

# INTRODUCCION AL PROCESO CONSTRUCTIVO

# INTRODUCCIÓN AL PROCESO CONSTRUCTIVO

Ing. Ernesto René Mendoza Sánchez

## PRESENTACION

Una de las actividades que la Fundación para la Enseñanza de la Construcción (FUNDEC) tiene entre sus fines, es la elaboración de apuntes que, apegándose a los objetivos educativos señalados en los planes y programas de estudio de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., permitan al alumno tener una fuente de información de fácil acceso y, al profesor, 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 Presupuestación de Obras que se imparte dentro del plan de estudios de la carrera de ingeniero 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 proceso de transformación de los recursos: materiales, obra de mano y equipo y, se introduce al alumno, en el estudio de los controles administrativo y de calidad a nivel obra.

Dada la finalidad tan importante de estas notas, exhortamos a profesores y alumnos a que, con sus comentarios y sugerencias, nos permitan perfeccionar paulatinamente, el contenido de las ediciones siguientes.

**FUNDEC, A.C.**  
**2006**

# INDICE

	Página
Capitulo 1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA CONSTRUCCIÓN	<u>5</u>
Capitulo 2 EL INGENIERO CIVIL	<u>18</u>
Capitulo 3 CAMPOS DE LA INGENIERÍA CIVIL	<u>23</u>
3.1 Investigación	<u>24</u>
3.2 Desarrollo	<u>25</u>
3.3 Planeación	<u>26</u>
3.4 Diseño	<u>28</u>
3.5 Construcción	<u>29</u>
3.6 Operación	<u>38</u>
3.7 Mantenimiento	<u>38</u>
Capitulo 4 LA CONSTRUCCIÓN COMO PROCESO	<u>41</u>
Capitulo 5 EL PROCESO DE CONTROL	<u>46</u>
5.1 Control de calidad	<u>51</u>
5.2 Control administrativo	<u>57</u>
ANEXO 1	<u>63</u>
BIBLIOGRAFÍA	<u>71</u>

# CAPITULO 1

## ANTECEDENTES HISTORICOS DE LA CONSTRUCCION

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: Teotihuacan, ciudad sagrada de grandes monumentos, destaca por su planificación conforme a un riguroso trazo urbano que contempla 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 basándose en 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 (tablaestacados 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 principios de este siglo, cuando se constituyeron las primeras empresas constructoras.

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

## ***VIAS 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 aún se utiliza.

De acuerdo a la información publicada por la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C. (1), en abril de 2003, la red carretera en México está integrada a la fecha por 337,247 kilómetros, clasificada de la manera siguiente:

Longitud de la red carretera en 2000

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>LONGITUD (Km)</b>
<b>Red Federal</b>	47,366.5
<b>Cuota</b>	5,550.7
<b>Libre</b>	41,865.8
<b>Redes estatales</b>	65,138.1
<b>Cuota</b>	432.4
<b>Libre</b>	64,705.7
<b>Red de caminos rurales</b>	160,185.1
<b>SCT</b>	4,596.9
<b>Estados</b>	108,530.2
<b>Otros</b>	47,058.0
<b>Brechas mejoradas</b>	60,557.4
<b>TOTAL</b>	333,247.1

Fuente: Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2001-2006

Asimismo, se señala que en el primer semestre de 2001, el 47% de la infraestructura carretera federal libre de peaje se encontraba en buenas condiciones, el 50% en regulares y el 3% con un estado malo. De los 6,653 puentes de la red federal, alrededor de 240 requieren ser reforzados y rehabilitados. La seguridad de los usuarios se ve afectada debido a las limitaciones geométricas de algunos tramos, curvas cerradas, pendientes pronunciadas, entronques a nivel en vías transitadas, puntos conflictivos, escaso mantenimiento en la señalización e indebido uso del derecho de vía. El Instituto Mexicano del Transporte estima que el mal estado de los pavimentos genera un sobre costo de operación de los vehículos de alrededor de 54 mil millones de pesos anuales, que se derivan principalmente del incremento excesivo en el consumo de combustible, lubricantes, llantas y refacciones, así como al acelerado deterioro de la flota vehicular.

Durante los últimos años las inversiones destinadas a la conservación, reconstrucción, modernización y ampliación de la red federal libre han sido insuficientes para afrontar la cada vez mayor demanda de usuarios. Como consecuencia, la infraestructura carretera ha experimentado un progresivo deterioro que es necesario superar.

### ***b) Ferrocarriles***

Por lo que respecta a los ferrocarriles, la primera vía se inició en 1850, el 1.º de enero de 1873 se inauguró el Ferrocarril Mexicano, construido para recorrer el tramo México- Veracruz. En 1884 se termina 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 decreta la nacionalización total del sistema ferroviario, en ese período se inician la construcción del ferrocarril de Sonora a Baja California, la continuación de la vía de Uruapan hasta Apatzingan y el ferrocarril del Sureste que más tarde unirían la península de Baja California y Yucatán con el centro del país.

En 1940, se crea 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, se inicia, 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 a las Truchas en Michoacán y se inició la doble vía de México a Querétaro.

En 1977, por acuerdo presidencial, las empresas ferroviarias quedan 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.

El sistema ferroviario mexicano, cuenta actualmente con 26,000 kilómetros de vía aproximadamente destinados casi en su totalidad al transporte de carga.

## ***IRRIGACION***

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, nace 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 da 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 Triguera 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 crea la Comisión Nacional del Agua, cuya misión consiste en administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso.

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.

Actualmente, la Comisión Nacional del Agua opera con trece Gerencias Regionales, responsables de administrar y preservar las aguas nacionales en

cada una de las regiones hidrológico-administrativas en que se ha dividido el país. 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).

## **AEROPUERTOS**

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

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

En los años treinta, se inicia 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 este mismo año se crea Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), organismo público descentralizado cuyo objetivo es administrar, operar, conservar y, en general, mejorar 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.

Tras iniciarse en 1965 el Plan Nacional de Aeropuertos a cargo de la Comisión Intersectorial de Aeropuertos, la red aeroportuaria actual está constituida por los siguientes aeropuertos administrados por Aeropuertos y Servicios Auxiliares.

### Red aeroportuaria nacional

No.	ENTIDAD	TIPO	CLASIFICACIÓN	ALCANCE
1	Acapulco	Turístico	Internacional	Largo
2	Aguascalientes	Regional	Internacional	Mediano
3	Bahías de Huatulco	Turístico	Internacional	Largo
4	Bajío (León,Gto)	Regional	Internacional	Mediano
5	Campeche	Regional	Internacional	Mediano
6	Cancún	Turístico	Internacional	Largo
7	Ciudad de México	Metropolitano	Internacional	Largo
8	Ciudad del Carmen	Regional	Nacional	Mediano
9	Ciudad Juárez	Fronterizo	Internacional	Mediano
10	Ciudad Obregón	Regional	Internacional	Mediano
11	Ciudad Victoria	Regional	Nacional	Mediano
12	Colima	Regional	Nacional	Mediano
13	Comitán	Regional	Nacional	Corto
14	Cozumel	Turístico	Internacional	Mediano
15	Cuernavaca	Regional	Nacional	Corto
16	Culiacán	Regional	Internacional	Mediano
17	Chetumal	Fronterizo	Internacional	Mediano
18	Chihuahua	Regional	Internacional	Mediano
19	Durango	Regional	Internacional	Mediano
20	Guadalajara	Metropolitano	Internacional	Largo
21	Guaymas	Turístico	Internacional	Mediano
22	Hermosillo	Regional	Internacional	Mediano
23	Ixtepec	Regional	Nacional	
24	La Paz	Turístico	Internacional	Largo
25	Lázaro Cárdenas	Estación	Estación	
26	Loma Bonita	Regional	Nacional	
27	Loreto	Turístico	Internacional	Mediano
28	Los Mochis	Regional	Nacional	Mediano
29	Manzanillo	Turístico	Internacional	Largo
30	Matamoros	Fronterizo	Internacional	Mediano
31	Mazatlán	Turístico	Internacional	Largo
32	Mérida	Turístico	Internacional	Largo
33	Mexicali	Fronterizo	Internacional	Largo
34	Minatitlán	Regional	Nacional	Mediano
35	Monterrey	Metropolitano	Internacional	Largo
36	Morelia	Regional	Internacional	Mediano
37	Nogales	Fronterizo	Internacional	Corto
38	Nuevo Laredo	Fronterizo	Internacional	Mediano
39	Oaxaca	Regional	Internacional	Mediano
40	Pachuca	Estación	Estación	
41	Palenque	Estación	Estación	
42	Poza Rica	Regional	Nacional	Mediano
43	Puebla	Regional	Nacional	Mediano
44	Puerto Escondido	Turístico	Internacional	Mediano
45	Puerto Vallarta	Turístico	Internacional	Largo
46	Querétaro	Regional	Internacional	Corto
47	Reynosa	Fronterizo	Internacional	Mediano
48	San Cristobal C.	Estación	Estación	
49	San José Del Cabo	Turístico	Internacional	Mediano
50	San Luis Potosí	Regional	Internacional	Mediano
51	Tampico	Regional	Internacional	Mediano

52	Tamuín	Regional	Nacional	Corto
53	Tapachula	Fronterizo	Internacional	Mediano
54	Tehuacán	Regional	Nacional	Corto
55	Tepic	Regional	Nacional	Corto
56	Teran (militar)	Regional	Nacional	
57	Tijuana	Fronterizo	Internacional	Largo
58	Toluca	Metropolitano	Internacional	Mediano
59	Torreón	Regional	Internacional	Mediano
60	Tuxtla Gutiérrez	Regional	Nacional	Mediano
61	Uruapan	Regional	Nacional	Mediano
62	Veracruz	Turístico	Internacional	Mediano
63	Villahermosa	Regional	Internacional	Mediano
64	Zacatecas	Regional	Internacional	Mediano
65	Zihuatanejo	Turístico	Internacional	Largo

Existen también en el país multitud de aeropistas para aviones menores y para aviones de poco peso y capacidad.

## **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 que coordina 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, entre estos:

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

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

Se construyó Puerto Madero, en Chiapas, iniciándose su operación el 1º de Junio de 1975.

Se iniciaron las construcciones del Puerto Lázaro Cárdenas, que concluyeron 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, Oax.

En Lázaro Cárdenas, Michoacán se amplía e 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 m<sup>2</sup>, 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 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.

Los puertos administrados bajo este esquema se muestran en la siguiente tabla:

Puertos administrados por las APIS

<b><i>PUERTO</i></b>	<b><i>ENTIDAD</i></b>
<b><i>Altamira</i></b>	Tamaulipas
<b><i>Coatzacoalcos</i></b>	Veracruz
<b><i>Guaymas</i></b>	Sonora
<b><i>Lázaro Cárdenas</i></b>	Michoacán
<b><i>Mazatlán</i></b>	Sinaloa
<b><i>Progreso</i></b>	Yucatán
<b><i>Puerto Madero</i></b>	Chiapas
<b><i>Puerto Vallarta</i></b>	Jalisco
<b><i>Salina Cruz</i></b>	Oaxaca
<b><i>Tampico</i></b>	Tamaulipas
<b><i>Topolobampo</i></b>	Sinaloa
<b><i>Tuxpan</i></b>	Veracruz
<b><i>Veracruz</i></b>	Veracruz
<b><i>Dos Bocas</i></b>	Tabasco
<b><i>Ensenada</i></b>	Baja California



## ACTIVIDADES SUGERIDAS

1.- 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.

2.- Investigar sobre la evolución histórica de algún grupo específico de obras, ejemplo: presas, vivienda, transporte colectivo, obras petroleras, obras eléctricas, etc.

3.- Investigar las partes que componen algún tipo específico de obra dado como puede ser una carretera, un aeropuerto, un puerto, una obra hidroeléctrica entre otras, e inclusive los elementos de una parte de dicha obra como sería el pavimento en una carretera.

4.- Discusión sobre el estado actual de la infraestructura de la Ciudad de México y/o de la República Mexicana ("lo que falta por hacer").

5.- Otras:

---

---

---

---

---

# CAPITULO 2

## EL INGENIERO CIVIL

Para 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 es difícil, ya que, por principio, el término "ingeniero civil", no nos dice nada acerca de las actividades que desempeña, como podría ser el caso de un ingeniero textil o un ingeniero agrónomo; sin embargo, se sabe que se le nombró "civil", para destacar el hecho que su función estaba alejada de cualquier finalidad de índole militar.

Como primer punto, sabemos que la palabra "ingeniería", deriva del latín *ingenium*, que significa capacidad de discurrir e inventar.

Revisando en 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 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".

"Ingeniería es la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales, obtenidas por el estudio, la experiencia y la práctica, se aplica con buen juicio al desarrollo de medios para utilizar en forma económica los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio del hombre".

"Ingeniería es el arte de tomar una serie de decisiones importantes, dado un conjunto de datos inexactos e incompletos, con el fin de obtener la mejor solución posible que funcione de la 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, apuntan a señalar que la ingeniería es la actividad donde el profesional aplica sus conocimientos, su ingenio y su capacidad de trabajo para transformar la naturaleza en beneficio de las necesidades del hombre y de la sociedad.



Evidentemente, el Ingeniero Civil queda enmarcado dentro de las definiciones anteriores, sólo que realiza ingeniería en un campo de actividad específico.

El diccionario de la lengua española nos dice: "Ingeniero Civil, es el que pertenece a cualquiera de los cuerpos facultativos no militares, dedicados a obras y trabajos públicos".

En resumen, se puede concluir que, el Ingeniero Civil, es el profesional capacitado con los conocimientos físico-matemáticos, que le permiten transformar óptimamente los recursos para la realización de obras civiles de servicio colectivo, tales como: caminos, puentes, ferrovías, canales, terminales aéreas y marítimas, donde cubre las etapas de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de las mismas".

Cabe aclarar que el Ingeniero Civil se desenvuelve dentro de un marco legal establecido, que trata de garantizar básicamente la seguridad y economía de

las obras y la preservación del medio ambiente.

Encontramos también que el Ingeniero Civil debe prestar especial atención a la preparación físico-matemática durante sus estudios de licenciatura, sin descuidar las asignaturas socio-humanísticas que le permitirán entender, 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.



Algunas de las actividades que realiza el Ingeniero Civil son:

- *Proyecta y construye vías de comunicación como: carreteras, puentes, ferrovías, terminales aéreas y marítimas, obras fluviales de riego y de generación de energía y obras urbanas.*
- *Planea y construye canales, presas, tanques, redes de agua, alcantarillados y en general, diferentes sistemas hidráulicos y sanitarios.*
- *Proyecta estructuras y calcula la resistencia de los materiales para la construcción y cimentación de las mismas.*
- *Realiza estudios sobre mecánica de suelos, estructurales e hidráulicos.*
- *Participa en la planeación y construcción de unidades habitacionales, obras industriales y de infraestructura.*
- *Interviene en la planeación de servicios públicos como pavimentación, alumbrado y drenaje.*
- *Realiza actividades docentes y de investigación.*

*- Dirige y supervisa obras en general.*

De la definición propuesta y de las actividades que realiza, podemos derivar algunas de las características que conforman el perfil del Ingeniero Civil:

*- Su trabajo primordialmente es intelectual, requiere de juicio e ideas originales.*

*- Requiere de cierta habilidad para supervisar el trabajo técnico y administrativo de otras personas.*

*- Su capacidad para el manejo de conceptos abstractos debe ser sobresaliente.*

*- Para el análisis de la mayoría de los problemas son necesarias inventiva, habilidad e ingenio.*

*- Capacidad para tomar decisiones.*

*- Disponibilidad para tratar con personas de diversa preparación, criterio y caracteres.*

*- Facilidad para organizar y dirigir el trabajo.*

*- Tener conocimiento de los problemas políticos, económicos y sociales de su comunidad.*

*- En algunos casos, buena resistencia física para sesiones de trabajo prolongadas bajo condiciones y ambientes físicos adversos.*

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.

## *ACTIVIDADES SUGERIDAS*

- 1.- Analizar y discutir cada una de las definiciones de ingeniero civil. 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 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 el perfil actual contenido en el plan de estudios de la carrera de ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, compararlo con el de otras universidades del país y del extranjero.

6.- Otras:

---

---

---

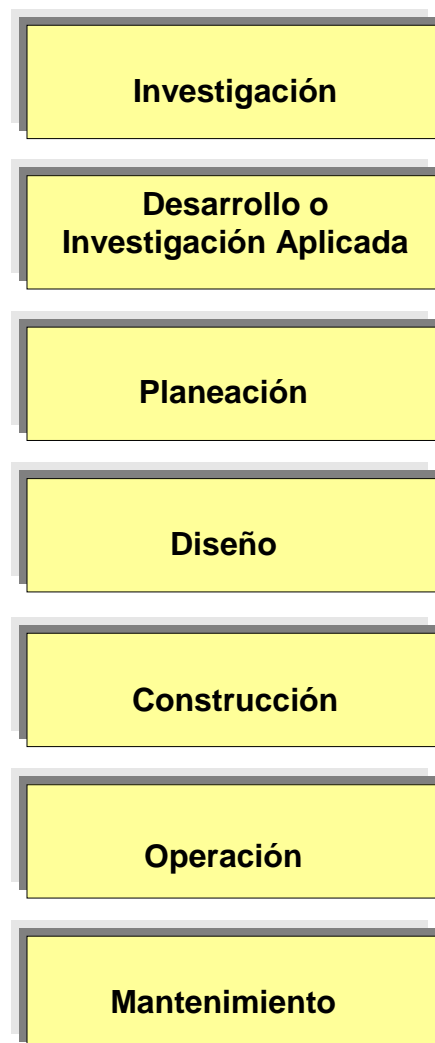
---

---

# CAPITULO 3

## CAMPOS DE LA INGENIERIA CIVIL

La cantidad de conocimientos que conlleva la práctica de la ingeniería civil, ocasiona que el profesional vaya adquiriendo, en el cumplimiento de sus funciones, cierta especialización. Así, se considera conveniente clasificar las actividades que el ingeniero civil realiza, en los siguientes campos.



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

### 3.1 INVESTIGACION

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 consiste fundamentalmente en:

- a).- Identificar un problema no resuelto por los conocimientos disponibles y formular una hipótesis sobre el mismo.
- b).- Derivar consecuencias lógicas de dicha hipótesis, susceptibles de verificación mediante un experimento especialmente diseñado a través de un evento natural.
- c).- Evaluar la validez de lo supuesto y, como conclusión:
- d).- Ampliar los conocimientos y formular nuevos problemas.

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 Bernoullí, 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 sólo mencionar 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.

Aunque la importancia que los sectores oficial y privado conceden a la investigación ha ido en aumento, todavía se tendrá que incrementar por lo cual, constituye sin duda alguna, un interesante campo de actividad profesional, además que, como se ha mencionado de manera insistente, la investigación es sin duda el recurso que dará a nuestro país su independencia tecnológica.

### 3.2 DESARROLLO O INVESTIGACION 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, él necesita que el avión por diseñar también 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 aunque 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.

El Ingeniero Civil dedicado a este campo, aprovechará por ejemplo 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 el concreto hidráulico para aplicarlo a usos específicos.

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, 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 será, finalmente, capaz de trabajar en equipo y mostrar voluntad de comunicar sus hallazgos.

### 3.3 PLANEACION

Dice Ackoff que planear es diseñar un futuro deseado y los medios adecuados para conseguirlo.

También se dice 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, debe estar presente en todas y cada una de las acciones que el ingeniero civil emprenda.

La planeación puede asociarse a un cierto nivel de referencia: podemos planear un procedimiento constructivo, la compra de equipo, la contratación de mano de obra o la procuración de materiales.

En un marco más amplio, podemos 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

estamos ejemplificando un caso de planeación a nivel nacional.

Obviamente, tenemos ejemplos de planeación mundial, en la que se estructuran y ordenan actos en que intervienen los intereses de las naciones existentes en nuestro planeta.

En términos amplios, los mecanismos de la planeación son:

- a) Conocimiento de la situación que se pretende cambiar.
- b) Necesidad e 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 del deseo 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.

Estos mecanismos, referidos al área de la construcción, pueden resumirse en dos etapas: Por una parte los estudios previos que comprenden la localización del lugar más adecuado para la ejecución de la obra, beneficios esperados, factibilidad técnico económica y, por otra, la programación propia de los trabajos, entendida como la ordenación en el tiempo y en el espacio de las diferentes actividades que permitirán la materialización del proyecto.

En esta segunda etapa, se establecen entre otras cosas, los tipos, cantidades y período de empleo de las máquinas, clasificación y número de trabajadores en los lapsos durante los cuales se necesitarán y momento adecuado para la adquisición y empleo de materiales.

La gran cantidad de variables que intervienen durante la planeación y programación de una obra y la interrelación que tienen, hace muy difícil su manejo, 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 los 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.*

### 3.4 DISEÑO

El Diseño, 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 simulación de lo que queremos 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, plasmando posteriormente en planos y especificaciones la solución óptima.

En el diseño de una obra, intervienen diversas disciplinas o especialidades como: mecánica de suelos, estructuras, hidráulica, sanitaria y otras. Así, durante el diseño de un puente para salvar un río, intervendrá un experto en mecánica de suelos para definir las características del subsuelo y proponer el tipo de cimentación recomendable, el ingeniero especializado en hidráulica

estudiará con detalle el comportamiento hidrológico del río y posteriormente, con toda esta información, el estructurista, a través de los análisis correspondientes, determinará la geometría de cada uno de los elementos que componen el puente y los materiales que deberán utilizarse especificando, en su caso, el procedimiento constructivo a seguir.

El ingeniero civil dedicado al diseño, debe tomar en consideración, la factibilidad 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 ingeniero civil encargado del diseño de cualquier obra de ingeniería requiere de ciertas 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.

### 3.5 CONSTRUCCION

Una vez que se han terminado los planos en la etapa de diseño y que se han preparado las especificaciones, que son el lenguaje con el que se relacionan el campo del diseño y 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; teniéndose así:

#### *OBRAS HIDRAULICAS y AGROPECUARIA S*

Presas de almacenamiento y derivación, canales y sistemas de riego, obras fluviales, obras de protección.

### **OBRAS INDUSTRIALES**

Obras para la producción, regulación, conducción y distribución de energía eléctrica, plantas industriales, astilleros, almacenes, obras de refinación.

### **OBRAS DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES**

Caminos, puentes, ferrocarriles, aeropuertos, puertos, canales, telecomunicaciones.

### **OBRAS DE URBANIZACION**

Obras de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, vialidad urbana, alumbrado, guarniciones, banquetas, pavimentación, instalaciones diversas.

### **ASENTAMIENTOS HUMANOS**

Centros comerciales, religiosos, educacionales, recreativos, asistenciales, oficinas públicas, viviendas.

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 interdisciplinarios.

Asimismo, el medio ambiente en que se desenvuelve es muy amplio; las obras en el campo requieren de él una buena disposición para realizar actividades al aire libre y un reducido trato social, circunscrito al personal de trabajo. Las obras urbanas, en cambio, lo obligan a desenvolverse en un medio más complicado y exigente ya que, a la vez que desempeña sus labores en áreas abiertas o aisladas, debe mantenerse en constante trato con problemas y personas de los grandes conglomerados.

En resumen, las actividades que desempeña el Ingeniero Civil en este campo son:

- *Planeación de la construcción, elaboración de presupuestos, selección de procedimientos de construcción y de equipo, elaboración de programas de ejecución, de insumos y financieros.*
- *Ejecución de la obra con base en planos y especificaciones y de acuerdo con la planeación establecida.*

- *Organización de recursos humanos fijando a cada elemento, políticas y procedimientos específicos a seguir.*

- *Solución de problemas particulares que se presentan en la realización de la obra.*

- *Comunicación adecuada dentro y fuera de la obra.*

- *Establecimiento y operación de los 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 previstos, cuidando que los costos no sobrepasen lo planeado y retroalimentando la planeación cuando las desviaciones son significativas.*

- *Seguridad: cuidando y responsabilizándose 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 está en contacto con disciplinas como la administración, contabilidad, computación, aspectos fiscales, laborales, legales, promoción, relaciones públicas, etc.

El campo de la construcción absorbe un alto porcentaje de los ingenieros civiles en activo, por lo cual resulta interesante conocer un poco más de este campo.

La construcción 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 empleo y en la formación bruta de capital fijo.

Dentro del contexto económico, la construcción es una industria sumamente sensible a las fluctuaciones económicas.

Para crecimientos del Producto Interno Bruto menores al 5.4 % la construcción crece a un ritmo todavía menor en tanto que para crecimientos mayores a esta cifra la construcción crece en un porcentaje mayor que el propio producto interno bruto.

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.

Para efectos estadísticos, la CMIC clasifica los tipos de obras construidas como sigue:

Vías Terrestres (caminos, puentes, ferrocarriles, aeropuertos)

Presas (cortinas, diques, vertedores)

Riego (pozos, canales, drenes, mejoramiento)

Marítimo Fluviales (dragado, muelles, escolleras)

Urbanización (drenaje, agua, vías, metro)

Construcción Industrial (energéticos, plantas, conducciones)

Instalaciones (electromecánicas, sanitarias, aire)

Edificación no Residencial (hospitales, hoteles, oficinas)

Vivienda (unifamiliar, multifamiliar)

Consultoría (proyecto, planeación, supervisión)

La construcción, aunque es considerada como una industria, tiene características particulares que la identifican, entre otras, podemos mencionar las siguientes:

- ❑ El producto que se "fabrica" nunca es el mismo, aún cuando se trate del mismo tipo de obra, cada una de ellas tendrá su propia problemática y ofrecerá distintas condiciones técnicas, económicas y sociales.
- ❑ 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) que, por lo regular, tiene que ajustarse posteriormente.



- Salvo para ciertos subsistemas del proceso constructivo (prefabricación), la industria de la construcción no tiene una instalación fija, de hecho la "fábrica" está localizada en la propia obra.
- Muchos 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. La generación de empleos de la industria de la construcción se refleja no solamente en las obras, sino en industrias afines como la del cemento y del acero.

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 sector donde actualmente se observa una gran cantidad de trabajo es en la construcción de vivienda, seguido del sector carretero.

Se puede asegurar por tanto, que el futuro que se vislumbra es promisorio y representa un verdadero reto que habrán de afrontar las nuevas generaciones de ingenieros.

Se muestran a continuación algunas fotografías de obras representativas del campo de la construcción.



Hidroeléctricas



Infraestructura urbana



Vivienda



Edificios





Puentes



Carreteras



Aeropuertos



Obras viales

### 3.6 OPERACION

Una vez concluida la obra, debe ponerse en operación, siguiendo los procedimientos previamente establecidos.

Analizando detalladamente cada una de las obras que realiza el ingeniero civil, observamos que no todas son operadas necesariamente por él, aunque sí interviene en muchos casos formando parte de equipos multidisciplinarios.

En un sistema aeroportuario por ejemplo, podrá tener bajo su responsabilidad aspectos tales como la operación óptima de las pistas y áreas de maniobras, del edificio terminal y zonas de estacionamiento. Obviamente no interviene en la operación de sistemas como el de ayudas electrónicas y visuales que son operados por otros especialistas.

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 y sistemas hidroneumáticos.

### 3.7 MANTENIMIENTO

El diccionario de la lengua española define el mantenimiento como "conservar o cuidar la permanencia de alguna cosa".

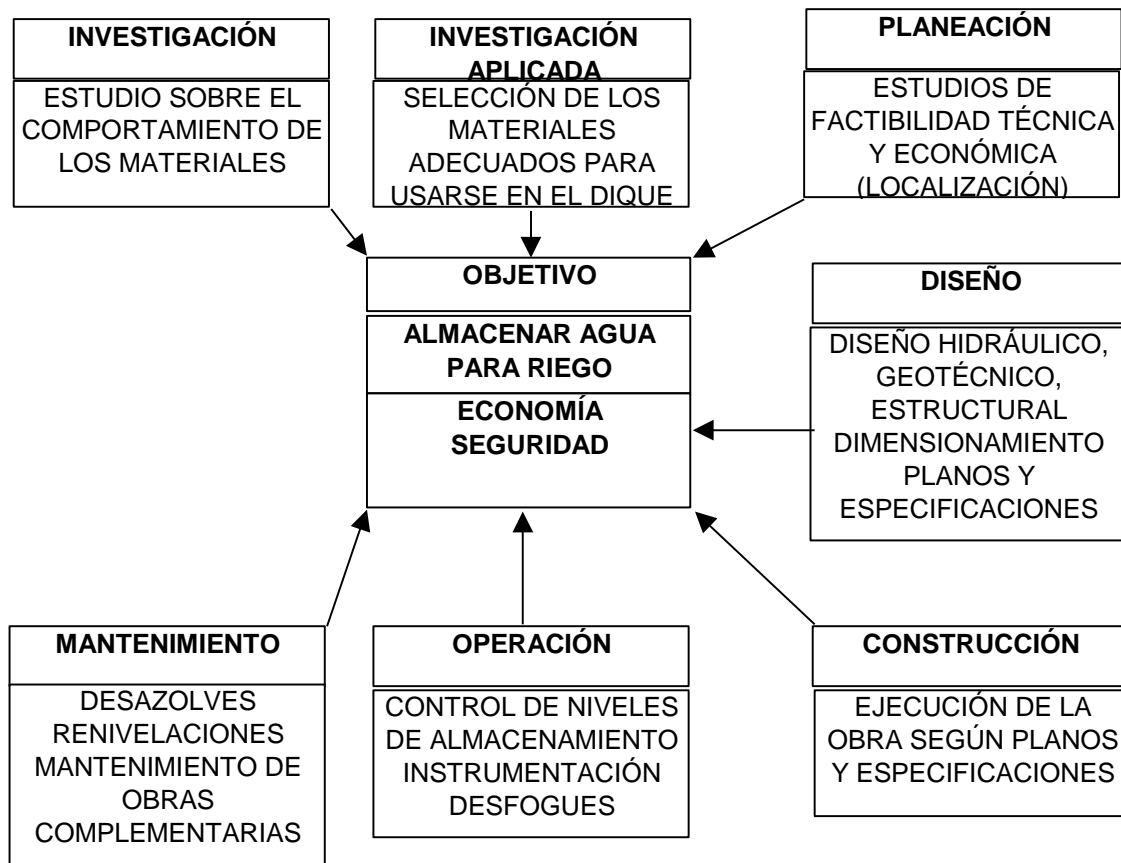
Para que las obras funcionen bajo condiciones óptimas de servicio y seguridad, es necesario realizar permanentemente estos trabajos de mantenimiento. Así por ejemplo, en una carretera, será necesario revisar que las características originales del pavimento se conserven, corregir deformaciones y desgastes excesivos, desazolver las obras de drenaje, verificar la estabilidad de los taludes, repintar las líneas de señalización, etc.

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.

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.

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 un dique que servirá para aprovechar una corriente de agua para riego. Como se puede ver en la figura 2, todos estos campos están interrelacionados, puesto que tienen como objetivo adecuar la técnica y el costo a la satisfacción de una necesidad. El profesional, debe ser capaz de tomar las decisiones correctas en cualesquiera de los campos mencionados anteriormente, de tal manera que se encamine hacia el objetivo fundamental que es el económico.



**FIGURA 2. PARTICIPACIÓN DE LOS CAMPOS DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN DIQUE**

## ACTIVIDADES SUGERIDAS

1. Analizar y discutir cada uno de los campos de la ingeniería civil.
2. Complementar la lista de actividades que realiza el ingeniero civil en cada uno de los campos estudiados.
3. Discutir la trayectoria profesional de desarrollo ascendente que el ingeniero puede seguir en cada uno de los campos presentados.
4. 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.
5. Plantear las posibilidades que el ingeniero civil tiene en cada uno de los campos para autogenerar sus propias fuentes de trabajo.
6. Explicar la participación de cada uno de los campos de la ingeniería civil en la ejecución de diversas obras: Una carretera, una vía férrea, un aeropuerto, un puerto, una presa, un edificio, el drenaje profundo, el metro.
7. Proponer ejemplos de obras con participación multidisciplinaria de profesionales.
8. Analizar el entorno económico actual del campo de la construcción en México.
- 9.- Discutir el efecto de la globalización en la industria constructora mexicana.

10.- Otras: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



# CAPITULO 4

## LA CONSTRUCCION COMO PROCESO

Si analizamos detenidamente cualquiera de las obras que hemos mencionado anteriormente (aeropuertos, carreteras, conjuntos habitacionales, presas), podemos observar que, para su realización en campo han intervenido ciertos elementos, susceptibles de agruparse en tres grandes grupos: MATERIALES, MANO DE OBRA Y MAQUINARIA.

Estos tres elementos, llamados "RECURSOS O INSUMOS", debidamente combinados y transformados a través de uno o varios procesos, nos permiten obtener una obra completamente terminada.

Por ejemplo, en el caso de la construcción del dique, son necesarios materiales tales como roca, agregados pétreos para filtro y arcilla, para obtenerlos, se requieren además otros elementos como explosivos para fragmentar la roca y, en caso de tener estructuras especiales, también son necesarios cemento, arena, agua, grava, madera y acero de refuerzo entre otros.

Asimismo, la construcción propiamente dicha, requiere la intervención de diversas máquinas y el esfuerzo humano para explotar, transportar y colocar estos materiales.

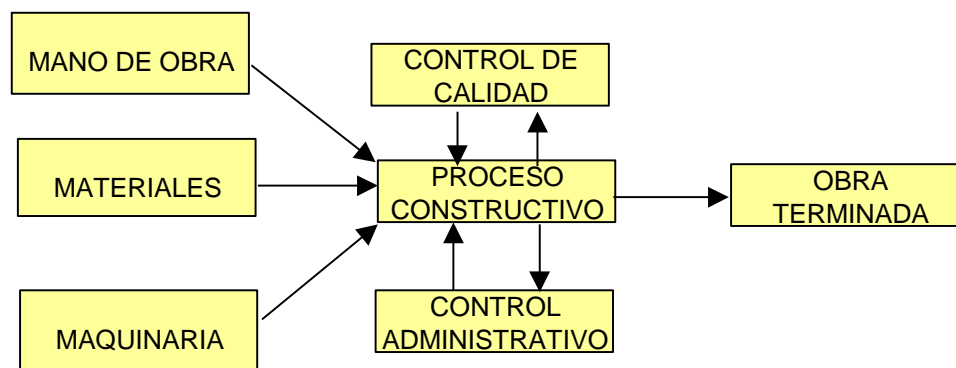
Si la obra en cuestión es un edificio, se necesitan concreto, madera, acero de refuerzo, aluminio, vidrio, cal, pintura, tubos, cables, impermeabilizantes, azulejo, etc.

Por supuesto, los recursos pueden ser combinados cualitativa y cuantitativamente de manera diferente, generándose así varias alternativas que nos llevarán a obtener la obra terminada. Habremos entonces de compararlas y seleccionar la que mejor convenga, siguiendo un criterio fundamental que puede ser el económico.

Es importante hacer notar, que no precisamente el costo más bajo nos da la alternativa adecuada. Si tomamos por caso la etapa de diseño, se deberán incluir en el análisis factores diferentes del costo, tales como vida útil de la obra, costos futuros de mantenimiento, funcionalidad y otros. Sin embargo, el

costo de cada una de las alternativas proporciona un elemento de comparación muy importante en la mayoría de los casos.

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 y podemos representarlo esquemáticamente como uno o varios procesos de transformación con una entrada: los RECURSOS, y una salida: la OBRA TERMINADA. Ver figura 3.



**FIG 3. DIAGRAMA QUE REPRESENTA EL PROCESO CONSTRUCTIVO**

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 PLANEACION de los trabajos. Esta planeación proporcionará una excelente guía en la futura toma de decisiones.

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 del dique, el tamaño del equipo, la cantidad de dinamita, 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. Refiriéndonos al ejemplo anterior, se tienen en este grupo de variables, 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 el 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 replanear principiando 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.

## 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, por brigada, los procesos de transformación (procesos constructivos) que se siguen para la ejecución de diversas actividades en obra previamente seleccionadas por el profesor.
- 5.- Otras:

---

---

---

---

# CAPITULO 5

## EL PROCESO DE CONTROL

¿Cómo podemos estar seguros que nuestra planeación funciona y que las decisiones que vamos tomando, derivadas de esta planeación, nos van encaminando al 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 podemos esperar al término de la obra para saber si nuestro objetivo se cumplió o no. Será necesario revisar, a lo largo del proceso, si el objetivo se va cumpliendo, esto puede realizarse comparando a lo largo de la construcción lo realizado con lo planeado, en función de dicho objetivo.



Hemos señalado a lo largo de estas notas, 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. Sin embargo, en el diseño y 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 controlar 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 cliente al 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 ocasionaría problemas en el buen funcionamiento de la obra, que obligarían a un mantenimiento excesivo con el consiguiente incremento final del costo.

Esto nos lleva a comentar, por otra parte, que los parámetros mencionados no deben medirse únicamente durante el período de ejecución de la obra, sino planearse para la vida útil de las mismas.

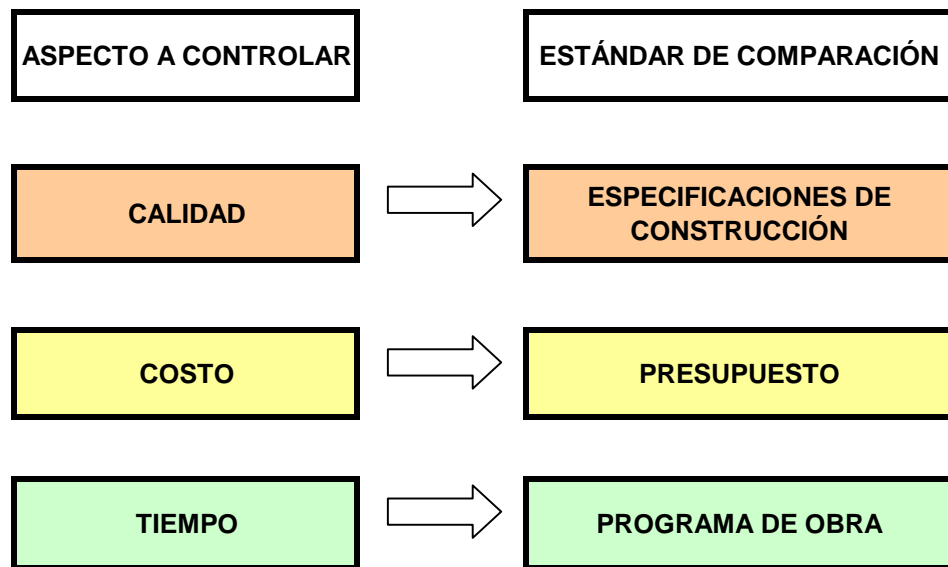
El proceso de control contiene tres etapas básicas (ver figura 4):

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

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

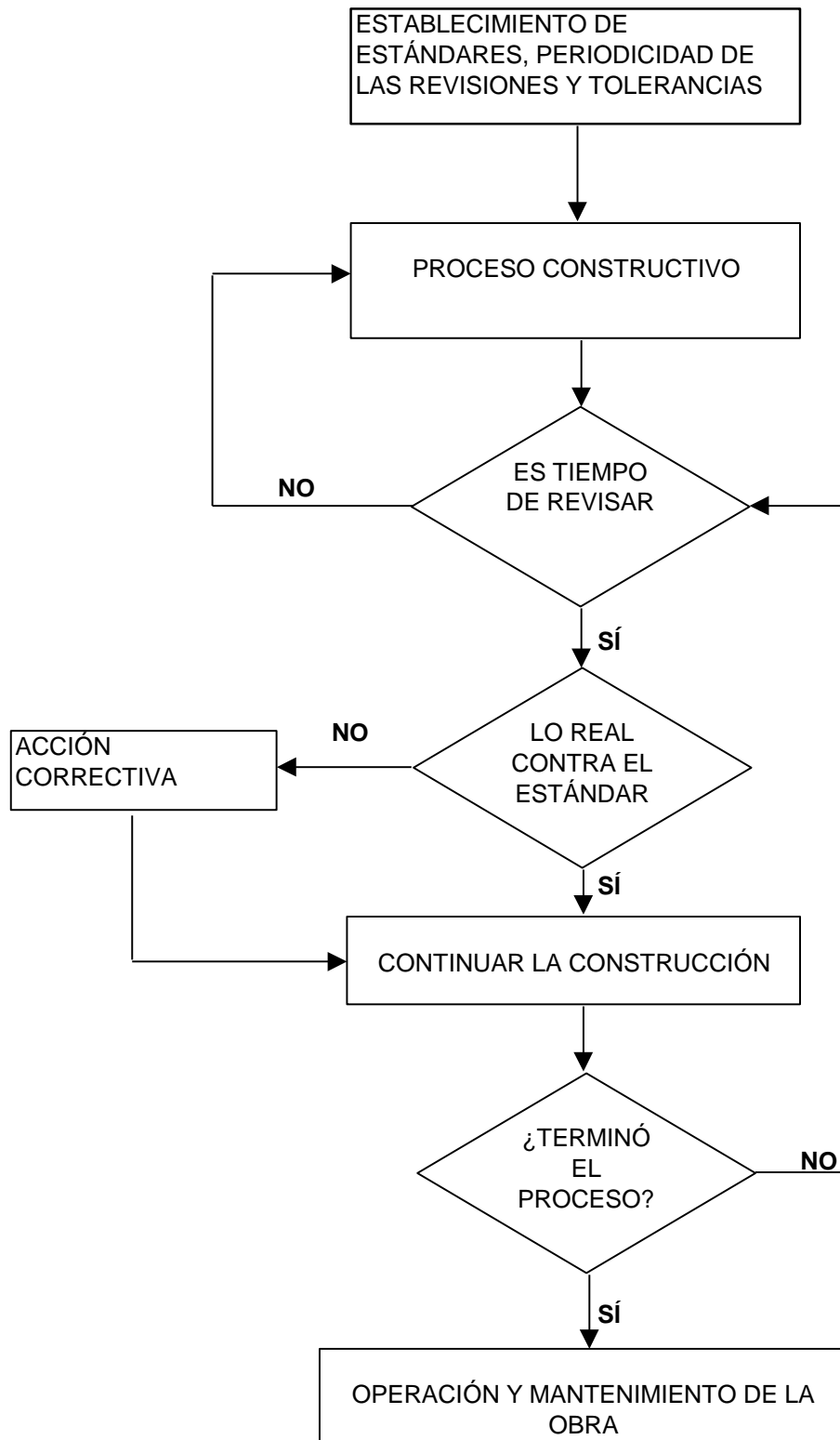
No podemos afirmar que un material o un procedimiento constructivo es de mala calidad, si no tenemos contra qué compararlo, no podemos concluir que una obra se está realizando lentamente o aprisa si no tenemos una referencia con relación al tiempo estimado de construcción y, finalmente, no estaremos 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 siguientes estándares:



Por supuesto, cada uno de los estándares considerados, puede desglosarse en estándares más específicos, por ejemplo, el presupuesto puede contener estándares como cantidades de obra, precios unitarios, rendimientos, etc.





**FIG. 4 EL PROCESO DE CONTROL**

Al establecer los estándares, deben 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 retroalimentador del proceso constructivo que podemos representar gráficamente según se muestra en la figura 5. En ella se han separado los controles que corresponden al tiempo y costo de ejecución llamándoles *CONTROL ADMINISTRATIVO* de lo que es el *CONTROL DE CALIDAD*, en razón primordialmente del manejo que de ellos se lleva en las obras.

Existe también una consideración adicional para hacerlo, que es en función del papel que desempeñan los estándares: en el caso de la calidad, podemos afirmar que, una vez establecido el estándar con sus tolerancias, este es inamovible durante la construcción, pues no se podría pensar por ejemplo que si el estándar para la resistencia de un concreto se fijó por el diseñador en 250 kg/cm<sup>2</sup>, pudiera modificarse durante el desarrollo de la obra a 150 kg/cm<sup>2</sup> por el hecho que de este último orden se están obteniendo las resistencias en campo, pues se pondría en peligro la estabilidad de la estructura donde se está usando el material. En cambio, en los casos del *PRESUPUESTO Y PROGRAMA DE OBRA* por razón de la naturaleza de las variables que encierran y que se deben controlar, sí es posible aceptar una o varias modificaciones del estándar original a lo largo de la ejecución de la obra.

Eventualmente, puede darse una etapa más en el mecanismo de control, que sería 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 así como al desarrollo de algoritmos y al empleo de la computadora en el análisis de un mayor número de datos y alternativas.

## 5.1 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, tanto de especificaciones señaladas en el proyecto, como de especificaciones institucionales que rigen para la construcción de obras públicas.

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 ya 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. En ocasiones, las especificaciones se refieren exclusivamente al procedimiento constructivo, como es el caso de una excavación profunda en material suave, donde se tienen lineamientos en cuanto al soporte temporal del terreno, abatimiento del nivel freático, niveles máximos de excavación por etapas, etc.

Los estándares de calidad son, evidentemente, congruentes con el nivel de conocimientos que la ingeniería civil tiene y se especificarán 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, esta puede consistir en una simple inspección ocular, en una medición, o en la realización de pruebas de laboratorio a pie de obra o en laboratorios especializados. 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 inclusive la evaluación 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. Una desviación sustancial en cuanto a la resistencia del concreto conllevaría a detectar deficiencias en una serie de variables muy distintas a lo que sería el caso de una mala soldadura o la aplicación deficiente de una pintura.

En algunos casos, el tiempo que transcurre para que a través de una prueba de laboratorio se obtenga información acerca de las propiedades de un material, constituye para el constructor un contratiempo, por lo cual, 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 métodos estadísticos aplicados al control de calidad, permiten 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, 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  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

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 6A); 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 6B).

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 6C).

- 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 cm 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 6D).
- 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 6E).
- 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.

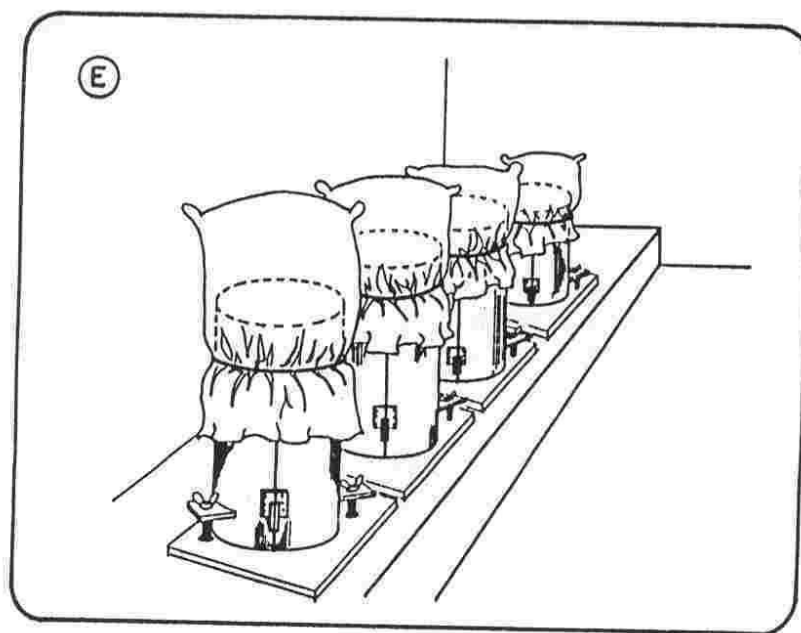
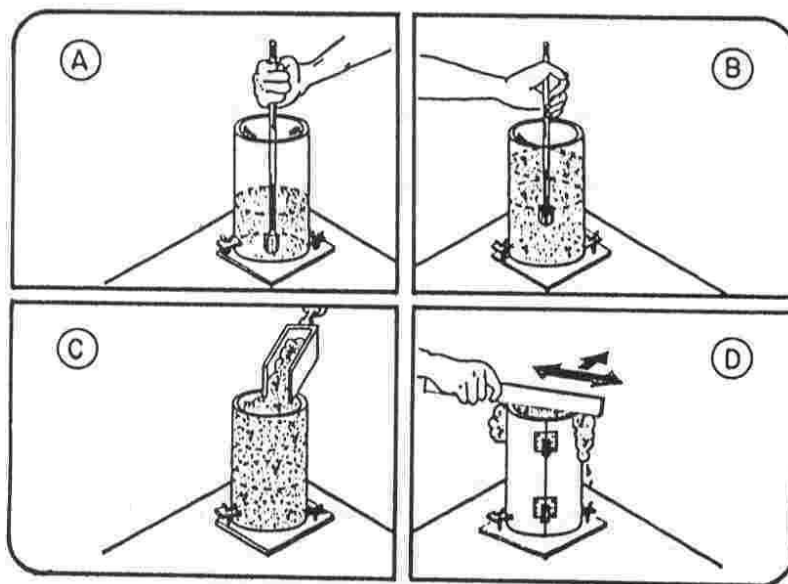
Supongamos para este ejemplo, que nos ha sido fijada una resistencia para el

concreto que estamos utilizando en obra de 250 kg/cm<sup>2</sup>, 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 las consideraciones siguientes:

FIGURA 6.- ELABORACION DE CILINDROS DE CONCRETO  
PARA CONTROL DE CALIDAD.



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

2a.) 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 de nuestro concreto, esto es la  $f'_c$ , estamos dentro de los límites especificados, podemos seguir adelante con su utilización y si, por el contrario, excedemos la tolerancia estipulada, tendremos que emprender una serie de acciones tendientes a corregir la desviación.

c) Acción correctiva cuando aparezcan desviaciones.

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 localizar la causa o causas del problema que puede ser un mal diseño de la mezcla, mala dosificación, mala calidad de los agregados, del agua utilizada o del cemento, etc. No podría descartarse la posibilidad 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 al avance de las investigaciones que se hacen sobre el comportamiento de los materiales.

En el caso del concreto, en la actualidad, se manejan ya comercialmente resistencias del orden de  $650 \text{ kg/cm}^2$  y se llevan a cabo investigaciones y pruebas con concretos polimerizados, con los cuales se alcanzan resistencias muy por arriba de las convencionales. Cuando llegue el momento en que resulte técnica y económicamente posible construir con este nuevo material, el



estándar que se fije en cuanto a resistencia tendrá que ser, sin duda, superior al actual y se diseñará una especificación que permita comparar los resultados de campo contra los obtenidos en el laboratorio.

## 5.2 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, pondrían en riesgo la consecución de las metas fijadas.

### 5.2.1 Control de tiempo.

Nuevamente, haciendo referencia a las etapas ya descritas, el establecimiento de los estándares de tiempo, provienen del análisis, tan detallado como sea posible, de cada una de las actividades que componen un procedimiento constructivo, su interrelación y el rendimiento de los recursos: obra de mano y equipo, asignados para ejecutarlas.

El procesamiento de esta información, da como resultado lo que se conoce como programa de obra en el cual se muestra gráficamente la duración de todas y cada una de las actividades en que convencionalmente se ha dividido la obra para su análisis. El medio más común para hacer esto, es por medio de un diagrama de barras o de Gantt. (ver figura 7).

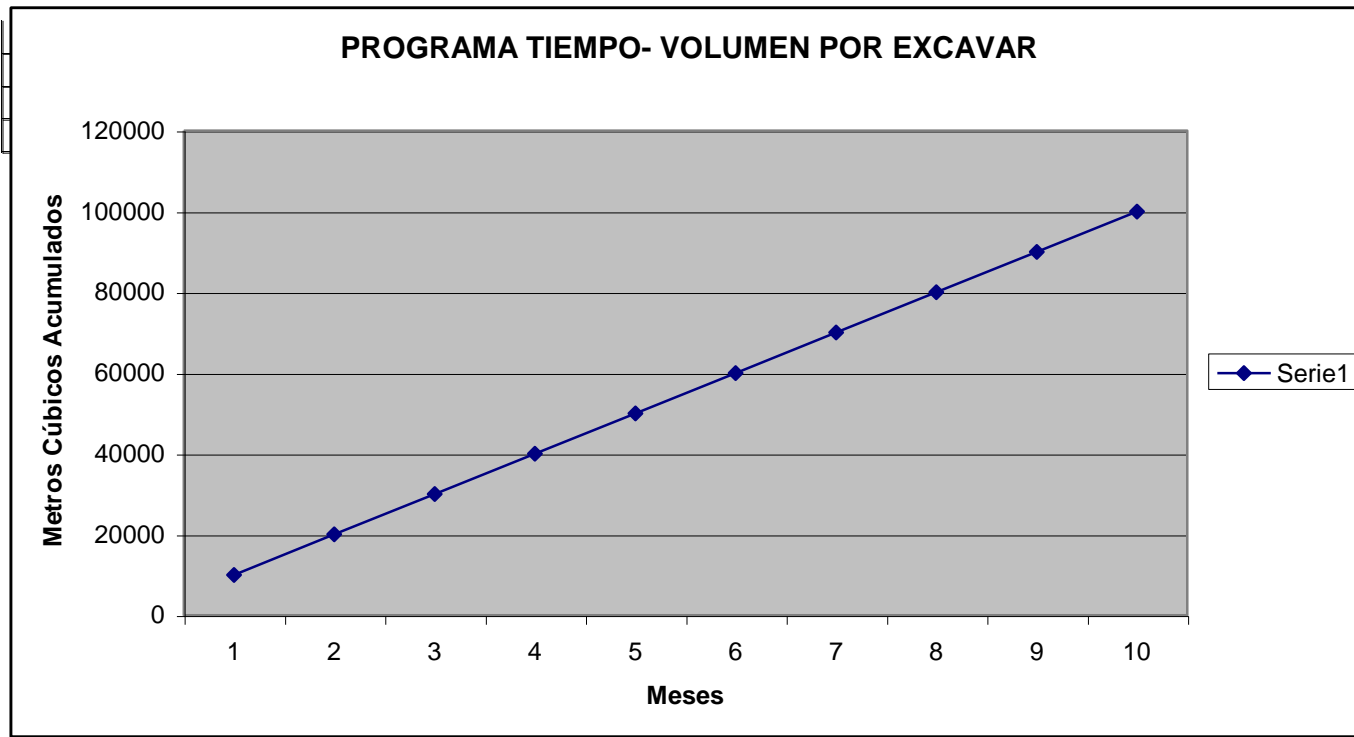
A partir del programa de obra, pueden seleccionarse los estándares de comparación, pudiendo ser el propio programa general de obra un estándar contra el cual comparar el avance real registrado en campo.

En el caso particular de cada una de las actividades, su duración se calcula en función del volumen de obra por ejecutar de acuerdo al proyecto, y del rendimiento, entendido como la cantidad de obra ejecutada entre la unidad de tiempo seleccionada, que el personal o el equipo encargado de determinada tarea es capaz de ejecutar.

Podríamos por ejemplo generar, para un frente específico de excavación, una gráfica que nos relacione tiempo contra volumen excavado acumulado programado, misma que sería nuestro estándar de comparación. (figura 8)

Otros estándares pueden ser los rendimientos esperados en cada una de las actividades, ya sea que se ejecuten manual o mecánicamente.

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VOLUMEN POR EXCAVAR (m3)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
VOLUMEN ACUMULADO	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	80000	90000	100000

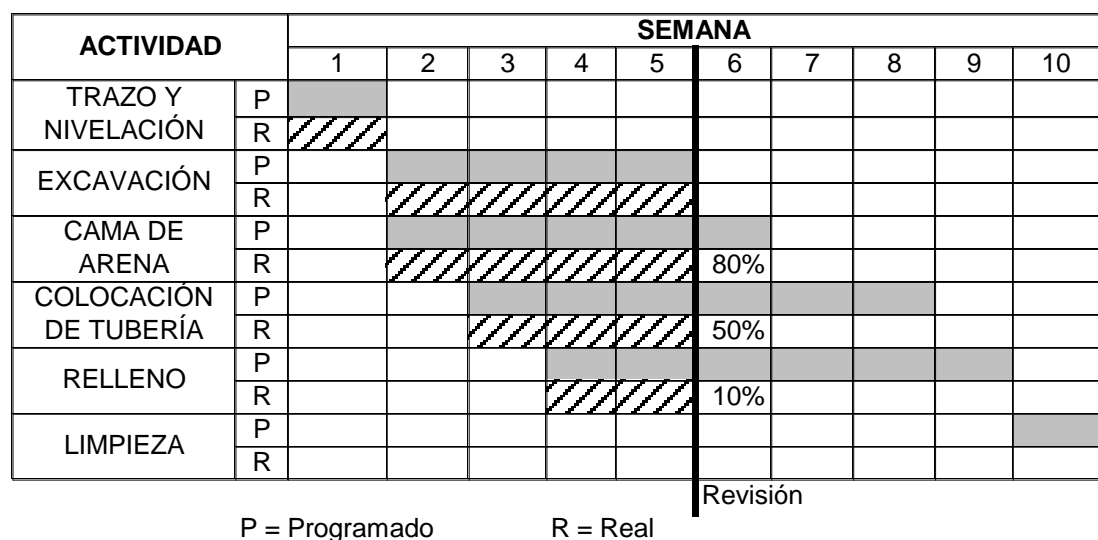


Una vez establecidos los estándares, de acuerdo a la periodicidad requerida por los diferentes niveles jerárquicos de una organización, generaremos reportes conteniendo los rendimientos reales obtenidos en la obra e, importantemente, señalando las causas del retraso en las actividades que lo tengan.

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.

En la figura 9, se observa un retraso en la actividad, relleno: la causa posible estará comprendida entre la explotación del material que se está utilizando, hasta la colocación y compactación del mismo. Habrá que revisar el equipo que se emplea, si hay tiempos muertos y su motivo, la operación de las máquinas, su capacidad, y otras. Detectada la falla, restará tomar la medida correctiva que la subsane: seleccionar el equipo idóneo, cambiar de operadores, mejorar el mantenimiento de las máquinas.

El mejoramiento de los estándares de comparación en este caso, se logra con base en considerar las condiciones reales que se presentarán en campo, el clima, el grado real de dificultad de la obra, así como con un análisis metódico del proyecto por construir, entre otras medidas.



**FIGURA 9.- PROGRAMA PARA LA COLOCACIÓN DE UNA LÍNEA DE TUBERÍA**

### 5.2.2 Control de Costos.

Un alto volumen de las obras que se ejecutan en nuestro país, se contratan bajo el sistema de precios unitarios, aplicados a los diversos conceptos y cantidades de obra para conformar un presupuesto cuyos encabezados son: Concepto, Unidad, Cantidad, Precio Unitario e Importe.

El precio unitario a su vez, está integrado por los costos correspondientes a obra de mano, materiales, maquinaria y herramienta llamados en conjunto Costo Directo, los costos de administración, fianzas, seguros, e imprevistos, denominados Costo Indirecto, el costo de financiamiento y la utilidad que el constructor percibe a cambio de su trabajo.

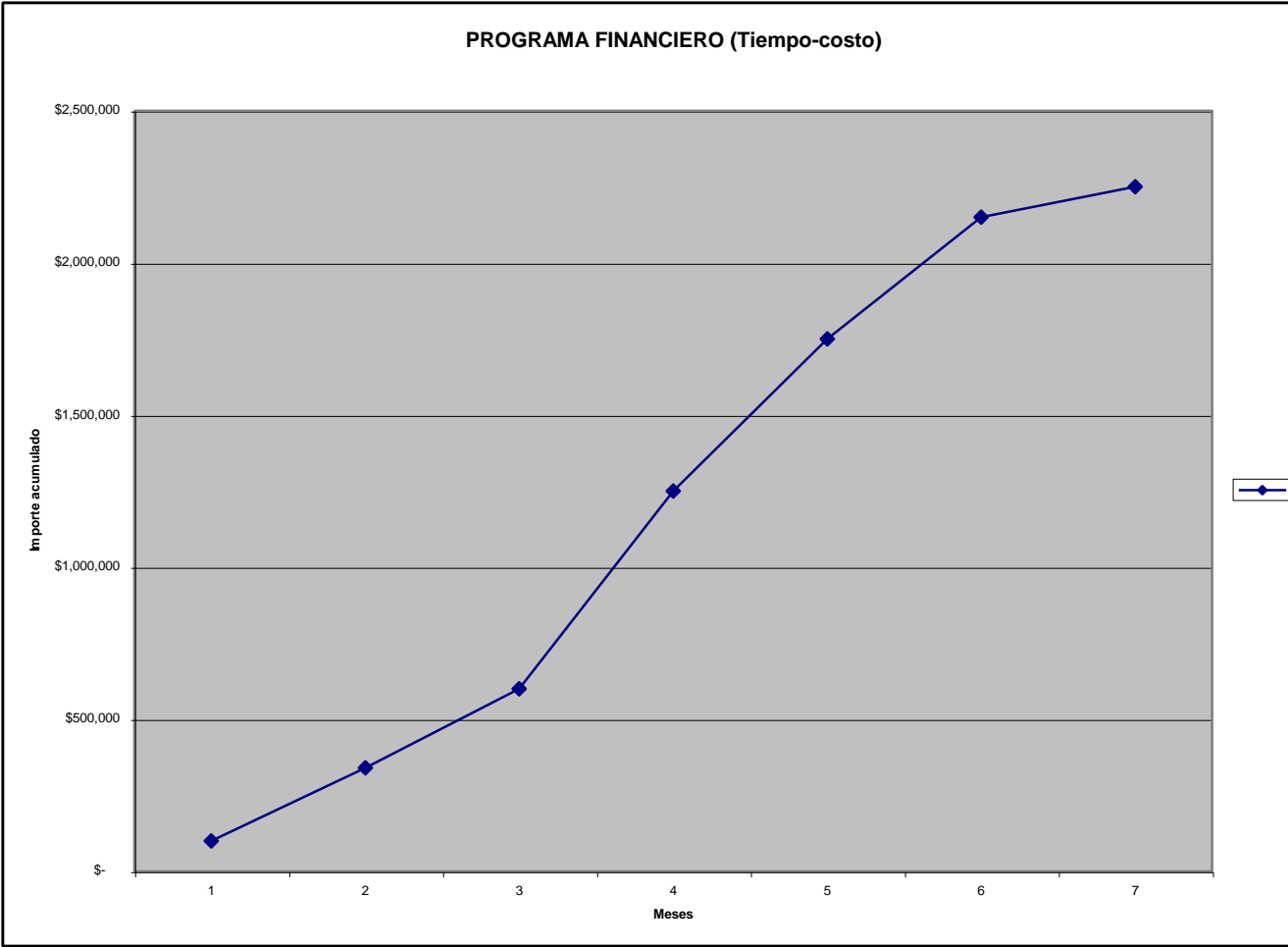
Los precios unitarios, y cada uno de los elementos que lo integran son, en el caso de los costos, estándares de comparación. Asimismo, los rendimientos, que como ya vimos sirven de base para controlar el tiempo de ejecución, tienen también una relación directa con el costo y son por lo tanto elementos a controlar.

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 (ver figura 10).

En la elaboración del presupuesto, (como su nombre lo dice "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.

Por otra parte, 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.

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Importes acumulados por erogar	\$ 100,000	\$ 340,000	\$ 600,000	\$ 1,250,000	\$ 1,750,000	\$ 2,150,000	\$ 2,250,000



**FIGURA 10.- GRÁFICA TIEMPO - COSTO**

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.

## ACTIVIDADES SUGERIDAS

- 1.- Aplicar el mecanismo de control descrito al diseño de sistemas de control para casos concretos de materiales, 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.- Citar ejemplos concretos de especificaciones, analizarlas.
- 5.- Discutir la relación costo-tiempo en la ejecución de una obra.
- 6.- Proponer un mecanismo para el control de costos a nivel obra.
- 7.- Proponer un mecanismo para el control de avances a nivel obra.
- 8.- Listar las acciones correctivas que pudieran seguirse ante la detección de desviaciones en los estándares de calidad, tiempo y costo.
- 9.- Otras:

---

---

---

---

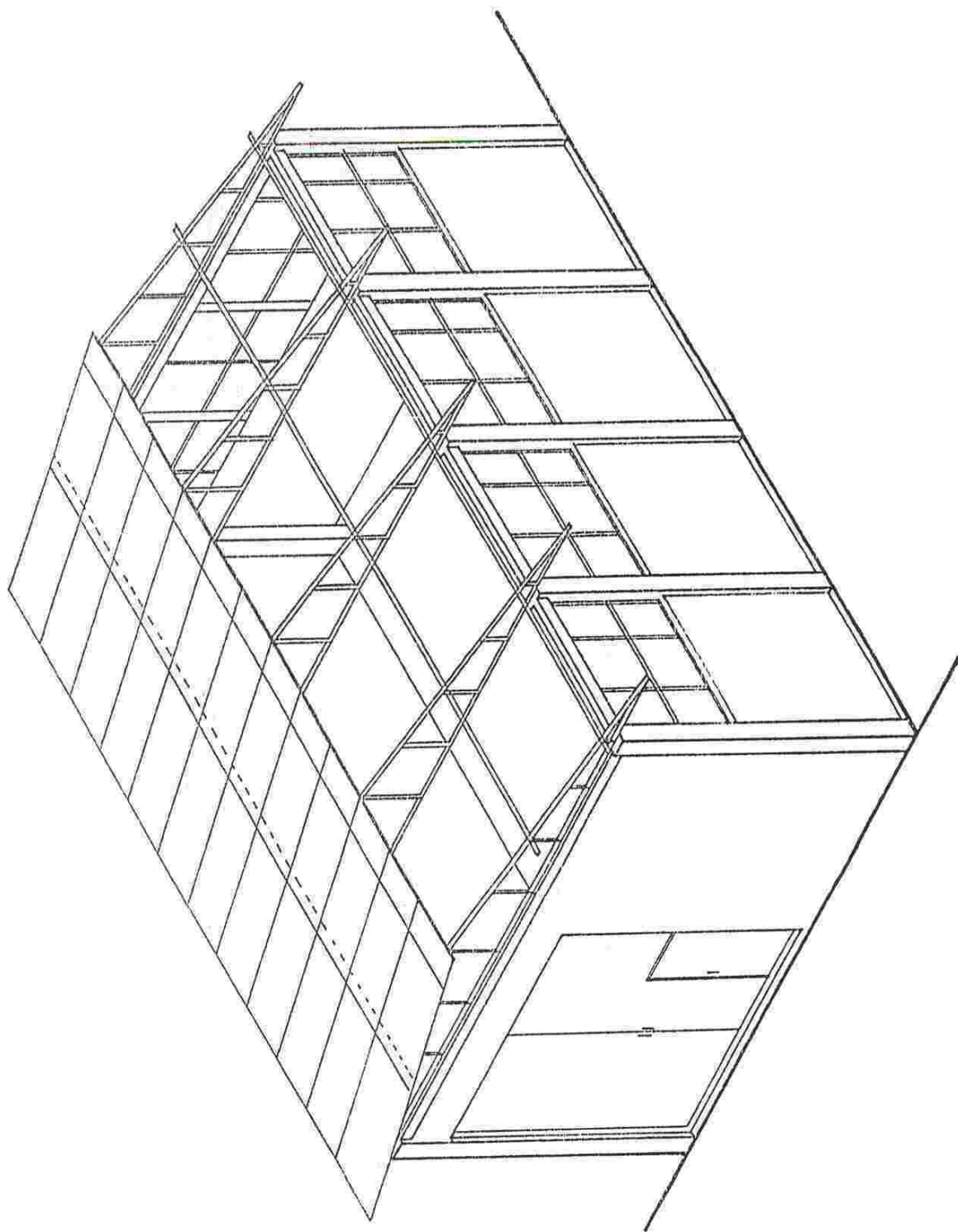
---

## ANEXO 1

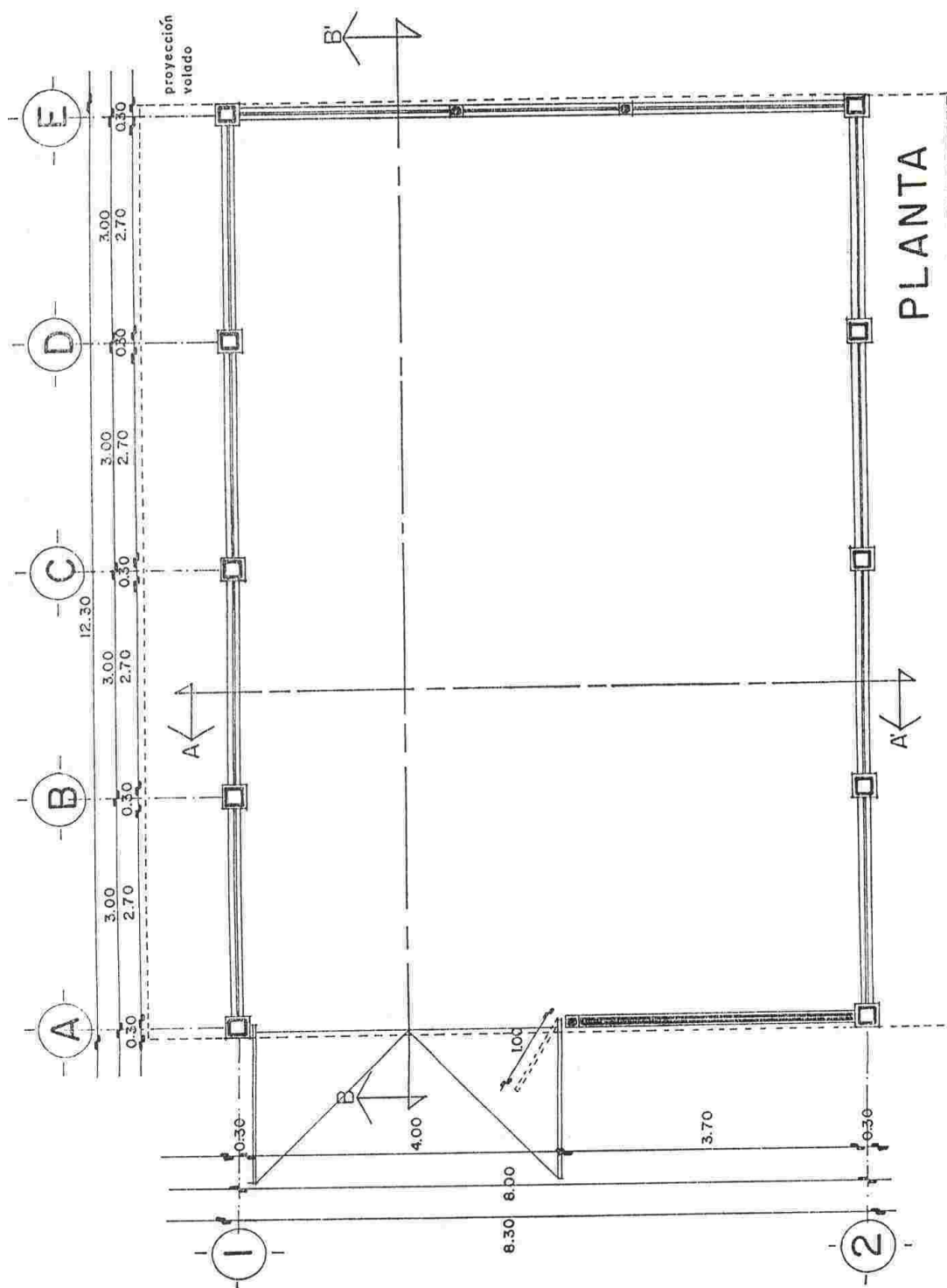
Atendiendo a las recomendaciones de varios profesores, se incluye el ejemplo de un proyecto sencillo. Se sugiere que los alumnos interpreten dicho proyecto, calculen las cantidades de obra y coticen los insumos para construirlo.

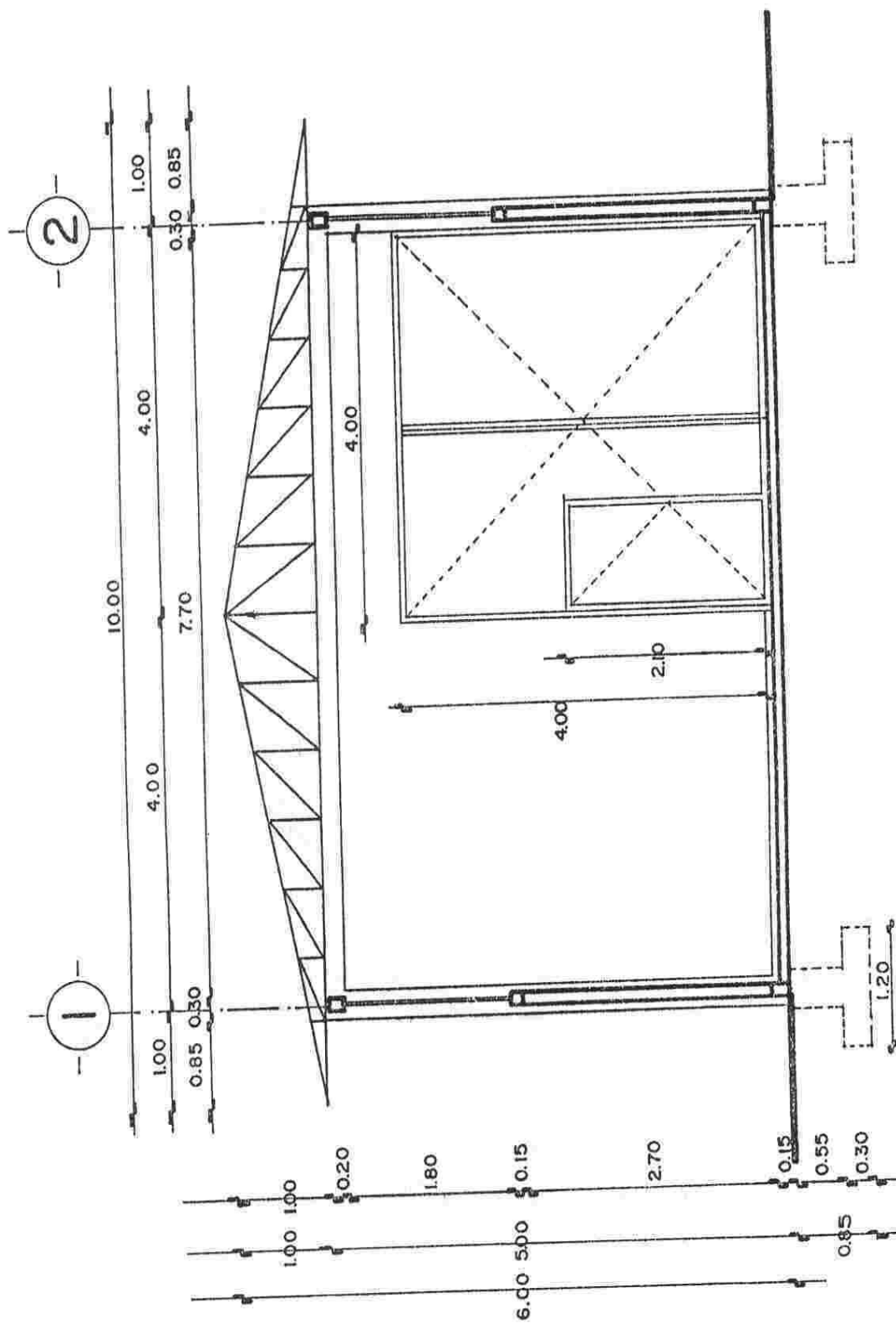
Finalmente se propone al profesor encargue a los alumnos la interpretación y cuantificación de otros proyectos simplificados.

El autor recomienda, para el desarrollo del primer punto, la elaboración de dibujos a mano alzada, isométricos, dibujos en autocad y, de ser posible, maquetas con materiales económicos y sin demasiado detalle para no encarecerlas.

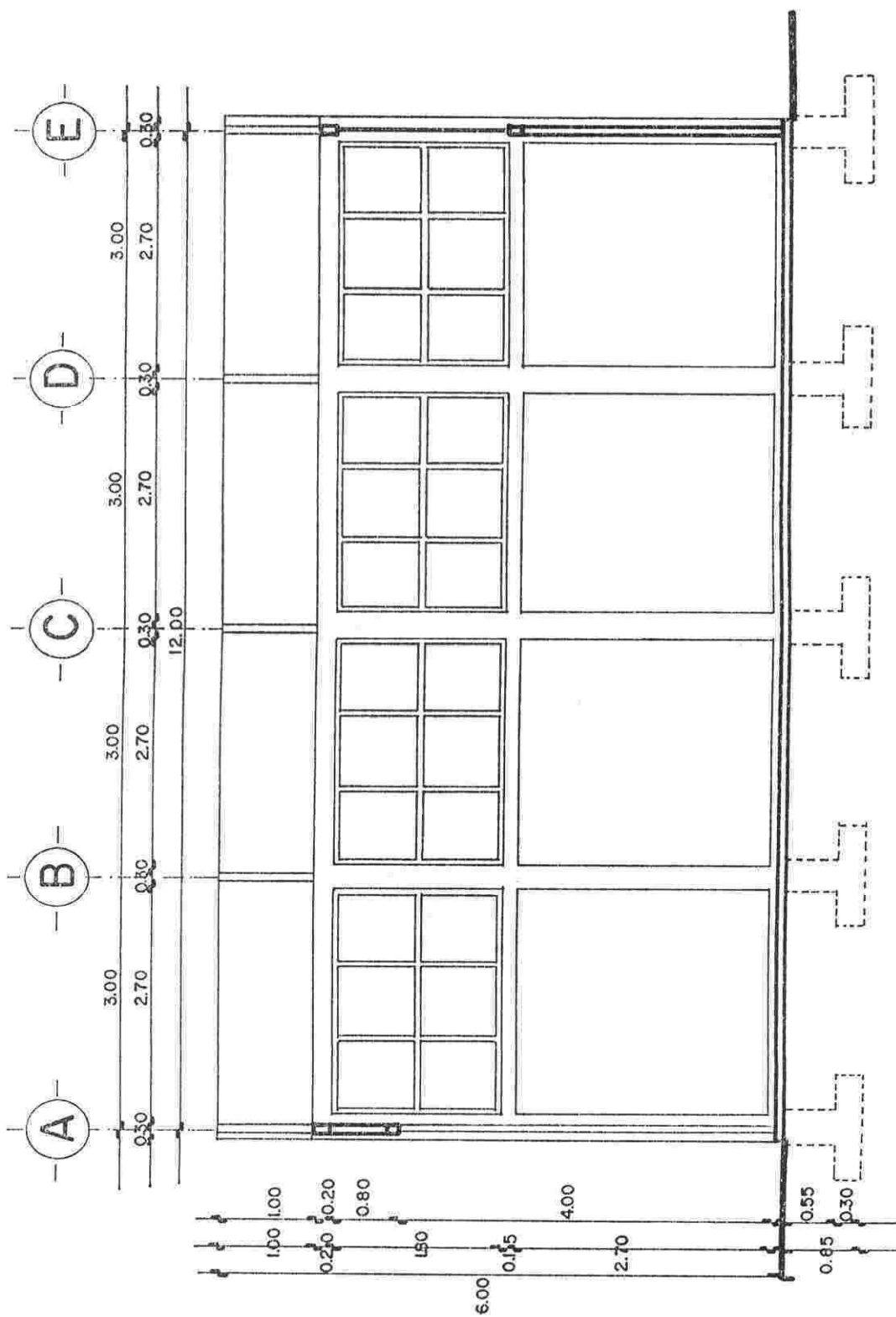




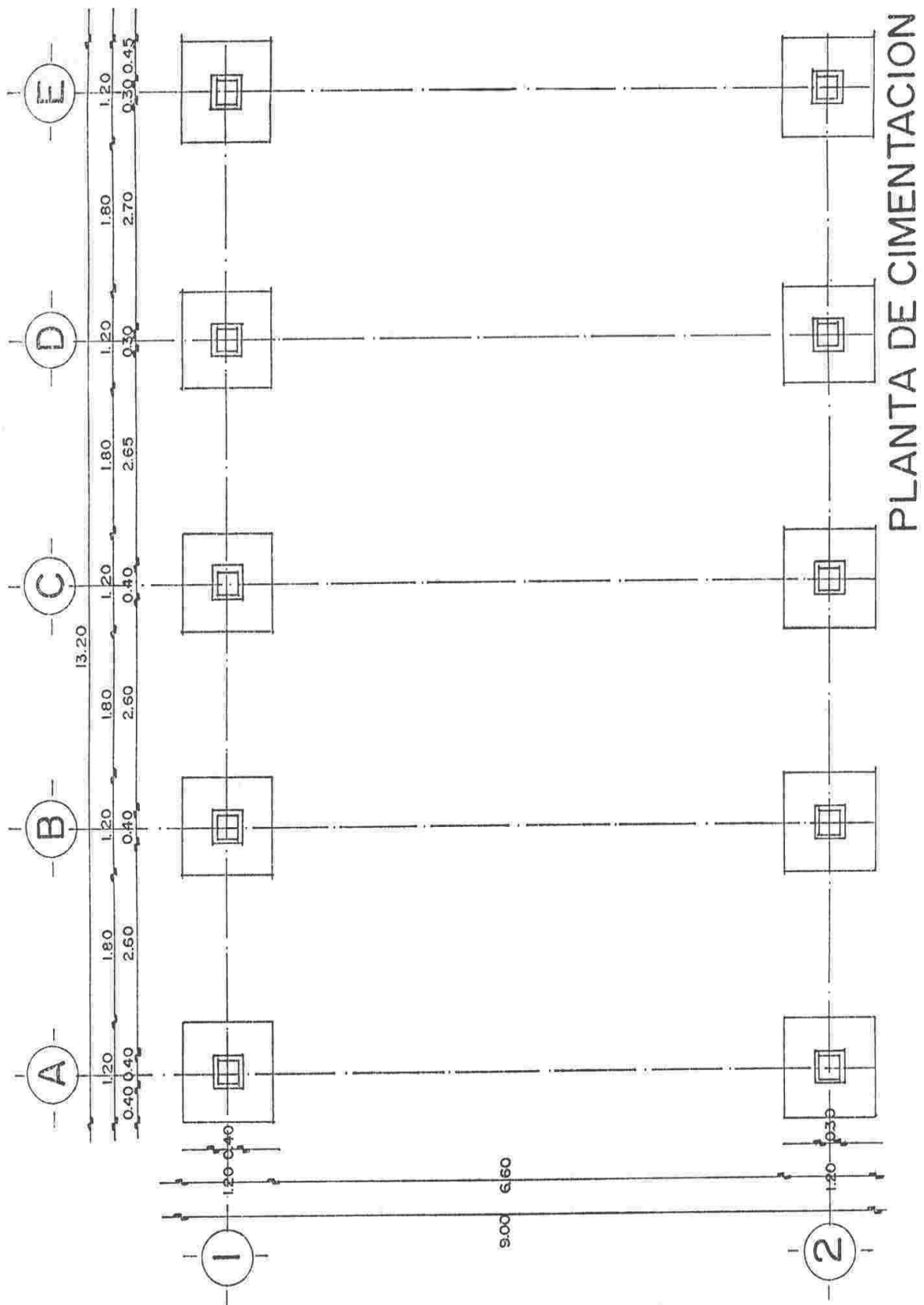




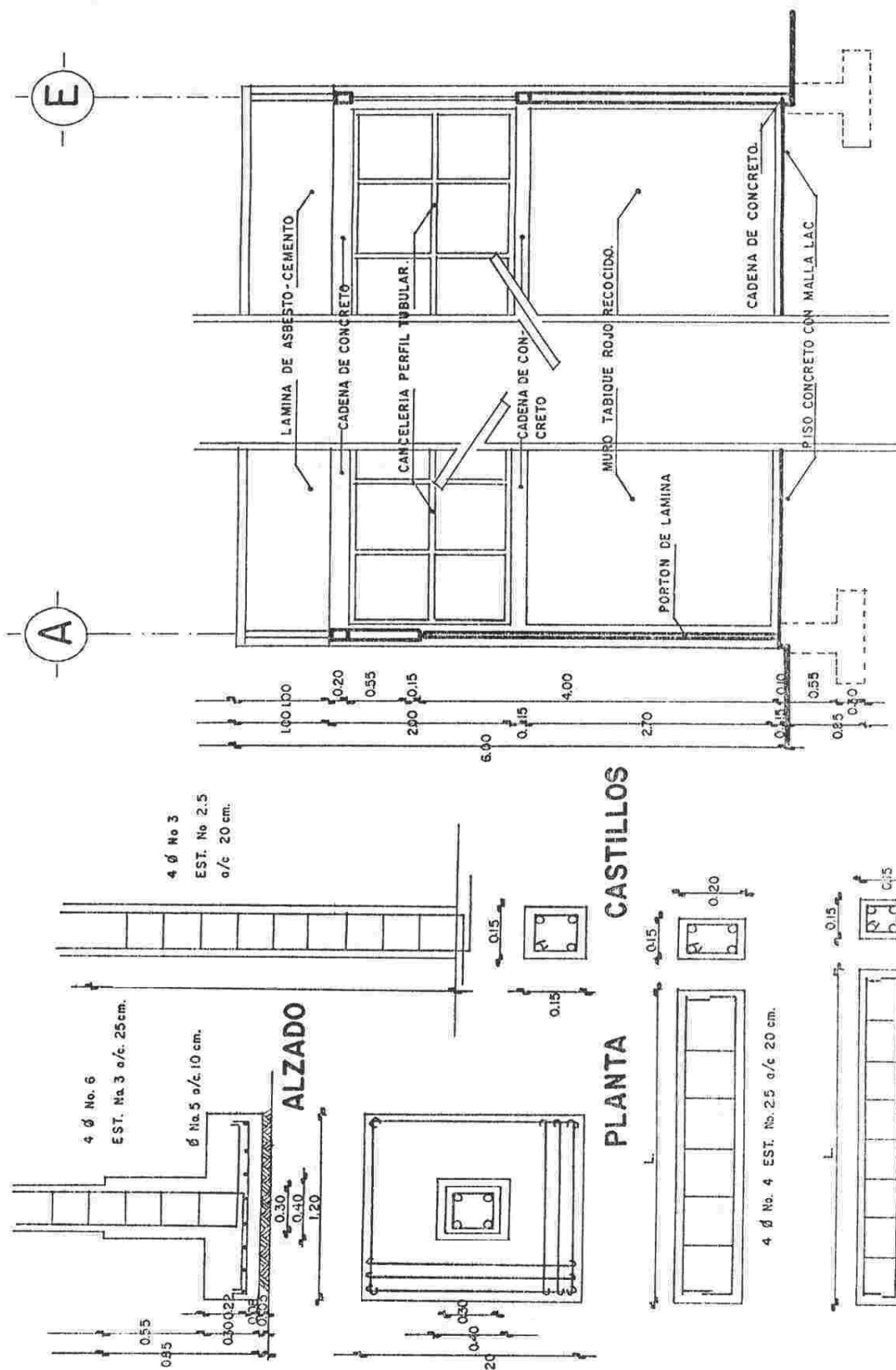
CORTE A-A'

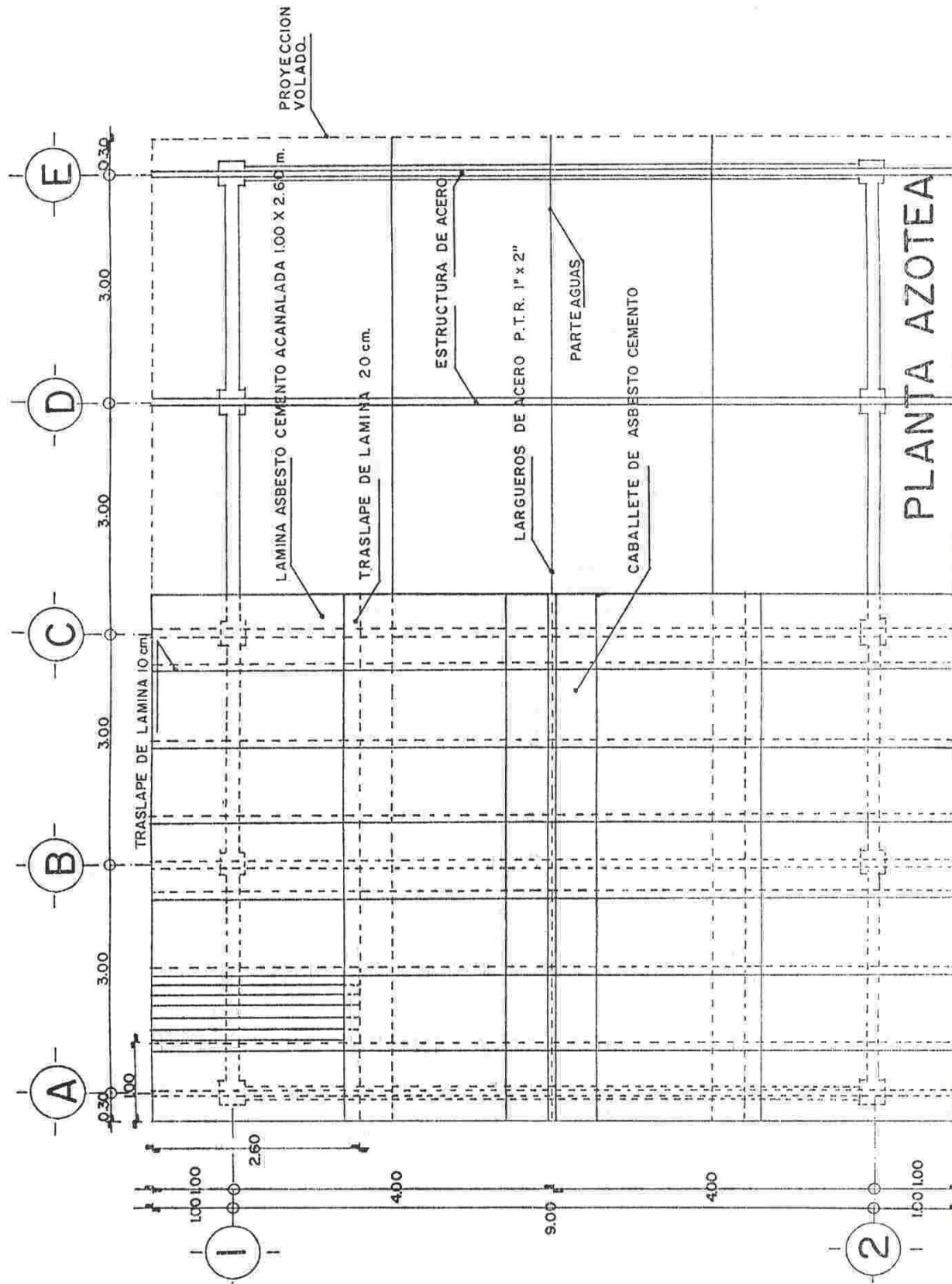


CORTE B-B'



PLANTA DE CIMENTACION





## **BIBLIOGRAFIA**

- Bolivar Hector V., Ernesto Zurutuza V., Jesús González D., Jesús Banda L. El Ingeniero Civil ¿Qué Hace? Editorial Alhambra Mexicana. Edición 1988.
- Revista Ingeniería Civil Organo Oficial del Colegio de Ingenieros Civiles, A.C.
- Revista Mexicana de la Construcción. Organo Oficial de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.
- Diversas páginas de internet del gobierno federal, tales como [www.sct.gob.mx](http://www.sct.gob.mx).