguiente definición: *“un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo”*

“Es un esfuerzo”, significa que el proyecto involucra el esfuerzo de una, varias o muchas personas con conocimientos y capacidades diferentes que se enfocan en resolver diferentes situaciones para lograr un objetivo común. Generación de alternativas, planeación, estudios de factibilidad técnica, económica y financiera, estudios preliminares, ambientales, sociales, legales, diseño preliminar y definitivo, cálculos geotécnicos, estructurales, hidráulicos, construcción, supervisión, operación y mantenimiento, etc., son áreas en las cuales trabajarán los participantes a lo largo de la ejecución del proyecto.

“Temporal”, esto es, tiene un principio y un final entre los cuales pueden transcurrir varias semanas, meses o años, según la complejidad del proyecto. La programación de las actividades con su calendarización, juegan un papel muy importante en este sentido.

“Para crear un producto, servicio o resultado único”, lo cual caracteriza los proyectos de ingeniería civil: Son únicos e irrepetibles. Aún en el caso de contar con “diseños tipo” por ejemplo de vivienda o de escuelas, el entorno donde se construyen varía notablemente de un lugar geográfico a otro: no será lo mismo construir una escuela en la ciudad, que en un área rural o en zona montañosa, inevitablemente se tendrán que hacer las adecuaciones pertinentes al diseño en cada caso.

El diseño, forma parte del proyecto; es una de sus etapas, aunque, como se mencionó en la introducción, es frecuente que se aluda al proyecto cuando en realidad se está hablando del diseño.

2.2 EL PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL

La diversidad de proyectos que se realizan en ingeniería civil es muy amplia, algunos de ellos se mencionaron en el capítulo 1. En un intento de clasificarlos conforme al tipo de obra que representan y los recursos necesarios para llevarlos a cabo, se pueden encasillar en tres grandes grupos:

- Proyectos de infraestructura
- Proyectos de urbanización
- Proyectos de edificación

2.2.1 Proyectos de infraestructura

Son proyectos encaminados a dotar a un país o región de las obras y servicios necesarios para su buen funcionamiento, crecimiento y desarrollo económico, ejemplo de ellos son las carreteras, puertos, aeropuertos, ferrocarriles, sistemas para generación, conducción y distribución de energía eléctrica, para el aprovechamiento y uso del agua, oleoductos, gaseoductos, etc.

El World Economic Forum calificó la infraestructura de México en 2018 con un puntaje de 72.9 sobre 100, lo que le llevó a ocupar el lugar 49 de un total de 140 países. Esto representa una magnífica área de oportunidad para los futuros ingenieros civiles. Singapur, Hong Kong y Suiza ocuparon los primeros lugares.

Los proyectos de infraestructura demandan fuertes inversiones económicas y tiempos considerables para su planeación y ejecución. Generalmente alejados de los grandes conglomerados humanos, requieren de maquinaria pesada para ser construidos.

Dada la escasez de recursos económicos gubernamentales, en México se han implementado esquemas que permiten la inversión de capitales privados para la construcción de infraestructura. Ejemplo de ellos son los contratos “PPS”, Proyectos para la prestación de servicios, y las asociaciones público privadas.

2.2.2 Proyectos de urbanización

La urbanización consiste en las obras tendientes a preparar un terreno para su uso urbano (relativo a la ciudad). Incluye obras como dotación de agua potable, energía eléctrica, gas, drenaje, vialidades, banquetas, guarniciones, pavimentación, etc.

Como su nombre lo indica, este tipo de proyectos se desarrollan para zonas urbanas o próximas a serlo.

Estas obras pueden ser de gran envergadura, por ejemplo, construcción de pasos a desnivel (deprimidos), distribuidores viales, redes de agua potable y alcantarillado de gran diámetro, vialidades para sistemas de transporte urbano y otras, en las cuales se tiene la problemática de interactuar con el tránsito vehicular y peatonal, de la alta probabilidad de encontrar interferencias al momento de hacer excavaciones, de edificaciones colindantes, de limitaciones de horario y de áreas de trabajo en zonas restringidas, etc.

2.2.3 Proyectos de edificación

La construcción de edificios para usos diversos, se ubica generalmente en áreas pobladas. Los edificios para oficinas o para departamentos, centros comerciales, cines, teatros, templos religiosos, escuelas, auditorios, estadios deportivos, hospitales, etc., son ejemplos de este tipo de proyectos. Los frentes o etapas de trabajo que se identifican en estos proyectos son, entre otros:

- Cimentación: superficial o profunda,
- Estructura: de acero, concreto o mixta,
- Albañilería,
- Cancelería,
- Acabados,
- Instalaciones: hidráulica, sanitaria, eléctrica, gas, aire acondicionado, CCTV, voz y datos, pararrayos, gases medicinales, etc.
- Obras exteriores.

2.2.4 Otros proyectos

Es difícil enmarcar en los tres tipos descritos todos los proyectos en los que participa el ingeniero civil, por ello, se mencionan algunos proyectos con características especiales como pueden ser:

- Naves industriales para diferentes usos (obra no residencial),
- Plantas petroquímicas,
- Refinerías,
- Instalación de gas natural (también podría ser considerado en urbanización),
- Parques eólicos,
- Teleféricos.

2.3 CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

De manera simplificada, se puede definir el ciclo de vida de los proyectos en cinco grandes etapas como se muestra en la figura 2.1. El proyecto nace como respuesta a satisfacer una necesidad, se lleva a cabo el diseño correspondiente, se construye, se opera y proporciona mantenimiento adecuado y, después de cierto tiempo el proyecto concluye su vida útil. Esto ocurre en un periodo determinado.



*Figura 2.1 Ciclo de vida simplificado de un proyecto.
Fuente: Elaboración propia.*

Cada una de las etapas del proyecto comprende una serie de aspectos que lo van haciendo más complejo. La figura 2.2 muestra el esquema anterior expandido con algunas de las actividades que comprende cada etapa.

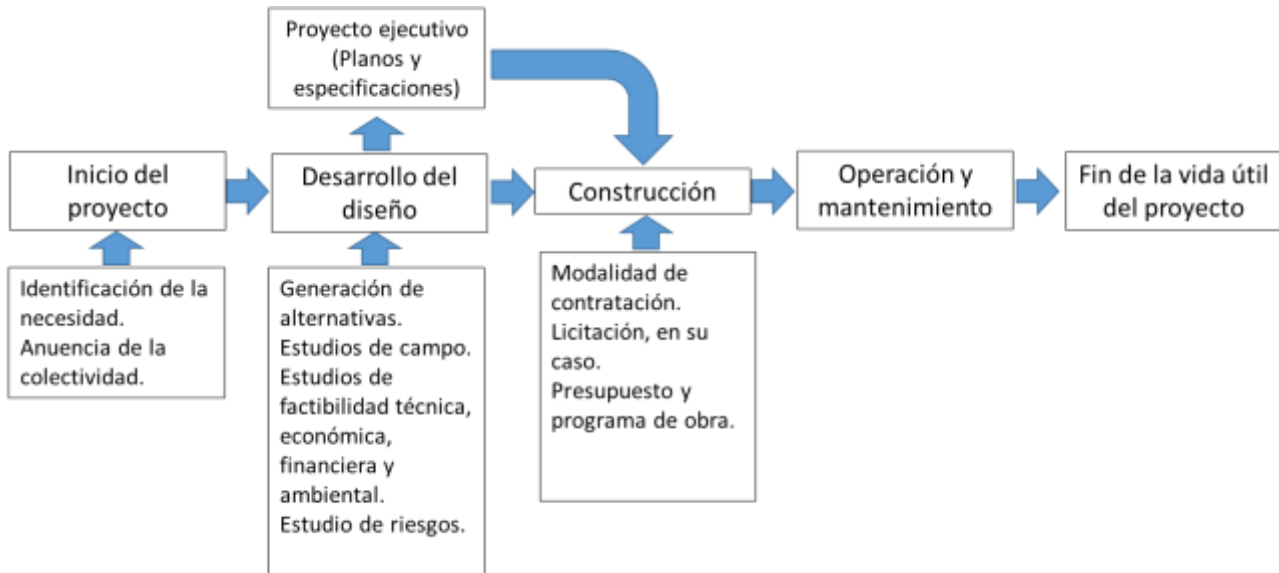


Figura 2.2 Ciclo de vida de un proyecto con actividades de cada etapa.

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades ilustradas en la figura 2.2, comprenden a su vez una serie de actividades específicas, por ejemplo, en un proyecto hidroeléctrico los estudios de campo serían de tipo geológico, geotécnico, hidrológico, etc., el diseño incluiría la geometría de la cortina, obra de toma, obra de excedencias y demás elementos que componen la presa, el cálculo hidráulico, estructural, diseño de la instrumentación entre otros.

2.4 INTEGRACIÓN DEL PROYECTO

Es evidente que, a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, participan no solamente ingenieros civiles con diferentes especialidades, sino profesionales de otras disciplinas como topógrafos, biólogos, sociólogos, médicos, abogados, ambientalistas.

Las diferentes áreas de la ingeniería se complementan y retroalimentan a lo largo del proceso, con los datos de los estudios de campo se llevan a cabo por ejemplo cálculos geotécnicos que servirán de base para los estructuristas, quienes deben tomar en cuenta también la información proveniente de los estudios hidrológicos para determinar las dimensiones de los túneles de desvío en el caso de una presa o de una alcantarilla o un puente si se trata de una carretera.

De esta manera se va integrando el proyecto de una manera coordinada, con las diferentes especialidades que comprende y dentro de un esquema de planeación y programación de las actividades previamente elaborado.

En la integración del proyecto están involucradas las diferentes áreas de conocimiento que posee el ingeniero civil: construcción, estructuras, geotecnia, hidráulica, ingeniería sanitaria y ambiental, e ingeniería de sistemas y planeación.

Cada una de las áreas requiere y aporta información para lograr como producto final un proyecto que responda eficaz y eficientemente a la satisfacción de las necesidades para lo que fue creado.

2.5 GERENCIA DE PROYECTO

Ante la inquietud de garantizar la calidad del proyecto en sus diferentes etapas, surge la figura de la gerencia de proyecto (también denominada gerencia de proyectos). El gerente de proyecto debe estar presente desde el inicio hasta la terminación, para buscar el fiel cumplimiento de los requisitos y expectativas del proyecto.

Un ejemplo típico de la disociación entre las diferentes etapas, es el relativo a la supervisión de obra: es común que la dueño del proyecto (una dependencia de gobierno por ejemplo), contrate a una empresa para que desarrolle los estudios de campos necesarios para hacer el diseño de la obra, mismo que encarga a otra empresa y luego, cuando el diseño está listo, para la ejecución contrate a una constructora y a una empresa supervisora a quien entrega el proyecto ejecutivo para que con su visión superior, vigile que se cumplan los requisitos de calidad, costo y tiempo. Esta última empresa, desconoce los antecedentes que dieron origen al diseño que le fue entregado para supervisar. Los resultados no son siempre positivos.

El PMBOK, define diez áreas en las que la gerencia de proyectos deberá estar involucrada, ver figura 2.3.



*Figura 2.3 Áreas de participación de la Gerencia de Proyectos.
Fuente: Elaboración propia con información del PMBOK.*

La gerencia de proyectos está actualmente considerada en el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas. El artículo 249 dice a la letra:

La gerencia de proyectos consistirá en los servicios integrados necesarios para la planeación, organización y control de un proyecto en todas sus fases, incluyendo el diseño, la ejecución de los trabajos y la administración de los recursos humanos, materiales y financieros, para que el proyecto satisfaga los objetivos y requerimientos de la dependencia o entidad.

Si bien el Reglamento define lo que para la obra pública se entiende como gerencia de proyectos, aún falta avanzar para lograr que se instituya como una actividad obligatoria en la obra pública, cuando menos para los proyectos relevantes de infraestructura.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

1. Discutir con mayor profundidad la diferencia entre proyecto y diseño.
2. Proponer tres proyectos, uno de infraestructura, uno más de urbanización y un tercero de edificación; identificar las actividades correspondientes a cada una de las etapas del ciclo de vida del proyecto.
3. Para un proyecto determinado, identificar las áreas de conocimiento involucradas y la información que requiere y aporta cada una para lograr la integración del proyecto.
4. Discutir la diferencia entre la gerencia del proyecto y la supervisión del mismo.
5. Investigar y exponer en clase qué comprende cada una de las diez áreas de participación en la gerencia del proyecto propuestas por el PMBOK.
6. Analizar la definición que hace el Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas de la gerencia de proyectos; proponer qué adiciones sería pertinentes incorporar.

CAPÍTULO 3

El sistema obra

INTRODUCCIÓN

En una de sus múltiples publicaciones¹, el Ing. Alberto Moreno Bonett+, señala que la acepción que debe darse a la palabra sistema es para “representar un todo integrado y armónico en donde cada una de las partes ha sido diseñada con objeto de lograr un fin común óptimo”. Adicionalmente a esta definición, puntualiza que los sistemas tienen seis características principales:

- Agrupamientos sumamente complejos de seres humanos y máquinas;
- Pueden ser descompuestos en subsistemas;
- Existe interacción entre los subsistemas;
- Existe un orden jerárquico entre los subsistemas;
- Los sistemas evolucionan con el tiempo y;
- Todo sistema debe tener un objetivo

Si reflexionamos un poco sobre la construcción, podemos darnos cuenta que este campo de actividad concuerda perfectamente con la definición y características enlistadas. En lo que sigue, se abunda sobre este enfoque de considerar a la construcción como un sistema.

3.1 LA CONSTRUCCIÓN COMO SISTEMA

La construcción, a nivel empresarial, es una actividad sumamente compleja; involucra una serie de actividades de tipo legal, administrativo, jurídico, contable, etc. Estas funciones son desempeñadas por un gran número de personas en las grandes empresas o por un número reducido en las micro, pequeñas y medianas (Mipymes). La función primordial de las empresas constructoras es precisamente la construcción de obras de todo tipo.

Se diferencian por tanto claramente dos ámbitos: La administración, que se lleva a cabo en oficinas centrales con la presencia de personal directivo, técnico y administrativo y la obra, donde también hay personal con estas categorías, pero primordialmente el personal obrero que, con diferentes categorías y funciones ejecuta los trabajos. Este capítulo, se enfoca a la construcción a nivel obra, considerándola como un sistema en el cual, varios participantes se encuentran interrelacionados e interactúan entre sí de manera coordinada, como se muestra en la figura 3.1

¹ Consultado en Revista de Administración Pública (<https://revistas-colaboracion.juridicas.unam.mx/index.php/rev-administracion-publica/article/view/18000/16188>) en julio de 2020.



*Figura 3.1 Algunos de elementos los participantes en el sistema obra.
Fuente: Elaboración propia.*

Si aislamos el elemento denominado constructor, podemos identificar también varios elementos que lo integran: personal directivo, técnico, administrativo, consultores, instalaciones en obra, personal obrero, materiales, maquinaria y equipo, etc.

De estos elementos, si analizamos detenidamente cualquiera de los tipos de obra que se han mencionado anteriormente (aeropuertos, carreteras, conjuntos habitacionales, presas), podemos observar que, independientemente de su tamaño y complejidad, para su realización en campo han intervenido de manera directa tres recursos o insumos: Materiales, Mano de obra² y Maquinaria.

Estos tres elementos, debidamente combinados en cantidad y calidad, transformados a través de uno o varios procedimientos constructivos, permiten obtener conceptos de obra ejecutados que, de manera coordinada y progresiva darán como resultado la obra completamente terminada.

Por ejemplo, para la construcción de una carretera, son necesarios materiales tales como agregados pétreos, eventualmente explosivos, asfalto o derivados de él, cemento, acero, madera, agua, geotextiles, pintura, barreras de protección y otros más.

Asimismo, se requiere la intervención de diversas máquinas: tractores, excavadoras, cargadores, motoconformadoras, camiones de diferentes tipos, colocadoras de concreto asfáltico (finishers), equipo de barrenación, equipo de compactación, trituradoras, plantas de asfalto, etc.

En cuanto a la mano de obra, se requieren operadores de maquinaria ligera y pesada, albañiles, fierros, carpinteros, perforistas, pobladores, maniobristas, etc., todos ellos dotados de la herramienta adecuada y del equipo de seguridad pertinente.

² Lo correcto sería decir “Obra de Mano”, pero por costumbre, a lo largo del tiempo se ha mantenido el término “Mano de Obra”

Si la obra en cuestión es un edificio, se necesitan materiales en mayor profusión, otro tipo de maquinaria y muchas más especialidades de mano de obra.

Estos recursos, por supuesto, pueden ser combinados cualitativa y cuantitativamente de manera diferente, generándose así varias alternativas que llevarán a obtener obras diferentes aun dentro de un mismo tipo (diferentes carreteras, edificios, presas y demás).

Las diferentes combinaciones se definen en el campo del diseño, al atender las necesidades del usuario. El diseñador tendrá que compararlas y seleccionar la que mejor convenga, siguiendo un criterio fundamental que puede ser el económico, pero sin perder de vista cuestiones de seguridad, funcionalidad, tiempo de ejecución, costos futuros de mantenimiento, durabilidad y cuidado del medio ambiente.

Es importante hacer notar, que no precisamente el costo más bajo corresponde a la alternativa adecuada. Sin embargo, el costo de cada una de las alternativas proporciona un elemento de comparación muy importante en la mayoría de los casos.

3.2 EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Con base en las ideas expuestas, el proceso de transformación que hemos mencionado, puede ser imaginado como la mejor forma de combinar los tres insumos: materiales, mano de obra y equipo, que ingresan a una “caja negra”, de la cual sale el producto terminado. En el sentido más general posible, la construcción se puede representar esquemáticamente como uno o varios procesos de transformación con una entrada: los recursos, y una salida: la obra terminada. Ver figura 3.2.

El costo de los recursos que *directamente* intervienen en el proceso constructivo recibe por esta razón el nombre de *costo directo*.

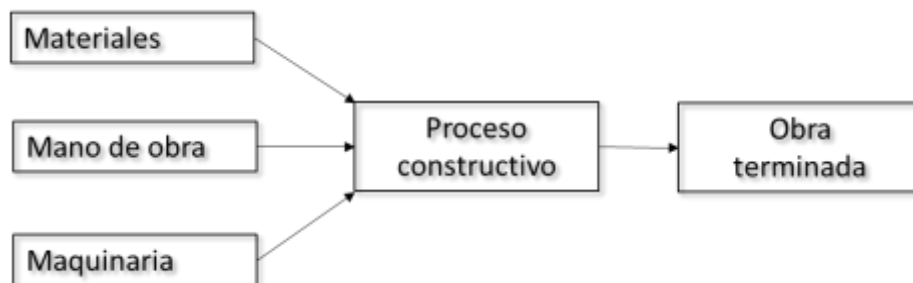


Figura 3.2 Diagrama que representa el proceso constructivo dentro del sistema obra.
Fuente: Elaboración propia.

Un ejemplo de lo anterior: consideremos que el concepto que se desea ejecutar es relativo a la colocación de concreto en losas, hecho en obra, con una revolvedora pequeña. La figura 3.3 muestra las entradas y salidas del proceso constructivo, en este caso, integrado en dos etapas, una, la fabricación del concreto y otra, su transporte, colocación que incluye el vibrado y su posterior curado.

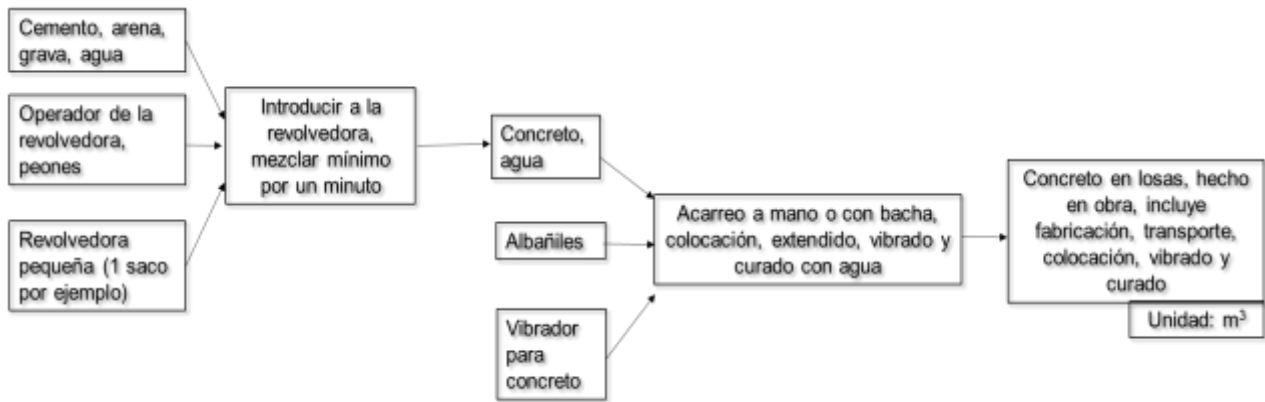


Figura 3.3 Proceso constructivo para fabricar y colocar concreto en losas.

Fuente: Elaboración propia.

Se pueden mencionar otros recursos para llevar a cabo la construcción, tal es el caso del tiempo, la tecnología y los recursos económicos, sin embargo, habrá que buscar la optimización del tiempo, pero no interviene directamente en la ejecución de algún concepto de obra, la tecnología será aplicada al empleo de mejores materiales o de procedimientos constructivos y los recursos económicos al pago de los salarios, compra de materiales o renta de equipo. En otras palabras, ninguno de los recursos mencionados interviene directamente en la ejecución de los trabajos.

Antes de iniciar el proceso o procesos de transformación, esto es, la construcción misma de la obra, se deben analizar y definir con detalle las fases de dicho proceso, lo que constituye la planeación. Se debe conocer con precisión qué se va a hacer, en qué entorno y, entonces, responder a las preguntas ¿Cómo se va a hacer? ¿Con qué recursos? ¿Cuándo o en qué secuencia? Planear las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la obra: almacenes, bodegas, patios de almacenamiento, talleres y, en las grandes obras, campamentos para el personal técnico, administrativo y obreros, dormitorios, comedores, áreas de recreo, hospital, etc. Lo anterior se conoce como la planeación estratégica de los trabajos, que incluye entre otros aspectos los procedimientos constructivos a emplear, los cuales también debieron ser planeados y ensayados virtualmente de manera previa en lo que se ha dado en llamar la “constructibilidad” del proyecto, derivado de las palabras en inglés construct y ability).

En esta etapa de planeación, es necesario analizar con cuidado las variables significativas que intervienen en el proceso (se entiende por significativas aquellas que si hacemos a un lado modificarán notablemente nuestras decisiones), encontrar su interrelación y estudiar cómo influyen las variaciones en cada una de ellas, en el resultado final conforme al objetivo propuesto.

Lo anterior, equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción en función del objetivo deseado.

Como normalmente los cursos alternativos de acción son muchos, sería impráctico pretender analizar cada uno de ellos, por lo que es conveniente buscar una forma adecuada de compararlos, para esto, se tendrán que analizar, en función del objetivo, los siguientes aspectos relacionados con las variables que intervienen:

VARIABLES CONTROLABLES, aquellas posibles de manejar, es decir, que pueden ser controladas en el proceso. Como ejemplo tenemos, para la construcción de una carretera, el tamaño del equipo, la cantidad de explosivos, el tiempo de ejecución de la obra y la cantidad de mano de obra requerida.

VARIABLES NO CONTROLABLES, aquellas que no pueden ser manipuladas pero que se pueden prever mediante un estudio, influyen evidentemente en que el resultado final se acerque o no al objetivo, por lo que habrá que considerarlas, por ejemplo, el costo de la mano de obra, el costo de los materiales y la renta de los equipos. Existen además variables no controlables que no se pueden prever como es el caso de un sismo o de una tromba.

LIMITACIONES DE LAS VARIABLES, aquellas que marcan el rango de valores que pueden tomar las variables, por ejemplo, el total de horas máquina para ejecutar un trabajo dado (no podrán ser menores que cero ni mayores que el tiempo total disponible para la ejecución de la obra). Se pueden tener limitaciones en el tiempo de ejecución de los trabajos, en las sumas mensuales a gastar, en los planos y especificaciones, en el número de máquinas a emplear, en los horarios de trabajo, etc.

Puede verse, que no es fácil encontrar todas las variables, separar las significativas de las no significativas, encontrar sus limitaciones y, sobre todo, definir las relaciones entre ellas, de tal manera que podamos tener una serie de decisiones o fijar la estructura en que se apoye la toma de decisiones. En este sentido, la utilización de la computadora permite que se analicen en menor tiempo más alternativas, con un mayor número de variables en cada una de ellas.

En el caso particular de la construcción, es común que las condiciones que se supusieron durante la planeación de la obra varíen, ya que se pueden encontrar en el campo, en el momento de construir, situaciones diferentes a las que se consideraron durante la etapa de diseño, lo que puede originar cambios en especificaciones, en dimensiones y, algunas veces inclusive, hasta en la modificación del sitio donde se desplantará la obra.

Parecería necesario, si tales modificaciones se presentan, repetir la planeación total del proceso. Habrá que buscar entonces, para que esto último no ocurra, un método para planear y programar la obra, que fácilmente pueda incorporar estas modificaciones y evitar en lo posible, tener que volver a planear desde el principio reiteradamente. Esto puede lograrse estableciendo, al momento de planear, los mecanismos de control que permitan corroborar que los estándares de calidad de la obra, tiempo de ejecución y costo de la misma se van cumpliendo rigurosamente y tomar, en su caso, las decisiones adecuadas y oportunas que corrijan las desviaciones cuando los resultados se aparten de las tolerancias permitidas.

3.3 MARCO NORMATIVO VIGENTE

La construcción, como actividad económica, se desenvuelve dentro de un marco normativo extenso para cumplir con las diferentes disposiciones legales vigentes aplicables a los diferentes rubros que la componen.

Se enlistan a continuación, algunos de los instrumentos que definen la normatividad que enmarca la construcción, en lo relativo a las obras, ya que existen leyes aplicables a la empresa constructora en su función como organización empresarial.

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos;
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (De aplicación Federal, o la Ley de Obras Públicas del Estado que corresponda);
- Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas;
- Ley Federal del Trabajo;
- Ley del Seguro Social;
- Ley del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT);
- Ley Federal de Derechos (en la cual se establece la deducción del 5 al millar para inspección de las obras públicas);
- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental;
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (Actualmente Ciudad de México);
- Normas de Construcción;
- Normas Oficiales Mexicanas, NOM;
- Normas Mexicanas, NMX;
- Políticas, Bases y Lineamientos en materia de obra pública, POBALINES.

Como puede observarse, el marco normativo de la construcción es sumamente amplio, por lo cual las empresas constructoras generalmente cuentan con un área de asesoría legal.

3.4 TERMINOLOGÍA

Como casi todas las disciplinas y áreas de conocimiento, la construcción tiene un bagaje de palabras propias, que se han enraizado a lo largo del tiempo en el lenguaje común de los trabajadores de esta industria.

Dado que los cursos de construcción inician en los primeros semestres de licenciatura, es conveniente formular un glosario de términos, preferentemente ilustrado, que familiarice a los estudiantes con el argot de la construcción.

Palabras como “castillo”, “dala”, “trabe” “contratrabe”, “zapata”, “rodapié” “sardinel”, “mocheta”, “pretil”, propias de la edificación, “gálibo”, “portal”, “cubeta”, “clave” “hastiales” “enfilaje”, pertenecientes al lenguaje tunelero o “talud”, “berma”, gavión”, “cuneta”, “carpeta”, “corona”, “bombeo”, propias del sector carretero, dan idea de la extensa terminología que se utiliza en los diferentes tipos de obras civiles. Se vuelven parte del lenguaje cotidiano del ingeniero dedicado a la construcción. Es importante familiarizarse con la terminología de la construcción para tener facilidad en la comunicación de quienes intervienen en una obra.

Hay palabras de uso generalizado y otras propias de un cierto oficio específico. El autor escribió hace mucho tiempo un curioso artículo titulado “El zoológico de la construcción”, en el cual se aludía a algunos equipos, herramientas, aditamentos y otros, que reciben nombres de animales. Algunos ejemplos se muestran en la tabla 3.1

Tabla 3.1 Algunos insumos de la construcción con nombre de animales.

Nombre	Descripción	Nombre	Descripción
Mano de chango	Maquinaria para excavar.	Paloma	Señalización que usan los topógrafos.
Pata de cabra	Equipo para compactar.	Pecho de paloma	Un tipo de acabado en albañilería.
Becerro	Bomba autosumergible.	Iguana	Tipo de vagoneta usada para acarrear volúmenes grandes de tierra.
Gavilanes	Refuerzo en las hojas de los tractores.	Garza	Lugar donde cargan las pipas de agua
Perico	Herramienta usada por los plomeros.	Jirafa	Grúa telescópica
Marranita	Tanque pequeño con gas que usan los plomeros.	Oruga	Parte del sistema de tránsitos en ciertos equipos.
Jaula de ardilla	Cierto tipo de motores eléctricos.	Tortuga	Máquina de corte eléctrico.
Pata de elefante	Equipo ligero para compactar (también llamado "bailarina")	Cola de pato	Tipo de corte en una pieza de madera.
Unión cola de rata	Tipo de empalme en un cable eléctrico	Cola de rata	Material que se utiliza para controlar la profundidad de un sellador.
Catarina	Rueda motriz en los tractores.	Perico	Herramienta usada frecuentemente por los plomeros.

Fuente. Elaboración propia.

3.5 PRECIOS UNITARIOS

Ya se comentó que, la suma de los costos de los insumos mano de obra, materiales y maquinaria recibe el nombre de costo directo, sin embargo, no son los únicos costos que se tienen al ejecutar una obra. El personal directivo, técnico y administrativo para dirigir y coordinar los trabajos, así como el equipo de cómputo que utilizan, la renta de los vehículos y oficinas que ocupan, algunos trabajos previos y auxiliares, así como instalaciones diversas, etc., también representa un costo que, por su naturaleza, recibe el nombre de costo indirecto. Este costo es función del tamaño de la empresa y del tipo, magnitud y complejidad que tenga la obra a la que serán aplicados los costos.

Por otra parte, es frecuente, sobre todo en la obra pública, que transcurra un tiempo entre que el constructor presenta su factura para cobrar los trabajos realizados y ésta le sea pagada. Esto da origen a un costo llamado costo de financiamiento. Ya sea que el constructor pida un crédito bancario para financiar la obra o que recurra a recursos propios; en ambos casos hay un costo implícito.

De manera que el costo de cada una de los conceptos de obra, que es el costo unitario, estará integrado por la suma de estos tres costos, ver figura 3.4.

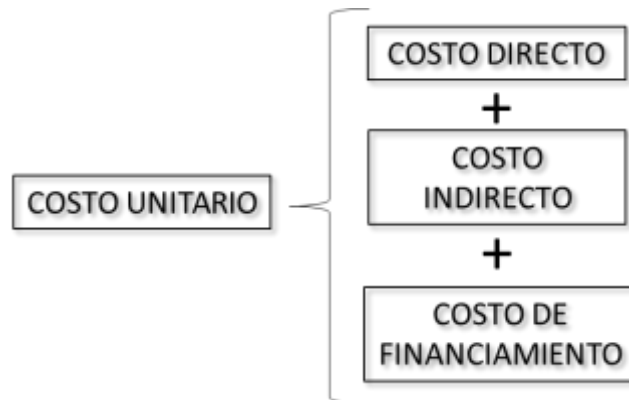


Figura 3.4 Componentes del costo unitario.

Fuente: Elaboración propia.

Al costo unitario, el constructor debe agregar la utilidad deseada, misma que fija conforme a sus políticas empresariales, condiciones de mercado, situación económica de su empresa, etc.

Asimismo, en ciertos casos, pudieran existir algunos cargos adicionales susceptibles de ser cargados al precio unitario, de manera que, en su concepción más amplia, el precio unitario está formado por los siguientes componentes. Ver figura 3.5.

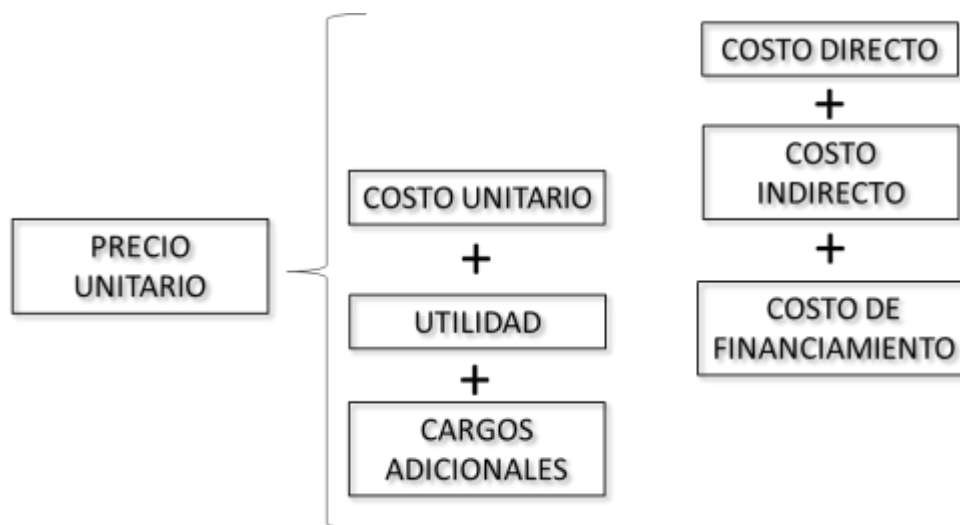


Figura 3.5 Componentes del precio unitario.
Fuente: Elaboración propia.

Los precios unitarios se aplican a todos y cada uno de los conceptos de obra para obtener el importe correspondiente; la suma de todos ellos será el importe del presupuesto.

La tabla 3.2 muestra el formato típico de un presupuesto por precios unitarios.

Tabla 3.2 Forma típica de un presupuesto por precios unitarios.

No.	Clave	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
1	EXC-01	Excavación en zanja...	m3	120.25	\$180.00	\$21,645.00
2	ALB-23	Muro de tabique rojo recocido...	m2	200.1	\$470.00	\$94,047.00
3	ALB.27	Castillo en muros, fabricado con...	m	70.0	\$260.00	\$18,200.00
4	ALB-24	Aplanado con mortero cemento...	m2	400.2	\$165.00	\$66,033.00
5	PIN-01	Pintura vinílica en superficies...	m2	400.2	\$75.00	\$30,015.00
					TOTAL	\$229,940.00

Fuente: Elaboración propia.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

1. Dado un ejemplo específico de obra, identificar los recursos o insumos que intervienen en su construcción.
 2. Encargar por brigadas, la presentación de alternativas en cuanto a materiales a emplear en un frente particular de una obra de edificación o de construcción pesada, destacando la importancia del costo en ambos casos.
 3. Identificar en una obra determinada las variables controlables, no controlables previsibles e imprevisibles y sus limitaciones, enfatizando en este último punto la importancia de la ubicación geográfica de la obra.
 4. Que los alumnos describan con detalle, por brigada, los procesos de transformación (procesos constructivos) que se siguen para la ejecución de diversos conceptos de obra previamente seleccionados por el profesor.
 5. Investigar qué otras leyes, reglamentos y normas son aplicables al campo de la construcción.
 6. Discutir en el aula algunos artículos elegidos por el profesor, por ejemplo el 134 constitucional.
 7. Elaborar durante el curso, un glosario ilustrado de términos usuales en la construcción.
 8. Discutir en clase el concepto de precio unitario.
 9. Elaborar el presupuesto de un conjunto de conceptos de obra proporcionados previamente por el profesor.
 10. Otras:
-

CAPITULO 4

El proceso de control

INTRODUCCIÓN

Por más que se haya llevado a cabo una planeación minuciosa, se hayan elaborado programas específicos para la construcción de una obra, y se hayan definido los requerimientos de calidad, es necesario, para garantizar el logro de los objetivos establecidos, establecer mecanismos de control que permitan monitorear sistemáticamente el desarrollo de las actividades para verificar que su cumplimiento sea conforme a lo planeado.

4.1 GENERALIDADES

¿Cómo podemos estar seguros que la planeación funciona y que las decisiones que se van tomando, derivadas de esta etapa previa, se van encaminando al logro del objetivo u objetivos planteados? Si tenemos que manejar un gran conjunto de variables, estudiar sus relaciones, analizar sus limitaciones y además, hemos hecho a un lado las variables no significativas escogidas con base en ciertos criterios, es fácil comprender que no se puede esperar hasta el término de la obra para saber si el objetivo se cumplió o no. Será necesario hacer revisiones a lo largo del proceso. Esto puede realizarse comparando, a lo largo de la construcción, lo realizado contra lo planeado, en función del objetivo buscado.

Hemos señalado a lo largo de estos apuntes que, el objetivo primordial que se busca al realizar una obra, es la economía. Por supuesto que muchas construcciones se llevan a cabo tratando de satisfacer las necesidades de una colectividad, cumpliendo con ello una función social, como es el caso de la construcción de un camino de penetración, de un sistema de alcantarillado o de agua potable en los cuales, no se espera una recuperación económica como resultado de la inversión hecha por quien construye, y por tanto podría objetarse que, en tales obras, el objetivo fuese puramente económico, pero aún en este caso, la relación beneficio-costos debe resultar positiva para hacer viable el proyecto. En el diseño y la construcción, indudablemente, la meta, al desear que las obras referidas tengan una calidad aceptable, gira alrededor del aspecto económico.

En la práctica, se consideran tres parámetros básicos para establecer los mecanismos de control en las obras: Calidad, costo y tiempo

Estos tres parámetros están relacionados entre sí, de tal manera que la variación de alguno de ellos altera los dos restantes. Si, por ejemplo, en la ejecución de un concepto de obra se obtiene una calidad inferior a la deseada, es probable que el rechazo del trabajo ejecutado, obligue al constructor a realizarlo de nuevo, con el consiguiente retraso en tiempo e incremento en el costo. Aún en el caso que, por alguna razón, el concepto de obra fuera aceptado, a la larga ocasionará problemas en el buen funcionamiento de la obra o bien, obligará a un mantenimiento excesivo con el consiguiente incremento final del costo.

La calidad, costo y tiempo de ejecución no solamente se deberán implementar para la etapa de construcción, sino para también para las etapas de operación y mantenimiento de las obras hasta la finalización de su vida útil.

Como se puede observar en la figura 4.1, el proceso de control contiene tres etapas básicas:

- a) Establecimiento de estándares.
- b) Verificación o comparación de lo real contra el estándar.
- e) Acción correctiva cuando aparecen desviaciones.

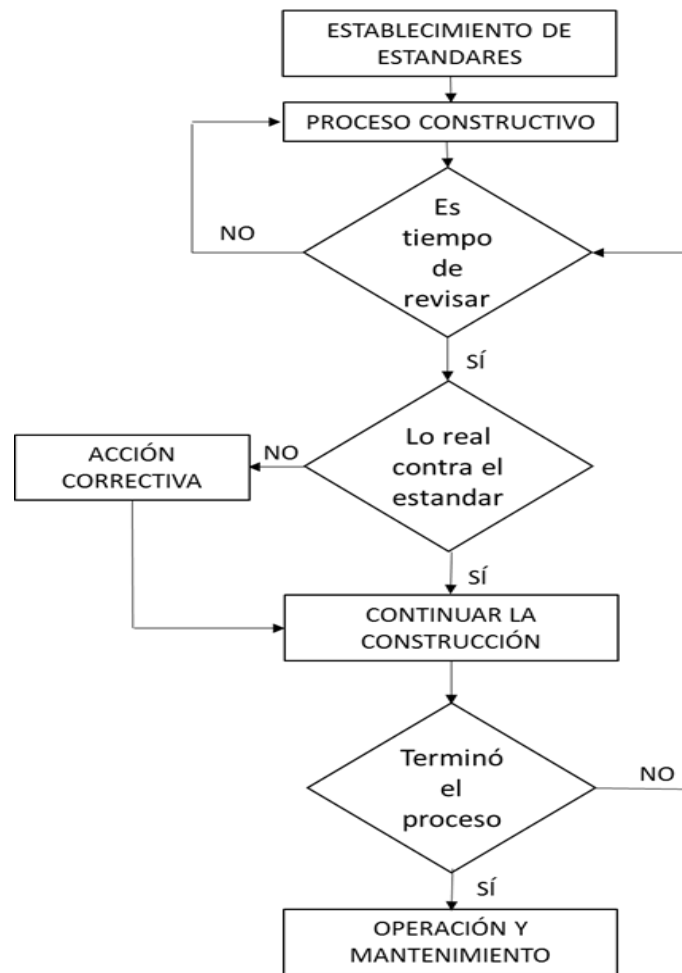


Figura 4.1 El proceso de control.
Fuente: Elaboración propia.

La primera etapa: establecimiento de estándares, tiene que ver con la necesidad de contar con patrones o puntos de referencia a los que se refieran los resultados que se obtengan en obra.

No se puede afirmar que un material o un procedimiento constructivo es de buena o mala calidad, si no se tiene contra qué compararlo, no se puede concluir que una obra se está realizando lentamente en tiempo o aprisa si no tenemos una referencia con relación al tiempo estimado de construcción y, finalmente, no se estará en posibilidad de determinar si la obra en cuestión está resultando costosa o no, si carecemos de un punto de comparación.

En un marco amplio, podemos identificar los estándares que se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Estándares de calidad, costo y tiempo.

Aspecto a controlar	Estandar
CALIDAD	Proyecto ejecutivo y especificaciones de construcción. Normatividad.
COSTO	Presupuesto
TIEMPO	Programa de obra

Fuente: Elaboración propia.

Por supuesto, cada uno de los estándares considerados, puede desglosarse en estándares más específicos, por ejemplo, el presupuesto puede contener estándares como cantidades de material utilizado, salarios de mercado, rendimientos de maquinaria y mano de obra, rentas de equipo, etc.

En lo referente al programa general de la obra, los programas de utilización de personal y maquinaria, así como el de materiales, son ejemplos de estándares específicos.

Al establecer los estándares, debe señalarse en ellos la periodicidad con la que serán comparados, así como las tolerancias o desviaciones que se permitirán para aceptar como buenos los resultados reales obtenidos.

Definidos los elementos anteriores se puede pasar a la siguiente etapa que consiste en verificar, con datos de campo, que lo real se ajuste a los estándares fijados para la construcción de la obra.

Ello implica el establecimiento de una organización que permita obtener, procesar e interpretar la información, y que sea capaz de ejecutar la tercera etapa del control tomando acciones correctivas cuando los resultados se aparten más allá de las desviaciones permitidas.

La aplicación continua del control, constituye un subproceso que retroalimenta el proceso constructivo, lo cual se puede representar gráficamente según se muestra en la Figura 4.2.



Figura 4.2. Controles administrativos y de calidad en el proceso constructivo.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.2, se han dibujado por separado el control administrativo, que corresponde al control de tiempo y costo y el control de calidad, en razón primordialmente del manejo que de ellos se lleva en las obras. El control de calidad implica aspectos de tipo técnico como son observaciones directas en campo (se puede apreciar a simple vista si una losa “se colgó”), mediciones en sitio (separación de las varillas en una estructura) o pruebas de laboratorio (medición de la resistencia a la compresión del concreto). Por su parte el control de los costos y tiempos de ejecución se relacionan más bien con el área administrativa.

El estándar de calidad lo fija el cliente o usuario: queda plasmado en los planos y en las especificaciones, sean estas institucionales, generales o particulares del proyecto. No le corresponde al constructor modificarlas sino cumplirlas en su totalidad. En cambio, los estándares de costo y tiempo los define el constructor con base en su experiencia, si bien el tiempo máximo estimado para la ejecución de la obra es fijado, por ejemplo en las licitaciones, por quien convoca a concurso.

A lo largo de la ejecución de la obra, el estándar de calidad permanece inamovible, en cambio, debido a múltiples circunstancias, es factible modificar los estándares de costo y tiempo.

A lo largo del tiempo, se ha buscado siempre el mejoramiento de los estándares: en el caso de la calidad, debido al desarrollo de nuevas tecnologías, equipos de construcción más evolucionados o mejor conocimiento del comportamiento de los materiales y, en el caso del tiempo y costo, debido sobre todo a la experiencia de los constructores, así como al desarrollo de algoritmos y al empleo de la computadora en el análisis de un mayor número de datos y alternativas.

4.2 CONTROL DE CALIDAD

En referencia a las etapas del control señaladas en el punto anterior, el establecimiento de los estándares de calidad con que habrá de ser ejecutada la obra provienen del proyecto y las especificaciones. Las especificaciones pueden tener carácter institucional cuando corresponden a la obra pública o ser específicas de un proyecto³. En otro nivel, se pueden mencionar las políticas,

³ La palabra proyecto muchas veces se utiliza como sinónimo de diseño. En capítulo aparte se tratará con detalle el alcance de ambas palabras y sus diferencias.

bases y lineamientos bajo los cuales una dependencia de gobierno licita, contrata y ejecuta sus proyectos.

Las especificaciones abarcan los requerimientos de calidad que deben reunir los materiales empleados en la construcción y las condiciones que se exigen a los procedimientos constructivos para que sean aceptados, previendo con esto garantizar la calidad final del material colocado. Por ejemplo, se puede tener el caso de una mezcla de concreto perfectamente elaborada pero con una colocación deficiente que careció de vibrado por lo cual, el resultado final ocasionará que se rechace el elemento estructural donde se utilizó este material. Las especificaciones pueden referirse exclusivamente al procedimiento constructivo, como es el caso de una excavación profunda en material suave, donde se tienen lineamientos precisos en cuanto al soporte temporal del terreno, abatimiento del nivel freático, niveles máximos de excavación por etapas, etc.

Los estándares de calidad son congruentes con el nivel de conocimientos que la ingeniería civil tiene y se especifican en función del nivel de exigencia que se puede demandar, con respecto al costo final aceptable para cada obra.

En cuanto a la verificación o comparación de lo real contra el estándar, ya se mencionó que esta puede consistir en una simple inspección ocular, en una medición en el frente de trabajo, o en la realización de pruebas de laboratorio a pie de obra o en laboratorios especializados certificados. En estos últimos casos, si bien la ejecución misma de la prueba no es, estrictamente hablando, competencia del ingeniero civil, si lo es la interpretación adecuada de los resultados obtenidos e incluso la supervisión de la correcta ejecución de las pruebas.

Tomar una decisión adecuada y oportuna para corregir desviaciones, depende en mucho de la experiencia que el profesional tenga en el campo específico de que se trate y de la afectación que cause al resultado final de los trabajos y costo de los mismos. Teóricamente no debe aceptarse ninguna desviación a los estándares establecidos para asegurar la calidad, sin embargo, dependiendo del caso, no es lo mismo una desviación sustancial en cuanto a la resistencia especificada para un concreto estructural que para un concreto elaborado para construir banquetas. Otro ejemplo: la detección de una mala soldadura en una estructura metálica, contra la aplicación deficiente de una pintura en la fachada de un edificio.

En algunos casos, el tiempo que transcurre para que una prueba de laboratorio de información acerca de la calidad de un material o de un trabajo específico es de tal magnitud, que constituye un contratiempo para el constructor, quien requiere seguir avanzando en la obra. Por tal motivo, hay la tendencia a desarrollar métodos acelerados para la verificación de la calidad; tal es el caso de la aplicación de métodos nucleares para la verificación del grado de compactación en terracerías.

Por otra parte, la utilización de la estadística aplicada al control de calidad, permite delinear con mayor precisión, los criterios de aceptación o rechazo.

Se ilustra a continuación un ejemplo del proceso de control de calidad:

a) Establecimiento de estándares.

Una de las características importantes del concreto endurecido, es su resistencia a la compresión. El estándar que actualmente se utiliza para medir esta resistencia, se conoce como $f'c$ y está expresado en kg/cm^2 .

La f_c del concreto, se refiere a la resistencia de un cilindro de concreto sujeto a compresión simple, elaborado bajo condiciones especificadas como son:

- Se utiliza un molde metálico previamente sellado para evitar pérdidas de agua, de forma cilíndrica de 15 cm de diámetro interior y 30 cm de altura.

- Una vez sellado, se aceita ligeramente la superficie interior del molde.

- Se procede a llenar el molde en 3 capas, siendo cada una de ellas de aproximadamente un tercio del volumen total del cilindro.

- Al vaciar cada capa con porciones del concreto muestra, tomadas con un cucharón metálico de tipo rectangular, se debe girar éste sobre el borde del cilindro a medida que se vaya descargando, para asegurar una correcta distribución.

- Enseguida, se distribuye el concreto con una varilla metálica redonda y lisa con diámetro de 16 mm y 60 cm de largo, con la que se procede a compactar la primera capa, que debe tener una altura aproximada de 10 cm, se compacta con 25 penetraciones siguiendo el trazo de una espiral, de la orilla al centro (Figura 4.3A); si quedan oquedades superficiales, se golpea ligeramente con la varilla varias veces, de abajo hacia arriba sobre el cuerpo del molde, para que cierren los vados que hayan quedado al compactar.

- La segunda capa, con la que se debe alcanzar una altura máxima de 20 cm dentro del molde, se compacta con 25 penetraciones de varilla, de la misma manera que se hizo al compactar la primera capa, procurando que en cada golpe la varilla penetre 2 cm aproximadamente en la capa inferior (Figura 4.3B).

- Después de haber compactado la segunda capa, si hay oquedades se repite el golpeo lateral de igual forma que en la primera etapa. Con la tercera capa, debe llenarse totalmente el molde y agregar una cantidad extra suficiente, para que, después de compactar esta última con 25 golpes de la varilla, quede totalmente lleno el molde con un ligero excedente. Si hay oquedades se repite el golpeo lateral (Figura 4.3C).

- Al terminar la compactación, se procede a enrasar con una regla metálica de aproximadamente 30 cm de longitud, 2.5 cm de ancho y 5 mm de espesor, con aristas rectas y libres de melladuras; haciendo un movimiento de vaivén sobre el borde superior del molde con lo cual quedará una superficie plana y uniforme que esté a nivel y que no tenga depresiones o promontorios de más de 3 mm (Figura 4.3D).

- Para identificar los cilindros, se marcan con trazos muy finos sobre la parte superior, con las claves de identificación que tengan designadas.

- Para evitar la evaporación del agua de los cilindros recién elaborados, se deben cubrir inmediatamente con una tapa de material no absorbente, ni reactivo o una tela de plástico (Figura 4.3E).

- No dejados abandonados en la obra a la intemperie, deben ser recogidos después del fraguado del cilindro.

- Una vez elaborados los cilindros, se podrán retirar de los moldes, de preferencia 24 horas después, permitiéndose un margen entre 16 y 48 horas, y almacenar de inmediato en una condición húmeda, a la temperatura de 23°C (con tolerancias de más menos 2 grados centígrados) hasta el momento de la prueba.

- Antes de efectuar el ensaye, se deben cabecear los cilindros con un material y espesor de capa tales, que no fluya ni se rompa al aplicar la carga.

Supongamos para este ejemplo, que se ha fijado una resistencia para el concreto que se está utilizando en obra de 250 kg/cm², con ciertas tolerancias fijadas de acuerdo a criterios estadísticos.

b) Verificación o comparación de lo real contra el estándar.

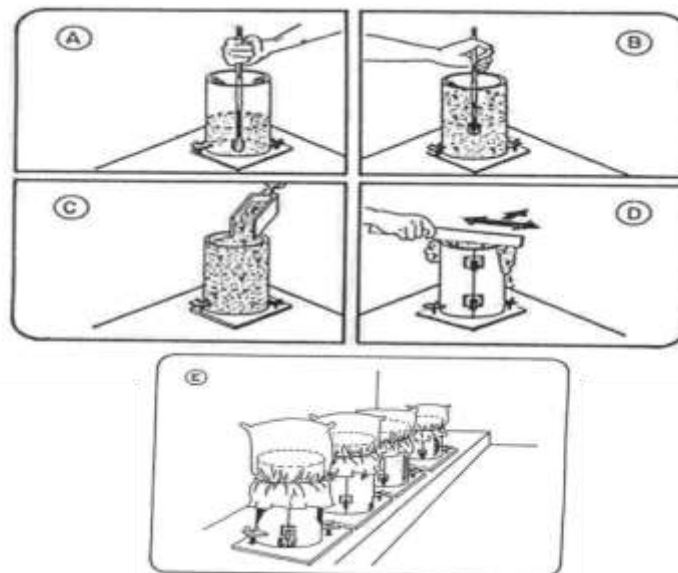
Para llevar a cabo esta etapa debemos tener en cuenta dos consideraciones:

1a.) Que de todo el concreto que se esté utilizando, deberán obtenerse las muestras representativas exigidas en las especificaciones de construcción.

2a.) Que para poder correlacionar los resultados de las muestras con el estándar, éstas deberán ser elaboradas y probadas bajo las mismas condiciones del estándar.

Se efectúa el ensaye de la muestra elaborada, en una máquina de prueba universal que cumpla con los requisitos establecidos para este tipo de pruebas. Si al determinar la resistencia del concreto, esto es la f'_c , está dentro de los límites especificados, se puede seguir adelante con su utilización. Si por el contrario, se excede la tolerancia estipulada, se tendrán que emprender una serie de acciones tendientes a corregir la desviación y sobre el o los elementos estructurales en los que el concreto fue utilizado.

c) Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.



*Figura 4.3. Elaboración de cilindros de concreto para control de calidad.
Fuente: Elaboración propia.*

Supongamos que, en el ejemplo que nos ocupa, se han estado obteniendo sistemáticamente concretos con resistencias por abajo de las solicitadas. Con la finalidad de poder tomar una acción correctiva, debemos como primer punto localizar la causa o causas del problema. Puede ser un mal diseño de la mezcla, mala dosificación en obra o en la planta, mala calidad de los materiales: agregados, agua o cemento, etc. No podría descartarse la posibilidad de que los cilindros de prueba hubieran sido mal elaborados o mal ensayados.

Detectada la falla sería relativamente simple corregirla: rediseñar la mezcla, corregir la dosificación, cambiar los agregados, el agua o el cemento, realizar adecuadamente las pruebas, etc.

Si por el contrario, las resistencias que se han obtenido son superiores a las especificadas, también habría que tomar una medida correctiva pues, en este caso, el costo del concreto elaborado seguramente está siendo superior a lo presupuestado.

d) Mejoramiento de los estándares.

Los estándares establecidos, se van modificando conforme el avance de las investigaciones permite mejorar las propiedades de los materiales.

En la actualidad, con el uso de cementos, aditivos y agregados especiales se logran resistencias cercanas a los 1000 kg/cm². Los concretos con polímeros superan esta resistencia. Cuando económicamente resulte posible construir con concretos con resistencias en este rango y aún mayores, se tendrán que establecer nuevos estándares y nuevas pruebas de laboratorio para llevar a cabo el control de calidad respectivo.

4.3 CONTROL ADMINISTRATIVO

Entendemos por control administrativo, el control del costo presupuestado y el tiempo programado para la ejecución de una obra. El controlar adecuadamente el costo y el tiempo de ejecución de una obra, permitirá corregir oportunamente desviaciones que, de no hacerlo, pondrán en riesgo la consecución de las metas fijadas. Dentro de la planeación de la obra, es necesario considerar las personas y los elementos tecnológicos que se utilizarán para esta función.

4.3.1 Control de costos

Muchas obras que se ejecutan en nuestro país, se contratan bajo el sistema de precios unitarios.

El precio unitario es el importe que el constructor cobrará por cada unidad de obra ejecutada; está integrado por los costos correspondientes a obra de mano, materiales, maquinaria, herramienta y equipo de seguridad llamados en conjunto costo directo, por los costos de administración tanto de oficinas centrales como de obra, denominados costos indirectos, en su caso el costo de financiamiento y la utilidad que el constructor percibe a cambio de su trabajo.

Estos precios unitarios, se aplican a todos y cada uno de los conceptos que conforman el catálogo de conceptos y cantidades de obra para conformar un presupuesto.

Los precios unitarios, y cada uno de los elementos que lo integran son, en el caso de los costos, los estándares de comparación. Los rendimientos, que están involucrados en el costo, sirven a su

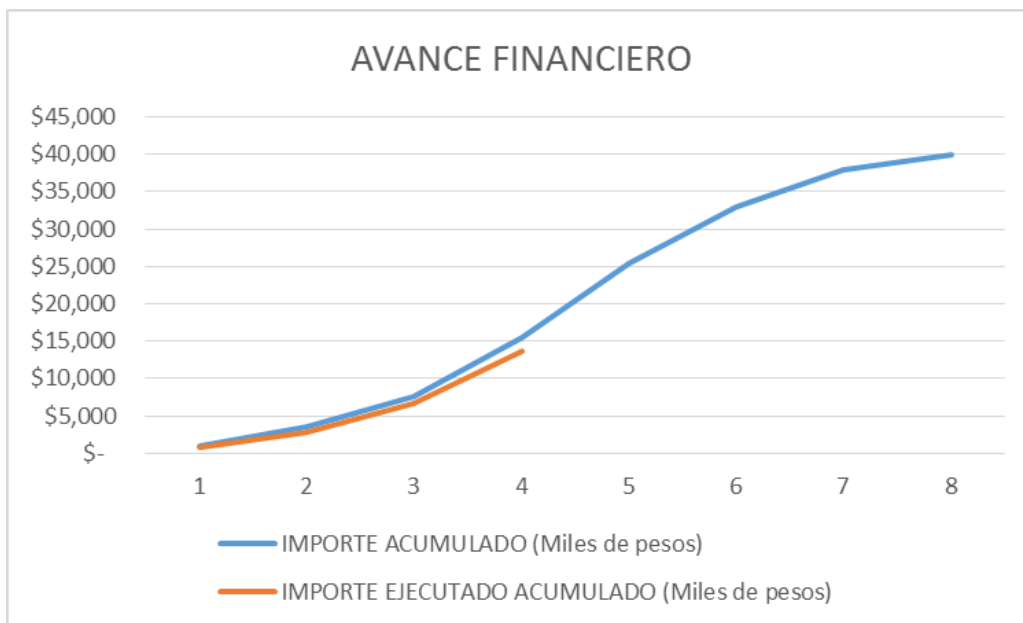
vez de base para controlar el tiempo de ejecución, de manera que existe una relación entre el costo y el tiempo.

Por ejemplo, en el caso de los materiales, en la elaboración del presupuesto se consideraron dos aspectos: el costo de los materiales puestos en obra y el consumo de ellos en los conceptos que intervienen. Se tienen por tanto dos estándares de comparación. A medida que la obra avanza, puede ser que se sobrepasen estos estándares establecidos; habrá que identificar las causas. Estas pueden ser una variación en el mercado que provocó un aumento en el costo del material, mayores costos en el pago de fletes para ubicarlos en la obra, mayor consumo del previsto, mayores mermas o desperdicios de los considerados o incluso robo.

Será necesario entonces, establecer mecanismos de control en este renglón, por ejemplo, revisar permanentemente los volúmenes de compra, su registro en el almacén de la obra, las cantidades utilizadas contra las cantidades cobradas y los saldos en almacén. De esta manera se podrán detectar desviaciones en los costos originalmente presupuestados. De modo semejante se pueden establecer controles para los demás insumos utilizados en la construcción.

Una ayuda para implementar un sistema de control de costos, es obtener lo que se conoce como “explosión de insumos”, que es un listado con la cantidad total de cada uno de los materiales considerados en el presupuesto. De no ser esto posible, se recomienda utilizar el principio de Pareto, esto es, obtener la explosión de insumos del 20% de los materiales que representen el 80% del costo.

El presupuesto en sí mismo, asociado al programa de obra, puede hacer las veces de estándar global de comparación a través de su representación gráfica. Este control permite registrar el avance financiero, entendido este no como la obra ejecutada documentada para cobrar sino la obra ejecutada, independientemente que se haya documentado para cobro o no. (Ver figura 4.4).



*Figura 4.4. Ejemplo de control presupuestal.
Fuente: Elaboración propia.*

En la elaboración del presupuesto, (como su nombre lo indica: "previamente supuesto"), se hace uso de la información disponible en el proyecto y de los costos que en ese momento tengan los insumos en el lugar donde se va a construir. Cabe pues esperar que, sobre la marcha, se tengan incrementos de costos no controlables por el constructor, así como condiciones de campo que hagan variar el proyecto, por lo cual el presupuesto se tenga que ajustar.

Si por medio del control de costos se detectan desviaciones importantes, habrá que buscar la causa y corregirla de inmediato: salarios del personal más altos que los supuestos, rendimientos más bajos, costos de adquisición de los materiales por encima de lo presupuestado, consumos o desperdicios mayores a los normales, rentas del equipo superiores a los previstos, rendimientos inferiores, costos de administración muy altos, financiamiento elevado.

En un ambiente inflacionario, el control de costos reviste especial importancia para el constructor, entre otras razones porque el poder adquisitivo de la moneda cambia rápidamente, lo cual ha hecho que se desarrollen disciplinas como la ingeniería de costos.

Finalmente, el mejoramiento de los estándares de comparación para el control administrativo, se logrará en la medida que se cuente con proyectos completos que tengan carácter ejecutivo, así como con el conocimiento preciso de las condiciones del entorno donde se ejecutarán los trabajos.

4.3.2 Control de tiempo

En referencia a las etapas de control ya descritas, se puede decir que el establecimiento de los estándares de tiempo, provienen del análisis, tan detallado como sea posible, de cada una de las actividades que componen una obra, de los procedimientos constructivos propuestos para llevarlas a cabo, de los volúmenes de obra en cada caso y del rendimiento de los recursos: obra de mano y equipo, asignados para ejecutarlas. Finalmente, de manera importante, de la interrelación de las actividades.

Con esta información, se podrá elaborar un diagrama que muestre las actividades definidas, su duración y su interrelación. Este diagrama se conoce como diagrama de flechas o de nodos, alguno de los cuales, a su vez, da origen a un diagrama de barras o de Gantt que se conoce como programa de obra y que puede servir, en el contexto más general, como estándar de comparación para registrar los avances.

En la Figura 4.5, se muestra un caso simplificado para fines de ejemplo, de una obra consistente en la construcción de un alcantarillado en 5 meses. En la tabla se han registrado las actividades que comprende la obra, sus importes y, con barras, la duración de las mismas. En las columnas finales de la tabla se registra el avance programado por actividad y el avance total, mismo que es del 66.39%, mientras que el real, de acuerdo a los avances particulares de cada actividad, resulta ser del 42.02%

Actividad	Importe (miles de pesos)	%/Total		1	2	3	4	5	Avance programado	Avance programado/ Total	Avance real	Avance real/ Total
Trazo y nivelación	\$ 100.00	0.84%	PROG.	■	■				100%	0.84%		
			REAL	■	■						100%	0.84%
Excavación	\$ 3,000.00	25.21%	PROG.	■	■	■	■		100%	25.21%		
			REAL	■	■	■	■				60%	15.13%
Cama de arena	\$ 500.00	4.20%	PROG.		■	■	■	■	80%	3.36%		
			REAL		■	■	■	■			60%	2.52%
Sum. y coloc. tubería	\$ 6,000.00	50.42%	PROG.			■	■	■	60%	30.25%		
			REAL			■	■	■			40%	20.17%
Relleno	\$ 2,000.00	16.81%	PROG.			■	■	■	40%	6.72%		
			REAL			■	■	■			20%	3.36%
Limpieza	\$ 300.00	2.52%	PROG.					■	0%	0.00%		
			REAL								0%	0.00%
TOTAL	\$11,900.00	100.00%								66.39%		42.02%

CORTE

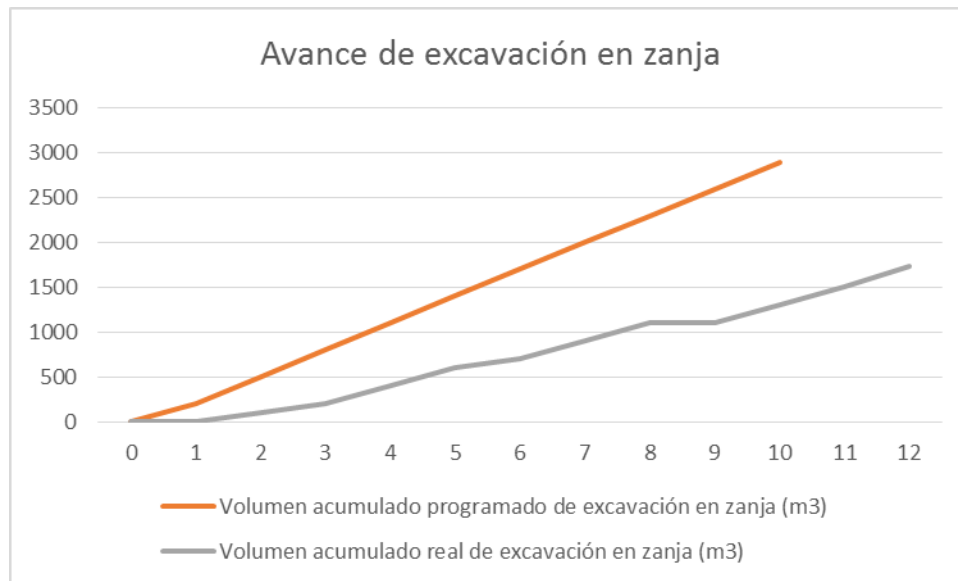
Figura 4.5. Ejemplo de control de avance en obra mediante el diagrama de Gantt.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla, se observa que la excavación tiene un atraso considerable por lo que hay que identificar la causa de ello: material con dureza superior a lo considerado, el equipo empleado no es el adecuado o ha tenido tiempos muertos por descompostura u otras razones, se encontraron obras inducidas en el tramo, etc. Identificada la causa, se puede actuar en consecuencia.

En el ejemplo, se ha considerado el programa general de obra como un estándar contra el cual comparar el avance real registrado en campo.

Otros estándares, pueden ser cada una de las actividades, de las cuales se haya elaborado su programa de ejecución. Podríamos por ejemplo generar, para el frente específico de excavación en zanja, una gráfica que relacione tiempo contra volumen excavado acumulado programado, misma que sería nuestro estándar de comparación. (Ver figura 4.6)



*Figura 4.6. Control de avance en el frente excavación en zanja.
Fuente: Elaboración propia.*

Como comentario a la gráfica de la Figura 8, se puede anotar que representa un caso donde no se tomaron medidas para corregir la desviación y se ha llegado un atraso considerable que probablemente sea difícil de recuperar.

Una vez establecidos los estándares, de acuerdo a la periodicidad requerida por los diferentes niveles jerárquicos de una organización, habrán de generarse reportes con diferentes grados de información para tomar las decisiones que correspondan.

La acción correctiva estará encaminada a corregir las variables controlables como pueden ser: incrementar el número de personal en uno o varios frentes de trabajo, asignar personal mejor calificado, cambiar el tipo de maquinaria que se está empleando, modificar el procedimiento constructivo, etc.

El mejoramiento de los estándares de comparación en este caso, involucra la participación de todos los que participan en un proyecto: Llevar a cabo los estudios preliminares del sitio donde su construirá la obra, la elaboración de un proyecto ejecutivo y una planeación cuidadosa del constructor, con la ayuda de la tecnología a su alcance, son algunos de los elementos que contribuirán a este fin.

ACTIVIDADES SUGERIDAS

- 1.- Aplicar el mecanismo de control descrito, al diseño de sistemas de control para casos específicos de calidad y consumo de materiales, calidad de procedimientos constructivos, costos y rendimientos.
- 2.- Discutir la importancia relativa de los parámetros calidad, costo y tiempo.
- 3.- Definir la palabra calidad y discutir su importancia en la ejecución de las obras. Analizar diferentes definiciones.
- 4.- Estudiar ejemplos concretos de especificaciones institucionales (Por ejemplo SCT) y específicas de algún proyecto. Discutirlas en clase.
- 5.- Analizar la relación costo-tiempo en la ejecución de una obra.
- 6.- Discutir por qué no siempre se logra una buena calidad en las obras.
- 7.- Discutir por qué las obras no siempre se terminan en el tiempo programado.
- 8.- Definir las acciones correctivas que pudieran seguirse ante la detección de desviaciones en los estándares de calidad, tiempo y costo de casos específicos.
- 9.- Investigar sobre la prueba proctor y proctor modificada, exponerla como un ejemplo del mejoramiento de estándares.
- 10.- Otras: _____.

CAPITULO 5

Tendencias tecnológicas en la construcción

INTRODUCCIÓN

La tecnología, entendida como el conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico está presente en el campo de la construcción aunque en un porcentaje de aplicación que en otras áreas de actividad industrial.

De manera introductoria, en este capítulo se hace una brevísima reseña de los avances tecnológicos que actualmente tienen presencia en la construcción.

5.1 BUILDING INFORMATION MODELING, BIM

El Building Information Modelin, mejor conocido como BIM, es un proceso inteligente que se basa en modelos 3D para brindar a los involucrados en el diseño y construcción de obras, las herramientas que les permitan planear, diseñar, construir y administrar proyectos de una manera más eficiente.

El BIM es más que una representación en 3D lograda en autocad. Permite detectar con anticipación, conflictos de diseño, reducir los imprevistos por indefiniciones de proyecto, elaborar más acertadamente el presupuesto y programa de la obra y reducir los posibles riesgos durante la construcción.

BIM es un concepto aplicable no solo al área de edificación, sino a obras de infraestructura en general, permite reducir costos, propiciar trabajos más seguros y aumentar la productividad, también proporciona elementos para un mejor mantenimiento.

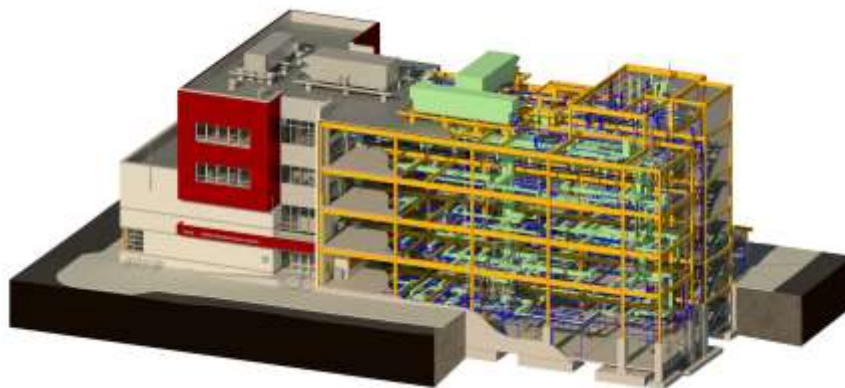


Figura 5.1 Imagen típica del building information modeling.

Fuente: pendiente incluir

5.2 IMPRESIÓN EN 3D

La impresión 3D, es un proceso a través del cual se fabrican objetos mediante la adición de material en capas. Los materiales más utilizados para imprimir en 3D son los plásticos y diversas aleaciones de metal, pero también se ha utilizado concreto hidráulico

A la impresión 3D, también se le denomina fabricación por adición, ya que el objeto tridimensional se crea por superposición de capas sucesivas de material.

La tecnología relativa a la impresión 3D no es nueva, en el año 2004, el profesor Behrokh Khoshnevis de la Universidad de Carolina del Sur, comenzó a imprimir muros de concreto, lo cual le llevó a pensar en construir una casa de manera automatizada en tan solo 20 horas.

Podemos imaginar lo que esto significa: diseños arquitectónicos más audaces, reducción de costos, reducción de desperdicio de material, mayor control de calidad, menor tiempo de ejecución, sin accidentes laborales.

En fechas recientes, en Amsterdam, se imprimió una casa en 3D, para lo cual se utilizó un bioplástico reforzado con microfibras.

La empresa ICON, pionera en el desarrollo de impresiones 3D, ha desarrollado prototipos de vivienda en el Salvador como se muestra en la figura 5.2.



*Figura 5.2 Modelo clásico de vivienda con impresión 3D (Foto ICON).
Fuente: <https://www.cnet.com/es/noticias/impresora-3d-construccion-casas-el-salvador/>*

5.3 BIG DATA

Vivimos en la época de la información, donde se manejan una gran cantidad de datos, tanto estructurados (bases de datos, hojas de Excel, etc.) como no estructurados (videos, texto). Esto, con

las herramientas convencionales como sería una base de datos, dificulta el proceso de recopilación, clasificación, ordenamiento y utilización de la información para la mejor toma de decisiones.

El tener disponible cada vez mayor cantidad de información, no siempre facilita las cosas o lleva a una mejor toma de decisiones: se requiere interpretar adecuadamente dicha información para proceder en consecuencia.

Al hablar de big data, nos estamos refiriendo a conjuntos de datos que van de 30 a 50 terabytes hasta varios Petabytes y aún más, ver Tabla 5.1

Tabla 5.1 Valor de cada una de las unidades de almacenamiento.

Nombre	Espacio que ocupa un archivo en una unidad de almacenamiento	
Byte	1	1 (8bits)
Kilobyte	1.024^1	1,024
Megabyte	1.024^2	1'048,576
Gigabyte	1.024^3	1'073,741,824
Terabyte	1.024^4	1'099,511,627776
Petabyte	1.024^5	1'125,899,906,842,624
Exabyte	1.024^6	1'152,921,504,606,846,976
Zettabyte	1.024^7	1'180,591,620,717,411,303,424
Yottabyte	1.024^8	1'208,925,819,614,629,174,706,176

Fuente. Elaboración propia.

Dado el enorme caudal de información que el ingeniero tiene disponible, requiere de la tecnología big data para hacer uso correcto de los datos que tiene a su alcance.

5.4 DRONES

Los drones son vehículos aéreos no tripulados, muy comunes en nuestros días, pero que su aplicación en la industria de la construcción es relativamente reciente.

A través de los drones se pueden obtener videos de mucha utilidad, con información de campo ya sea para elaborar proyectos o para recabar información relacionada con avance de obra, con la supervisión de los trabajos, detección de fallas geológicas superficiales en carreteras, filmación de voladura de roca a cielo abierto con explosivos, logística de los trabajos, seguridad e higiene de los trabajadores, etc.

También, es posible su interacción con los sistemas BIM.



Figura 5.3 Utilización de dron en la construcción de un edificio.

Fuente: Pendiente

ACTIVIDADES SUGERIDAS

1. Ampliar la información en torno a los cuatro avances tecnológicos presentados.
2. Investigar qué avances tecnológicos en otras áreas pudieran aplicarse al campo de la construcción.
3. Plantear un problema por resolver o una actividad específica de construcción y hacer una lluvia de ideas sobre cómo podría innovarse.
4. Proponer aplicaciones concretas para el BIM, la impresión en 3D, big data y drones.
5. Otras: _____.

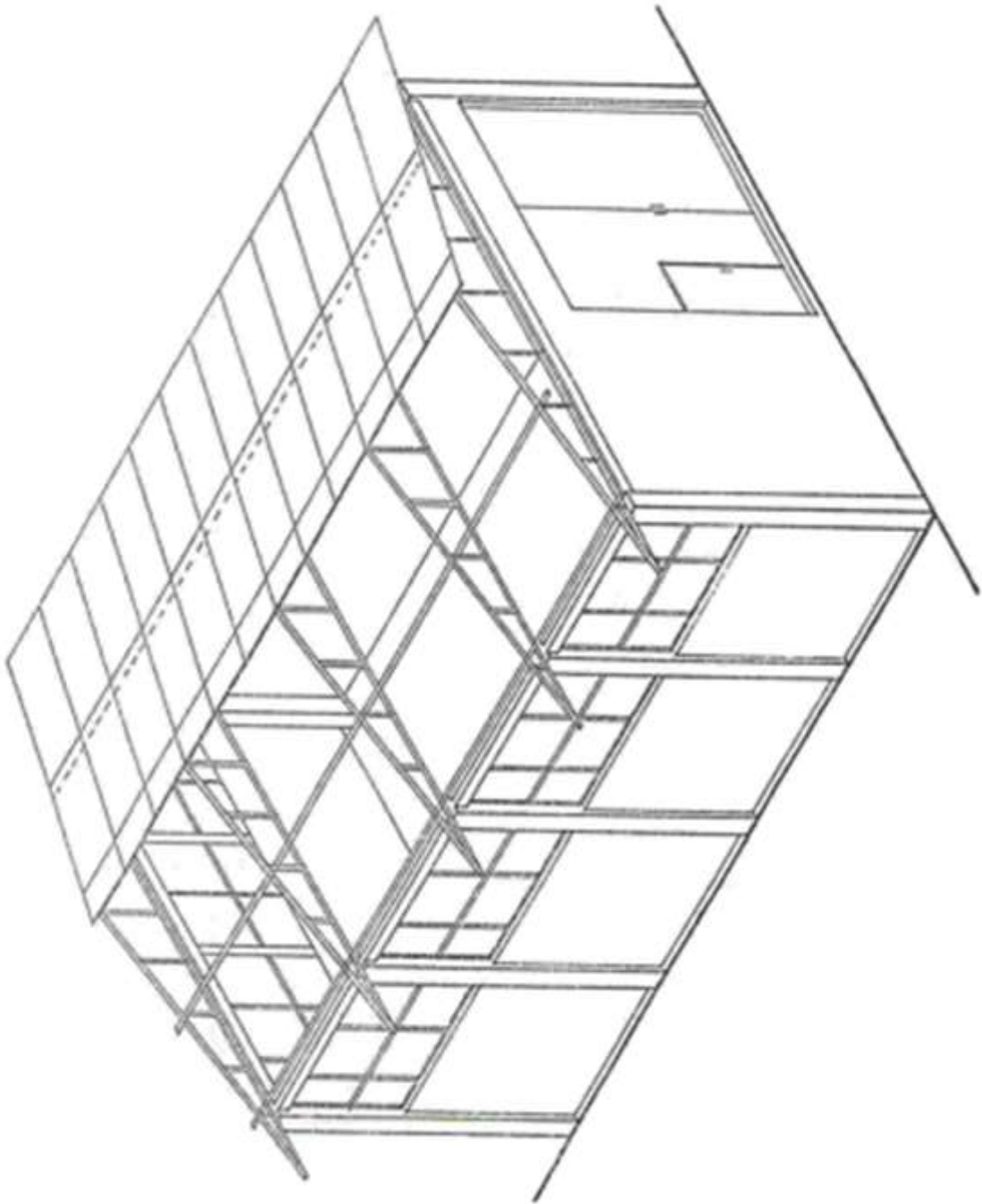
ANEXO

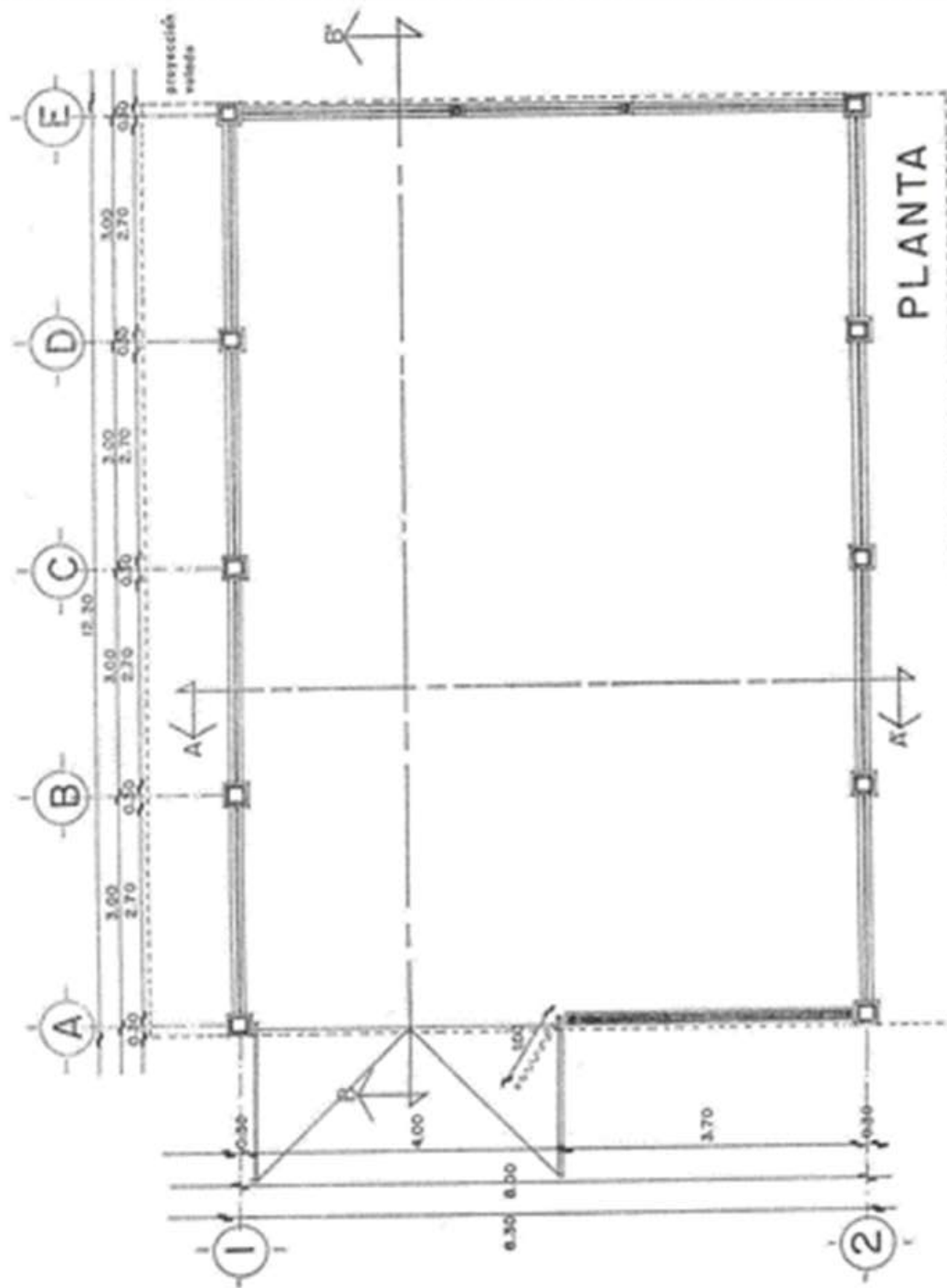
Se incluye el ejemplo de un diseño sencillo de una pequeña bodega.

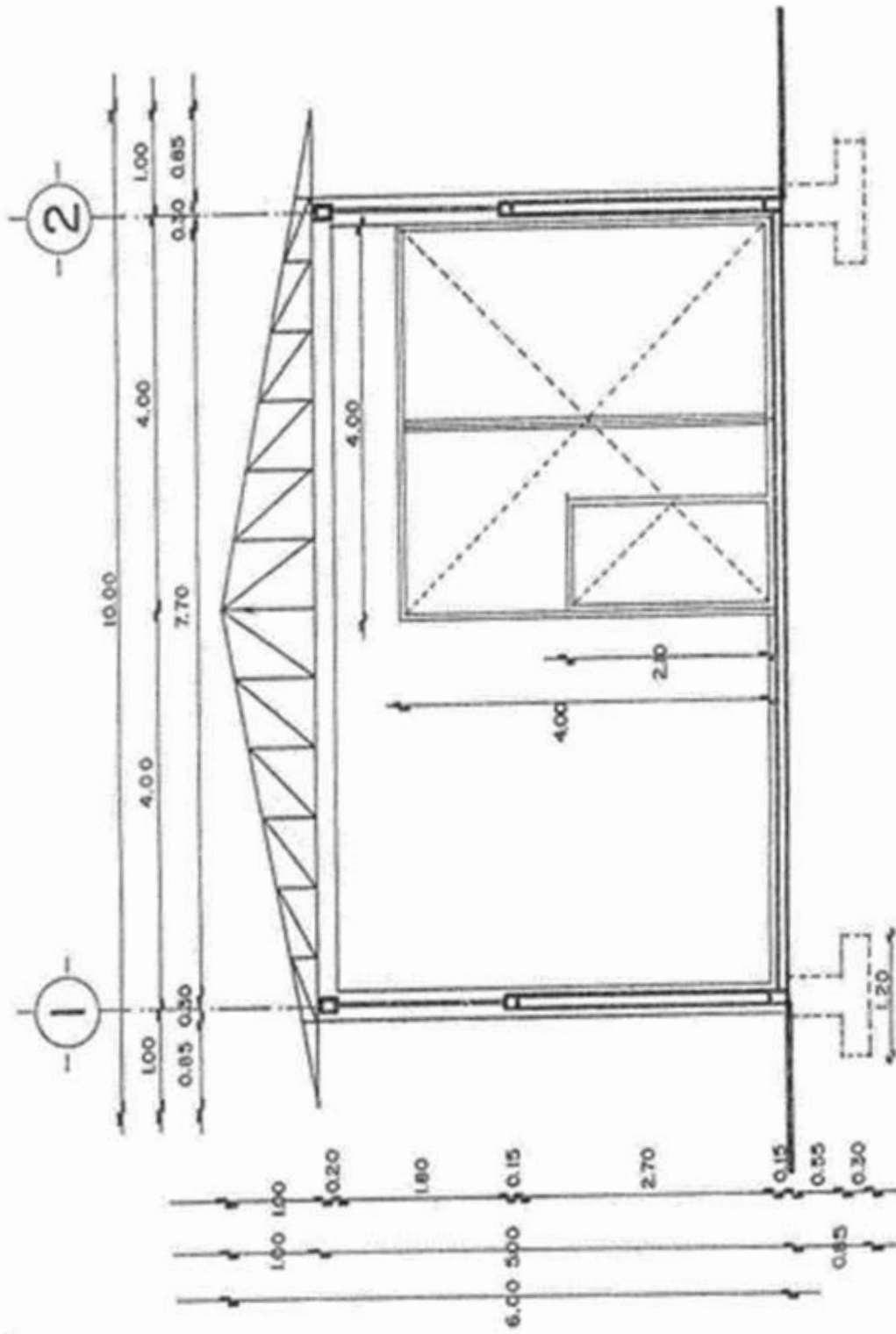
Se sugiere que los alumnos interpreten dicho proyecto, elaboren el catálogo de conceptos, calculen las cantidades de obra y coticen el costo de los insumos para construirlo.

Finalmente se propone al profesor encargue a los alumnos la interpretación y cuantificación de otros proyectos simplificados.

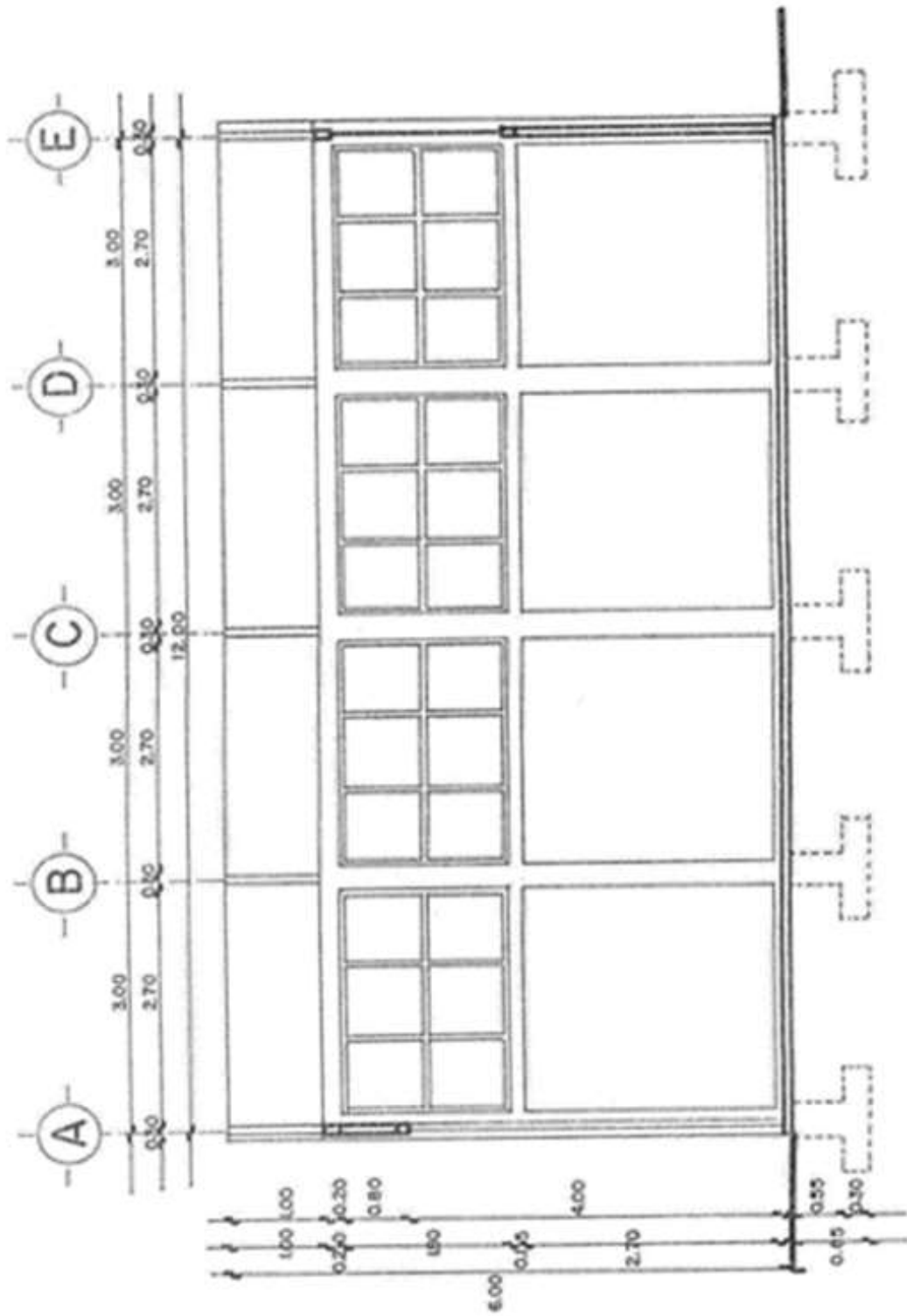
El autor recomienda, para el desarrollo del primer punto, la elaboración de croquis a mano alzada, isométricos, y dibujos en autocad.



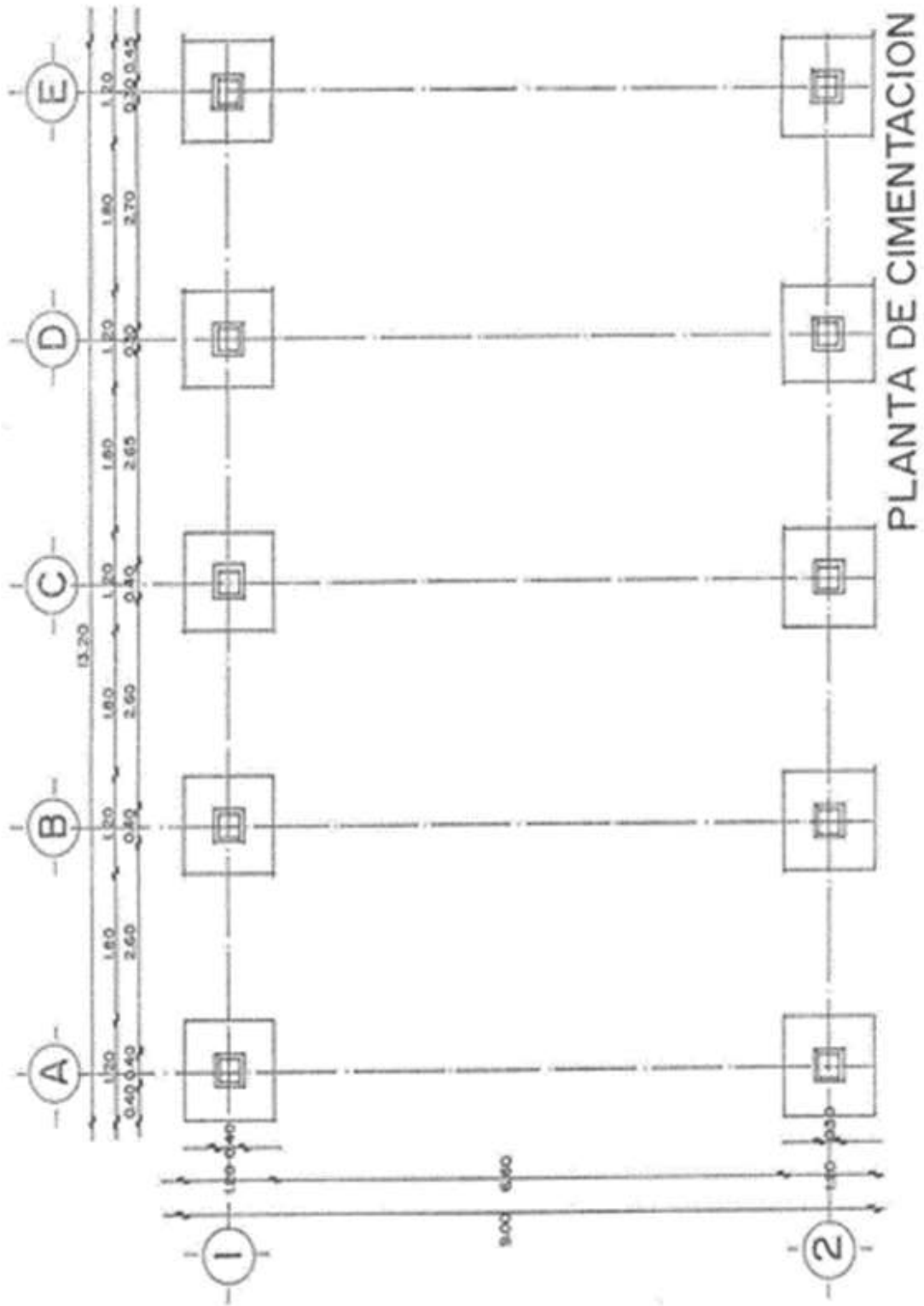




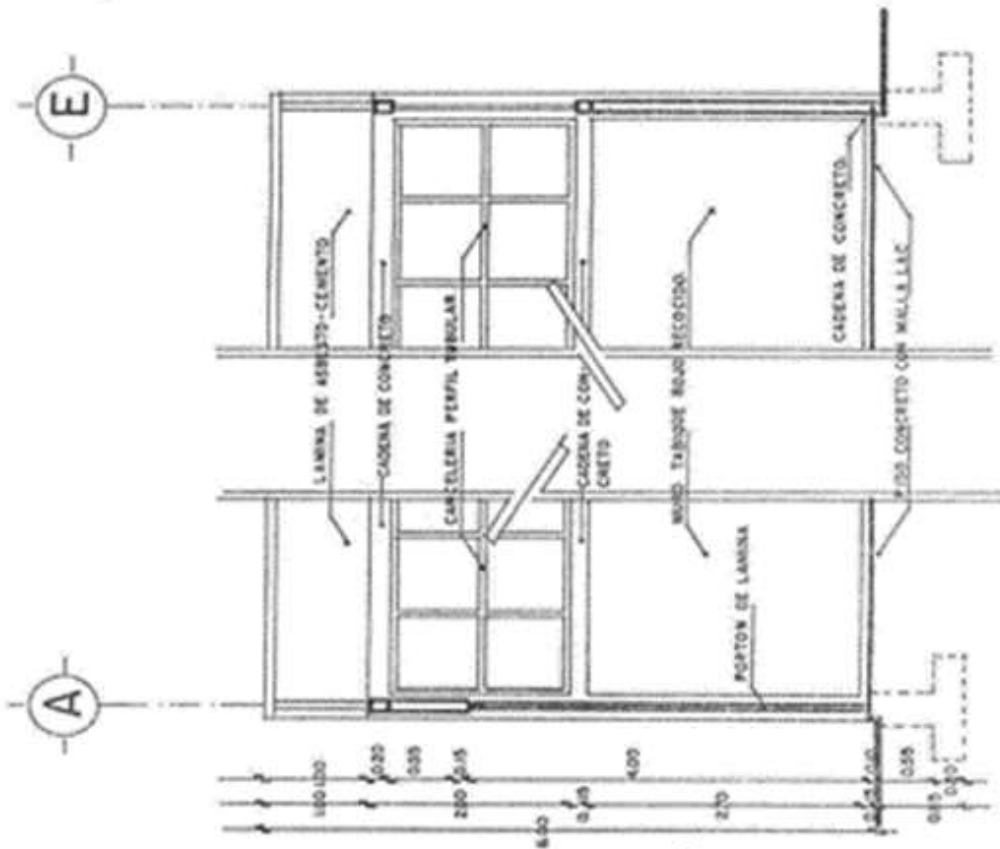
CORTE A-A'



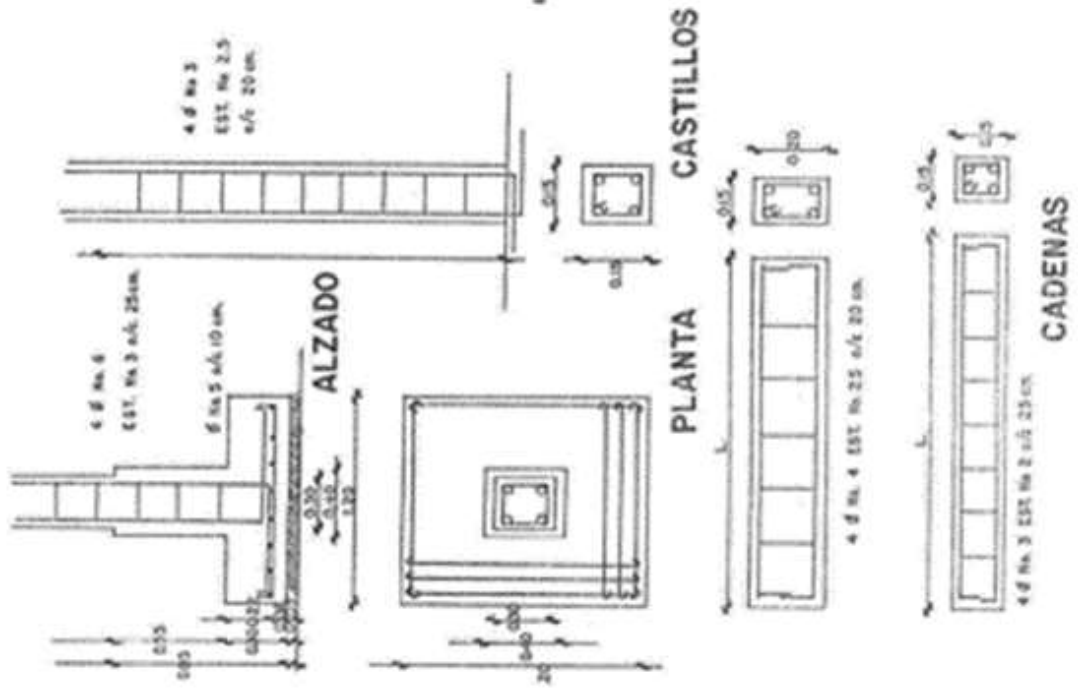
CORTE B-B'

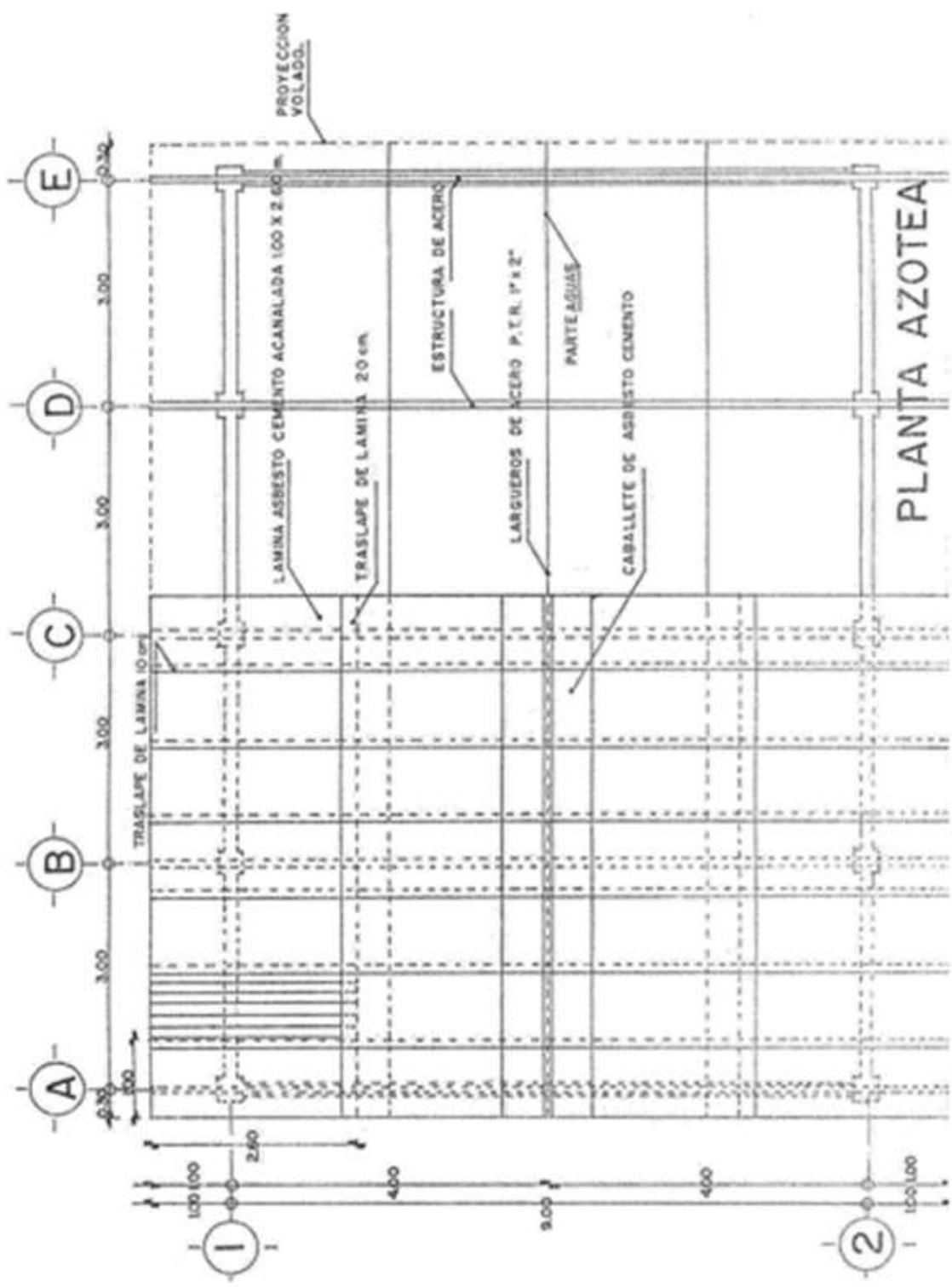


PLANTA DE CIMENTACION



CORTES POR FACHADA.





BIBLIOGRAFIA

- Bolívar Héctor V., Ernesto Zurutuza V., Jesús González D., Jesús Banda L. El Ingeniero Civil ¿Qué Hace? Editorial Alhambra Mexicana. Edición 1988.

- Revista Ingeniería Civil Órgano Oficial del Colegio de Ingenieros Civiles, A.C.

- Revista Mexicana de la Construcción. Órgano Oficial de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

RESENDIZ, Daniel. *El rompecabezas de la ingeniería*. Fondo de cultura económica, México. Reimpresión 2013.

Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

MESOGRAFÍA

www.sct.gob.mx.

<https://www.gob.mx/artf/articulos/infraestructura-ferroviaria-191183?idiom=es>, recuperado el 30 de abril del 2020.

<https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/historia-de-la-comision-nacional-del-agua-conagua>, recuperado el 30 de abril de 2020.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/83920/HISTORIA.pdf>, recuperado el 4 de mayo de 2020.
