

74 ~~75~~



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN EDIFICIO CORPORATIVO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N:

FRANCISCO JAVIER PACHECO **LOPEZ**
SERGIO PLATONOFF MANZANARES
JOEL RAMIREZ TAQUEZ
RAUL ROMO MILLARES
JOSE LUIS ZAVALA MARTINEZ

ASESOR: MARCOS TREJO HERNÁNDEZ

281863

MEXICO, D. F. ENERO 2000





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-009/98

Señores
FRANCISCO JAVIER PACHECO
SERGIO PLATANOFF MANZANARES
JOEL RAMIREZ TAQUEZ
RAUL ROMO MILLARES
JOSE LUIS ZAVALA MARTINEZ
Presentes

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. MARCOS TREJO HERNANDEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

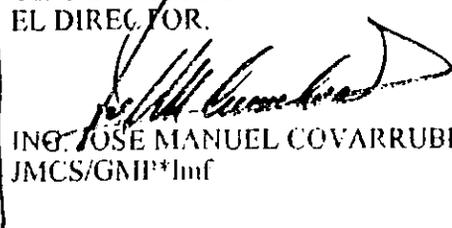
"PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN EDIFICIO CORPORATIVO"

- INTRODUCCION**
- I. PLANEACION EN LA FIRMA**
- II. DATOS GENERALES DEL PROYECTO**
- III. ESTUDIOS PRELIMINARES**
- IV. ESTRUCTURACION DEL EDIFICIO**
- V. INSTALACIONES**
- VI. PROCESO CONSTRUCTIVO**
- VII. PRESUPUESTACION Y PROGRAMACION**
- VIII. CONCLUSIONES**

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 22 de enero de 1998.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS
JMCS/GNI**lmf

. . . A todos aquellos hombres que se han ganado el título más importante de su vida que es el reconocimiento, la admiración y el respeto de sus congéneres y de la sociedad en donde viven, al ser agentes del cambio de la misma, y que sin esperar más, han contribuido al engrandecimiento del país . . .

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseamos hacer patente nuestro grande y profundo agradecimiento a nuestra alma mater que es la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la que por medio de la no menos prestigiada Facultad de Ingeniería, nos ha dado la preparación profesional como esperanza de vida, pues durante todo el tiempo de estudios nos permitió ver de cerca el desarrollo profesional de nuestros profesores y su respectiva contribución a la transformación del país.

Por otra parte, nos ha permitido por fin ver hecha realidad nuestra ya lejana aspiración de lograr el título de ingenieros, o mejor dicho de formalizar nuestra profesión ante la sociedad, dado que algunos de nosotros ya la veníamos ejerciendo desde hace algunos ayeres.

En segundo lugar, manifestamos nuestro agradecimiento a la empresa COMERCIAL ROSHFRANS, S.A. de C.V., por las facilidades otorgadas al permitimos seguir de cerca la construcción de su edificio corporativo el cual sirvió de base para el desarrollo de nuestro tema de tesis.

Por último, deseamos agradecer sinceramente al Ing. Herminio Cortés Lazari por el apoyo brindado en la coordinación del equipo de tesis, para el desarrollo del presente trabajo quien en forma plenamente profesional y desinteresada colaboró manifestando así sus valores de solidaridad, constancia y perseverancia para el logro del mismo.

CONTENIDO

CAPÍTULO I PLANEACIÓN EN LA FIRMA 1

I.1	Introducción	2
I.2	Planeación Estratégica	3
I.2.1	Antecedentes De La Empresa Propietaria	4
I.2.2	Misión Objetivo	7
I.2.3	Escenarios	8
I.2.3.1	Escenario Macroeconómico	
I.2.3.1.1	Factores Cuantitativos	
I.2.3.1.2	Factores Cualitativos	
I.2.3.2	Escenario Microeconómico	
I.2.3.3	Diagnóstico De La Empresa	
I.2.3.4	Escenario Futuro	
I.2.4	Objetivos Estratégicos	15
I.2.5	Estrategias	16

CAPÍTULO II DATOS GENERALES DEL PROYECTO 19

II.1	Introducción	20
II.1.1	Información General	20
II.1.2	Honorarios	21
II.1.3	Personas y Entidades Relacionadas con el Cargo	21
II.1.4	Generalidades	22
II.1.5	El Entorno	23
II.1.6	Datos Técnicos Preliminares	23
II.1.7	Datos y Documentos Necesarios para el Proyecto	25

II.1.8	De los Proveedores	26
II.1.9	Plazos de Entrega	26
II.2	Datos Complementarios para Elaborar un Anteproyecto	27
II.2.1	Del Terreno	27
	II.2.1.1 Costo de Adquisición	
	II.2.1.2 Costo del acondicionamiento para la Construcción	
II.2.2	De la Construcción	27
	II.2.2.1 El Costo de la Construcción Principal	
	II.2.2.2 Costo de las Construcciones Exteriores	
	II.2.2.3 Gastos de Dirección y Administración de Obra	
II.2.3	Costo de las Instalaciones Especiales	29
II.3	Ejemplo de Aplicación	29
II.4	Anteproyecto	38
II.5	Proyecto Definitivo	41
II.5.1	Descripción del Proyecto Desde el Punto de Vista Funcional	42
II.5.2	Descripción del Proyecto Desde el Punto de Vista Arquitectónico	44

CAPÍTULO III

ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS..... 46

III.1	Generalidades	47
III.1.1	Principales Tipos de Suelos	47
III.1.2	Relaciones Volumétricas y Gravimétricas de los Suelos	47
III.1.3	Plasticidad	49
III.2	Estudio del Subsuelo	50
III.2.1	Exploración y Tipo de Subsuelo	50
III.2.2	Condiciones Estratigráficas del Lugar	55
III.2.3	Propiedades Mecánicas	63
III.3	Diseño Geotécnico de la Cimentación	64
III. 3.1	Cimentación Requerida	64
III. 3.2	Consideraciones para el Diseño	72
III. 3.3	Capacidad de Carga para Las Pilas	72
III. 3.4	Análisis de Asentamientos	76
III. 3.5	Implicaciones para el Diseño Estructural	86

Capítulo IV

Estructuración del Edificio

IV.1 Estructura del Edificio	88
IV.2 Análisis de Cargas	89
IV.3 Estimación de Cargas	90
IV.4 Factores y Combinaciones de carga	91
IV.4.1 Criterios de Diseño Estructural	92
IV.5 Análisis de la Estructura	93
IV.5.1 Análisis Sísmico	93
IV.5.1.1 Respuesta Sísmica de las Estructuras	
IV.5.1.2 Sistemas Inelásticos	
IV.5.1.3 Sistemas Elasto-Plásticos	
IV.5.1.4 Criterio de Diseño Sísmico del Reglamento del Distrito Federal	
IV.5.2 Análisis	111
IV.6 Diseño de Elementos Estructurales	117
IV.6.1 Sistema de Piso	117
IV.6.2 Losas de Concreto	120
IV.6.3 Columnas de Concreto	123
IV.6.4 Vigas de Concreto	126
IV.6.5 Muros de Rigidez	129
IV.7 Normatividad y Reglamentación	132

Capítulo V

Instalaciones

V.1 Instalación Eléctrica	135
V.1.1 Glosario	135
V.1.2 Instalaciones de alumbrado	138
V.1.2.1 Aspectos básicos de iluminación	
V.1.3 Normas para proyectos	153
V.1.3.1 Datos para proyectos de alumbrado	
V.1.3.2 Cálculo de alumbrado. Ejemplo numérico	
V.1.4 Circuitos derivados	164
V.1.4.1 Cálculo del tamaño de los conductores	
V.1.4.2 Cálculo de conductores. Ejemplo numérico	
V.1.4.3 Circuitos derivados para motores eléctricos	
V.1.5 Circuitos alimentadores	175
V.1.5.1 Disposiciones generales	
V.1.6 Subestación eléctrica y planta de emergencia	177
V.1.6.1 Planta de emergencia	

V.2	Instalación Hidráulica	184
V.2.1	Introducción	184
V.2.2	Descripción somera de la construcción y de la instalación	185
V.2.3	Sistema de protección contra incendio	190
V.2.4	Sistema hidroneumático	194
V.2.4.1.	Componentes del sistema típico	
V.2.5	Aspectos teóricos de los fluidos	196
V.2.6	Aspectos básicos de los gases	196
V.2.7	Aspectos básicos de hidráulica	199
V.2.7.1	Ecuación de continuidad	
V.2.7.2.	Teorema de Bernoulli	
V.2.8	Diseño del sistema de abastecimiento de agua	208
V.2.8.1.	Sistema hidroneumático	
V.2.8.2.	Determinación del gasto máximo instantáneo	
V.3	Instalación Sanitaria	227
V.3.1	Introducción	227
V.3.2	Componentes de la instalación típica	228
V.3.3	Bajantes de aguas pluviales.(B.A.P.)	234
V.3.4	Separador de grasas	234
V.3.5	Cárcamo de bombeo	235
V.3.6	Bajantes de aguas servidas.(B.A.N.)	236
V.3.7	Montante de ventilación	237
V.3.8	Cálculo de la instalación sanitaria	239
V.3.8.1	Carga a desaguar por cada nivel	
V.3.8.2	Bajada de aguas pluviales	
V.4	Instalación Mecánica	243
V.4.1	Ascensor	243
V.4.1.1	Introducción	
V.4.1.2	Tipos de ascensores	
V.4.1.2.1	Ascensores eléctricos	
V.4.1.3	Partes constitutivas de un ascensor	
V.4.1.4	Dispositivos de seguridad	
V.4.1.5	Necesidades del tráfico y del servicio	
V.4.1.6	Cálculo del ascensor. Ejemplo numérico	

Capítulo VI

Proceso Constructivo 256

VI.1	Proceso Constructivo	257
VI.1.1	Despalme del Terreno	
VI.1.2.	Trazo y Nivelación	

VI.2 Cimentación	257
VI.2.1 Excavación	257
VI.2.2 Pilas	259
VI.2.2.1 Especificaciones en la Construcción	
VI.2.2.2 Armado y Colado de Pilas	
VI.3 Estructura	267
VI.3.1 Datos Sobre Pilas	267
VI.3.2 Trabes de Liga	270
VI.3.3 Muros	270
VI.3.4 Columnas	280
VI.3.5 Elementos Horizontales	284
VI.3.5.1 Trabes de Concreto Armado	
VI.3.5.2 Vigas de Acero Principales y Secundarias.	
VI.3.5.3 Elementos de Anclaje	
VI.3.5.4 Losa Acero	
VI.4 Fachadas	288
VI.5 Instalaciones	290
VI.6 Acabados	295
VI.7 Especificaciones Generales Durante el Proceso Constructivo	297

Capitulo VII

Presupuestación y Programación

VII.1 Introducción	306
VII.2 Planeación	307
VII.3 Presupuesto	310
VII.4 Programación	322
VII.4.1 Ruta Crítica	
VII.4.1.1 Procedimiento	
VII.5 Control	356

Capitulo VIII

Conclusiones

VIII.1 Terminación de la obra	339
VIII.2 Consideraciones finales	340

CAPÍTULO I

PLANEACIÓN EN LA FIRMA

I.1 INTRODUCCIÓN

I.2 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

I PLANEACIÓN EN LA FIRMA

“SI PUDIERAMOS SABER PRIMERO DONDE ESTAMOS Y HACIA DONDE VAMOS, PODRIAMOS PENSAR MEJOR QUE HACER Y COMO LLEVARLO A CABO “

ABRAHAM LINCOLN

I.1 INTRODUCCION

En forma un poco egoísta el hombre piensa que:

“La Planeación es una actividad específica y privativa del ser humano”.

De lo que sí tenemos certeza es que:

El pensamiento humano incluye el pronóstico o identificación de los sucesos de mañana; si de éste pensamiento se generan acciones, en ese momento estamos dando uno de los pasos más importantes de la Planeación, es decir estamos empezando a tratar de prever acontecimientos futuros.

Un ejemplo de ello es el acopio de reservas que tenían necesidad de hacer los cavernícolas en la prehistoria. Igualmente a la fecha la industria tiene necesidad de acopiar sus reservas. En ambos casos se presenta el mismo fenómeno que es el tratar de disminuir la incertidumbre de poseer las reservas suficientes para asegurar el futuro.

En realidad no existe ser humano que no planee; sin embargo ésta actividad se desarrolla en forma inconsciente y poco estructurada. Planear puede ser tan simple como identificar las actividades del día y establecer los caminos para realizarlas, pero si ésta actividad se hace en forma poco estructurada y coordinada, entonces caemos en un nivel bajo de planeación o sea es improvisación, dando como resultado que no se obtengan los mismos resultados que los que se obtendrían aplicando una planeación formal.

Los términos improvisación y planeación tienen mucho en común, en ambos se razona y se prepara el futuro. La diferencia de ambos radica en el método.

La improvisación es a corto plazo e informal y trabaja con el método caso a caso, o sea se reacciona en forma sencilla y rápidamente, con altos riesgos cuando hay cambios en el desarrollo, esto motiva que no siempre se pueda escoger el camino óptimo para el logro de los objetivos previstos.

En cambio la planeación está estructurada activamente sobre la base de desarrollos futuros, sobre todo a largo plazo y que además se pueden ir cualificando y cuantificando logrando así ir determinando las repercusiones que se van dando. El estudio profundo del futuro

por medio de la planeación nos permite armonizar sus objetivos con supuestos del medio ambiente apoyándose en sus propias capacidades.

Planear actualmente es una necesidad que se da ante la creciente interdependencia que se presenta entre los fenómenos económicos, políticos, sociales y tecnológicos; los cuales al presentarse simultáneamente complican el análisis del escenario correspondiente.

Después de fijar objetivos es conveniente definir las acciones que tenemos que llevar a cabo para la realización de los mismos, tratar de anticiparse a los problemas que se presentarán, tratando de priorizar las posibles soluciones asignando los recursos necesarios y a la vez delegando responsabilidades; todo ello diseñando las medidas necesarias que nos permitan hacer un seguimiento con el objetivo de evaluar sus avances así como tener opciones de volver a planear.

Replanear significa tener la posibilidad de mantener en un momento dado coherencia y consistencia entre un grupo de acciones y un conjunto de objetivos

I.2 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA.

“La Planeación Estratégica es la búsqueda de la respuesta lógica a las necesidades de escudriñar un futuro incierto, complejo y cambiante”.

Para entender con claridad éste concepto es necesario hacer mención que la planeación está íntimamente relacionada con los siguientes conceptos:

1. El porvenir de las decisiones actuales.
2. El proceso.
3. La filosofía.
4. La estructura.

La esencia de la planeación estratégica consiste en la identificación sistemática de las oportunidades que surgirán en el futuro, las cuales al combinarse con otros datos importantes proporcionan las bases para una toma de decisiones más conveniente. En sí, planear significa diseñar un futuro deseado e identificar las formas de lograrlo.

Es un proceso que se inicia con el establecimiento de una serie de metas organizacionales, definiendo métodos y políticas que nos permitan el logro de las mismas. Se trata de decidir de antemano que tipo de esfuerzos o acciones deben hacerse, cuándo y cómo deben realizarse y quién las debe llevar a cabo. En sí se busca que la planeación estratégica sea **sistemática** es decir organizada y conducida con base en realidades en un proceso continuo de cambios.

Debe también entenderse como una actitud, como una forma de vida, dedicando todo el tiempo que sea necesario a la observación del futuro buscando planear constante y sistemáticamente como una parte de la dirección.

La planeación estratégica une fundamentalmente programas a mediano plazo, presupuestos a corto y largo plazo y los planes operativos para llevarlos a cabo.

DEFINICIÓN DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA SEGÚN ALGUNOS AUTORES

“LA PLANEACIÓN ES EL DISEÑO DEL FUTURO DESEADO Y LA MANERA EFECTIVA DE LOGRARLO”

Russell L. Ackoff

“ES FUNDAMENTALMENTE UN PROCESO DE ELECCION”

Billy E. Goetz

“ SE DEFINE COMO LA DIRECTRIZ DEL CAMBIO EN UN PROCESO O TAMBIÉN COMO LA RAZÓN QUE ACTÚA DENTRO DE UNA SERIE DE ACTIVIDADES EN MOVIMIENTO CON LA INTERVENCIÓN DE CIERTAS ESTRUCTURAS Y PROCESOS DE DECISIÓN”

John Friedmann.

En sí la palabra estrategia puede entenderse de múltiples modos a saber:

La estrategia es un *plan*, una especie de curso de acción previamente determinado, una guía o serie de guías que tienen por objetivo abordar una situación específica.

También una estrategia es una *pauta de acción*, una maniobra que nos permita anticipar el resultado de una acción previamente establecida.

La estrategia es un modelo o sea un *patrón* que se cumple en un flujo de acciones, es decir es la consistencia en el comportamiento.

Otra característica que debe tener la estrategia es la *posición*, es decir es un recurso por medio del cual tiende a ubicar a un grupo u organización dentro de un “medio ambiente”. La estrategia viene a ser la fuerza mediadora entre el que organiza y el medio ambiente en el que se concentran los recursos.

Es también una *perspectiva*, es decir es una manera particular de percibir una situación pero con una visión más amplia.

Concluimos entonces que las estrategias son abstracciones que solo existen en la mente de las partes interesadas; cada estrategia constituye una invención creada por una o varias mentes imaginativas con la característica de que la perspectiva es compartida por la mente colectiva dando lugar a que un grupo de individuos se unen por afinidades de pensamientos y comportamientos, es decir se crea una conducta de grupo.

Un ejemplo de éste tipo de análisis estratégico es el que se llevó a cabo para el desarrollo y crecimiento de la marca ROSHFRANS.

I.2.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA PROPIETARIA

En su origen la empresa fue fundada por un hombre que en sí mismo era un gran estratega, Don Nicolás Platonoff Batrak, de origen ruso, nació en 1904 y murió en 1994, caracterizado siempre como un hombre entusiasta, activo, emprendedor y con grandes sueños por realizar, lleva a cabo una gran aventura que se inicia al salir de su patria y después de un largo recorrido incursiona en América llegando a las costas mexicanas en la ciudad de Manzanillo Colima.

La empresa inicia sus actividades en 1955 con la comercialización de un aditivo, en un contexto donde la idea principal era crear además una fuente de trabajo que empleara a los trabajadores y a sus hijos para que de esta manera obtuvieran un ingreso adecuado a sus necesidades materiales y de realización personal.

Buscando trascender y transformándose día con día, se aplica la idea de la reinversión permanente, logrando así el crecimiento natural de la empresa, y que con el transcurso del tiempo le permita autofinanciarse en la medida de sus posibilidades aprovechando sus propias fuerzas.

Ya habiendo conseguido el arranque de la empresa y con la ventaja de poder disponer de algunos recursos, se toma la decisión de montar un laboratorio que le permite verdaderamente tener un control de calidad sobre lo que se producía y conocer más fehacientemente él o los beneficios que producía el uso del producto que se venía elaborando.

Después se obtuvieron frutos del esfuerzo de investigación en laboratorio y se logra implementar en la práctica la fabricación y producción tanto de grasas y lubricantes así como de otras mezclas con el fin de dar con productos que convenientemente envasados dieran al público calidad permanente uniforme y consistente con un control de calidad suficiente.

Como resultado de lo anterior se tiene un crecimiento tanto en las oficinas como en las demás instalaciones a tal grado que con el tiempo se ve la necesidad de emigrar a otras áreas con objeto de romper los cuellos de botella que se iban provocando por el desarrollo y crecimiento natural de la empresa.

El cambio se da a una zona industrial en donde se tienen 2500 m² de terreno. Esto sucede en 1970, y se establece una empresa con mayor comodidad y distribución en sus áreas; ya se cuenta en el área administrativa con un cuerpo de ventas, con su gerente y con un contador-gerente administrativo.

Cuando llegamos a los años 80s, nos empezamos a cuestionar los aspectos económicos del país, el manejo político de la inflación, las devaluaciones permanentes. La estrategia en este momento para sacar adelante la empresa fue a través de la guarda de su mejor inversión que era su capital humano y el cuidado de sus activos como era el equipo de transporte y materias primas.

Gracias a que se tenía una reserva de materia prima, a que se contaba también con un equipo de reparto renovado y a que siempre se ha contado con un material humano apegado a una filosofía de cariño a la camiseta, se hace frente a una de las décadas más difíciles de este siglo.

En los 90s estamos en un proceso de apertura, con la necesidad del país de generar empresas de 1er nivel de competencia y de exportación, la marca va ubicándose paulatinamente en el mercado, para poder competir con los productos que se importan y que tienen ese rango de internacionalización y de globalización.

Acercándonos al año de 1996 y 1997 nos vemos en la necesidad de crear áreas de apoyo y asistencia técnica como son las áreas de control, la misma contraloría interna, así como las auditorías internas y externas; la implementación de los diferentes niveles de organización como son: gerencias y subgerencias, dirección de operaciones y ventas y a la vez la readaptación de puestos y áreas de trabajo nuevas así como su propia coordinación; de ésta manera se va dando el crecimiento interno antes aludido.

Actualmente, en la empresa se replantean procesos de mercadotecnia que se abren justamente en el momento oportuno y cuando más se les necesita buscando el posicionamiento natural de la marca en el mercado, esto es, se tiene que afianzar el producto en la mente del público consumidor ante el cúmulo de nuevas marcas que incursionan en el mercado mexicano.

Como solución a las necesidades de espacio, paulatinamente se han ido acondicionando áreas de trabajo en los predios circunvecinos para dar cumplimiento a los requerimientos de cada necesidad. Al mismo tiempo se van originando problemas de organización en lo que se refiere a coordinar bodegas, áreas operativas y administrativas tratando de eliminar las deficiencias que lógicamente se van presentando en todo este proceso. Lo anterior deriva en la creación de un esquema de coordinación administrativa con un grado de dificultad mayor que va en aumento debido a la natural falla en la comunicación de las mismas; por lo mismo se empiezan a crear fenómenos de división dentro de la empresa al no comprender que cada una de las partes forman un todo.

Con objeto de aminorar éste tipo de problemas se piensa en la instalación de un nuevo sistema de cómputo así como sistemas alternos de telefonía. que permitan una comunicación más ágil, rápida y expedita.

Con toda ésta problemática enfrente y dentro del contexto de la economía nacional con las bajas que se dan en el año 1995, y con los crecimientos positivos que se dan en los años subsiguientes del 96 y 97, los cuales arrojan promedios de venta mayores a los de 1994, caemos en la necesidad de dar solución a toda la problemática acumulada y enfáticamente al área administrativa y es ahí en donde se empieza a pensar en cómo poder integrar todas las áreas que componen la empresa.

Después de una serie de análisis, de estudios internos y haciendo tanto la revisión de los estados financieros así como los estudios de liquidez necesarios y el grado de solvencia que en un momento dado se tiene en la organización, se llega a pensar en la idea de integrar todas estas áreas en un centro corporativo que nos permita en un momento dado dar solución al problema interno de dar ubicación a las personas dentro de sus propias áreas buscando desde luego lugares más cómodos para cada una de ellas, teniendo sus propios espacios para archivos con objeto de tener una comunicación más dinámica buscando una mayor funcionalidad.

Se empieza a vislumbrar la idea de resolver toda esta problemática en un terreno que nos permita concentrar todas las áreas administrativas; integrando todos esos conceptos nuevos como son la red, token ring, internet, buscando evolucionar a nuevos estadios en el campo de la informática apoyándonos en nuevos sistemas de administración de la información como Oracle, y en nuevos lenguajes de computo de 3ra. y 4ta. Generación, como Visual Basic, Pascal, Turbo Pascal y Lenguaje "C".

Todo esto nos permite suponer que la nueva edificación resolverá tanto la creación de espacios, así como la solución al problema de comunicación entre los diferentes equipos de trabajo, permitiendo así mismo la retroalimentación que es necesaria para aumentar la eficiencia particular de cada uno de los elementos que forman la organización.

I.2.2 MISIÓN OBJETIVO

Se define como misión-objetivo la construcción de un edificio corporativo para lo cual se presenta la necesidad de diseñar una serie de estrategias que permitan el logro del mismo. El análisis de la realidad externa y la creciente necesidad de resolver la problemática interna, nos conducen poco a poco a establecer un marco de referencia que nos permita a futuro, ordenar las posibles soluciones que empezaban a plantearse, muchas de las cuales se venían gestando desde años atrás.

Se plantearon varias opciones como probables:

- Disponer de alguno o algunos de los terrenos que ya se tenían en ese momento y construir en ellos el edificio corporativo.

- Buscar un terreno cercano a las áreas de producción que permitiese integrar en un solo lugar todas las soluciones a las necesidades planteadas.
- Seguir tratando de adquirir terrenos colindantes a los que se tenían e ir resolviendo temporalmente las necesidades de espacio y comunicación que se fueran presentando.

La decisión que toma el consejo de administración, que para éste momento ya estaba integrado, es optar por la segunda opción, argumentando las diferentes ventajas que presentaría llevar a cabo el proyecto en razón a las necesidades de crecimiento y a las posibilidades de invertir en el futuro de la misma empresa así como en la conveniencia de hacer una buena inversión en un bien raíz como parte de los activos.

Como parte de la filosofía propia de la empresa, buscando siempre la operatividad y dejando tal vez al último la ubicación que nos permitiese una plusvalía mayor, se decide la compra de un terreno cercano lo cual se logra a escasos 100 m. de las instalaciones de la empresa y casi virtualmente unido a ella.

Se logra un terreno de aproximadamente 3000 m² en el cual se planea resolver el área corporativa. Se inician los análisis preliminares necesarios para saber a cuanto ascendería la inversión a un corto, mediano o largo plazo.

Después de hacer los análisis de inversión dentro del aspecto financiero y con idea de ver como se podría hacer la aportación necesaria, se analiza la posibilidad de que sea la misma empresa la que haga la aportación mayoritaria a través de sus propios recursos y de ser necesario, lograr una parte del crédito con apoyo en alguna institución financiera.

I.2.3 ESCENARIOS

A partir de ésta decisión el proceso de planeación se inicia partiendo de la necesidad de hacer el análisis de los escenarios macro y micro económicos, así como del diagnóstico de la propia empresa.



El hacer el análisis desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo de cada uno de éstos tres elementos nos permitirá definir cuáles son los objetivos estratégicos.

I.2.3.1 ESCENARIO MACRO ECONÓMICO.

Trataremos de analizar aquellos factores de carácter nacional e internacional que afectan directamente los ámbitos económicos, social y políticos en los que se desenvuelve la empresa.

I.2.3.1.1 FACTORES CUANTITATIVOS.

La industria de los lubricantes está ligada estrechamente a los movimientos del precio del petróleo a nivel internacional. Podemos considerar que es afectada directamente por cualquier factor que incida en la demanda del mismo.

Cuando se presentó la guerra de Kuwait, en donde los Estados Unidos acapararon grandes volúmenes de aceites puros y básicos por considerarlos como materiales estratégicos de guerra, esto dió por resultado que los abastecimientos se vieran sumamente limitados, ya que la empresa depende de una cuota de aceites básicos limitada por Pemex y por la Secretaria de Patrimonio Nacional que controla el uso de los derivados del petróleo a través de un permiso petroquímico de acuerdo a la Ley Reglamentaria del Artículo 127 Constitucional.

Este fenómeno se agrava cuando en ocasiones Pemex se ve obligado a importar aceites minerales básicos para abastecer la demanda interna.

Los intentos que el gobierno federal a hecho para controlar la inflación ha colocado en una posición difícil a toda la industria en general pues cualquier variación en los factores que integran los costos, nos coloca ante la dificultad de transmitirlos por la vía del precio.

Por otra parte las variaciones que se presentan en las tasas de interés y el constante cambio que se ha venido dando en el tipo cambiario ha dado como resultado un aumento en los gastos financieros y un impacto prácticamente inmediato en el flujo de efectivo, ya que los periodos de cobranza que la empresa maneja, cada vez se hacen más largos.

Al mismo tiempo se vive la necesidad de enfrentarse a una competencia de precios dentro del TRATADO DE LIBRE COMERCIO que se maneja con Estados Unidos y Canadá (antes el GATT) que establece una situación preferencial de aranceles lo cual obliga a los países a tener una competitividad mayor y una inercia de lucha para poder mantenerse dentro de un proceso de mercado aún dentro de su propio país.

Al abrirse las fronteras nos enfrentamos a productos extranjeros, que obligaban a controlar un precio y a la vez una inflación.

I.2.3.1.2 FACTORES CUALITATIVOS.-

La participación extranjera dentro de los mercados nacionales ha provocado que presenten productos de importación más baratos, aunque algunos de ellos de dudosa calidad.

Esto ha venido a afectar a nuestros clientes quienes ante la invasión de productos extranjeros se ven atraídos por ellos.

Por otra parte siendo la empresa una industria que altera el medio ambiente, se continúa con el propósito de abatir al máximo el impacto ecológico que produce.

En lo que se refiere al ambiente laboral, éste se ha mantenido en un sano equilibrio siguiendo la política de buscar en lo posible el bienestar de la base trabajadora.

I.2.3.2 ESCENARIO MICRO ECONÓMICO.-

Haremos una pequeña semblanza del medio ambiente en que se vive en la rama industrial a que pertenece y desde luego, algunos factores que se presentan y como influyen sobre la misma empresa.

De algunos años a la fecha Pemex, que como se dijo anteriormente es el principal proveedor de materia prima, ha ampliado considerablemente el padrón de compradores que con anterioridad tenía restringido y bastante controlado. Esto ha dado por resultado que en el mercado de los lubricantes hayan aparecido una serie de marcas desconocidas que sin tener ningún control de calidad se ofrecen al público; el cual al no tener conocimiento de ello, únicamente se guía por el atractivo de un precio mas bajo.

Estas marcas que sin estar afiliadas a ninguna cámara u organización seria, no cumplen con los requisitos mínimos que se requieren para estar en el mercado como son el pertenecer a la A.P.L. (Asociación de Productores de Lubricantes) y desde luego sin cumplir con las normas de calidad que establece la S.A.E. (Society Automotive Engineering) que es la encargada de certificar la calidad de los aceites en función de su viscosidad y la A.P.I (American Petroleum Institute) que indica las características que debe tener el aceite lubricante diseñado para cada tipo de motor (modelos anteriores y nuevos).

Otro fenómeno que ha provocado la presencia de una competencia desleal en el mercado de los aceites lubricantes es la apertura de las fronteras debido al T.L.C. ello también ha inducido la aparición de diferentes marcas que presentan el mismo problema de que se habló en el párrafo anterior.

La distribución del producto presenta otro punto neurálgico en éste tipo de empresas, ya que los problemas de circulación y las distancias a los centros de consumo, provocan una distorsión en los tiempos de entrega, aunados a los asaltos a los que se ven sujetos periódicamente los transportistas, que hacen el reparto diario del producto terminado. El cúmulo de todos éstos tipos de problemas, impiden la implementación de un innovador sistema de entrega de mercancía llamado *justo a tiempo* que en todos los casos permite el abatimiento de inventarios con todas las ventajas que esto acarrearía a la empresa.

Junto a éste fenómeno se ha presentado también la piratería de marcas la cual es muy difícil de controlar debido a que se da en un medio muy disperso y casi a nivel de mercado hormiga (ventas en las esquinas).

El reciclado es un tema bastante difícil de tratar debido a la falta de conciencia ecológica que tiene el consumidor final, de hecho es un asunto que requiere de un análisis bastante profundo y de una serie de estudios a nivel nacional para llegar a obtener una respuesta satisfactoria a éste problema.

Desde luego que se podría reciclar el aceite que se recupera en los cambios que del mismo hace el consumidor final, pero a la fecha no se tiene disponible la tecnología que nos permita realizar éste proceso en forma económica.

Lo mismo sucede con el envase que es desechado después de usarlo y que bien se podría reciclar, como sucede en algunos países que poseen tecnología de punta (como es Alemania), pero como se indicó anteriormente, la falta de educación ecológica impide hacerlo. Cuando se ha llegado a dar, la empresa que lo intentó llegó a tener una considerable disminución en sus ventas debido a que el usuario sospecha que también el contenido pudo haber sido reciclado.

A un plazo un poco más largo se contempla la posibilidad de abrir con mayor intensidad el mercado de exportación, asunto que se inicia en forma incipiente. Esto podría provocar la necesidad de aumentar las áreas de producción y desde luego las áreas administrativas junto con las áreas de bodegas.

En suma, tomando en cuenta las circunstancias descritas, independientemente de la poca perspectiva de crecimiento económico que se vive en el país, nos hace prever en forma optimista un crecimiento en la demanda del producto.

Las principales conclusiones que derivamos del análisis de nuestros escenarios macro y micro económicos fueron de un posible aumento en la demanda interna del producto, con la posibilidad de exportar excedentes.

Las medidas económicas ejercen actualmente una creciente presión sobre nuestros costos y desde luego sobre los distribuidores, los cuales buscan que se aumenten los volúmenes de producción con una calidad más alta y a un precio competitivo.

Siguiendo los lineamientos que el gobierno federal tiene respecto a la ecología y manteniendo el interés por convicción propia de proteger el medio ambiente, nos obligamos a encarar decididamente nuestra responsabilidad para buscar abatir el impacto ecológico de nuestras operaciones.

I.2.3.3 DIAGNOSTICO DE LA EMPRESA.-

Apoyándose en el concepto de calidad que se tiene según Ishikawa; que dice: "La calidad es resultado final del trabajo, así como del análisis de los procesos productivos, del personal

obrero y ejecutivo, de la planeación e implementación de todas aquellas acciones que implican el control de los costos, de la productividad y de la calidad como un todo”

Estamos convencidos que no podemos esperar que una empresa con procedimientos operativos deficientes logre el crecimiento deseado ya que es innegable la interdependencia que debe existir entre todos los elementos que componen la misma.

Si la calidad es responsabilidad de todos los departamentos, con mas razón debe serlo de todos los individuos, desde el director hasta el obrero de menor rango; desde la gerencia que compra los insumos hasta la gerencia que vende los productos.

Nos vemos en la necesidad de implementar un Sistema de Información Gerencial que nos permita disponer de datos específicos en forma periódica, ordenada y oportunamente con objeto de que la alta y la media dirección puedan tomar decisiones acertadas; fenómeno que a la fecha se dificulta por la dispersión que existe entre las áreas que conforman los grupos de trabajo.

A continuación se explica brevemente la dispersión existente en las áreas que conforman la empresa:

En un inmueble ubicado en la acera norte se tiene la gerencia de operación, la gerencia de ventas industriales, dos salas de capacitación y la gerencia de producto y asistencia técnica en un edificio que comparten con un área destinada a bodega de materia prima para envases. A un costado de éste inmueble se tiene un terreno que se usa como estacionamiento para empleados de confianza.

En otro inmueble de la misma acera se tiene el área de papelería y parte del archivo muerto que comparten con una bodega destinada a productos de promoción.

En la misma acera al oriente, se tiene un inmueble en el que se ubica el comedor para empleados, la gerencia de recursos humanos, el departamento de contabilidad y el área de auditoria externa, que comparten con una bodega de producto terminado.

En la misma acera y colindando con el anterior se tiene un inmueble en el que se ubican las oficinas generales de la empresa, el laboratorio que comparten parte del terreno con el área de producción.

En otro terreno colindante se tiene parte de las oficinas generales que comparten con otra área de bodegas de materia prima y producto terminado.

Toda ésta dispersión provoca una problemática mayor que pensamos se resolverá en un escenario que nos permita concentrar y resolver toda la información que se genera en las mismas.

En lo que se refiere a Recursos Humanos.-

En el momento del presente estudio, la empresa cuenta con una plantilla de personal de aproximadamente 250 personas distribuidas en diferentes lugares como a continuación se indica:

	México		Actópan	Puebla	Morelos	San Luis	Total
	Neptuno	Avenida Central					
Administrativo	81	2	2	3	3	3	94
Producción	41	6	6				53
Reparto	29	1		4	2	2	43
Agentes	32	0		3	5	4	44
Funcionarios	3						3
Policías	10	2	1				13
Total	196	11	9	10	10	9	250

Se cuenta dentro de la organización con una plantilla formada por: un director general, un contralor, once gerentes y el resto del personal consta de contadores, auxiliares de contador, analistas, secretarías, promotores, vendedores, asistentes y obreros. El capital con el que trabaja la empresa es 100 % nacional.

Recursos Materiales

Se tienen oficinas generales funcionando actualmente en tres predios ubicados en el Fraccionamiento Nuevo Industrial Vallejo en México D.F. :

Planta Neptuno ubicada en el fraccionamiento nuevo industrial Vallejo en México D.F.

Planta avenida central ubicada en el Fraccionamiento Nuevo Industrial Vallejo en México D.F.

Planta Actópan ubicada en la carretera México Laredo Km 120 Actópan Hidalgo.

Bodegas foráneas	Inicio de operaciones
Puebla	octubre 1991
Morelos	agosto 1994
San Luis Potosí	julio 1994
Acapulco	junio 1995
Nuevo León	junio 1995
Tabasco	octubre 1994
Veracruz	junio 1993
Zacatecas	agosto 1994
Chihuahua	julio 1989
Querétaro	mayo 1991
Zamora	marzo 1996

Concluimos que para poder aumentar la calidad de los productos y por ende lograr mayor eficiencia en la empresa, nos es necesario contar con un lugar que nos permita procesar la información que se genera en la empresa.

I.2.3.4 ESCENARIO FUTURO

“Un escenario futuro es una serie de eventos que nos imaginamos acontecerán en el futuro y ante los cuales se debe actuar anticipadamente”.

La construcción de escenarios requiere del análisis de la información que se tiene, pero tratando de hacerse preguntas que estimulen a la mente a visualizar mejor el futuro, buscando proveer ideas que proporcionen pautas para aplicar acciones efectivas. En consecuencia se plantea el siguiente escenario futuro:

Se analiza la posibilidad de crear un centro corporativo que se piensa con la idea de integrar a todas y cada una de las áreas que conforman la empresa como son:

- Asistencia Técnica, encargada de desarrollar y emitir especificaciones tanto en productos como en materias primas, control de métodos de prueba de laboratorio, elaboración, emisión, y actualización de Manuales de Capacitación Técnica
- Laboratorio de Investigación y Desarrollo, encargado de dar apoyo a la Gerencia de Producto y Asistencia Técnica a través de sus análisis con base en normas internacionales para la investigación y desarrollo y a la vez hacer las pruebas necesarias tanto para liberar nuevos productos a producción, como para conservar la calidad de los que se tienen.
- Ventas, en donde se coordina la función particular del vendedor y se lleva el control de esta área tan importante.
- Mercadotecnia, encargada de cuidar la imagen de la empresa, así como hacer los estudios de mercadeo, promoción y presentación del producto
- Dirección de Ventas, que coordinan los esfuerzos a nivel nacional de todos y cada uno de los distribuidores así como de las bodegas y distribuidoras de zona.
- Administración, que siendo tan importante tiene el control en las áreas de cobro, crédito y facturación, así como las propias áreas de fabricación con el necesario control del tráfico de materia prima.
- El proceso propio del Telemarketing, el control estadístico de la información particular de la empresa en todo lo que a su venta se requiere, ya sea por producto, por cliente, por territorio, por estado o por división de producto.

- Dirección de Operaciones, la cual lleva el control propiamente de la producción y el mantenimiento así como las relaciones con el proveedor y el control de ISO 9000. los programas de seguridad e higiene y protección civil así como el cumplimiento de las Normas de la Secretaria del Trabajo, de la Secretaria de Salud, de la Secretaria de Desarrollo y Ecología, así como el control de los activos tanto en contabilidad como en métodos y procedimientos.
- Auditoria interna, aplicada a cada área con objeto de mejorar la calidad del producto que entrega cada una de ellas.
- Recursos Humanos y Capacitación, que tiene a su cargo la selección, integración y superación del personal humano.
- Dirección general, que conlleva tanto a las juntas de consejo como a las juntas del staff directivo y en la que se concentra la información buscando encausarla de manera horizontal y no vertical en lo que se entiende como el desarrollo moderno de las empresas.

I.2.4 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

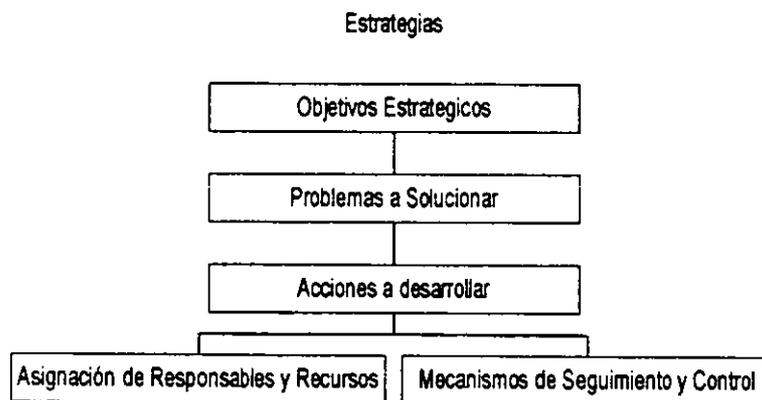
Del análisis de toda la temática hasta aquí expuesta que incluye el estudio de los escenarios tanto micro como macro económicos así como nuestro diagnóstico de la empresa nos lleva a determinar los siguientes Objetivos Estratégicos:

- * Apoyándose en el concepto de Control Total y Mejoramiento de la Calidad, buscar la posibilidad de lograr ser líder de marca en el mercado.
- * Asegurar y revisar continuamente las especificaciones de calidad de los productos que se tienen en el mercado.
- * Concretar la construcción del edificio corporativo que permita resolver toda la problemática acumulada.
- * Asegurar la máxima utilización y disponibilidad de los sistemas de comunicación instaladas para mejorar la eficiencia de las áreas administrativas.
- * Estar en posibilidad de asegurar la máxima utilización y disponibilidad tanto de los equipos de transporte, como de la maquinaria y equipo con los que cuenta la empresa.
- * Consolidar el grupo gerencial con objeto de lograr una cohesión en los mandos medios y superiores dentro de un espíritu de grupo.
- * Lograr la certificación ISO 9000.
- * Alargar y asegurar la vida esperada de la empresa.

- * Prevenir y controlar la contaminación.
- * Mejorar el flujo de efectivo.
- * Diseñar y mecanizar un Sistema de Información Gerencial.
- * Optimizar el consumo de energía eléctrica y el uso de la red telefónica.
- * Establecer un Plan de Emergencia y un Sistema de Seguridad Interna para el Edificio Corporativo.
- * Buscar elevar la calidad de vida del personal que labora en la empresa.

I.2.5 ESTRATEGIAS

Para llevar a cabo todos y cada uno de los conceptos antes citados, es necesario realizar una serie de "estrategias" es decir un conjunto de acciones que deberán ser desarrolladas para lograr los objetivos previstos, esto implica definir y priorizar los problemas a resolver haciendo el planteo de las posibles soluciones y asignando a los responsables para realizarlas; facilitando recursos para llevarlas a cabo y estableciendo una forma periódica para medir los avances que se vayan dando.



Es conveniente saber diferenciar entre un objetivo estratégico y un objetivo operacional. El segundo se refiere a las acciones cotidianas y el primero se refiere a algo que va mas allá de la simple operación, se refiere a lo que trasciende e influye directamente en el escenario planteado. Es decir que al alcanzar los objetivos estratégicos implica el logro simultáneo de los operacionales.

Es preciso establecer continuamente sistemas para supervisar tanto los equipos como la maquinaria en forma exhaustiva implementando a la vez planes de mantenimiento. Para esto se requiere conocer con precisión cuáles son las necesidades en cuanto a refacciones, instalaciones, capacitación, herramientas, etc., así como coordinar las áreas de adquisiciones, finanzas y

operación para permitir un suministro oportuno de recursos y un manejo eficiente de los inventarios.

Es necesario hacer notar que del mantenimiento oportuno de los activos depende en gran parte la productividad de los mismos. De nada sirve que su valor esté claramente expresado en los balances si realmente se saca poco de ellos. Confirmamos con esto que el verdadero valor de una empresa consiste en el flujo de los recursos que desplaza y no tanto en el valor de sus bienes.

“La calidad es cuestión de conciencia”.

Entender ésta idea es el resultado de una serie de análisis provocados por falta de cumplimiento de las especificaciones de calidad. Puede decirse que más que control de calidad, lo que se lleva en realidad es un simple registro de ella; es decir se tiene una actitud pasiva, recolectora de circunstancias y no hacedora de realidades. Lo que debemos buscar es actuar en los hechos para que los datos recolectados sean en realidad indicadores de que vamos en la dirección deseada.

Así fue que nos dimos cuenta de la necesidad de implementar algún sistema de control de calidad que nos permitiese capitalizar los intentos de replaneación constante que se venían dando. Esto ha dado lugar a la adopción del Control Total y Mejoramiento de la Calidad como un intento de filosofía fundamental en la cual se busca establecer las bases para el desarrollo y la administración futura de la empresa.

Sabemos de antemano el compromiso que se tiene al haber tomado la decisión anterior ya que esto implica el transformar no solo la forma de trabajar sino también la manera de comprender la misión de la propia empresa.

Se busca consolidar el grupo gerencial basándose en el principio de trabajo en equipo, ello ha implicado la realización de cursos y seminarios para favorecer el logro del mismo. Se busca en definitiva estar identificado y concebirse como un grupo con el que se comparten objetivos y valores comunes. Se sigue así con los principios concebidos desde el origen de la organización: **“una empresa es su gente”**

Se considera que cualquier grupo (empresarial, cultural, deportivo, etc.) al estar integrado por seres humanos, tiene un proceso de maduración y que el ignorar esto puede acarrear el no llegar a cumplir con sus objetivos. Para ello se está llevando una política claramente orientada a la renovación de sus cuadros a todos los niveles de su estructura jerárquica; buscando desde luego el desarrollo organizacional cuyo objetivo es hacer coincidir el desarrollo particular de cada individuo con el de la organización en su conjunto.

La vida de una empresa de esta naturaleza se encuentra estrechamente vinculada con el tiempo que dure en la preferencia del público consumidor del producto que se tiene en el mercado; debiendo por tal motivo dar preferencia e importancia vital a los programas de investigación y desarrollo.

Los trabajos de investigación tienen en sí un costo muy elevado y sobre todo no tienen seguridad de éxito. Bajo este criterio y apoyándose en la tecnología de que se dispone se ha establecido un programa de investigación permanente que se va ajustando periódicamente y cuyos resultados han sido satisfactorios pues no obstante la competencia existente, nos ha permitido la introducción de nuevos productos al mercado.

Una preocupación constante de la empresa ha sido prevenir y controlar la contaminación, existe una plena conciencia respecto al problema y se tiene la voluntad para implementar las soluciones necesarias. Se tiene conciencia de que la contaminación tiene un costo y se asume éste con la responsabilidad necesaria.

Se tienen instalados equipos colectores con filtros tipo mangas de algodón para la retención de polvos y otros equipos que cuentan con campana colectora y chimenea con filtros de carbón activado. Algunas emisiones del laboratorio que son mínimas junto con los pequeños derrames o arrastre de productos debido a la lluvia o al aseo del lugar, son manejadas por medio de trampas las cuales se limpian periódicamente y sus productos residuales son entregados para su disposición final a empresas autorizadas.

Todo esto nos ha permitido mejorar el control de nuestras operaciones y por ende abatir considerablemente la emisión de humos y polvos contaminantes lo cual ha permitido presentar a la empresa como un ejemplo de "empresa limpia".

Dentro de las estrategias planteadas con anterioridad, una de ellas muy importante es la que determina la ubicación del proyecto que incluye el Edificio Corporativo, lugar en el que se resolverán las necesidades de espacio requeridas para la integración de todas las áreas que conforman la empresa.

A partir de éste momento, nos avocamos al análisis del proyecto que es el tema central de éste trabajo.

CAPÍTULO II

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

- II.1 INTRODUCCIÓN**
- II.2 DATOS COMPLEMENTARIOS PARA ELABORAR UN ANTEPROYECTO**
- II.3 EJEMPLO DE APLICACIÓN**
- II.4 ANTEPROYECTO**
- II.5 PROYECTO DEFINITIVO**

II. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

II.1 INTRODUCCIÓN

Con objeto de asimilar y aprovechar la experiencia de los hombres que nos han antecedido en la elaboración de un proyecto, se hace la siguiente propuesta que busca integrar en forma ordenada la información preliminar que nos permitirá lograr una visión más completa de las necesidades que debemos satisfacer en nuestro cometido al iniciar un proyecto.

Se proponen una serie de preguntas que han tenido su origen en la necesidad que en principio se tiene de lograr la información mínima necesaria y posteriormente de poder disponer de ella en forma completa y ordenada, para así satisfacer plenamente las necesidades que de ella se deriven.

Tenemos plena conciencia de que estamos sometidos a continuas transformaciones; somos criaturas de nuestro tiempo con la mirada puesta en el futuro y la aportación de puntos de vista e ideas de cada individuo, representan un cúmulo de experiencias que el profesional debe ir capitalizando para lograr el mejor desempeño de sus funciones.

El objetivo que se busca es proporcionar una idea que guíe en principio a los interesados en enfrentarse a un proyecto sin contar al inicio de los trabajos con ningún modelo a seguir.

Antes de emprender una construcción, se presentan casi siempre las mismas interrogantes, motivo por el cuál es necesario hacerse una serie de preguntas:

II.1.1 INFORMACIÓN GENERAL.

1. - Del cliente:

Nombre del cliente:

Nombre de la obra:

Importancia de la empresa

Situación financiera

Actividad de la misma

De donde proceden los informes

2. - ¿Qué aspecto presenta el negocio?

3. - ¿A quién consideramos como persona principal?

4. - ¿Quién es su representante?

5. - ¿A quién recurrir en última instancia?
6. - ¿Cuáles son los deseos principales del propietario?
7. - ¿Qué opina de nuestro trabajo?
8. - ¿Qué particularidades personales del propietario hemos de considerar?
9. - ¿Tendrá inconveniente el propietario para que la obra aparezca en alguna publicación?
10. - ¿Se han de presentar planos vistosos (como perspectivas, maquetas, etc.) o basta con los de carácter profesional?
11. - ¿Quién le ha trabajado anteriormente?
12. - ¿Porqué no realiza el presente trabajo el profesional que le apoyaba anteriormente?
13. - ¿Precisa el cliente emprender más obras?
14. - ¿Cuáles?, ¿De qué importancia?, ¿Se han hecho ya algunos proyectos?, ¿Hay fundamentos para pensar que se nos confiará la obra?, ¿Qué gestiones se han hecho para ello?, ¿Con qué resultados?

II.1.2 HONORARIOS.

1. - ¿Cuáles son las bases para el cálculo de los honorarios?
2. - ¿Es fundamental para el cálculo de honorarios saber el costo total de la construcción?
3. - ¿Tomaremos a nuestro cargo los trabajos de decoración e instalaciones especiales?
4. - ¿Están incluidos éstos trabajos en el contrato?

II.1.3 PERSONAS Y ENTIDADES RELACIONADAS CON EL CARGO:

1. - ¿Con quién deben celebrarse las entrevistas de carácter general?
2. - ¿Qué procedimientos particulares hay que considerar y con quién han de tratarse?
3. - ¿Quién es el contador?

4. - ¿A qué trámite se someterán los pedidos y facturas?
5. - ¿Podemos hacer los pedidos directamente a nombre del propietario?
6. - ¿Hasta qué suma?, ¿Existe autorización escrita?
7. - ¿A quién recomienda el propietario como contratista?
Profesión..... Dirección..... Teléfono.....
8. - ¿Se necesita residente en la obra?
¿Conviene?, ¿Con cuántos años de experiencia?, ¿Permanente o temporal?, ¿Durante cuánto tiempo?
9. - ¿Está de acuerdo el propietario con nosotros en las atribuciones tanto del contratista, del director responsable de obra, del residente, así como del supervisor?
10. - ¿Nos facilitarán locales para instalar las oficinas de la obra?

II.1.4- GENERALIDADES

1. - ¿Existe tapial o barda al frente en la obra?, ¿Hay que construirla?, ¿Puede alquilarse para anuncios?, ¿Hay que montar anuncio de la obra?, ¿Qué debe decir?
2. - ¿Cuál es la dirección precisa de la obra?, ¿Cómo se llamará el edificio?
3. - ¿Habrá teléfono en la obra?, ¿Lo hay en las inmediaciones?
4. - ¿Cuál es la jornada de trabajo de los obreros?
5. - ¿Quién ha hecho el levantamiento de datos para saber las necesidades que tendrán que cubrirse?, ¿Está completo?, ¿Se ha de perfeccionar por nosotros o por otra persona?, ¿Debe someterse nuevamente a la aprobación del propietario antes de iniciar los trabajos de anteproyecto?
6. - ¿Con qué edificios nuevos o existentes ha de relacionarse la obra?
7. - ¿A qué reglamentos u ordenanzas de construcción habrá que atenerse?, ¿Existe Reglamento para las Construcciones en el estado en donde se va a realizar la obra?
8. - ¿Cuáles son las revistas profesionales que tratan de esta clase de construcciones?, ¿Qué tenemos de ello en nuestros archivos personales o con profesionales relacionados con el medio?

9. - ¿Dónde se ha hecho otra construcción de este tipo?
10. - ¿Quién será el Director Responsable de Obra y si es necesario quienes sus corresponsables tanto en estructuras como en instalaciones?, ¿Quién o quienes serán los supervisores de la obra?, ¿Hemos tratado ya con ellos?

II.1.5 EL ENTORNO.

1. - ¿Qué aspecto tiene los alrededores?, ¿Paisaje?, ¿Bosque?, ¿Zona habitacional?, ¿Zona fabril?, ¿Clima?, ¿Orientación?, ¿Vientos dominantes?
2. - ¿Qué formas tienen los edificios existentes?, ¿De qué materiales están contruidos?
3. - ¿Existen fotografías del lugar de la obra?, ¿Se han pedido?
4. - ¿Existen algunas restricciones en la zona?, ¿Esta catalogada la fachada por el INBA?, ¿A qué atenerse principalmente en lo que se refiere a la composición arquitectónica?
5. - ¿Qué hay sobre altura de construcciones?, ¿Se tiene el alineamiento vigente?, ¿Qué se sabe sobre la urbanización futura de la zona?, ¿Número y ubicación de árboles que existen en el terreno, así como su tamaño?
6. - ¿Qué instalaciones se van a tener?
7. - ¿Se tiene un plano general de la zona en la que se ubica el terreno?
8. - ¿Existen algunas restricciones en lo que se refiere al aspecto exterior de los edificios?
9. - ¿A qué Delegación política o Municipio corresponde la ubicación del proyecto?
10. - Si surgen discrepancias, ¿Qué tribunal las resolverá?, ¿Cuál será el trámite?, ¿Cuánto durará?, ¿Cómo funciona este organismo?

II.1.6 DATOS TÉCNICOS PRELIMINARES.-

1. - ¿Cómo es el subsuelo de la localidad?
2. - ¿Se hicieron estudios de mecánica de suelos?, ¿En qué sitios?, ¿Con qué resultados?
3. - ¿A cuánto puede hacerse trabajar el terreno?
4. - ¿A qué profundidad está el nivel freático?

5. - ¿Hubo en otro tiempo construcciones en el lugar?, ¿De qué materiales?, ¿De cuántos pisos?
6. - ¿Qué sistema de cimentación parece adecuado?
7. - ¿Algún procedimiento de construcción específico?
8. - ¿Tiempo límite de construcción que obligue algún determinado procedimiento constructivo?
9. - ¿Qué protecciones se prevén?, ¿Contra las vibraciones?, ¿Contra el ruido?, ¿Contra la contaminación ambiental (tanto del aire como de residuos)?, ¿Contra muros colindantes?, ¿Contra suelos?, ¿Contra la temperatura?
10. - ¿Cómo será la estructura?, ¿ Muros de carga?, Columnas y trabes, ¿De concreto?, ¿Metálicas?, ¿Muros aparentes?
11. - ¿Qué clase de escalera se construirá?
12. - ¿Cómo serán las ventanas?, ¿De madera?, ¿Metálicas?, ¿Qué clase de cristales?
13. - ¿Cómo serán las puertas?, ¿De bastidores metálicos?, ¿De madera? ¿De lámina?, ¿Resistentes al fuego?, ¿Con qué tipo de chapas?
14. - ¿Tendrá sistema de aire acondicionado?, ¿Elevador?, ¿Cisterna?, ¿Montacargas?, ¿Descarga a nivel de piso o en plataforma o andén?, ¿Qué velocidad debe tener el equipo?, ¿Existirá maquinaria en la construcción?, ¿Arriba o abajo?
15. - ¿Cómo será el servicio de agua caliente?, ¿Qué cantidades de agua se necesitan?, ¿En qué horas?, ¿En qué sitios?, ¿ Qué calidad tiene el agua?, ¿Es potable?
16. - ¿Cómo es el abastecimiento de agua?, ¿Qué diámetro se tiene disponible?, ¿Qué presión tiene el agua?, ¿Existen variaciones en el suministro de agua?, ¿Con qué frecuencia?, Precio del m³.
17. - ¿Cómo es la evacuación de aguas residuales?, ¿Cuál es la distancia y profundidad de la acometida al alcantarillado público?, ¿Qué diámetro tiene el alcantarillado?, ¿A donde van a parar las aguas residuales?, ¿Es posible la construcción de pozos absorbentes?, ¿ Existen?, ¿Se toleran?
18. - ¿Se dispone de gas entubado?, ¿Qué diámetro tiene el tubo de gas?, ¿Precio del m³?, ¿Existe rebaja en el precio del gas por grandes consumos?, ¿Existe control de emisión de gases quemados?

19. -¿Cómo será el alumbrado?, ¿Qué clase de corriente se usará?, ¿Cuál es su voltaje?, ¿Habrá subestación?, ¿Cuál es el tipo de acometida?, ¿Limites de consumo?, ¿Precio de la energía?, ¿Tarifa reducida?, ¿Rebaja por grandes consumos?
20. - ¿Cómo es el servicio telefónico?, ¿Se instalará conmutador?, ¿Fibra óptica?, ¿Internet?, ¿Sistemas de cómputo?
21. - ¿Otros sistemas de transporte?, ¿Bandas transportadoras?, ¿Correo neumático?
22. - ¿Se colocarán ductos para basura?, ¿ En donde?, ¿ Tamaño?, ¿Para qué tipos de residuos?

II.1.7 DATOS Y DOCUMENTOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO.

1. - ¿Se tienen escrituras de la propiedad?, ¿Se tiene copia de ellas?, ¿Copia de la boleta predial?, ¿Copia de la boleta de agua?, ¿Se tiene Alineamiento reciente?
2. - ¿Hay planos de la localidad?, ¿Ya se pidieron?, ¿Llevan indicadas las vías de comunicación?
3. - ¿Existe algún plano de ubicación del terreno?, ¿ Sellado oficialmente?
4. - ¿Se ha hecho una nivelación del terreno?, ¿Ya se encargó hacerla?, ¿Se ha marcado de modo fijo el origen o punto de referencia de la nivelación?
5. - ¿Hay plano detallado de la ubicación de las líneas de abastecimiento de agua potable?
6. - ¿Hay plano de alcantarillado?
7. - ¿Existen líneas de abastecimiento de gas entubado en la zona?, ¿Se tiene plano de ellas?, ¿Se indica claramente en el plano la acometida?
- 8.- ¿Se indica la acometida a la red de distribución eléctrica?, ¿Línea aérea o subterránea?
9. - ¿Se han tomado fotografías de las construcciones vecinas?, ¿Se ha investigado su sistema de construcción?
10. -¿Dónde hay que hacer los trámites necesarios para obtener la licencia de construcción?, ¿Qué documentación se necesita presentar?, ¿Cuántas copias?, ¿En qué formatos?, ¿Qué planos se deben presentar?

-
11. - ¿Se necesita Director Responsable de Obra?, ¿Se necesitan corresponsables en Seguridad Estructural?, ¿En Instalaciones?

II.1.8 DE LOS PROVEEDORES.

1. - ¿A qué distancia se encuentran los proveedores?
2. - ¿De qué área de almacenes se dispone?, ¿Es área cubierta?, ¿Descubierta?
3. - ¿El propietario surtirá directamente algunos materiales?, ¿Tomará algunos trabajos a su cargo?, ¿Cuáles?, ¿Habrá policía en la obra?, ¿Vigilancia?, ¿Velador?
4. - ¿Qué tipo de contratación se hará?, ¿Por administración?, ¿Precios Unitarios?, ¿Precio alzado?, ¿Se manejará algún anticipo?
5. - ¿Monto de las erogaciones?, ¿Plazos de entrega de las mismas?, ¿Cuántas serán?

II.1.9 PLAZOS DE ENTREGA.

1. ¿De los croquis iniciales para el Vo. Bo. del propietario?
2. ¿Del anteproyecto y antepresupuesto?
3. ¿Del proyecto y presupuesto definitivo?
4. ¿De los planos arquitectónicos, estructurales y la memoria de cálculo para obtener la licencia de construcción?
5. ¿De la duración probable de los trámites para obtener la licencia de construcción? ¿En qué consisten? ¿Hay posibilidades de acelerarlos?
6. ¿Fecha de inicio de la obra?
7. ¿Fecha probable de terminación?.
8. ¿Fecha de entrega provisional de la obra?
9. ¿Fecha de entrega definitiva de la obra?

II.2 DATOS COMPLEMENTARIOS PARA ELABORAR UN ANTEPROYECTO

A continuación enumeramos algunos conceptos que se deben tomar en cuenta para hacer el análisis preliminar de la obra:

II.2.1 Del terreno.-

II.2.1.1 Costo de adquisición

- a) Es el precio de compra propiamente dicho.
- b) Es el costo que tienen las gestiones o comisiones inherentes a la compra, incluye gastos de notario, honorarios a corredores y comisionistas, impuestos por traslación de dominio, trabajos topográficos y de mecánica de suelos.

II.2.1.2 COSTO DEL ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO PARA LA CONSTRUCCIÓN.

En ocasiones es necesario hacer una serie de gastos antes de tener disponible el terreno para la construcción:

- a) Indemnizaciones a los inquilinos, arrendatarios, al vendedor o a otra persona para quedar en plena posesión del terreno.
- b) Gastos para despejar el terreno, como por ejemplo retiro de arboles.
- c) Impuestos municipales por los conceptos de aceras, pavimentación de calles, drenaje, alcantarillado, etc.
- d) Gastos por los servicios públicos de abastecimiento, como son acometida de energía eléctrica, de agua potable, gas, etc.
- e) Gastos para la obtención de la licencia de uso del suelo.

II.2.2 DE LA CONSTRUCCIÓN.-

II.2.2.1 EL COSTO DE LA CONSTRUCCIÓN PRINCIPAL

- a) Es en sí el costo de las obras por construir que integran la parte principal del proyecto.

- b) Costo de todas las obras que se llevan a cabo para dar cumplimiento al Reglamento de Construcción, como son: cercas o tapias, la puesta en servicio de las instalaciones tanto de agua como electricidad.
- c) Demoliciones parciales como son las de construcciones anteriores.
- d) Instalaciones eléctricas que comprenden contactos y alumbrado,
- e) Instalación de cocinas y de aparatos especiales (por ejemplo laboratorios)
- f) Armarios empotrados y muebles especiales (mostradores o barras).

II.2.2.2 COSTO DE LAS CONSTRUCCIONES EXTERIORES.

- a) Ornamentos y esculturas adosadas al edificio o en patios.
- b) Ramales de acometida así como las canalizaciones necesarias para alcantarillado, drenaje, gas, etc.
- c) Movimientos de tierras tanto cortes como terraplenes y las necesarias compactaciones.
- d) Pozos, excavaciones para cisterna o ductos subterráneos para teléfonos o para datos.
- e) Astas de bandera, postes para líneas eléctricas.
- f) Escalinatas o muros separados de la construcción principal.
- g) Jardines y áreas de ornato.
- h) Superficies de circulación como banquetas, calles o andadores.

II.2.2.3 GASTOS DE DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE OBRA.

- a) Costo del proyecto

Comprende los honorarios del Arquitecto que incluyen la elaboración del anteproyecto (una o varias veces), el proyecto definitivo, el antepresupuesto y el presupuesto final, los honorarios del personal especializado como es el Director Responsable de Obra, los corresponsables en el cálculo estructural y en Instalaciones, el Residente de la Obra, los gastos correspondientes a los ensayos de materiales e imprevistos.

b) Gastos para obtener la Licencia de Construcción.

Incluye gestoría en las delegaciones o municipios para obtener toda la documentación necesaria como es alineamiento, número oficial, licencia de uso del suelo, etc.

c) Gastos por Administración de la Obra.

Son estos los honorarios por la dirección durante todo el tiempo que transcurra en la elaboración de la obra. Se deberán incluir en esta partida, el importe de todas las obras y reformas adicionales que ordene el propietario (obras que se ejecutarán por administración).

d) Otros gastos.

Gastos por festejos al colocar la primera piedra, el 3 de mayo, aniversario, etc.

II.2.3 COSTO DE LAS INSTALACIONES ESPECIALES.

Incluye elevadores, escaleras mecánicas, subestación eléctrica, cisternas, montacargas, aire acondicionado, sistemas de seguridad (circuito cerrado de TV, alarmas, etc.) cocinas integrales, tinas de hidromasaje, instalaciones especiales de sonido, plantas de emergencia, red digital, correo neumático y en sí todas las instalaciones que mejoran o agregan valor a la construcción.

Todo éste conjunto de interrogantes que es necesario hacerse al empezar el análisis de una obra es posible tomarlos en cuenta en otro orden pero se recomienda evitar la omisión de alguno de ellos ya esto es motivo de conflicto en las relaciones propietario-constructor

II.3 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Para el caso que nos ocupa, procederemos a dar respuesta al cuestionario en las partes que nos interesa para efectos de éste trabajo:

a). - Información general:

Nombre del cliente: " *Comercial Roshfrans S.A. de C.V.*

Nombre de la obra: " *Edificio Corporativo*"

1. Del cliente:

Importancia de la empresa: *De mediana capacidad*

Situación financiera *Ascendente de 5 años a la fecha*

Actividad de la misma *Fabricación y venta de aceites, Aditivos y grasas lubricantes.*

- De donde proceden los informes *Del Contralor.*
2. ¿Qué aspecto presenta el negocio? *Se nota seriedad y capacidad de trabajo, movimiento constante del personal tanto administrativo como de vehículos de transporte de carga*
 3. ¿A quién consideramos como persona principal? *Ing. Sergio P. Castillo*
¿Quién es su representante? *C. P. Guadalupe Romo Nájera*
 4. ¿Cuáles son los deseos principales del propietario?
Realizar un proyecto atractivo y funcional.
 5. ¿Qué opina de nuestro trabajo. ? *Tiene buenas referencias*
 6. ¿Qué particularidades personales del propietario hemos de considerar?
Ninguna, tiene buena disposición.
 7. ¿Tendrá inconveniente el propietario para que la obra aparezca en alguna publicación?
Ninguna, al contrario le parece una excelente idea.
 8. ¿Se han de presentar planos vistosos (como perspectivas) o basta con los de carácter profesional?
De preferencia si, elaborar maquetas y perspectivas.
 9. ¿Quién le ha trabajado anteriormente? *Varios profesionistas conocidos.*
 10. ¿Porqué no realiza el presente trabajo el profesional que le apoyaba anteriormente?
Por razones familiares.
 11. ¿Precisa el cliente emprender mas obras? *Sí*
¿Cuáles? *Otra bodega y algunas modificaciones a otras construcciones.*
¿De qué importancia? *Regular*
¿Se han hecho ya algunos proyectos? *No*

b). -Honorarios.-

1. - ¿Cuáles son las bases para el cálculo de los honorarios? *Se contrató a precio alzado*

En éste caso se presentó un presupuesto de obra que contiene la descripción de cada concepto así como las unidades en que está medido, la cantidad, el precio unitario y el importe parcial de cada uno de ellos.

Del monto total de la obra, se proporcionó un anticipo y posteriormente de cada concepto de obra se fueron proporcionando partidas para ir cubriendo las necesidades que se iban presentando tanto de material como de mano de obra.

Periódicamente se hacen aplicaciones de cantidades a cuenta del total de la obra.

Algunos conceptos como son las instalaciones especiales han sido contratadas directamente por el propietario desde luego a través de la empresa constructora. Es el caso del elevador y del equipo de la subestación; el propietario se encargó de pagar directamente a los proveedores, dejando la administración de la mano de obra a la empresa constructora.

2. - ¿Es fundamental para el cálculo de honorarios saber el costo total de la construcción? *Sí*

3. - ¿Tomaremos a nuestro cargo los trabajos de acabados e instalaciones especiales?.

La empresa constructora está encargada de la totalidad de los trabajos de construcción que se llevan a cabo en la obra y además de la coordinación de los trabajos referentes a las instalaciones especiales.

4. -¿Están incluidos éstos trabajos en el contrato? *No*

c). -Personas y entidades relacionadas con el encargo:

1. - ¿ Con quién deben celebrarse las entrevistas de carácter general? *Con el Director General*

2. - ¿Qué procedimientos particulares hay que considerar y con quién han de tratarse?

Ninguno, Trato directo con él mismo

3. - ¿ Quién es el contador?

Lo proporciona la misma empresa constructora.

4. - ¿A qué trámite se someterán los pedidos y facturas?

A revisión los jueves y a pago los martes.

5. - ¿Podemos hacer los pedidos directamente a nombre del propietario?.

Sí, previa autorización.

¿Hasta qué suma?.

Cualquier cantidad.

¿Existe autorización escrita?.

No

6. - ¿A quién recomienda el propietario como contratista?

Profesión..... Dirección..... Teléfono.....

7. - ¿Se necesita residente en la obra?.

Sí, debido al volumen de obra.

¿Conviene?

Sí

¿Con cuántos años de experiencia?

5 años

¿Permanente o temporal?

Permanente

¿Durante cuánto tiempo?

Durante todo el tiempo de la obra

8. - ¿Esta de acuerdo el propietario con nosotros en las atribuciones tanto del contratista, del director responsable de obra, del residente, así como del supervisor?

Sí, totalmente

9. - ¿Nos facilitarán locales para instalar las oficinas de la obra?.

Sí, en los patios de la misma obra.

d). - Generalidades.

1. - ¿Existe tapial o barda al frente en la obra? *Sí*
 ¿Hay que construirla? *No*
 ¿Puede alquilarse para anuncios? *No*
 ¿Hay que montar anuncio de la obra? *Si, únicamente lo que marca el Reglamento.*
 Qué debe decir:

Nombre del Director Responsable de la Obra.

Ing Luis Angel Guerrero Samders DRO-0677

Número de licencia de construcción: *SLUC/008/97/on/07*

Nombre del Corresponsable en Instalaciones. *072 Ing. Luis Reyes Espíndola*

2. - ¿Cuál es la dirección precisa de la obra?

Othón de Mendizábal No 484 Fracc. Nuevo Industrial Vallejo. Delegación Gustavo A. Madero

¿Cómo se llamará el edificio? *Edificio Corporativo Roshfrans.*

3. - ¿Habrá teléfono en la obra? *Sí.*

4. - ¿Cuál es la jornada de trabajo de los obreros? *8 horas*

5. - ¿Quién ha hecho el levantamiento de datos para saber las necesidades que tendrán que cubrirse? *Nosotros mismos.*

¿Está completo? *No*

¿Se ha de perfeccionar por nosotros o por otra persona?

Por nosotros mismos

¿Debe someterse nuevamente a la aprobación del propietario antes de iniciar los trabajos de anteproyecto? *Sí*

6. - ¿Con qué edificios nuevos o existentes ha de relacionarse la obra?

Con 5 predios que se encuentran en un perímetro de 100 m.

7. - ¿A qué reglamentos u ordenanzas de construcción habrá que atenerse?

Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal

8. - ¿Cuáles son las revistas profesionales que tratan de esta clase de construcciones?

Existe documentación suficiente como referencia para éste tipo de construcciones.

9. - ¿Dónde se ha hecho otra construcción de este tipo?

Aquí mismo en el D. F.

10. - ¿Quién será el supervisor de la obra?

Ing. Herminio Cortes Lazari

e). - El entorno.

1. - ¿Qué aspecto tiene los alrededores? *Terreno ubicado en zona industrial*

- ¿Paisaje? *Urbano*
- ¿Bosque? *No existen árboles en el terreno*
- ¿Zona habitacional? *Alrededor del fraccionamiento*
- ¿Zona fabril? *Dentro del mismo fraccionamiento*
- ¿Clima? *Agradable, período de lluvias de Mayo a Septiembre*
- ¿Orientación? *Frente del terreno ligeramente hacia el noroeste*
- ¿Vientos dominantes? *Vientos alisios*
2. - ¿Qué formas tienen los edificios existentes? *Naves industriales, bodegas y Oficinas de uno a cuatro niveles*
- ¿De qué materiales están contruidos? *Techos de lámina y losas de Concreto en entrepisos, muros De tabique, columnas y trabes De concreto armado y hierro laminado*
3. - ¿Existen fotografías del lugar de la obra? *Sí*
4. - ¿Existen algunas restricciones en la zona? *Las propias del Reglamento*
- ¿Esta catalogada la fachada por el INBA? *No*
- ¿A qué atenerse principalmente en lo que se refiere a la composición arquitectónica? *No existe ninguna restricción*
5. - ¿Qué hay sobre la altura de construcciones? *Las propias del Reglamento*
- ¿Se tiene el alineamiento vigente? *Sí*
- ¿Qué se sabe sobre la urbanización futura de la zona? *Zona totalmente urbanizada*
- Número y ubicación de arboles que existen en el terreno, así como su tamaño. *No tiene*
6. - ¿Qué instalaciones se van a tener? *Subestación, Planta de Emergencia Aire Acondicionado, Elevador,*
7. - ¿Se tiene un plano general de la zona en la que se ubica el terreno? *Sí*
8. - ¿Existen algunas restricciones en lo que se refiere al aspecto exterior de los edificios? *No*
9. - ¿A qué Delegación política o Municipio corresponde la ubicación del proyecto? *Gustavo A. Madero en el D.F.*
10. - Si surgen discrepancias:
- ¿Qué tribunal las resolverá? *El Tribunal Superior de Justicia*
- ¿Cuál será el trámite? *Juicio Ordinario*
- ¿Cuánto durará? *De 6 meses a 1 año*

f). - Datos técnicos preliminares.

1. -¿Cómo es el subsuelo de la localidad?

El terreno en estudio está localizado en la zona noroeste, cerca de la zona del Tepeyac y al norte de la zona del Lago. El subsuelo está formado de depósitos aluviales en suelos arcillosos encontrándose bolsas de arena y limos a distintas elevaciones.

2-¿Se hicieron estudios de mecánica de suelos? *Sí*

¿En qué sitios?

En 3 diferentes puntos como se indica en el capítulo correspondiente.

¿Con qué resultados?

Se indican en el capítulo correspondiente

3. - ¿A cuánto puede hacerse trabajar el terreno?

Según los Estudios de Mecánica de Suelos realizados para una cimentación desplantada a 19.3 m de profundidad, la resistencia máxima al esfuerzo cortante es de 318 ton/m²

4. - ¿A qué profundidad está el nivel freático? *5.15 m.*

5-¿ Hubo en otro tiempo construcciones en el lugar? *Sí*

¿De qué materiales?

De concreto armado, tabique, pisos de asfalto y otros materiales

¿De cuántos pisos?.

1 y 2 niveles

6. - ¿Qué sistema de cimentación parece adecuado?

El Estudio de Mecánica de Suelos recomienda una cimentación a base de pilas con campana.

7. - ¿Algún procedimiento de construcción específico?

Con objeto de abatir tiempos de construcción se decidió hacer la estructura de tipo mixto, a base de columnas de concreto armado, viguetas de acero armado o laminado para soportar los entrepisos y losa tapa de losacero.

8. - ¿Tiempo limite de construcción que obligue algún determinado procedimiento constructivo?

Diciembre de 1998 (Obra Negra)

9. - ¿Qué protecciones se prevén?, ¿Contra las vibraciones?, ¿Contra el ruido?, ¿Contra la contaminación ambiental (tanto del aire como de residuos)?, ¿Contra muros colindantes?, ¿Contra suelos?, ¿Contra la temperatura? *Ninguna.*

10. - ¿Cómo será la estructura?	<i>Mixta de concreto armado y hierro</i>
¿Muros de carga?	<i>Sí</i>
¿Columnas y trabes?	<i>Sí</i>
¿De concreto?	<i>Sí</i>
¿Vigas Metálicas?	<i>Sí</i>
¿Muros aparentes?	<i>Sí, en parte</i>
11. - ¿Qué clase de escalera se construirá?	<i>Monolítica y en cantiliver en parte, adosada a la estructura</i>
12. - ¿Cómo serán las ventanas?	
¿De madera?	<i>No</i>
¿Metálicas?	<i>Sí</i>
¿Qué clase de cristales?	<i>Solar Grey de 6 mm.</i>
13. - ¿Cómo serán las puertas?	<i>De madera en baños y de cristal entre oficinas y pasillos</i>
¿De bastidores metálicos?	<i>No</i>
¿Resistentes al fuego?	<i>No</i>
¿Con qué tipo de chapas?	<i>Metálicas del país</i>
14. - ¿Tendrá sistema de aire acondicionado?	<i>Sí</i>
¿Elevador?	<i>Sí</i>
¿Cisterna?	<i>Sí</i>
¿Montacargas?	<i>No</i>
¿Existirá maquinaria en la construcción?	<i>Sí</i>
15. - ¿Cómo será el servicio de agua caliente?	<i>Mínimo</i>
¿Qué cantidades de agua se necesitan?	<i>Para 150 personas</i>
¿En qué horas?	<i>En horas de oficina</i>
¿En qué sitios?	<i>En baños, sanitarios y laboratorio</i>
¿Qué calidad tiene el agua?	<i>Buena</i>
¿Es potable?	<i>Sí</i>
16. - ¿Cómo es el abastecimiento de agua?	<i>Normal y continua.</i>
¿Qué diámetro se tiene disponible?	<i>13 mm con opción a poner uno mayor.</i>
¿Qué presión tiene el agua?	<i>0.80 kg/cm²</i>
¿Existen variaciones en el suministro de agua?	<i>No</i>
Precio del m ³ .	<i>\$ 17.13/ m³</i>
17. - ¿Cómo es la evacuación de aguas residuales?	<i>En alcantarillado público</i>
Distancia y profundidad de la acometida al alcantarillado publico.	<i>7.50 m a 2.40 m</i>
¿Qué diámetro tiene el alcantarillado?	<i>1.20 m</i>
¿A donde van a parar las aguas residuales?	<i>Al Colector Central</i>

¿Es posible la construcción de pozos absorbentes? No es necesario

18. - ¿Se dispone de gas entubado? *Sí*
 ¿Qué diámetro tiene el tubo de gas? *8 pulg.*
 ¿Existe rebaja en el precio del gas por grandes consumos? *Sí*
 ¿Existe control de emisión de gases quemados? *Sí*
19. - ¿Cómo será el alumbrado? *Lámpara incandescente en interiores y lámparas de vapor de sodio en exteriores*
 ¿Qué clase de corriente se usará? *Corriente alterna*
 ¿Voltaje? *127, 220 y 440 v.*
 ¿Subestación? *Sí*
 ¿Acometida? *23000 v.*
 ¿Límites de consumo? *No*
 ¿Rebaja por grandes consumos? *Sí*
20. - ¿Cómo es el servicio telefónico? *Normal y continuo*
 ¿Se instalará Conmutador? *Sí*
 ¿Fibra óptica? *Sí*
 ¿Internet? *Sí*
 ¿Sistemas de cómputo? *Sí*
21. - ¿Otros sistemas de transporte? *No*
 ¿Bandas transportadoras? *No*
 ¿Correo neumático? *No*
22. - ¿Se colocarán ductos para basura? *Sí*
 ¿En donde? *En ductos especiales*
 ¿Tamaño? *60 x 40 cm*
 ¿Para qué residuos? *Inorgánicos*

g). - Datos y documentos necesarios para el proyecto.

1. - ¿Se tienen escrituras de la propiedad? *Sí*
 ¿Se tiene copia de ellas? *Sí*
 ¿Copia de la boleta predial? *Sí*
 ¿Copia de la boleta de agua? *Sí*
 ¿Se tiene alineamiento reciente? *Sí*
2. - ¿Hay planos de la localidad? *Sí*
 ¿Ya se pidieron? *Sí*
 ¿Llevan indicadas las vías de comunicación? *Sí*
3. - ¿Existe algún plano de ubicación del terreno? *Sí*
 ¿Sellado oficialmente? *Sí*

-
4. -¿Se ha hecho una nivelación del terreno? *Sí*
 ¿Ya se encargó hacerla? *Sí*
 ¿Se tiene fijo el punto de origen de la nivelación? *Sí*
5. -¿Hay plano detallado de la ubicación de las líneas de abastecimiento de agua potable? *Sí*
6. -¿Hay plano de alcantarillado?. *Sí*
7. -¿Existen líneas de abastecimiento de gas entubado en la zona? *Sí*
 ¿Se tiene plano de ellas? *No*
 ¿Se indica claramente en el plano la acometida? *No*
8. -¿Se indica la acometida a la red de distribución eléctrica? *Sí*
 ¿Línea aérea o Subterránea? *Aérea*
9. - ¿Se han tomado fotografías de las construcciones vecinas? *Sí*
 ¿Se ha investigado su sistema de construcción? *Sí*
10. -¿Dónde hay que hacer los trámites necesarios para obtener la licencia de construcción?
En la Delegación Gustavo A. Madero
 ¿Qué documentación se necesita presentar?
Copia escrituras, boleta predial, boleta Agua, Croquis de localización,
 ¿En que formatos? *En los oficiales*
 ¿Qué planos se deben presentar? *Arquitectónicos, Estructurales, Sanitarios, Hidráulicos.*
11. - ¿Se necesita Director Responsable de Obra? *Sí*
 ¿Se necesitan Corresponsables en Seguridad Estructural? *Sí*
 ¿En Instalaciones? *Sí*
- h). - De los proveedores.**
1. -¿A qué distancia se encuentran los proveedores? *En el área metropolitana*
2. -¿ De qué área para almacenes se dispone? *La suficiente*
 ¿Es área cubierta? *No*
 ¿Descubierta?. *Sí*
3. -¿ Suministrará el propietario directamente algunos materiales? *No*
 ¿Tomará algunos trabajos a su cargo? *Sí*
 ¿Cuáles? *Elevador, Subestación, cableado de voz y datos, sistema de aire acondicionado.*
 ¿Policía en la obra? *Sí*
 ¿Vigilancia? *Sí*
-

- | | |
|--|------------------------------------|
| ¿Velador? | <i>Sí</i> |
| 4. -¿Qué tipo de contratación se hará? | <i>Por administración en parte</i> |
| ¿Precios Unitarios? | <i>No</i> |
| ¿Precio Alzado? | <i>En parte</i> |
| ¿Se manejará algún anticipo? | <i>Sí</i> |
| 5. De las erogaciones | |
| ¿Plazos de entrega de las mismas? | <i>Semanales</i> |
| ¿Cuántas serán? | <i>25</i> |

i). - Plazos de entrega.

- | | |
|--|---|
| 1. -¿De los croquis iniciales para el Vo. Bo. del propietario? | <i>31 ago 97</i> |
| 2. -¿ Del anteproyecto y antepresupuesto?. | <i>15 sep 97</i> |
| 3. ¿Del proyecto y presupuesto definitivo? | <i>15 nov 97</i> |
| 4. ¿De los planos arquitectónicos, estructurales y la memoria de cálculo para obtener la licencia de construcción? | <i>01 oct 97</i> |
| 5. ¿De la duración probable de los trámites para obtener la licencia de construcción? | <i>3 meses</i> |
| ¿En qué consisten? | <i>Obtener: alineamiento, número oficial, licencia de uso del suelo</i> |
| ¿Hay posibilidades de acelerarlos? | <i>Sí</i> |
| 6. ¿Fecha de inicio de la obra? | <i>03 ago 97</i> |
| 7. ¿Fecha probable de terminación?. | <i>30 dic 98</i> |
| 8. ¿Fecha de entrega provisional de la obra? | <i>25 dic 98</i> |
| 9. ¿Fecha de entrega definitiva de la obra? | <i>30 dic 98</i> |

II.4 ANTEPROYECTO

Antes de iniciar el Anteproyecto es necesario puntualizar, de la información obtenida en el cuestionario anterior, lo que se refiere a los siguientes datos:

1. - Situación del terreno, dimensiones del mismo, relieve, diferencias de nivel con las calles adyacentes, situación de las canalizaciones de agua y alcantarillado, prescripciones referentes a la construcción (como son: restricciones al frente o laterales, etc.).

Para la adquisición de todos éstos datos, es conveniente hacer con todo detalle los trabajos topográficos; mismos que servirán posteriormente de apoyo para elaborar los planos de

proyecto indispensables para ser presentados ante las autoridades con objeto de obtener la Licencia de construcción correspondiente.

2. - Características de las áreas que se planean construir, por lo que se refiere a superficies, altura, situación y relaciones de dependencia entre las mismas, dichas áreas se presentan en la siguiente tabla:

Nombre del área	Área mínima Requerida (m ²)	Áreas propuestas en el proyecto (m ²)
Dirección General	54.50	266
Contraloría	58.50	99.60
Tesorería	28.50	56.25
Gerencia Aseguramiento de Calidad	12.00	56.40
Gerencia de Producto y Asistencia Técnica	77.00	96.33
Ventas	45.75	127.02
Administrativo de Ventas	16.00	89.75
Gerencia Administrativa	72.75	47.45
Dirección Comercial	18.50	65.41
Dirección de Operaciones	40.00	118.90
Crédito	12.00	57.00
Cobranza	20.00	60.75
Sistemas	33.50	108.57
Recursos Humanos	69.00	167.72
Contabilidad	68.00	68.75
Laboratorio	148	352.00
Mercadotecnia	23.50	113.51
Vigilancia	5.80	72.91
G. de Control de Calidad	12.00	56.40
Servicios Sanitarios	108.75	207.72
Comedor	43.00	196.25
Recepción	13.50	126.50
Jurídico	6.00	10.68
Sala de Espera	25.00	42.73
Archivo Muerto	50.00	76.43
Sala de Juntas	22.30	70.80
Pasillos	93.42	412.91
Aulas	55.00	69.30
Áreas de Exposición	40.00	89.46
Atención al Público	14.46	53.09
Auditorio	----	192.39
Caja	4.50	16.17
Área de Servicios (Telefonía, Tableros, etc.)	6.10	35.43
Papelería	3.60	11.73
Intendencia	----	12.50

3. - Dimensiones de los muebles previstos.

4. - Capital con que se cuenta para la realización del proyecto (tomando en cuenta la construcción, el terreno, la preparación del mismo, etc.; datos que ya se tienen del cuestionario anterior).

5. - Sistema de construcción que debe emplearse, pues las posibilidades no son las mismas en una obra de tabique, que en una obra de concreto armado o de estructura metálica o en el caso mixto que es el que nos ocupa.

Una vez adquiridos los conocimientos anteriores se principia con el dibujo esquemático de las áreas requeridas, como sencillos rectángulos, todos a la misma escala, tomando en consideración la dependencia de unas áreas con otras y la orientación conveniente. Siguiendo éste proceso se va definiendo cada vez de manera más clara el tema del proyecto de construcción logrando así una identificación con el mismo.

Es necesario determinar dentro de la superficie del terreno disponible, la situación del edificio teniendo en cuenta la orientación topográfica, áreas arboladas, tipos de edificios en la vecindad, etc. Es conveniente hacer varios ensayos hasta agotar las posibilidades, analizando los pros y los contras de cada caso, buscando llegar a la solución más conveniente.

Todo aquel que se enfrenta a un proyecto con objeto de llevarlo a cabo y hacerlo realidad, se siente colmado de ideas propias y de concepciones personales y únicamente precisa de ordenar y conjugar todos los elementos con los que cuenta para poner manos a la obra en la idea de crear un todo a partir de éstos.

Con la mirada puesta en la interrelación, en el juego de las fuerzas de los materiales, de los colores, de las proporciones; estudiando la apariencia de los edificios, los investiga críticamente y los va transformando en su imaginación hasta llegar a una creación activa.

El logro de ésta creación está en función directamente de la imaginación propia y de las posibilidades técnicas de construcción que ofrece la época, así como de las circunstancias locales. Es así como se van logrando formas concretas que tan solo guardan una semejanza lejana con todo lo existente anteriormente.

Con todos éstos procedimientos se llega rápidamente a las posibles soluciones adquiriendo a la vez un concepto preciso del proyecto.

Para el efecto, después de una serie de intentos, se concluyó la distribución que se piensa es la óptima de las áreas de trabajo que componen cada departamento.

Es así como da inicio el anteproyecto, que es la primera concepción de la obra. En principio todo se realiza en la imaginación, tratando de armonizar los distintos temas constructivos con el objeto de prever hasta donde sea posible los detalles que necesariamente se presentarán a futuro.

Con ello nace en quién está haciendo el proyecto una imagen esquemática del edificio o de la obra de que se trata y de su ambiente que se materializan al elaborar las plantas y el alzado.

El resultado de éste proceso imaginativo suele ser un croquis a mano alzada que se acompaña en ocasiones con algunas formas de papel recortado que al vulgo parecerán sin sentido, pero que el profesional ve en ellas algo más que tiene cuerpo y que por afinaciones sucesivas puede llegar a una expresión concreta del edificio que proyecta.

La facilidad de expresión en los bocetos presentados, está en función de la experiencia y del carácter del autor. Los arquitectos, con muchos años de experiencia, para evitar aclaraciones con sus auxiliares, acaban dibujando a pulso el Anteproyecto con todas sus cotas y detalles. Estos originales del maestro con "experiencia", son ciertamente muy claros, pero no suelen tener en ocasiones el espíritu que plasmó en sus primeras creaciones

Una vez listo el Anteproyecto, es recomendable dejar pasar algunos días, antes de comenzar con la redacción del Proyecto Definitivo; así aparecen luego más palpables los defectos del Anteproyecto y más de una vez se presenta la ocasión de echar a un lado ciertos prejuicios como resultado de conversaciones con el propietario o con los mismos colaboradores.

II.5 PROYECTO DEFINITIVO

Después viene la confección del Proyecto Definitivo, las entrevistas con los profesionales *responsables* tanto del aspecto estructural, de las instalaciones sanitarias así como de las hidráulicas y de electricidad; que conducen a la determinación de todos los elementos que entran en la obra, incluyendo las instalaciones especiales.

Como fin del proyecto, (aunque en la mayoría de las ocasiones se hace antes de terminarlo) se hacen las gestiones necesarias para obtener toda la documentación oficial (Uso del suelo, Alineamiento, Número Oficial, Licencia de Construcción, etc.). Tomando en cuenta el tiempo que se llevará para el trámite de la misma.

Durante este tiempo se redacta el presupuesto haciendo previamente el listado de todos los conceptos que componen la obra.

Para todos estos trabajos, desde que se recibe el encargo del proyecto, hasta el comienzo de la obra, según las circunstancias, se lleva aproximadamente de 2 a 3 meses si se trata de una casa habitación unifamiliar y de 3 a 12 meses para las grandes edificaciones, (hospitales, hoteles, edificios etc.)

Estos trabajos de proyecto no deben escatimarse, ya que el tiempo que requieren se recupera con creces durante el proceso de construcción, con la consiguiente economía de gastos innecesarios debido a la serie de correcciones que se van dando por no tener claramente definidos detalles de proyecto.

Es muy frecuente la idea de comenzar lo antes posible sin tener terminado el proyecto definitivo, pensando erróneamente, que bastará un estudio somero de lo que se va presentando y que a medida que se va construyendo se irán resolviendo las dificultades que se van presentando e ir haciendo durante el proceso de construcción los “planos definitivos”, de los que no se dispondrá hasta que la obra esté casi terminada. Desde luego que lo mismo ocurrirá con el “presupuesto definitivo”.

En estos casos salen sobrando la bitácora de obra y los informes aclaratorios al propietario, lo que se necesita es trabajo y presencia continua del profesionalista en la obra y preparación suficiente también en los trabajos de gabinete.

Se concluye que no es recomendable bajo ningún aspecto el realizar una obra con éstos procedimientos.

II.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DESDE EL PUNTO DE VISTA FUNCIONAL

Después de hacer una serie de intentos de distribución de áreas se aceptó la siguiente propuesta como definitiva. En planta de conjunto se tiene la Fig. 1:

1. - Area de vigilancia y control
2. - Area de subestación y planta de emergencia.
3. - Area de oficinas.
4. - Area de oficinas.
5. - Auditorio.
6. - Laboratorio

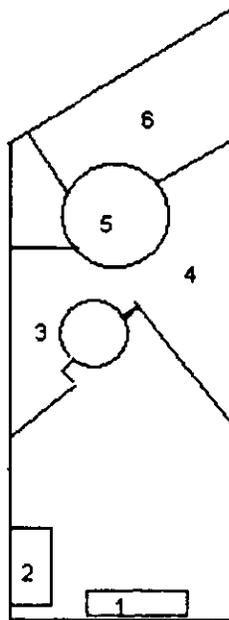


Fig. 1 Distribución de áreas

Y en un corte vertical le corresponde la siguiente distribución (Fig. 2):

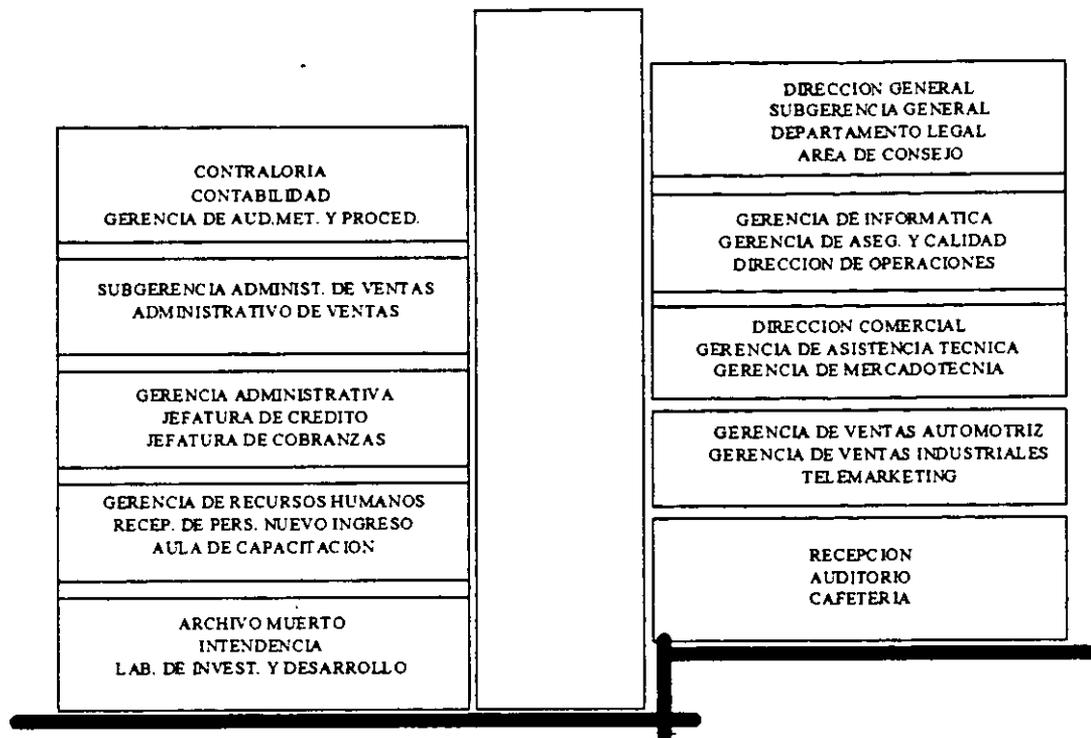


Fig. 2 Distribución vertical de áreas

Haremos una breve descripción del proyecto, desde el punto de vista funcional y dividiremos el proyecto en dos alas, norte y sur:

En el ala norte se tiene:

En primera planta: Area de tableros generales, cuarto de telefonía, archivo muerto, cuarto de corriente regulada y equipos de corriente continua, intendencia, área de baños y sanitarios.

En segunda planta se tiene el área de recursos humanos que cuenta con aula de capacitación, área de oficinas y área de jefatura con un sanitario.

La tercera planta está destinada a oficinas administrativas, crédito y cobranza, también con un sanitario.

En la cuarta planta se tiene la subgerencia administrativa y el administrativo de ventas.

En quinta planta se tiene la contraloría con un sanitario, el área de contabilidad y la gerencia de auditoría, métodos y procedimientos.

En el ala sur se tiene:

En primera planta: Area de recepción, sala de espera, tres cubículos de atención al público, dos sanitarios, área de exposición permanente, cocina, comedor, terraza descubierta y auditorio.

En segunda planta se tiene el área de ventas con las gerencias de ventas automotriz e industrial así como telemarketing.

En tercera planta se tiene la dirección comercial con un sanitario, las gerencias de asistencia técnica y mercadotecnia.

En la cuarta planta se ubica el área de informática, la gerencia de aseguramiento de calidad y la gerencia de operaciones con un sanitario.

En el quinto nivel se ubican: la dirección con un sanitario y la subdirección general, el departamento legal y un área destinada al consejo.

II.5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DESDE EL PUNTO DE VISTA ARQUITECTÓNICO

Siendo la arquitectura una ciencia que está sometida a continuos cambios al servicio de la evolución; partimos tan solo de elementos simples, de porciones y de formas elementales; haciendo uso de métodos de combinación, construcción, composición y buscando desde luego la armonía, se lograron ideas muy interesantes.

Desde el punto de vista arquitectónico, podemos hacer una breve descripción de la solución que se le dio al proyecto:

Después del estudio de Mecánica de Suelos y siguiendo las recomendaciones hechas por el Dr. Boris Simpser, que en éste caso fungió como Ingeniero Consultor, se llegó a la conclusión que era recomendable el uso de pilas con campana para resolver la cimentación.

Las pilas, como se detallará más adelante, se diseñaron de sección variable, habiendo resultado bases de campana que van desde 0.80 m hasta 2.20 m. de diámetro con un fuste mínimo de 0.80 m.

Se llevó a cabo el sembrado de pilas como se indica en el plano ES-101.

Posteriormente se llevó a cabo la construcción de las trabes de liga cuya función es la de transmitir a la cimentación las cargas que reciben de las columnas. En cada cruce de las trabes de liga se construyeron dados que tienen como función asimilar los posibles esfuerzos de torsión que se generan debido a la asimetría de la ubicación de las columnas.

Sobre los mismos datos se prolongó el acero de refuerzo con objeto de continuar la construcción de las columnas que dan apoyo tanto a las traveses de concreto armado, como a las vigas principales de acero armado que junto con las viguetas secundarias soportan la losa acero que forma los entresijos y la losa tapa.

Desde el punto de vista arquitectónico, el proyecto resulta muy atractivo, ya que se buscó que las superficies utilizables que presentan una forma irregular, estuvieran bien iluminadas, con volúmenes bien proporcionados y equilibrados presentando un desnivel en cada piso que separa el ala norte del ala sur.

El resultado es un proyecto de vanguardia que cumple con todas las necesidades reales, que al mismo tiempo resiste perfectamente la comparación con otros edificios y que en algunos puntos los supera, buscando ser una expresión de su tiempo visible y permanente.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

III.1. GENERALIDADES

III.2. ESTUDIO DEL SUBSUELO

III.3. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

III.1 GENERALIDADES.

III.1.1 PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS

En términos de ingeniería civil, los suelos se clasifican en: *gravas, arenas, limos y arcillas*. La mayor parte de los suelos suelen tener 2 o más de éstos elementos además de tener material orgánico, es decir podemos tener arcillas limosas, etc. A las gravas y arenas se les llama suelos de grano grueso y a las arcillas y limos suelos de grano fino. Para la clasificación se puede utilizar la clasificación de la ASTM, cuyos límites están dados siguiente Tabla 1:

TABLA 1 Límites de los tamaños de los componentes de suelo según la clasificación de la ASTM (en mm)

Grava	Mayor de 4.75
Arena Gruesa	de 4.75 a 2.00
Arena Media	de 2.00 a 0.425
Arena Fina	de 0.425 a 0.075
Finos (mezclas de Limo y Arcilla)	menores de 0.075

La arcilla está formada por un agregado en que predominan los minerales de tamaño microscópico en forma de laminillas cristalinas, se caracterizan por tener propiedades similares a los coloides, como son plasticidad, cohesión y la facultad de absorber iones.

La distinción entre limo y arcilla no puede basarse en el tamaño de las partículas, porque las propiedades físicas de importancia de ambos materiales, están relacionados indirectamente con su tamaño. Existe una forma de distinguirlos, puede ser, tomando una muestra seca de arcilla de aproximadamente 3 mm entre los dedos, ésta se romperá con un gran esfuerzo mientras que una de limo se romperá fácilmente.

III.1.2 RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS DE LOS SUELOS

A las relaciones Volumétricas y de fase se les denomina: *relaciones de fase*, estas tienen que ver con la fase líquida, sólida o gaseosa de un suelo. En un suelo seco hay dos fases, sólida y gaseosa; en uno totalmente saturado es sólida y líquida, y en un suelo parcialmente saturado, existen las tres fases. Se pueden representar éstas fases en un diagrama (Fig. 1):

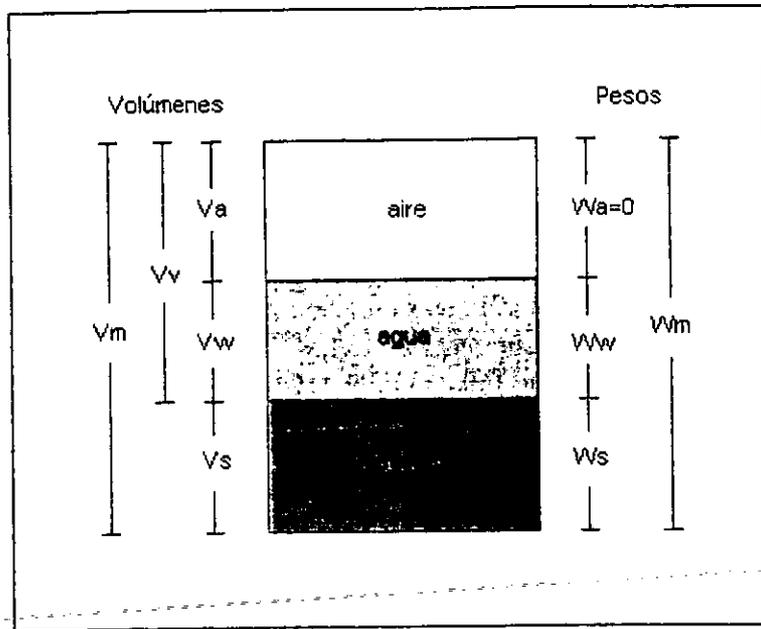


Fig. 1 Fases De Un Suelo

Donde:

- \$V_m\$: Volumen de la muestra.
- \$V_v\$: Volumen de vacíos.
- \$V_a\$: Volumen de aire.
- \$V_w\$: Volumen de agua
- \$V_s\$: Volumen de sólidos

- \$W_m\$: Peso de la muestra
- \$W_a\$: Peso del aire
- \$W_w\$: Peso del agua
- \$W_s\$: Peso del sólido

Contenido de agua: Relación entre la masa de agua y la masa de sólidos, los límites para esta relación pueden ser muy amplios, en México existen valores del 1,000% en el sureste, en el valle de México existen humedades de 500-600%.

$$w(\%) = \frac{M_w}{M_s}$$

Grado de saturación: Relación del volumen de agua al volumen total de espacio hueco; el grado de saturación puede variar entre los límites de cero para un suelo totalmente seco y 1 (100%) para un suelo totalmente saturado.

$$G_w = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Relación de vacíos: Relación entre el volumen de huecos y el volumen de sólidos. Varía de 0 a ∞ , sin embargo no existen valores menores a 0.25 en arenas muy compactas con finos, ni mayores de 15 en el caso de arcillas altamente compresibles.

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Porosidad: Relación entre el volumen de huecos, y el volumen total del suelo. Los valores varían del 20% al 95%.

$$n(\%) = \frac{V_v}{V}$$

La relación de *vacíos* y la *porosidad* se relacionan entre sí de la siguiente manera:

$$e = \frac{n}{1-n}$$

$$n = \frac{e}{1+e}$$

III.1.3 PLASTICIDAD

Existen suelos que al ser remoldeados, modifican su contenido de agua adoptando una consistencia similar a la de un trozo de plastilina, denominándose a esta propiedad como *plástica*. Una interpretación del concepto de plasticidad, se basa en las características esfuerzo-deformación de los materiales. Si un material se sujeta a esfuerzos de tensión uniaxial, su comportamiento mecánico esta descrito por su relación esfuerzo-deformación. Se observa en la gráfica las curvas real e idealizada de una arcilla suave en su intervalo plástico, observándose que existen dos etapas en la gráfica real, una elástica y una plástica, por lo que se puede idealizar con la gráfica de la derecha donde existen ambas partes:

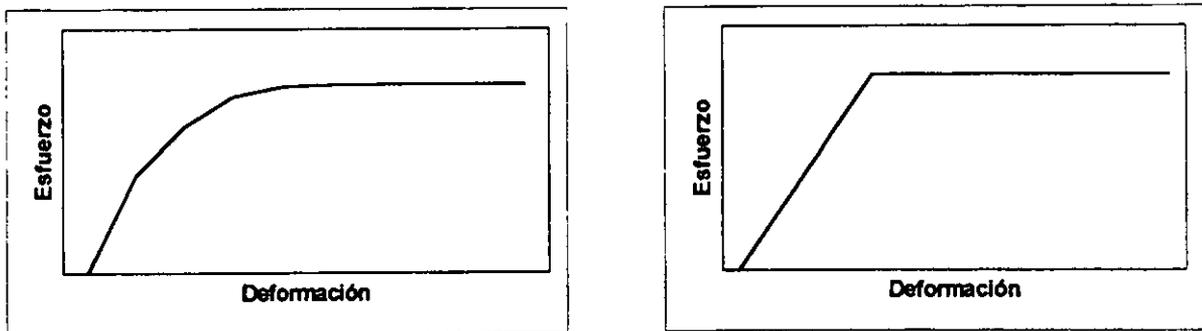


Fig. 2. Gráficas Esfuerzo - Deformación

Se define la *plasticidad*, como la *propiedad de un material de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse*.

Para medir la plasticidad de las arcillas, se puede utilizar el criterio de Atterberg. La plasticidad no es una propiedad de las arcillas, sino más bien, es un hecho circunstancial que depende de su contenido de agua, pudiendo variar desde un nulo contenido de agua donde presenta una consistencia dura, hasta un gran contenido de agua con propiedades de una suspensión líquida. Según el contenido de agua un suelo susceptible de ser plástico puede estar en uno de los siguientes estados de consistencia (Tabla 2):

Tabla 2

Estado de Consistencia	Características del Estado de Consistencia
Líquido	Con propiedades y apariencia de una suspensión.
SemiLíquido	Propiedades de un fluido viscoso.
Plástico	En las que el suelo se comporta plásticamente.
SemiSólido	El suelo tiene la apariencia de un sólido, pero disminuye su volumen al secarse.
Sólido	El volumen no varía con el secado.

La frontera entre los estados semilíquido y plástico, fue llamada por Atterberg *límite líquido*, y se obtiene al colocar una muestra de suelo en una cápsula remodelada formando en el una ranura según se muestra, y en hacer cerrar dicha abertura dando 25 golpes. Para realizar dicha prueba se utiliza la cuchara de Casagrande que se muestra en la siguiente figura:

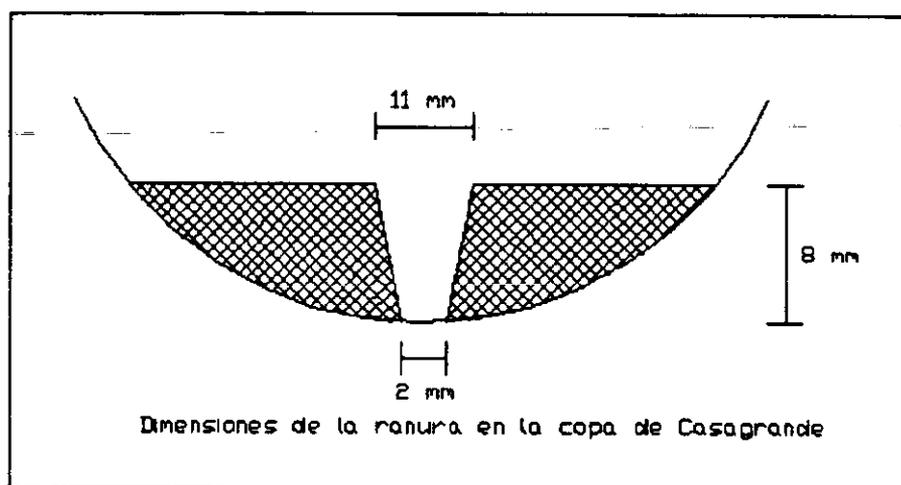


Fig. 3 Cuchara De Casagrande

La frontera entre los estados plástico y semisólido, fue llamada por Atterberg *límite plástico*, y se obtiene al rolar una muestra de suelo, hasta convertirlo en un cilindro de espesor 3 mm, el agrietamiento y desmoronamiento del rollito indican que se había alcanzado el límite plástico y el contenido de agua en ese momento era el de límite plástico.

A las fronteras anteriores, que definen el intervalo plástico del suelo se les han llamado *límites de plasticidad*. La diferencia entre ambos límites se denomina *índice de plasticidad*.

III.2 ESTUDIO DEL SUBSUELO

III.2.1 EXPLORACIÓN Y TIPO DE SUBSUELO

Para poder proyectar una cimentación correctamente, es necesario poseer un conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes estratos del subsuelo en estudio. A las

operaciones necesarias para obtener la información tanto en campo como en laboratorio se les denomina *exploración del suelo* o *programa de exploración*. No existe un método ideal que pueda aplicarse a los distintos tipos de suelos, debido a la gran variedad de los mismos.

Sin embargo, el método que mejor se adapta a una gran variedad de condiciones consiste en hacer sondeos en el terreno y extraer muestras para su identificación y hacer con éstas pruebas de laboratorio.

Para sondear, se utilizan varios métodos, así como de diversos métodos de muestreo. La elección depende fundamentalmente de la naturaleza de los materiales en estudio.

Después de que se han conocido mediante sondeos preliminares las características generales de los materiales del subsuelo, puede ser adecuado un programa más extenso de sondeo y muestreo, o puede resultar más efectivo investigar la consistencia o la compacidad relativa de las partes más débiles del depósito, por medio de pruebas de penetración u otros métodos directos que no requieren muestreo.

Tipos de Sondeos

Existen distintos tipos de sondeos para tener una idea de las propiedades del subsuelo, éstos son: métodos de exploración de carácter preliminar, métodos de sondeo definitivo y métodos geofísicos.

Métodos de exploración de carácter preliminar:

- Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado.

Consiste en la excavación de un pozo con dimensiones suficientes para que un técnico pueda bajar por éste y examinar los distintos estratos, así como las condiciones precisas en cuanto al contenido de agua se refiere.

De estos pozos pueden tomarse muestras alteradas o inalteradas de los distintos estratos encontrados. Las muestras alteradas son porciones de suelo que se protegen contra pérdidas de humedad introduciéndolas en frascos o bolsas emparafinadas. Las muestras alteradas, deberán tomarse con precauciones, ésta se toma de las paredes del pozo, labrando la muestra y debe ser envuelta en una o más mantas debidamente impermeabilizada con brea y parafina.

- Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.

El suelo se extrae por medio de una posteadora y barreno helicoidal, obteniéndose una muestra totalmente alterada. Para obtener una muestra de suelo, se hace girar el instrumento sobre el suelo obteniendo así la muestra.

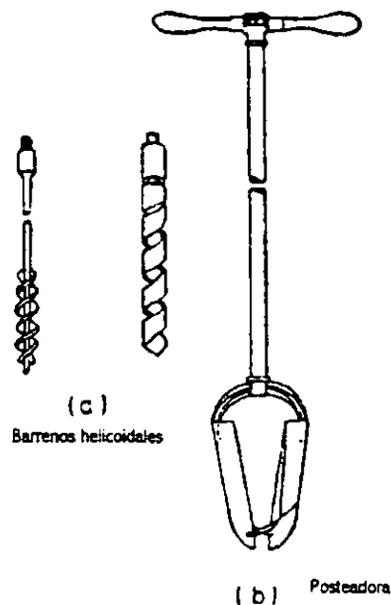


Fig. 4 Herramientas Para Sondeos Exploratorios Por Rotación

En caso de arenas que se encuentran bajo el nivel freático, estas herramientas no pueden extraer muestras por lo que es necesario, recurrir al uso de cucharas especiales:

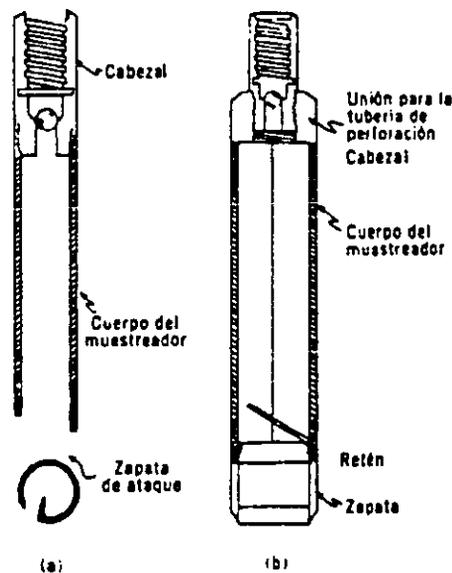


Fig. 5 Tipos De Cucharas Muestreadoras

Con este tipo de herramientas se tienen muestras más alteradas aún debido al agua que entra en la cuchara junto con el suelo, formando en el interior una pseudo suspensión, por lo que las muestras arrojan un contenido de agua mayor al real.

- Método de penetración estándar.

El método consiste en penetrar un instrumento en el suelo en estudio permitiéndonos conocer la compacidad de los mantos encontrados, además el método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas del suelo estudiado. Para este método se utiliza un muestreador "penetrómetro estándar" cuyas dimensiones aparecen en la figura siguiente. El penetrómetro se enrosca al extremo de una tubería de perforación haciéndolo penetrar a golpes mediante un martinete de 63.5 Kg cayendo de 76 cm, contando los golpes necesarios para lograr una penetración de 30 cm. En cada avance de 60 cm debe retirarse el penetrómetro removiendo de su interior el suelo, el cual constituye la muestra.

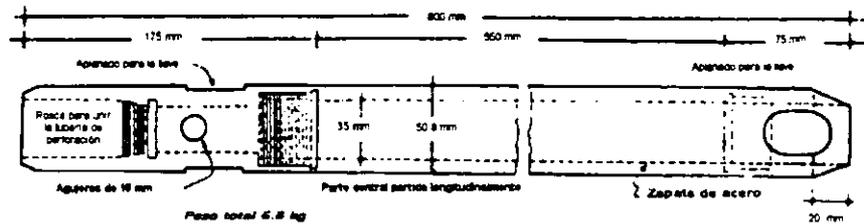


Fig. 6 Penetrómetro Estándar

El fondo del pozo debe ser previamente limpiado usando una posteadora o una cuchara, una vez limpio el pozo se hace descender el muestreador hasta el fondo para que penetre 15 cm por medio de golpes. A partir de este momento deben contarse los golpes necesarios para lograr la penetración de los siguientes 30 cm. Existen correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio que nos permiten sobre todo en las arenas, relacionar la compacidad y el ángulo de fricción interna ϕ como puede observarse en la figura siguiente, además del valor de la resistencia a la compresión simple q_u , en las arcillas.

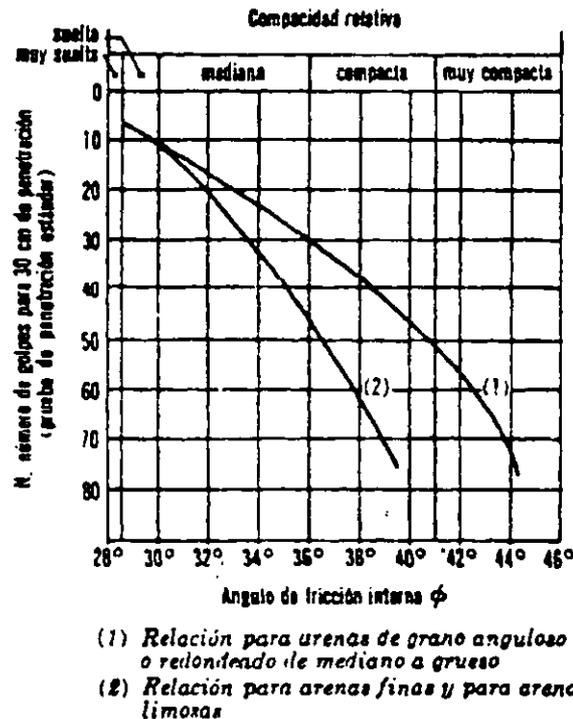


Fig. 7 Correlación Entre El Número De Golpes Para Una Penetración De 30 cm Estándar Y El Ángulo De Fricción Interna

En la figura 7 aparece una correlación muy usada para arenas y suelos friccionantes. Se puede observar también, que en ambas curvas a mayor número de golpes, aumenta el ángulo de fricción interna. Para pruebas en arcillas, Terzaghi y Peck, dan la correlación que se presenta en la Tabla 3:

Tabla 3.

Consistencia	No. de golpes, N	Resistencia a la compresión simple, q_u (kg/cm ²)
Muy blanda	Menos de 2	Menos de 0.25
Blanda	2 a 4	0.25 a 0.50
Media	4 a 8	0.50 a 1.00
Firme	8 a 15	1.00 a 2.00
Muy firme	15 a 30	2.00 a 4.00
Dura	más de 30	más de 4.00

Puede observarse que el valor de q_u se obtiene dividiendo entre ocho el número de golpes, sin embargo los resultados anteriores deben tomarse con sumo cuidado pues resultados prácticos han demostrado que existen serias dispersiones, por lo cual estos valores no pueden servir como base para un proyecto, sino solo para tener una idea de los valores "reales"; es importante aclarar que no es posible tener un valor "exacto" de la capacidad del suelo.

Métodos de sondeo definitivo:

El objetivo es obtener muestras inalteradas de suelos, apropiadas para realizar pruebas de compresibilidad y resistencia. Debe entenderse que ningún método nos proporcionará muestras realmente inalteradas debido que al obtener estas se cambian las características de su entorno, quedando parcialmente alteradas.

- Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado

Este método consiste en la excavación de un pozo similar al descrito anteriormente, en el cual se labra una muestra y se cubre con mantas y parafina para que esta no pierda la humedad.

- Muestreo con tubo de pared delgada

De este se obtienen muestras hincando o clavando en el terreno un tubo cilíndrico de extremos abiertos llamado muestreador. Comúnmente se utilizan tubos de 5 o 7.5 cm de diámetro en tramos de 60 o 90 mm, el extremo del tubo se afila y se dobla ligeramente hacia adentro para formar una cuchilla, al extremo superior se le hace una rosca para conectarlo a las barras de perforación. El muestreador de tubo se encaja a presión en el terreno y se saca con la muestra adentro. Se tapan los dos extremos del tubo y la muestra se envía al laboratorio. En el laboratorio se extrae la muestra alternándola lo menos posible, en algunos casos la alteración se reduce cortando el tubo en tramos pequeños de aproximadamente 15 cm antes de la extracción.

Para mejorar la calidad de las muestras y aumentar la recuperación de suelos blandos o ligeramente cohesivos se hace necesario un muestreador de pistón (figura 8). Este consiste en un tubo de paredes delgadas provisto de un pistón que cierra el extremo del tubo muestreador, hasta que el aparato baja a la profundidad deseada, luego se empuja el tubo muestreador mientras el pistón permanece fijo en el fondo del sondeo. La presencia del pistón impide que los suelos blandos se escurran rápidamente dentro del tubo y de esta manera se elimina la mayor parte de la alteración de la muestra.

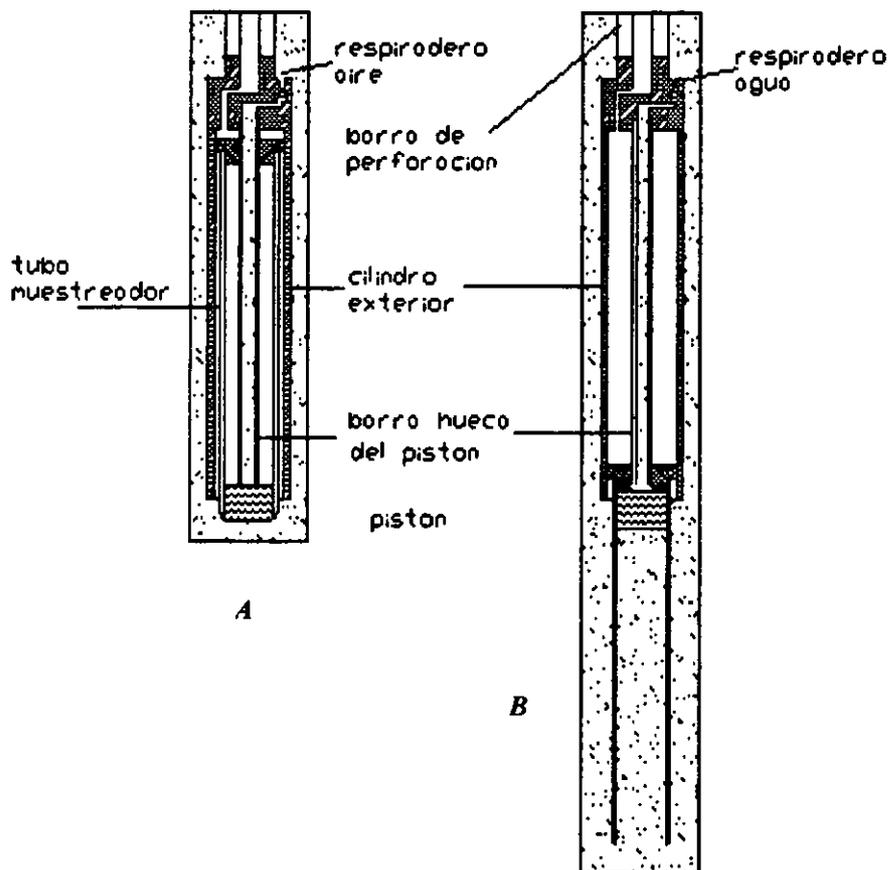


Fig. 8 A. Muestreador De Pistón De Funcionamiento Hidráulico. En El Fondo Del Sondeo, Las Barras De Perforación Se Sujetan En Una Posición Fija En La Superficie Del Terreno. B. Tubo Muestreador Después De Haberse Hincado En El Suelo, Empujado Por El Agua A Presión Alimentada Por La Barra De Perforación.

Al tipo de sondeo que nos permite obtener muestras alteradas como inalteradas se le denomina *Sondeo de tipo mixto*.

III.2.2 CONDICIONES ESTRATIGRÁFICAS DEL LUGAR.

En primer lugar es necesario realizar un reconocimiento del suelo del lugar donde se realizará la obra para poder conocer los estudios que se deberán realizar de acuerdo a las *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones del DDF*.

La obra se encuentra ubicada en la zona II, y el reglamento propone que la exploración se realice tomando en cuenta que en dicha zona suele haber irregularidades en el contacto entre diversas formaciones así como variaciones importantes en el espesor de suelos compresibles. Además de obtener datos completos sobre las construcciones vecinas existentes, debe revisarse la historia de cargas soportadas previamente por el suelo del predio y áreas circundantes, se deben buscar evidencias de rellenos superficiales recientes o antiguos, además de buscar grietas profundas o cimentaciones que hayan sido abandonadas al demoler construcciones anteriores.

Los predios adyacentes son naves industriales cimentadas superficialmente y la parte trasera son terrenos sin urbanizar propiedad el Instituto Politécnico Nacional. El predio no ha tenido construcciones anteriores, salvo la parte del fondo.

De acuerdo a la zonificación estratigráfica e hidrológica del subsuelo del Valle de México, el terreno en estudio está localizado en la Zona norponiente, cercana a la zona del Tepeyac y al norte de la zona del lago (Fig. 9). Esta zona comprende depósitos aluviales de los ríos Tlalnepantla, de los Remedios y San Javier. Por esta razón el suelo en su estructura es bastante errático debido a que los cauces corren sobre suelos arcillosos y durante la alternancia de épocas de lluvia y estiaje, dejaron bolsas de arena y limo a distintas elevaciones.

La capa dura en esta zona principia cuando aparece arena compacta con intercalaciones de algunos estratos de arcilla lacustre; es de espesor variable y llega hasta los 60 m de profundidad. El espesor neto de los estratos compresibles es menor que en la zona del lago por lo que los problemas de hundimientos regionales son menores, aunque por tener variaciones estratigráficas, se pueden presentar asentamientos diferenciales de importancia, aún cuando se apliquen cargas uniformes.

Trabajo de campo

Las investigaciones que se realizaron fueron de acuerdo artículo 220 del Reglamento de Construcciones para el DF y cumpliendo con el tipo de investigaciones de acuerdo a los requisitos mínimos antes transcritos. Se efectuaron 3 sondeos de tipo mixto (sus longitudes se muestran en la Tabla 4 y su ubicación en la Fig. 10).

En los sondeos mixtos se extrajeron alternativamente muestras alteradas e inalteradas, de acuerdo con la estratigrafía del subsuelo.

TABLA 4 Longitudes y cotas de sondeos

Sondeo No.	Longitud en m	Cota Topográfica	Cota de proyecto
SM-1	24.85	8.48	-0.23
SM-2	20.8	8.26	-0.45
SM-3	20.6	8.69	-0.02

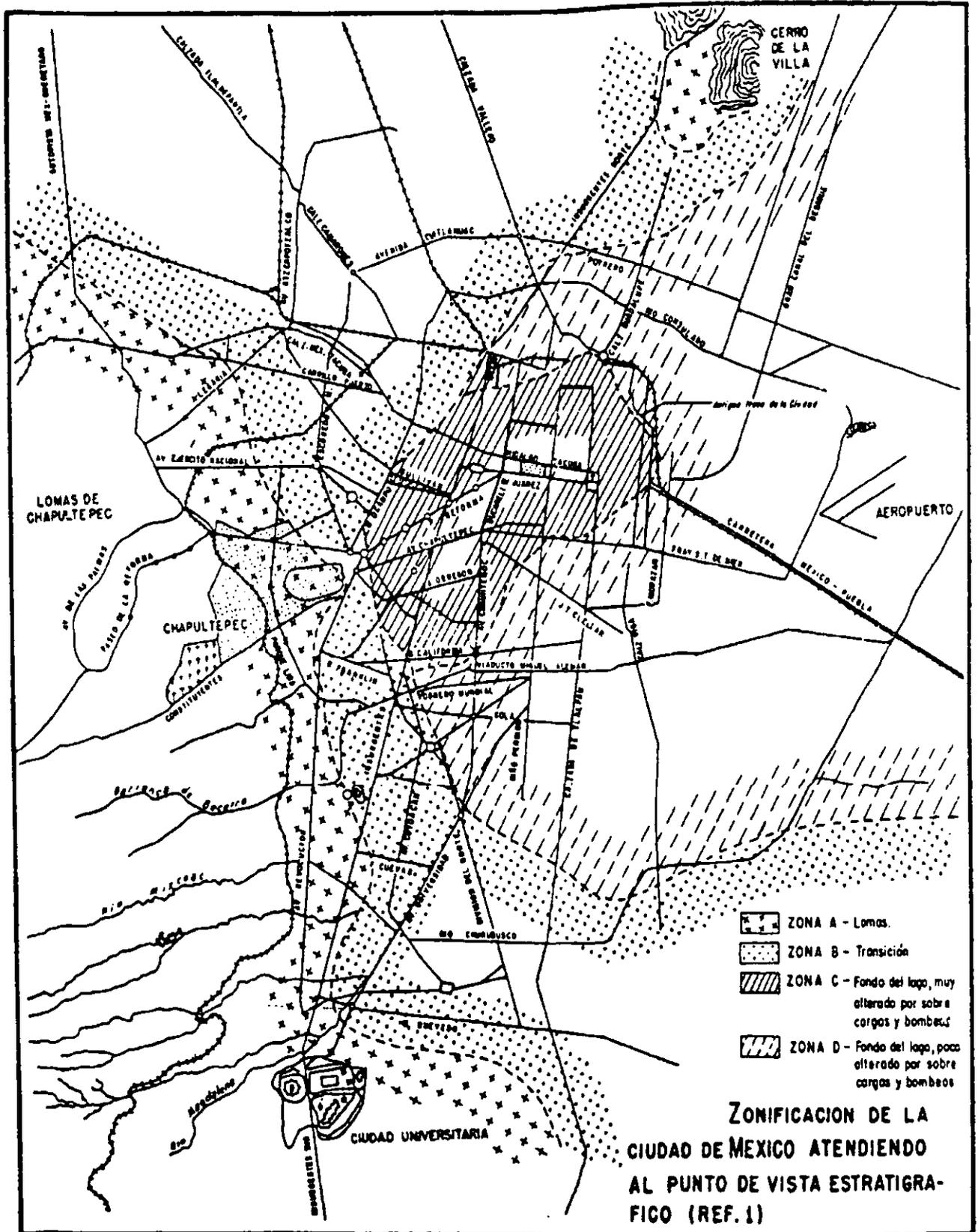


Fig. 9 Zonificación Estratigráfica De La Ciudad De México

REQUISITOS MÍNIMOS PARA LA INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

A. CONSTRUCCIONES LIGERAS O MEDIANAS DE POCA EXTENSIÓN Y CON EXCAVACIONES SOMERAS.

Son de esta categoría las edificaciones que cumplen los siguientes tres requisitos:

Peso unitario medio de la estructura	$w \leq 5 \text{ t/m}^2$
Perímetro de la construcción	$P \leq 80 \text{ m en las Zonas I y II, o}$ $P \leq 120 \text{ m en la Zonas III}$
Profundidad del desplante	$D_f \leq 2.5 \text{ m}$

ZONA I

- 1.- Detección por procedimientos directos, eventualmente apoyados en métodos indirectos, de rellenos sueltos, galerías de minas, grietas y otras oquedades.
- 2.- Pozos a cielo abierto para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la profundidad del desplante.
- 3.- En caso de considerarse en el diseño del cimiento un incremento neto de presión $\geq 8 \text{ t/m}^2$, el valor recomendado deberá justificarse a partir de resultados de las pruebas de laboratorio o de campo realizadas.

ZONA II

- 1.- Inspección superficial detallada (después de limpieza y despalme del predio) para la detección de rellenos sueltos y grietas.
- 2.- Pozos a cielo abierto para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la profundidad del desplante.
- 3.- En caso de considerarse en el diseño del cimiento un incremento neto de presión $\geq 5 \text{ t/m}^2$, bajo las zapatas o de 2 t/m^2 bajo cimentación a base de losa continua, el valor recomendado deberá justificarse a partir de los resultados de las pruebas de laboratorio o campo realizadas.

ZONA III

- 1.- Inspección superficial detallada (*después de limpieza y despalme del predio*) para la detección de rellenos sueltos y grietas.
- 2.- Pozos a cielo abierto complementados con exploraciones más profundas (por ejemplo con posteadora), para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la profundidad del desplante.
- 3.- En caso de considerarse en el diseño del cimiento un incremento neto de presión mayor de 4 t/m^2 , bajo las zapatas o de 1.5 t/m^2 bajo cimentación a base de losa general, el valor recomendado deberá justificarse a partir de los resultados de las pruebas de laboratorio o campo realizadas.

B. CONSTRUCCIONES PESADAS, EXTENSAS O CON EXCAVACIONES PROFUNDAS.

Son de esta categoría las edificaciones que tienen al menos una de las siguientes características:

Peso unitario medio de la estructura	$w > 5 \text{ t/m}^2$
Perímetro de la construcción	$P > 80 \text{ m en las Zonas I y II, o}$ $P > 120 \text{ m en la Zonas III}$
Profundidad del desplante	$D_f > 2.5 \text{ m}$

ZONA I

- 1.- Detección por procedimientos directos, eventualmente apoyados en métodos indirectos, de rellenos sueltos, galerías de minas, grietas y otras oquedades.
- 2.- Sondeos o pozos profundos a cielo abierto para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la profundidad del desplante. La profundidad de exploración con respecto al nivel de desplante será al menos igual al ancho en planta del elemento de cimentación, pero deberá abarcar todos los estratos sueltos o compresibles que puedan afectar el comportamiento de la cimentación.

ZONA II

- 1.- Inspección superficial detallada después de limpieza y despilme del predio para la detección de rellenos sueltos y grietas.
- 2.- Sondeos con recuperación de muestras inalteradas para determinar la estratigrafía y propiedades índice y mecánicas de los materiales del subsuelo y definir la profundidad del desplante. Los sondeos permitirán obtener un perfil estratigráfico continuo con la clasificación de los materiales encontrados y su contenido de agua. Además, se obtendrán muestras inalteradas de los estratos que puedan afectar el comportamiento de la cimentación. Los sondeos deberán realizarse en número suficiente para verificar si el subsuelo del predio es uniforme o definir sus variaciones dentro del área estudiada.
- 3.- En caso de cimentaciones profundas, investigación de la tendencia de los movimientos del subsuelo debidos a consolidación regional y determinación de las condiciones de presión de agua en el subsuelo, incluyendo detección de mantos acuíferos colgados.

ZONA III

- 1.- Inspección superficial detallada (*después de limpieza y despilme del predio*) para la detección de rellenos sueltos y grietas.
- 2.- Sondeos para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la profundidad del desplante. Los sondeos permitirán obtener un perfil estratigráfico continuo con la clasificación de los materiales encontrados y contenido de agua. Además, se obtendrán muestras inalteradas de los estratos que puedan afectar el comportamiento de la cimentación. Los sondeos deberán realizarse en número suficiente para verificar si el subsuelo del predio es uniforme o definir sus variaciones dentro del área estudiada.
- 3.- En caso de cimentaciones profundas, investigación de la tendencia de los movimientos del subsuelo debidos a consolidación regional y determinación de las condiciones de presión de agua en el subsuelo, (*incluyendo detección de mantos acuíferos colgados*).

Las muestras inalteradas se extrajeron con un muestrador de pared delgada, tipo Shelby de 10 cm de diámetro interior, hincado a presión. Las muestras alteradas se obtuvieron mediante un muestrador de media caña que cumple con las especificaciones estándar, hincado a percusión un martillo de 63.5 kg de peso y una caída libre constante de 75 cm. La profundidad de la exploración se determinó con el fin de obtener la información necesaria del subsuelo que permita elegir adecuadamente la alternativa más económica para este proyecto.

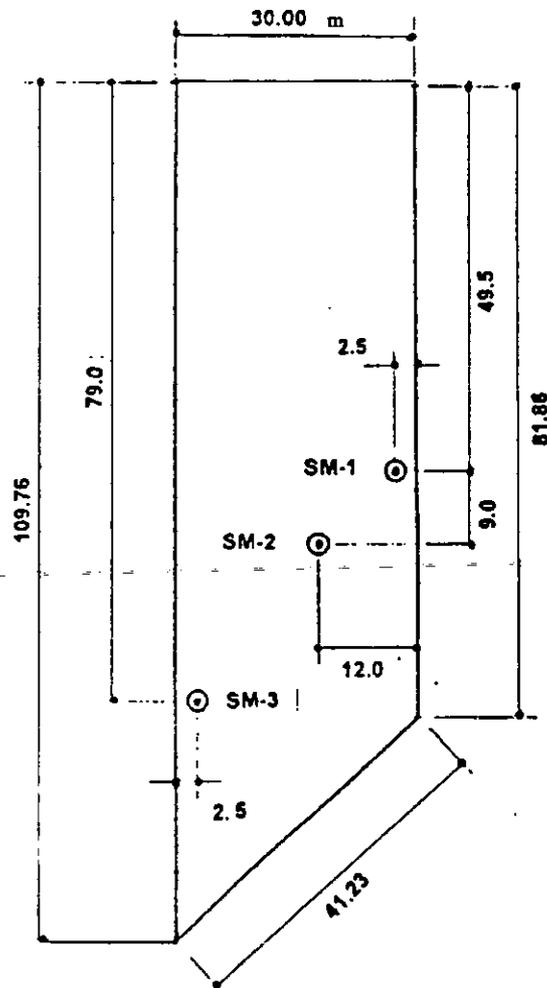


Fig. 10 Localización De Los Sondeos Mixtos En El Predio

Pruebas de laboratorio

Para conocer la estratigrafía y propiedades de la parte explorada del subsuelo, todos los especímenes recuperados fueron clasificados en el campo y reclasificados en el laboratorio en estados húmedo y seco, en forma visual y al tacto, determinando en los materiales finos sus límites líquidos y plásticos. En todas las muestras recuperadas se determinó el contenido de agua natural. Para las muestras inalteradas representativas de los estratos más críticos se hicieron determinaciones del peso específico relativo de los sólidos, peso volumétrico en estado natural, pruebas de compresión no confinada y pruebas de consolidación estándar.

Las muestras alteradas se utilizaron fundamentalmente para la clasificación así como para la determinación de los límites de Atterberg y los contenidos naturales de agua.

Las muestras inalteradas se utilizaron para determinar las propiedades de compresibilidad, esfuerzo cortante y gravimétricas de interés.

En las figuras 11, 12, y 13 se muestran los resultados de las determinaciones de los contenidos de agua y la clasificación. Los resultados de las pruebas de compresión se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen De Resultados Obtenidos En Las Pruebas De Compresión No Confinada

Sondeo No.	Prof. en m	Muestra No.	Esf. Máximo en kg/cm ²	Def unitaria máxima en %
SM-1	2.8	6	0.16	1.67
SM-1	2.8	7	0.27	1.67
SM-1	5.4	10	0.58	2.22
SM-1	5.4	11	0.5	2.22
SM-1	7.7	14	0.33	2.22
SM-1	7.7	15	0.55	2.78
SM-1	10.7	19	0.32	1.67
SM-1	10.7	20	0.26	1.67
SM-1	12.5	22	1.38	3.33
SM-1	12.5	23	1.91	3.89
SM-2	3.9	8	0.28	2.22
SM-2	3.9	9	0.26	2.22
SM-2	5.7	11	0.37	2.22
SM-2	5.7	12	0.53	2.78
SM-2	8.4	15	0.67	3.33
SM-2	8.4	16	0.57	2.78
SM-2	11.3	20	0.53	2.22
SM-2	11.3	21	0.44	2.22
SM-2	13.6	24	0.18	1.67
SM-3	2.55	4	0.5	3.33
SM-3	2.55	5	0.54	3.89
SM-3	3	6	1.19	3.33
SM-3	3	7	1.07	3.33

Sondeo Mixto No. 1

Profundidad	Características del Subsuelo
0.00 -1.00	carpeta asfáltica, bajo ésta se encontró un relleno café oscuro formado por limo arenosos con pequeñas cantidades de arcilla
1.00 -1.40	relleno formado por arena fina poco limosa con gravilla color café.
1.40 - 2.80	formación de arcilla limosa café.
2.80 - 3.60	arena poco limosa café.
3.60 - 4.20	formación arcilla limosa café.
4.20 - 5.20	limo café
5.20 - 6.20	formación poco arenosa de color café verdosa
6.20 - 6.80	formación de limo café verdoso
6.80 - 7.65	formación de limo arcillosa café verdosa

7.65 - 8.50	formación de limo con poca arena fina color café
8.50 - 9.10	formación de limo con poca arena fina color gris verdoso
9.10 - 13.30	formación de limo poco arcilloso color gris verdoso
13.30 - 13.90	formación de limo con inclusiones de poca arena fina gris verdoso
13.90 - 15.10	formación de limosa poco arcillosa color gris verdoso
15.10 - 16.30	formación de arena poco limosa gris
16.30 - 18.10	formación de arena poco limosa gris verdosa
18.10 - 18.70	formación de limo poco arcilloso gris
18.70 - 19.30	formación de limo con arena fina gris.
19.30 - 19.90	formación de arena poco limosa gris oscura con inclusiones de gravilla.
19.90 - 21.10	formación limosa gris con poca arena fina.
21.10 - 22.30	formación limosa gris verdosa con poca arena fina
22.30 - 22.90	formación de limo poco arcilloso gris.
22.90 - 24.10	formación de arena poco limosa gris
24.10 - 24.85	formación de arena poco limosa gris con inclusiones de gravilla

Sondeo Mixto No. 2

Profundidad	Características del Subsuelo
0.00 - 0.70	carpetas asfálticas, bajo ésta se encontró un relleno café oscuro formado por limo poco arenoso con inclusiones de grava y gravilla
0.70 - 1.30	formación arcilla arenosa café.
1.30 - 1.90	arena limosa café.
1.90 - 2.50	capa de arena poco limosa café
2.50 - 3.10	arcilla limosa beige
3.10 - 4.10	formación de arcilla poco limosa café
4.10 - 4.70	formación poco arenosa de color café verdosa
4.70 - 5.30	formación de limo poco arcillosa gris
5.30 - 7.10	formación de limo arcilloso gris
7.10 - 8.30	formación de limo con poca arena fina color café
8.30 - 9.20	formación de limo poco arcilloso café
9.20 - 10.40	formación de limo gris con arena fina
10.40 - 11.50	formación de limo poco arcilloso color gris verdoso
11.50 - 12.10	formación de limo poco arcilloso color café
12.10 - 13.55	formación de limo poco arcilloso color gris
13.55 - 14.40	formación de arcilla limosa gris
14.40 - 15.60	formación limo arcillosa gris
15.60 - 18.00	formación de arena poco limosa gris
18.00 - 18.60	formación limosa gris con poca arena fina
18.60 - 19.20	formación de arena fina poco limosa gris
19.20 - 20.80	formación de arena poco limosa gris

Sondeo Mixto No. 3

Profundidad	Características del Subsuelo
0.00 - 1.00	carpeta asfáltica, bajo ésta se encontró un relleno café oscuro formado por limo poco arenoso con inclusiones de grava y gravilla
1.00 - 1.60	relleno de arcilla arenosa café rojiza con gravilla.
1.60 - 4.60	formación arcillo limosa café con inclusiones de gravilla entre 3.4 y 4.0 de profundidad.
4.60 - 5.20	formación arcillo limosa café con inclusiones de poca arena fina.
5.20 - 5.80	formación arcillo limosa gris con inclusiones de pequeñas cantidades de arena fina.
5.80 - 6.40	formación limo poco arenoso gris.
6.40 - 9.40	formación de arcillo limosa, que de 6.4 a 7.0 m gris, de 7.0 a 7.6 es café, de 7.6 a 8.2 es café rojiza, de 8.2 a 8.8 m es color café y de 8.8 a 9.4 m es de color gris.
9.40 - 10.60	formación de arena fina poco limosa gris
10.60 - 11.80	formación de arcilla limosa gris verdosa
11.80 - 13.60	formación de limo poca arena fina color café
8.30 - 9.20	formación de limo poco arcilloso café
9.20 - 10.40	formación de limo gris con arena fina
10.40 - 11.50	formación de limo poco arcilloso color gris verdoso
11.50 - 12.10	formación de limo poco arcilloso color café
12.10 - 13.55	formación de limo poco arcillo color gris
13.55 - 14.40	formación de arcilla limosa gris
14.40 - 15.60	formación limo arcillosa gris
15.60 - 18.00	formación de arena poco limosa gris
18.00 - 18.60	formación limosa gris con poca arena fina
18.60 - 19.20	formación de arena fina poco limosa gris
19.20 - 20.80	formación de arena poco limosa gris

III.2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS.

En las siguientes tablas se presentan las propiedades encontradas en los distintos estratos para cada uno de los tres sondeos:

Sondeo Mixto No. 1

Profundidad	Contenido natural de agua
0.00 - 3.30	Oscila entre 18% y 40%, valor medio 24%
3.30 - 4.50	Aumenta linealmente de 11% a 120%
4.50 - 6.00	Se mantiene entre 110% y 120%
6.00 - 9.40	Aumenta de un valor inicial de 120% a 400% a 7m disminuyendo a un valor final de 20%.
9.40 - 14.20	Oscila de un valor inicial de 20% a un máximo de 300% a los 11.2m por disminuir a un final de 40%.
14.20 - 17.80	Valor inicial de 40%, valor final de 18%.
17.80 - 19.60	Valor inicial de 18% a final de 20% con un máximo de 60% a los 18.40m.
19.60 - 24.90	Valor mínimo de 20% y máximo de 40%.

Sondeo Mixto No. 2

Profundidad	Contenido natural de agua
0.00 – 2.20	Valor inicial de 15%, valor final de 30%.
2.20 – 3.90	Valor inicial de 15%, valor final de 100%.
3.90 – 5.60	Se mantiene entre 85% y 95%.
5.60 – 9.50	Valor inicial de 95% a final de 25% con un máximo de 315% a los 6.8m.
9.50 – 12.40	Valor inicial de 25% a final de 150% con un máximo de 340% a los 11.25 m.
12.4 – 13.60	Valor inicial de 150% a final de 110% con un máximo de 230% a los 13.00 m.
13.60 – 15.90	Valor inicial de 110% a final de 20% con un máximo de 305% a los 15.30 m.
15.90 – 20.60	Valor inicial de 20%, valor final de 30%.

Sondeo Mixto No. 3

Profundidad	Contenido natural de agua
0.00 – 5.50	Valor inicial de 20%, valor final de 100%.
5.50 – 9.70	Valor inicial de 100%, final de 8% con un máximo de 340% a los 7.9m.
9.70 – 12.70	Valor inicial de 125%, final de 26% con un máximo de 220% a los 13.30m.
12.70 – 13.90	Valor inicial de 100%, final de 8% con un máximo de 340% a los 7.9m.
13.90 – 20.40	Valor inicial de 10%, valor final de 36%.

III.2 DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN.

III.2.1 CIMENTACIÓN REQUERIDA

El objetivo de las cimentaciones es transmitir el peso de las estructuras que en ellas se soportan, al terreno sobre el cual están desplantas. En el pasado, los constructores realizaron grandes obras basados solamente en su experiencia e intuición, muchas de las cuales perduran hasta nuestros días, sin embargo existieron grandes fracasos, lo que hizo necesario empezar a racionalizar todas estas experiencias y formular teorías que permitieran generar cimentaciones confiables.

Las teorías de Capacidad de Carga, desarrollada a partir de 1920, brindaron una base más o menos científica al estudio de las cimentaciones, todo esto combinado con el conocimiento de los suelos y sus propiedades mecánicas, han permitido el desarrollo de una metodología mucho más racional para el diseño de cimentaciones.

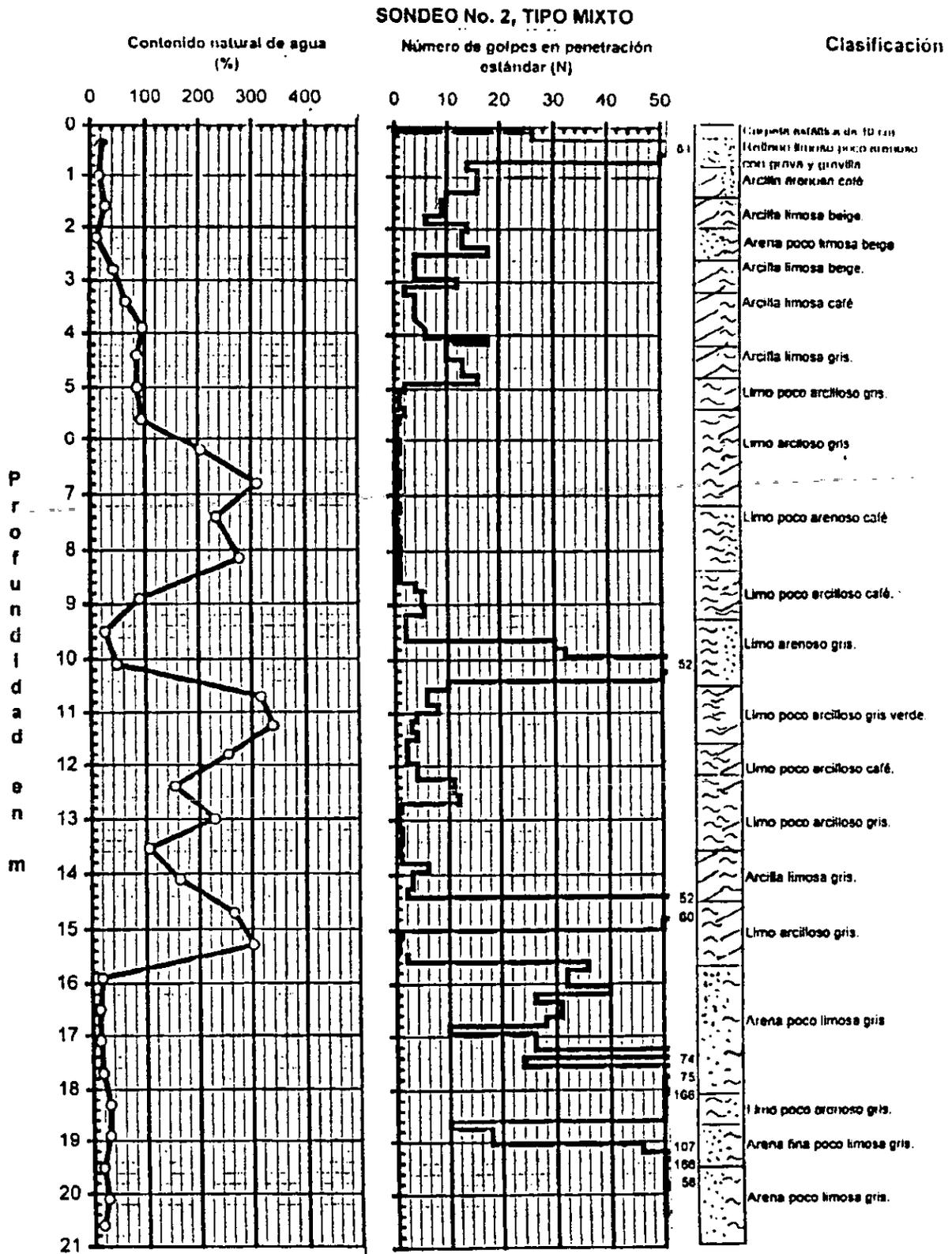


Fig. 12 Sondeo No. 2 Tipo Mixto

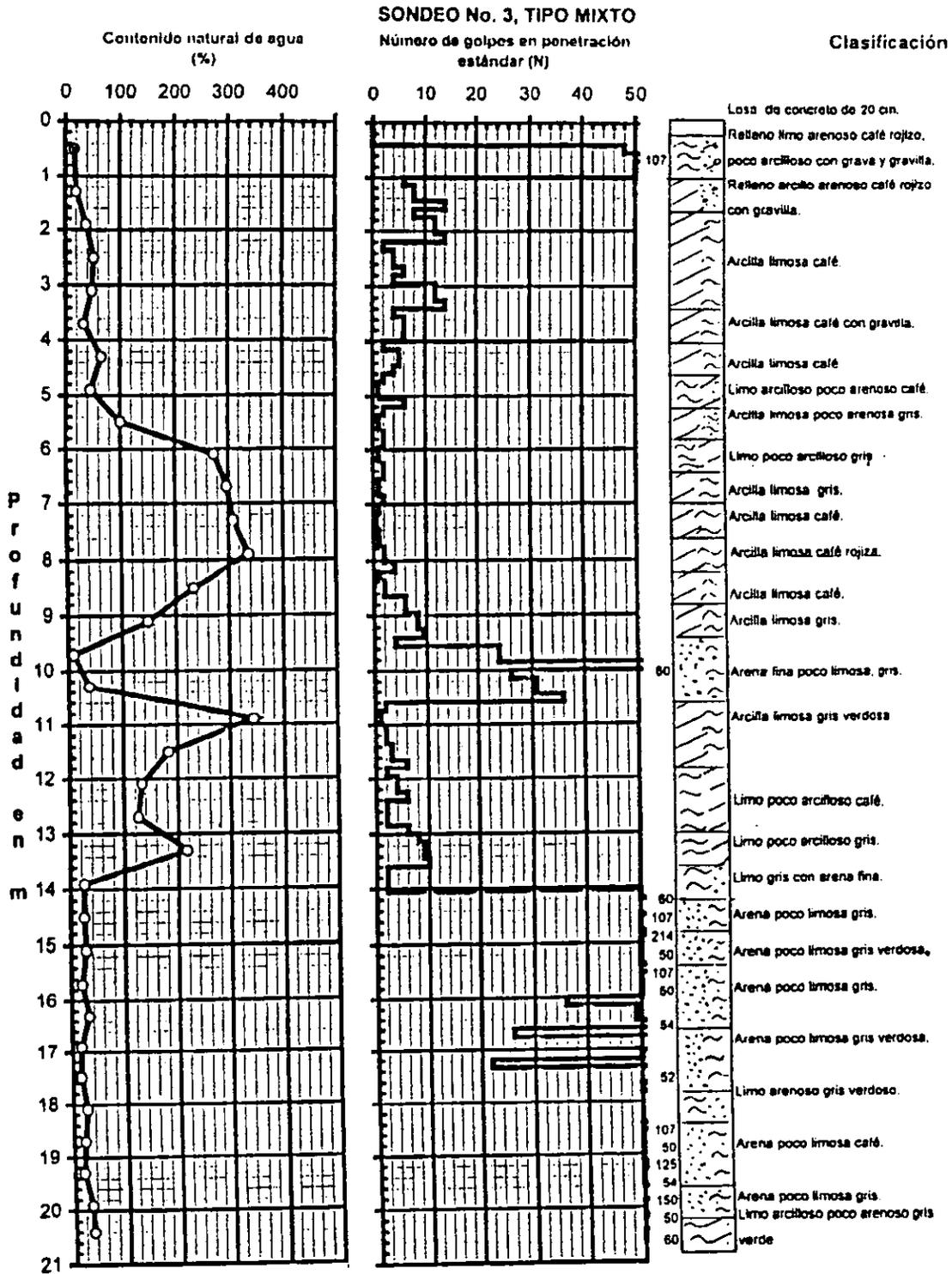
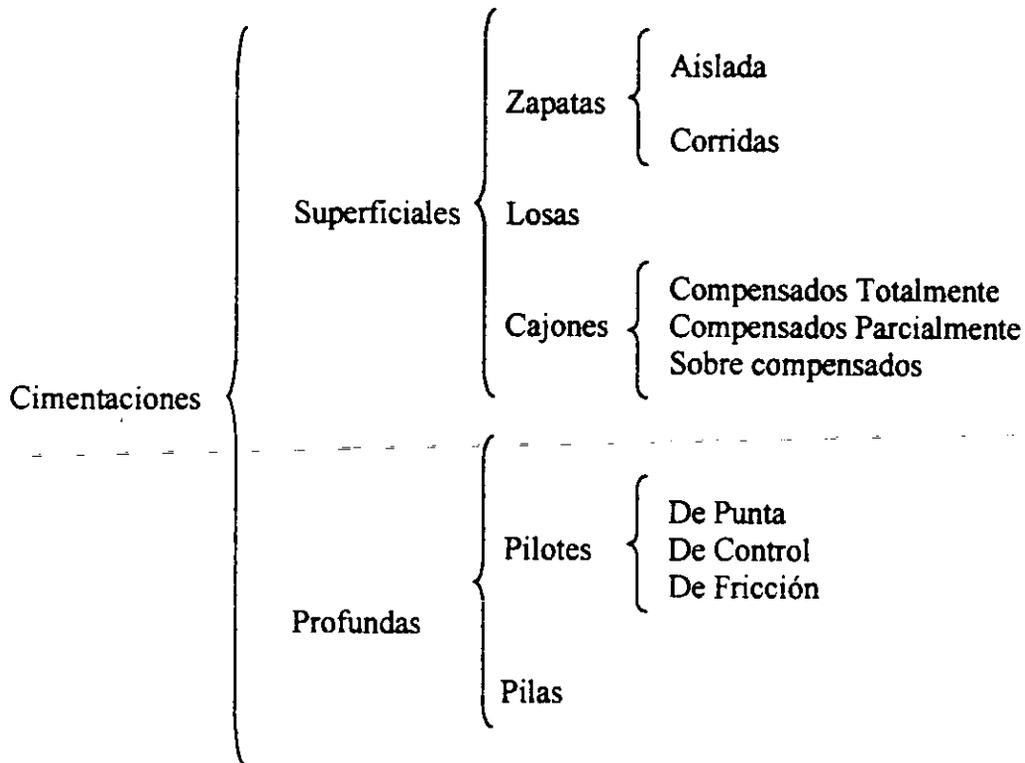


Fig. 13 Sondeo No. 3 Tipo Mixto

Tipos de Cimentación

Existen distintos tipos de cimentación, su clasificación se muestra en el siguiente cuadro:



Cimentaciones superficiales

- Zapatas

Estas representan la forma más antigua de cimentación, inicialmente se les construía de piedras cortadas y labradas a distintos tamaños unidas con mortero, posteriormente con el advenimiento del concreto reforzado éstas se fueron popularizando. Una zapata es una ampliación de la base de una columna o muro, que tienen por objeto transmitir al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo. Las zapatas que soportan una sola columna, se llaman *zapatas aisladas*. La zapata que se construye debajo de un muro se llama *zapata corrida*. Si una zapata soporta varias columnas se llama *zapata combinada*.

- Losas de cimentación.

Una losa de cimentación es una zapata combinada que cubre toda el área que queda debajo de una estructura y que soporta el peso de todos los muros y columnas. Cuando las cargas del edificio son "muy grandes" o la presión admisible del suelo es tan baja, que las zapatas cubrirían más de la mitad del edificio es probable que la losa corrida sea más económica que aquellas. Estas se proyectan como losas de concreto, planas y sin nervaduras.

Se usan también para reducir el asentamiento de las estructuras situadas sobre depósitos muy compresibles. Bajo estas condiciones, la profundidad a la que esta desplantada la losa esta completamente compensada por el peso del suelo excavado, lo que implica que el asentamiento de la estructura sería casi nulo.

• Cajones de cimentación

Estas estructuras están formadas por losas de cimentación, muros de contención con su retícula de trabes y respectiva tapa; en algunas ocasiones la losa de cimentación se sustituye por cascarones cilíndricos invertidos, dentro de la masa de suelo, reduciendo así la carga neta que actúa sobre la losa.

Cimentaciones Profundas

Cuando el suelo es demasiado débil o compresible para proporcionar un soporte adecuado, las cargas se transmiten al suelo por medio de *pilotes* o *pilas*. La diferencia entre estos elementos es su área transversal. Los pilotes son miembros estructurales con área transversal pequeña, las pilas por otro lado tienen un área transversal mayor. En cuanto a su capacidad de carga, ésta es la suma de la capacidad de punta mas la capacidad de carga por fricción.

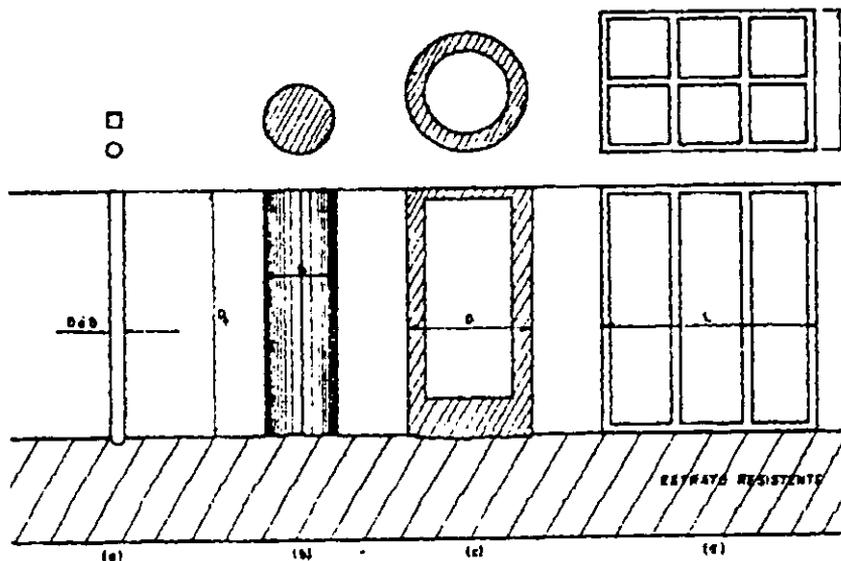


FIG. IX-1. Tipos de cimentaciones profundas

- a) Pilote
- b) Pila
- c) Cilindro (corte)
- d) Cajón de 6 celdas (corte)

Fig.14 Tipos de Cimentaciones Profundas

- Pilotes

Los pilotes se construyen de una gran variedad de tamaños, formas y materiales.

Pilotes de madera. En tiempos pasados su uso estaba muy extendido, proporcionan cimentaciones seguras, su longitud está limitada por la altura de los árboles siendo comunes los pilotes de longitudes de 12 a 18 m. No pueden soportar esfuerzos debidos a un fuerte hincado, por lo cual no pueden hincarse en suelos de elevada resistencia, rara vez se utilizan para resistencias mayores a 30 tn/m^2 .

Pilotes de concreto. Estos pueden dividirse en dos categorías; *colados en el lugar* y *precolados*. Para los primeros, el pilote se cuelga en un ademe de metal y debe ser capaz de resistir la presión de sus paredes debido al empuje de la tierra. Debido a que el subsuelo de la ciudad de México esta formado por arcillas volcánicas altamente compresibles y con un alto contenido de agua, los edificios cimentados sobre la superficie sufren grandes deformaciones debido al excesivo bombeo del subsuelo, lo que origina grandes asentamientos. Lo anterior hace que al cimentar sobre pilotes apoyados sobre un estrato duro, empiecen a emerger pudiendo ocasionar daños a las estructuras vecinas. Esta situación se resuelve utilizando *pilotes de control*. Este tipo de pilote atraviesa la cimentación, generalmente al costado de las trabes y muy cerca de las columnas, su ventaja consiste en que se pueden desplazar verticalmente con la propia cimentación. Lo anterior es con el fin de usar a su máxima capacidad y en forma controlada toda la resistencia que pueda proporcionar el conjunto terreno-pilotes. Cuando la cimentación sale del suelo, la arcilla se cuelga de los pilotes logrando que éstos carguen parte del suelo.

- Pilas

Es un material estructural subterráneo que tiene la función que desempeña una zapata, sin embargo la relación de la profundidad de la cimentación al ancho de la base de las pilas es usualmente mayor que cuatro, mientras que para las zapatas, esta relación es menor que la unidad.

Métodos de Construcción de Pilas

Existen dos tipos de construcciones principalmente *ademadas o entibadas* y *por cajones*. En el primero se excava un agujero hasta el nivel del desplante de la cimentación construyéndose la pila dentro del orificio excavado, en este caso, los lados deben ademarse y apuntalarse, para evitar el derrumbe de las paredes se colocan forros cilíndricos o tablaestacas, ocasionalmente se utiliza lodo espeso en lugar de ademe para estabilizar las paredes.

El segundo método es utilizando cajones cilíndricos que se hincan hasta su posición formando así la parte exterior de la pila, en la parte inferior del cajón se provee de cuchillas que facilitan su hincado. El material interior se extrae a mano o por dragado, a través del extremo superior.

Cuando se llega a la parte inferior donde va apoyarse la pila, puede ampliarse el fondo o *acampanarse* para aumentar el área de apoyo (fig. 15).

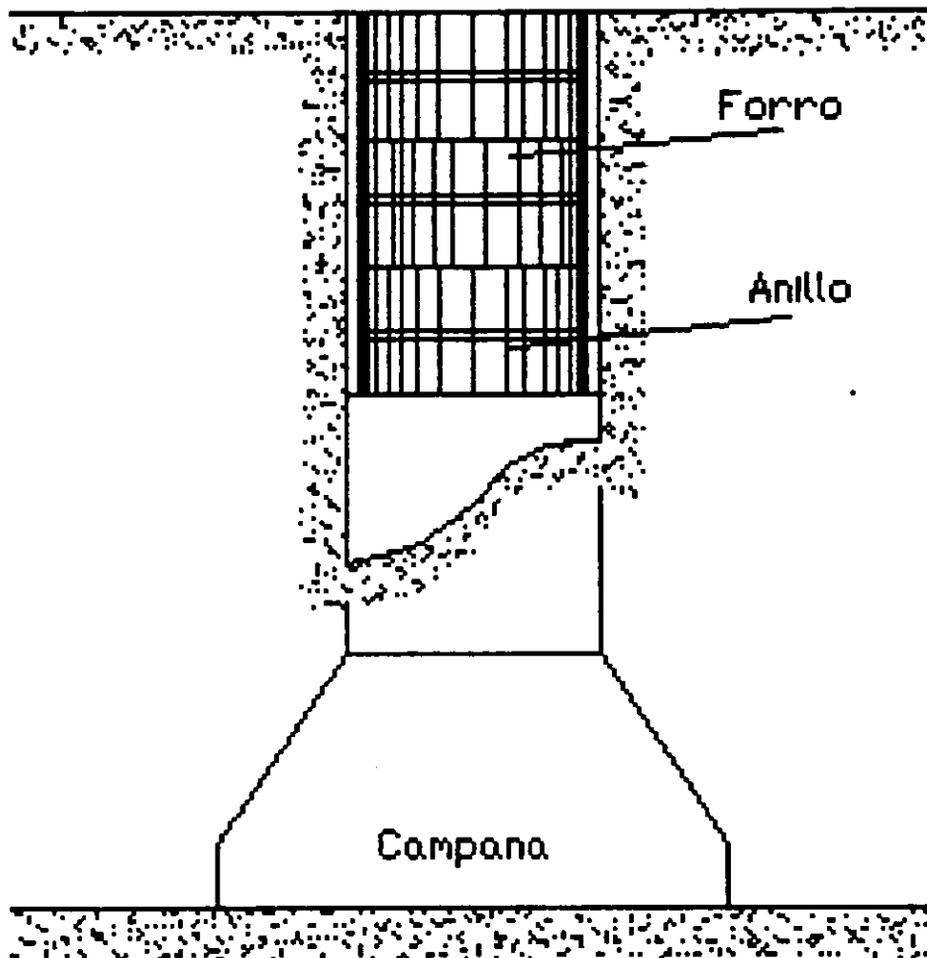


Fig. 15 Corte Longitudinal de una Pila

En la actualidad la mayor parte de las pilas que pasan o penetran a través de suelos cohesivos, se excavan por medio de máquinas montadas en camiones o orugas, equipadas con barrenos rotatorios o cangilones giratorios provistos de cuchillas. Por este procedimiento se han hecho agujeros con diámetros que van de 0.30 a 3.50 m y con profundidades que llegan hasta los 30 m.

En el caso de las pilas coladas sin molde, se requiere de un cuidadoso estudio de las condiciones de las construcciones existentes en el lugar. El comportamiento de las pilas está determinado por el éxito con que se efectúen las operaciones de construcción como de las características carga-asentamiento de los terrenos adyacentes. Es de primordial importancia

conocer la estratigrafía para detectar la presencia de estratos con poca o nula cohesión, lo cual podría provocar el derrumbe de las paredes de la perforación o campana, o la concentración de filtraciones pequeñas en zonas permeables ocasionales, estos factores tienen un factor decisivo, para lograr una pila satisfactoria y económica.

El nivel freático influye en la dificultad de la construcción y por lo tanto en el costo de la pila. Las filtraciones aún en pequeñas cantidades, requieren de lodos de sostenimiento o ademes, que permitan el avance de la perforación sin derrumbes. También puede dificultar la preparación del fondo de la pila, y daños en el colado y concreto fresco si se quita el ademe.

III.3.2 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Para que podamos elegir adecuadamente un tipo de cimentación se consideraron los siguientes aspectos:

- 1.- Obtuvimos información referente a las cargas que se transmitirán a la cimentación.
- 2.- Determinamos las condiciones del subsuelo.
- 3.- Se analizó distintas opciones de cimentación que fueran capaces de soportar las cargas transmitidas.
- 4.- Se realizó una estimación del costo de distintas alternativas para seleccionar la que fuera técnicamente adecuada y cuyo costo fuera el mínimo.

III.3.3 CAPACIDAD DE CARGA EN PILAS

No existe diferencia entre pilas y pilotes en lo referente a la capacidad de carga y asentamiento, tales propiedades pueden establecerse de la misma forma para ambos. En cuanto a la capacidad de carga de las pilas, se analizaron dos teorías, la de Terzaghi y la de Meyerhof.

Teoría de Terzaghi

Cubre el caso más general de suelos con cohesión y fricción. Terzaghi despreció la resistencia del esfuerzo cortante arriba del nivel de desplante del cimiento, considerándola solo de dicho nivel hacia abajo. El terreno sobre la base del cimiento se supone que solo produce un efecto que puede representarse por una sobrecarga $q = \gamma D_f$ actuante precisamente en el plano horizontal que pase por la base del cimiento, en donde γ es el peso específico del suelo.

Terzaghi propuso la siguiente expresión:

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_c + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

Donde:

q_c	Presión máxima que puede darse por unidad de longitud, sin provocar su falla, es decir, representa la capacidad última del cimiento.
D_f	Profundidad a la que se encuentra el cimiento.
$-B$	Ancho del cimiento.
N_c, N_ϕ, N_γ	Factores adimensionales que dependen solo del valor de ϕ , ángulo de fricción interna.

A esta expresión se le llama la expresión fundamental de la teoría de Terzaghi. Los valores adimensionales N_c, N_ϕ, N_γ se presentan en forma gráfica, y están dados en función de el ángulo de fricción interna ϕ . La fórmula arriba expuesta, se refiere únicamente a cimientos continuos, Terzaghi propuso modificaciones a la expresión fundamental basados en resultados experimentales y para zapatas circulares:

$$q_c = 1.3 cN_c + \gamma D_f N_c + 0.6 \gamma R N_\gamma$$

Donde: R es el radio del cimiento

Teoría de Meyerhof

En la teoría de Terzaghi, no se toman en cuenta los esfuerzos cortantes desarrollados en el suelo arriba del nivel de desplante del cimiento, por lo cual Meyerhof propone una fórmula empírica similar a la de Terzaghi, sin embargo propone sus propios valores para los factores N_c, N_ϕ y N_γ , en los cuales se toma en cuenta las cimentaciones con pilotes.

Meyerhof propuso la siguiente expresión, donde las variables son similares a las de Terzaghi.

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_c + 0.5 \gamma B N_\gamma$$

En el estudio estratigráfico, se observa que a una profundidad de 14.2 y 15.2 m. dependiendo del sondeo y hasta 20.6 o 24.9 donde fueron suspendidos los sondeos, existe formaciones de arena poco limosa y limo poco arenoso de alta capacidad de carga y baja compresibilidad, lo que permitiría que sobre ella se desplantarán unos pilotes de punta o unas pilas de cimentación, siendo ésta última la seleccionada, recomendándose que la presión a nivel de desplante no sea mayor que la capacidad de carga recomendada a ese mismo nivel.

De los resultados obtenidos en el campo, puede concluirse que el nivel de aguas freáticas medido desde la superficie del terreno fue de -5.38m en el SM-1, de -5.63m en el SM-2 y de -5.82m en el SM-3. Debido a que el nivel de las aguas freáticas depende de las precipitaciones pluviales, este nivel puede cambiar en las diferentes estaciones del año.

La capacidad de carga última para una cimentación resuelta a base de pilas, desplantada a 19.3m de profundidad se calcula con los siguientes parámetros: La capacidad máxima permisible con un factor de seguridad $FS = 2.83$. El nivel de aguas freáticas se considerará a -5.61m. El peso

específico de la arena a nivel de desplante es de $\gamma_m = 2.0 \text{ tn/m}^3$ y seco de $\gamma_s = 1.5 \text{ tn/m}^3$ de la Tabla A-6 para un $N=30$ (número de golpes en penetración estándar) y considerando que en ese estrato tenemos una arena poco limosa; se tiene un ángulo de fricción interna de $\phi = 30^\circ$.

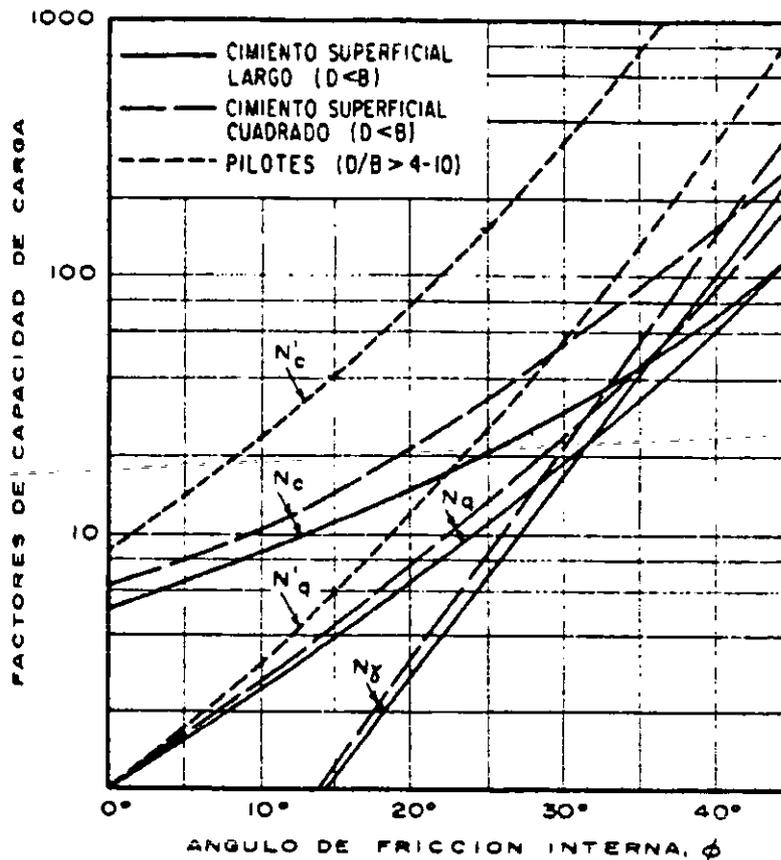


Fig. 16 Ángulo de Fricción Interna

Para este valor del ángulo de fricción interna se tiene: $N_\gamma = 14$ y $N_q = 17$

La presión vertical total a la profundidad D_f es:

$$\sigma_v = 5.61\gamma_s + 13.69\gamma_m = 5.61 \times 1.5 + 13.69 \times 2.0 = 35.80 \text{ tn/m}^2$$

La presión hidrostática a 13.63 m es:

$$U = 13.63 \text{ tn/m}^2$$

$$\therefore \sigma_v = 35.80 - 13.63 = 22.17 \text{ tn/m}^2$$

Según la Fórmula propuesta por Meyerhof y con un diámetro de pila de 1.5m:

$$q_c = 22.16 \times 17 + 0.5 \times 1.0 \times 1.5 \times 14 = 387.22 \text{ tn/m}^2$$

$$q_{ad} = 387.22 / 3.4 = 113.89 \text{ tn/m}^2$$

En Tabla 6 se resumen las cargas recibidas por la cimentación, los diámetros recomendados para las pilas y en función de éstas, la carga permisible. Esta última se estimó de la siguiente manera:

$$q_p = \pi r^2 q_{ad} = \pi (1.5/2m)^2 (113.89 \text{ tn/m}^2) = 201.26 \text{ tn.}$$

Tabla 6. Cargas de diseño y diámetros recomendados para bases de campanas y fustes de las pilas

Pila No.	Cargas de Diseño en Toneladas		Diámetros Recomendados en m.			Carga Permissible
	Cargas Estáticas	Cargas Sísmicas	Base Campana	Fuste Mínimo	Total Cargas	
1	95.74	64.28	1.5	0.8	160.02	201.26
2	130.76	70.64	1.7	0.8	201.4	258.51
3	49.62	29.48	1	0.8	79.1	89.45
4	226.04	37.93	1.9	0.8	263.97	322.91
5	260.17	43.24	2.05	0.8	303.41	375.91
6	122.43	92.52	1.7	0.8	214.95	258.51
7	86.8	73.13	1.5	0.8	159.93	201.26
8	120.13	101.85	1.7	0.8	221.98	258.51
9	136.78	63.74	1.7	0.8	200.52	258.51
10	55.13	183.43	1.7	0.8	238.56	258.51
11	168.71	216.5	2.2	0.8	385.21	432.93
12	57.13	86.03	1.5	0.8	143.16	201.26
13	57.36	157.45	1.7	0.8	214.81	258.51
14	88.45	49.4	1.3	0.8	137.85	151.17
15	93.31	119.66	1.7	0.8	212.97	258.51
16	111.97	29.69	1.3	0.8	141.66	151.17
17	166.1	88.1	1.9	0.8	254.2	322.91
18	59.96	125.68	1.5	0.8	185.64	201.26
19	105.84	102.51	1.7	0.8	208.35	258.51
20	133.92	130.04	1.9	0.8	263.96	322.91
21	124.76	26.89	1.5	0.8	151.65	201.26
22	106.11	70.06	1.5	0.8	176.17	201.26
23	97.65	61.05	1.5	0.8	158.7	201.26
24	109.95	52.86	1.5	0.8	162.81	201.26
25	132.23	18.47	1.5	0.8	150.7	201.26
26	76.17	30.79	1.3	0.8	106.96	151.17
27	172.45	24.84	1.7	0.8	197.29	258.51
28	219.3	11.04	1.9	0.8	230.34	322.91
29	76.67	124.38	1.7	0.8	201.05	258.51
30	191.32	40.42	1.9	0.8	231.74	322.91
31	210.26	86.73	1.9	0.8	296.99	322.91
32	192.3	16.32	1.9	0.8	208.62	322.91
33	212.92	38.22	1.9	0.8	251.14	322.91
34	122.2	59.86	1.5	0.8	182.06	201.26
35	42.77	1.1	0.8	0.8	43.87	57.25
36	42.46	3.15	0.8	0.8	45.61	57.25
37	89.86	133.34	1.7	0.8	223.2	258.51
38	25.11	37.36	1	0.8	62.47	89.45
39	32	9	0.8	0.8	41	57.25
40	20	12	0.8	0.8	32	57.25
41	39	13	0.8	0.8	52	57.25
42	21	8.5	0.8	0.8	29.5	57.25

Para el caso de las pilas, estas se pueden diseñar con o sin campana. Para decidir una o la otra se analizó el suelo sobre la que se iba realizar el desplante, y se observó que era lo suficientemente cohesivo como para permitir que se construyera la campana sin provocar derrumbes. El construir una pila sin campana implica un sobre costo muy alto del orden del 268% en comparación con una con campana, debido al alto volumen de concreto necesario para su construcción, además del sobrepeso de la campana, ya que para que soportase una carga es necesaria un área determinada.

III.3.4 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS

Todos los materiales experimentan deformación cuando se les sujeta a un cambio en sus condiciones de esfuerzo, las deformaciones en la mayoría de los suelos, aún bajo cargas pequeñas son muy grandes, sin embargo, éstas no se producen en forma instantánea a la aplicación de la carga, sino se desarrollan durante el transcurso del tiempo. De esta forma, una arcilla que soporta un edificio, puede ser necesario el transcurso de varios años para que la deformación se complete. Lo anterior implica que una estructura se pueda agrietar años más tarde de su construcción.

Al proceso de disminución de volumen, que se tenga en cierto periodo de tiempo, provocado por un aumento de cargas sobre el suelo se le denomina *proceso de consolidación*. Frecuentemente la posición relativa de las partículas sobre un mismo plano horizontal permanece igual, así el movimiento de las partículas se tiene en sentido vertical, a este fenómeno se le denomina *consolidación unidimensional*. La consolidación de los estratos de suelo pueden cuantificarse con una buena aproximación realizando una prueba de consolidación unidimensional sobre muestras inalteradas de suelo, con esta prueba se obtiene la magnitud y velocidad de los asentamientos debidos a las cargas aplicadas.

Prueba de Consolidación

Las relaciones entre la presión vertical, el asentamiento y el tiempo, se investigan en el laboratorio por medio de una prueba de compresión confinada, llamada también prueba

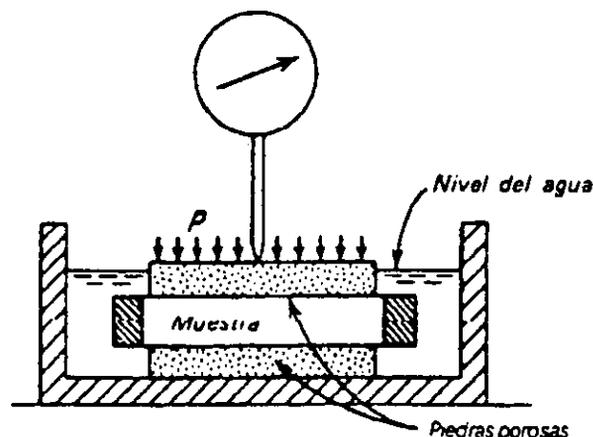


Fig. 17 Consolidómetro

edométrica o de consolidación edométrica. Durante la prueba, la muestra está totalmente confinada por un anillo metálico.

La prueba se realiza sobre una muestra labrada en forma de cilindro aplastado. La muestra se coloca en el interior de un anillo. El anillo se coloca entre dos piedras porosas, una en cada cara de la muestra; las piedras son de sección circular y de diámetro ligeramente al diámetro interior del anillo. El conjunto se coloca en la cazuela de un consolidómetro. Por medio de un marco de carga, se aplican cargas a la muestra, repartiéndolo uniformemente en toda su área. Un extensómetro apoyado en el marco de la carga móvil y ligado a la cazuela fija, permite llevar un registro de las deformaciones en el suelo. Las cargas se aplican en incrementos, permitiendo que a cada incremento exista un periodo suficiente de tiempo para que la velocidad de deformación se reduzca prácticamente a cero (Fig. 17).

En cada incremento de carga se hacen lecturas en el extensómetro, para conocer la deformación a diferentes tiempos. Los datos de estas lecturas se dibujan en unas gráficas que tenga por abscisas los valores de los tiempos transcurridos, en escala logarítmica y como ordenadas las correspondientes lecturas del extensómetro en escala natural. Estas curvas se llaman de *consolidación* y se obtiene para cada incremento de carga aplicado.

Se considera los primeros resultados de una prueba de consolidación en una muestra completamente remoldeada en el laboratorio con una humedad cercana al límite líquido. Cuando estas relaciones de vacíos son elevadas, la curva es cóncava hacia abajo pero, pronto toma una línea casi recta. La porción casi recta de la curva se denomina *línea de consolidación virgen* o *rama virgen*. Si la carga se interrumpe a una presión p_o' correspondiente al punto m , y luego se hace disminuir en decrementos sucesivos, la muestra se expande, como lo indica la *curva de descarga mm'*. Si se reanuda el proceso de carga, la parte inicial de la *curva de recompresión* queda ligeramente arriba de la curva de descarga se dobla hacia abajo en forma relativamente brusca, a una presión a p_o' , pasa debajo del punto m y se aproxima a la prolongación de la rama virgen. Si a una presión a p_o'' , se descarga y se carga nuevamente, se obtiene otra curva de rebote y otra curva de recompresión; las pendientes de estas curvas son aproximadamente iguales a las determinadas anteriormente. Si la presión aumenta más allá de p_o'' la curva e - $\log p$ de nuevo se dobla bruscamente hacia abajo aproximando a la rama virgen. Al aumentar más la presión, la curva virgen tiende a converse ligeramente hacia arriba. Fig. 18.

Cálculo del asentamiento.

Sea una sección transversal de un manto de arcilla de espesor H , quedando la mitad de su espesor a una profundidad D , debajo de la superficie original del terreno. La presión efectiva original en el punto A es igual a p_o , y el aumento de presión es Δp . La relación de vacíos inicial de la arcilla es e_o .

Considerando el elemento prismático que contiene al punto A , suponiendo que el elemento es de materia sólida con una altura igual a la unidad y el volumen de vacíos con una altura adicional equivalente a e_o . Si la relación de vacíos disminuye una cantidad Δe debido a la

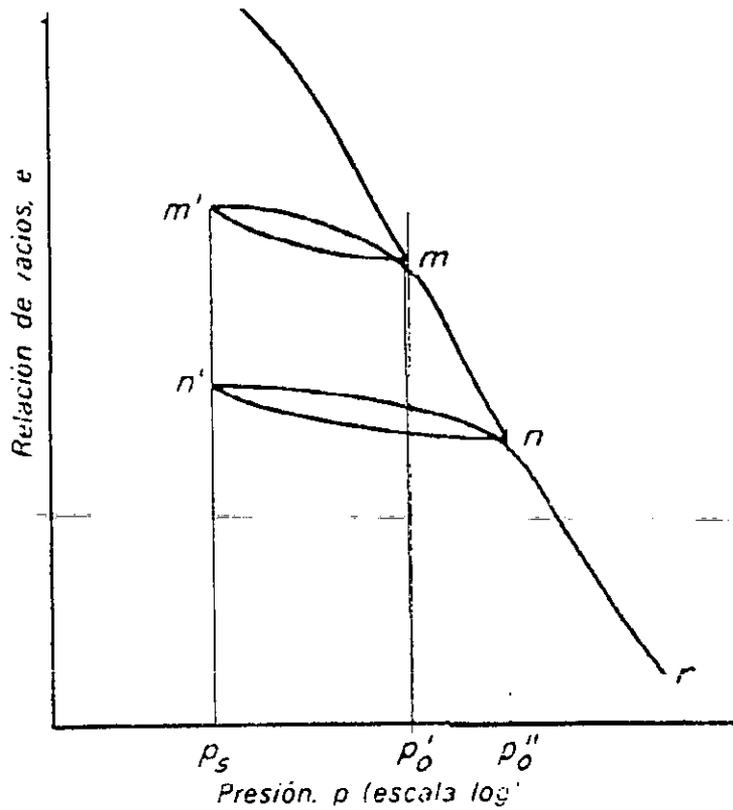


Fig. 18 Curva Típica E-Log, Para Arcilla Remoldeada Cerca Del Límite Líquido

consolidación, la deformación unitaria del elemento es constante en todo el espesor del estrato de arcilla, la disminución del espesor del manto, o el asentamiento S arriba del punto A, lo da la ecuación siguiente

$$S = H \frac{\Delta e}{1 + e_0}$$

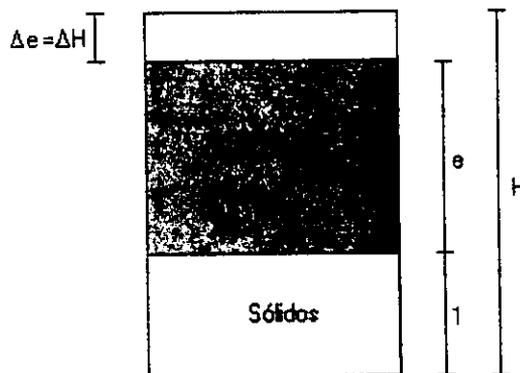


Fig. 19 Asentamiento total de un estrato de suelo

Por otro lado se sabe que de la curva e - $\log p$, tiene una sección parecida a una línea recta, donde cuya tangente se llama *coeficiente de compresibilidad*, a_v ,

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

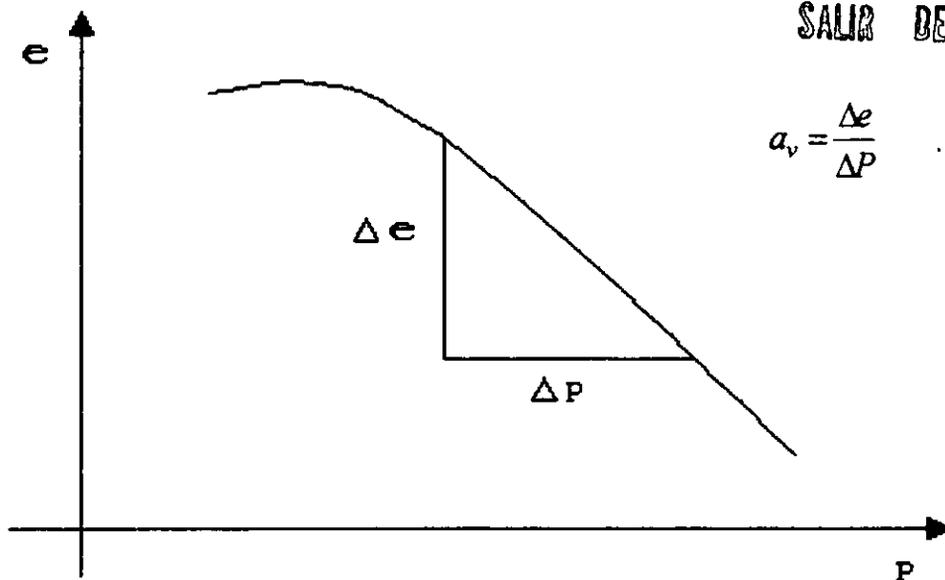


Fig. 20 Gráfica e - $\log P$

Por lo cual podemos llegar a la siguiente fórmula para el cálculo del asentamiento:

$$S = \Delta H = \frac{a_v \Delta P}{1 + e_0} H$$

En el caso en que los incrementos de presión (Δp) transmitidos al suelo, varíen con la profundidad o en el que $\Delta e / 1 + e_0$ varíe apreciablemente a lo largo del espesor del estrato, se hace necesario expresar la ecuación 1 en forma diferencial y obtener el asentamiento total por un proceso de integración a lo largo del espesor del estrato, por lo que tenemos:

$$\Delta H = H \int_0^H \frac{\Delta e}{1 + e_0} de$$

Si se tienen pruebas de consolidación efectuadas sobre muestras inalteradas representativas de un estrato compresible a diferentes profundidades, se contará con una curva de compresibilidad para cada prueba, que es representativa del suelo a esa profundidad.

en la gráfica de la Fig. 21 podrá llevarse el valor de p_o , presión actual efectiva del suelo a esa profundidad; con este valor podremos obtener el correspondiente e_o . A continuación llevamos a partir de p_o , el valor de Δp que representa el nuevo esfuerzo efectivo que deberá aceptar la fase sólida del suelo cuando este se haya consolidado totalmente bajo la nueva condición de cargas exteriores, representada por la estructura cuyo asentamiento estamos calculando. La ordenada del valor $p = p_o + \Delta p$ proporcionará la e final que alcanzará el suelo a la profundidad de que se trate, pudiendo así determinar $\Delta e = e - e_o$, y por lo tanto $\Delta e / 1 + e_o$.

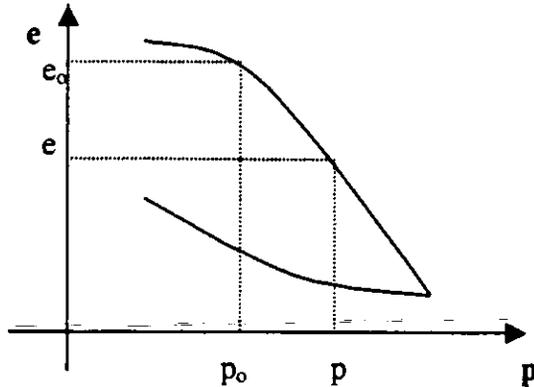


Fig. 21 Gráfica e-p

En la gráfica de la figura 22 se muestra $Z - \Delta e / 1 + e_o$, que deberá trazarse una vez determinados sus puntos por el procedimiento anterior aplicado a distintas profundidades.

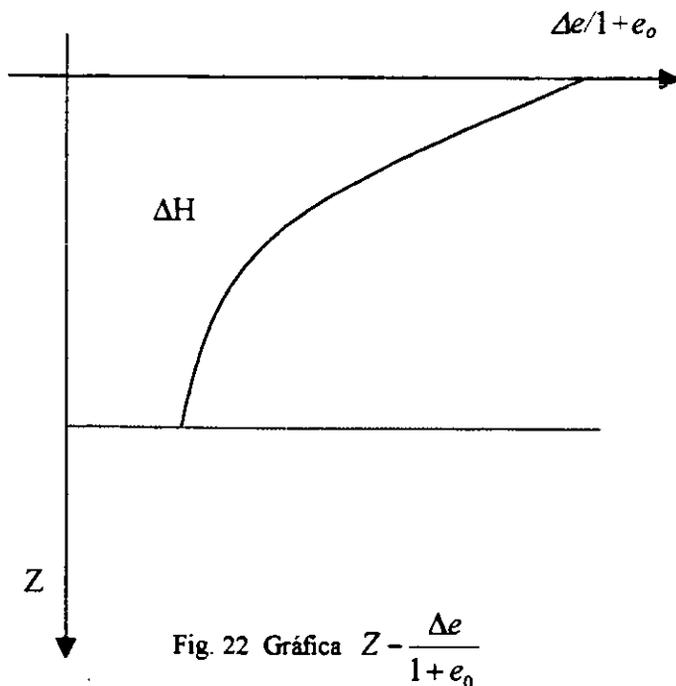


Fig. 22 Gráfica $Z - \frac{\Delta e}{1 + e_o}$

PRUEBA DE CONSOLIDACIÓN

Sondeo No.	Probeta No.	Prof. m	ei	ef	wl %	wf %	GI %	Gf %	Ss	Peso vol. Ton/m3
SM-1	5	2.90	1.003	0.848	16.02	25.53	0.42	0.79	2.63	1.621

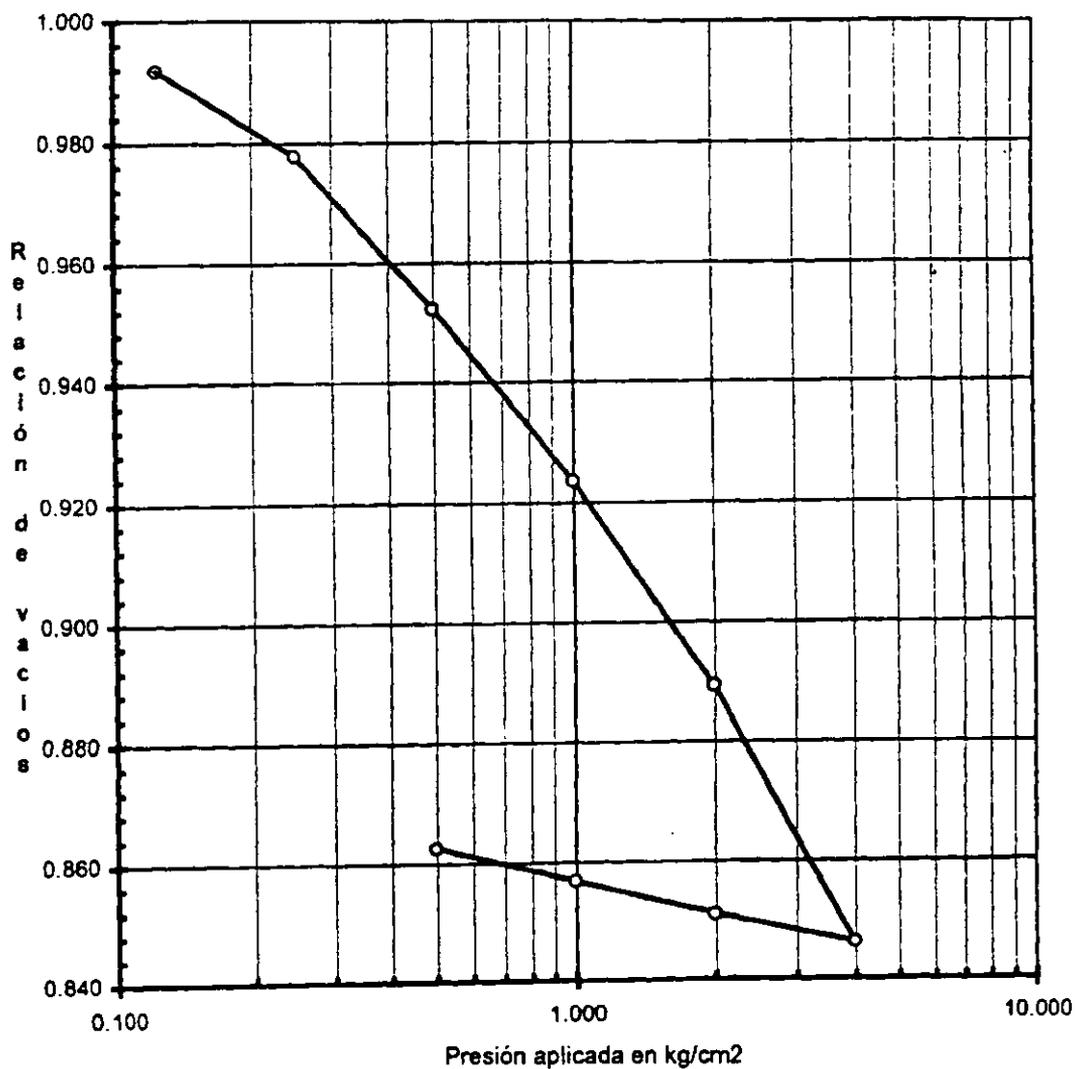


Fig. 23 Sondeo Mixto No. 1 Probeta 5

PRUEBA DE CONSOLIDACIÓN

Sondeo No.	Probeta No.	Prof. m	ei	ef	wl %	wf %	GI %	GI %	Ss	Peso vol. Ton/m3
SM-1	9	6.50	2.482	2.087	100.00	100.80	83.84	100.00	2.32	1.335

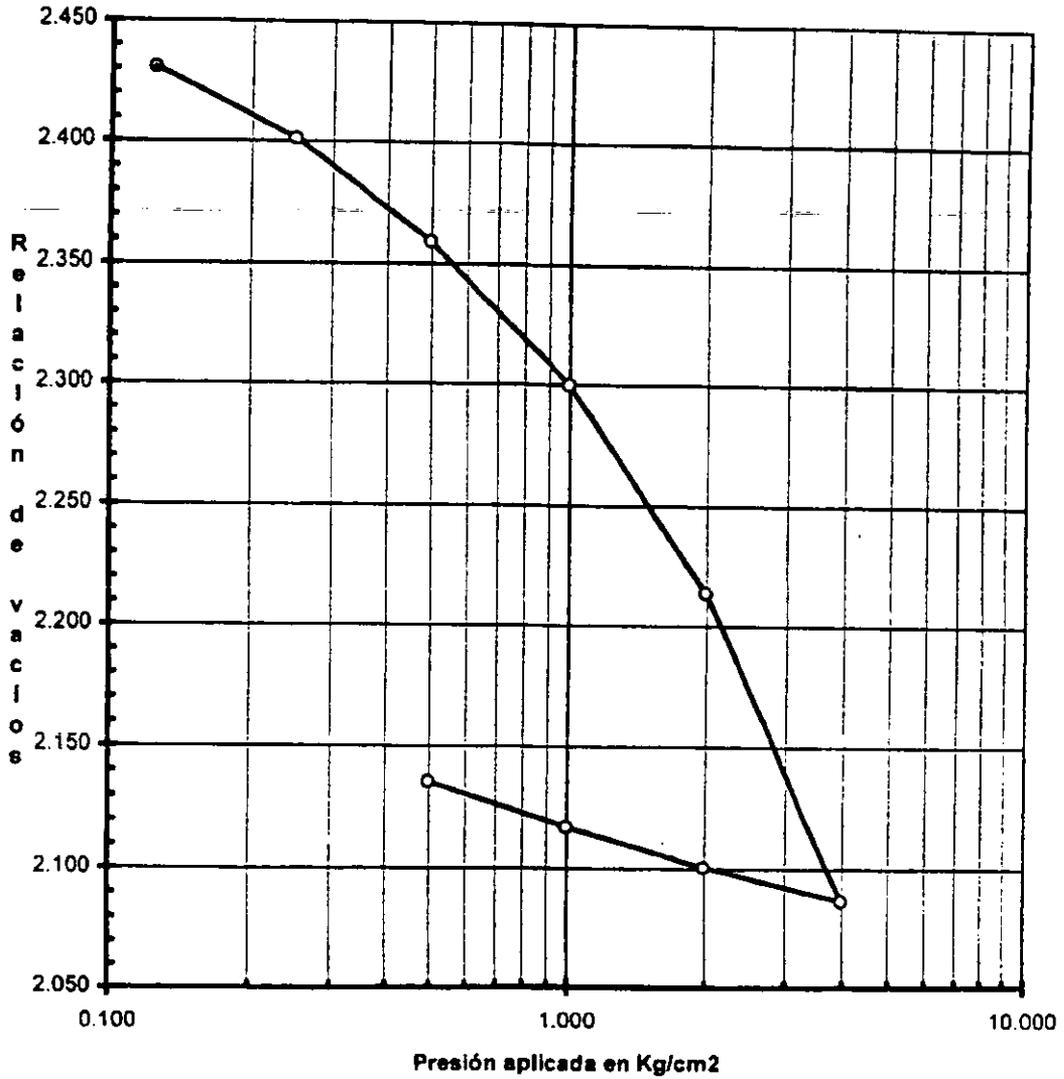


Fig. 24 Sondeo Mixto No. 1 Probeta 9

PRUEBA DE CONSOLIDACIÓN

Sondeo No.	Probeta No.	Prof. m	ei	ef	wi %	wf %	GI %	Gf %	Ss	Peso vol. Ton/m ³
SM-1	13	7.80	6.483	3.062	275.00	191.49	98.01	100.00	2.31	1.158

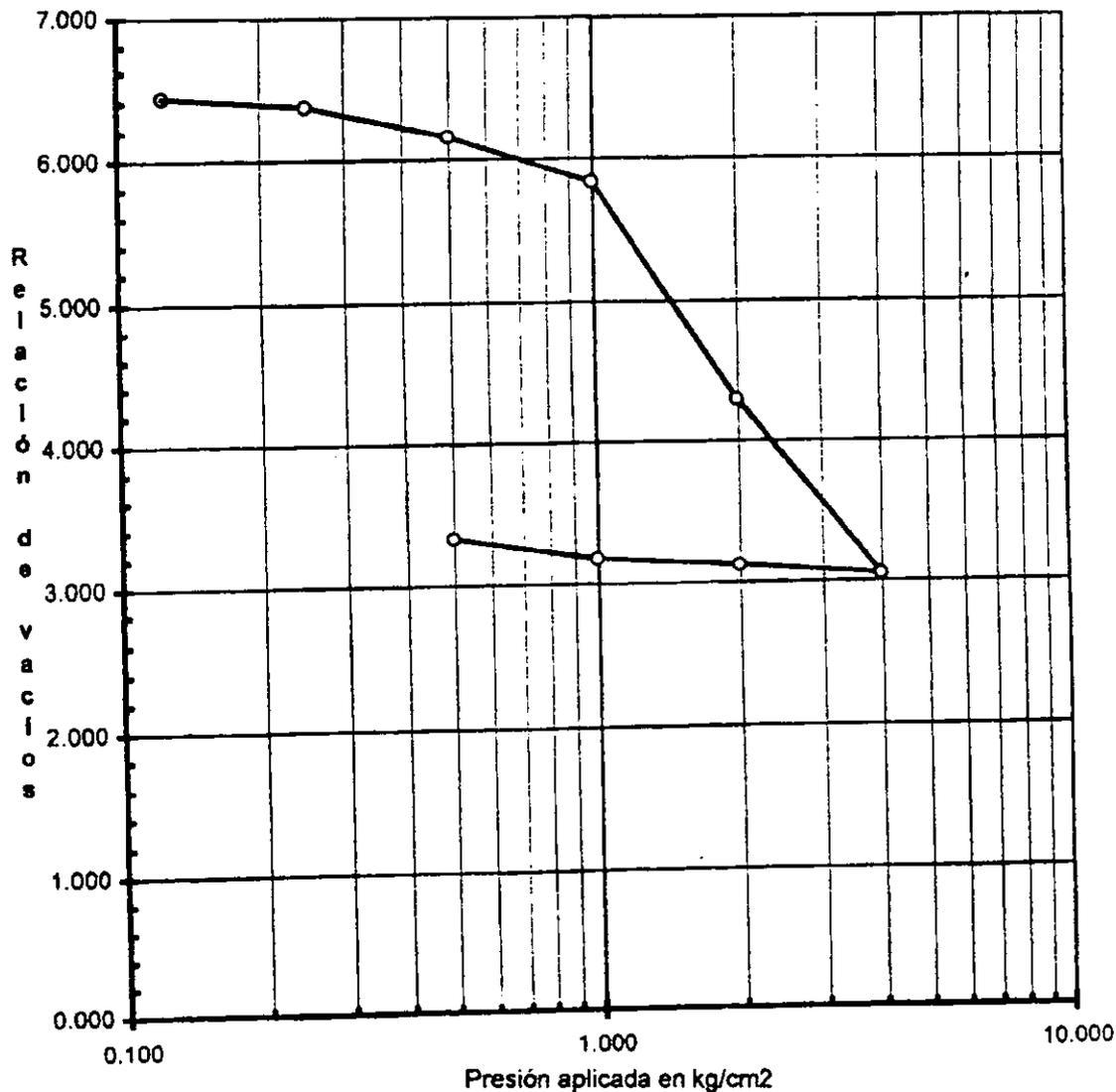


Fig. 25 Sondeo Mixto No. 1 Probeta 13

PRUEBA DE CONSOLIDACIÓN

Sondeo No.	Probeta No.	Prof. m	el	ef	wl %	wf %	GI %	Gf %	Ss	Peso vol. Ton/m ³
SM-1	18	10.80	7.415	5.282	278.29	272.22	89.52	100.00	2.39	1.072

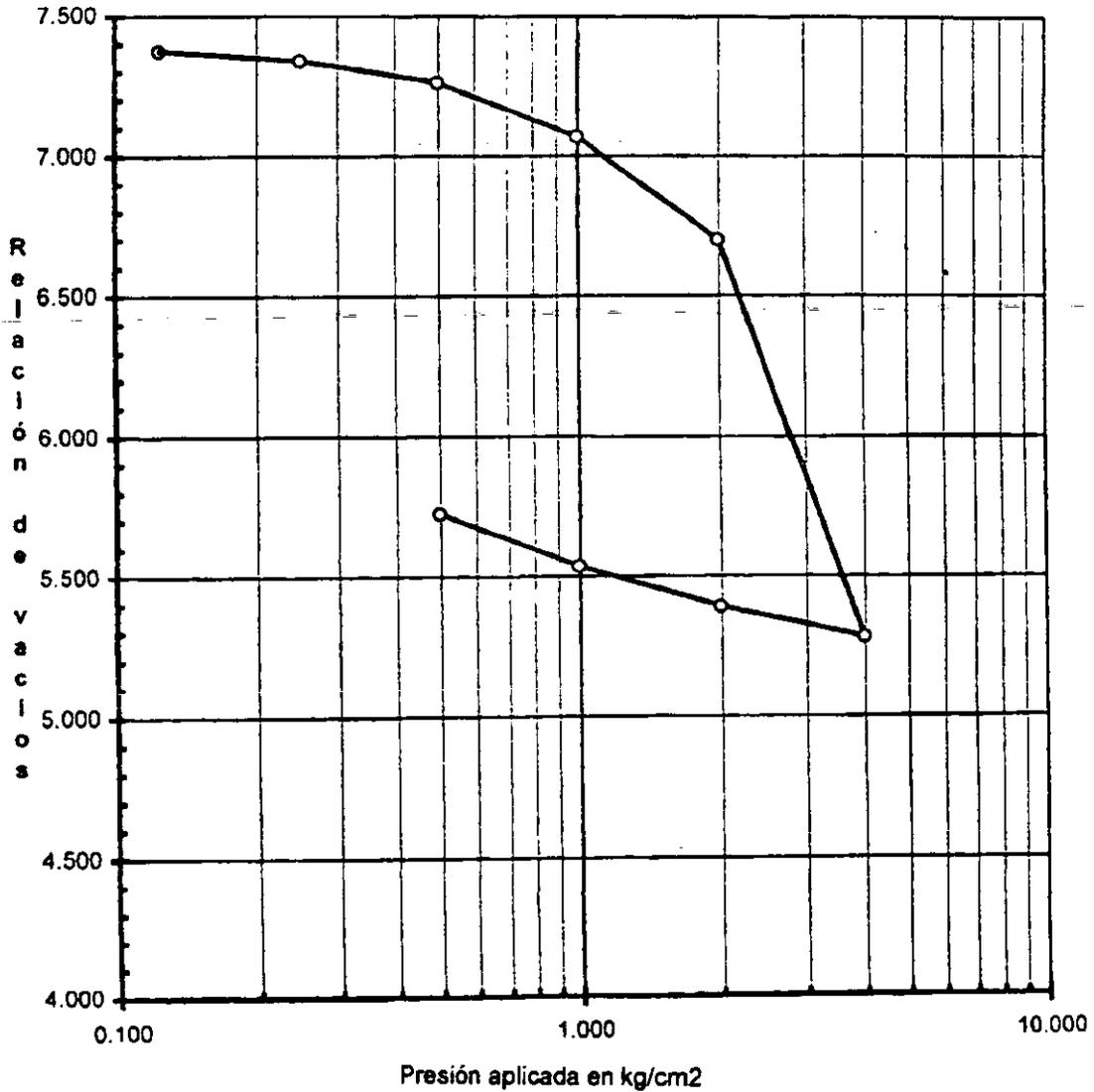


Fig. 26 Sondeo Mixto No. 1 Probeta 18

PRUEBA DE CONSOLIDACIÓN

Sondeo No.	Probeta No.	Prof. m	el	ef	wl %	wf %	GI %	Gf %	Ss	Peso vol. Ton/m ³
SM-1	21	12.60	2.772	1.782	110.00	104.42	92.17	100.00	2.32	1.293

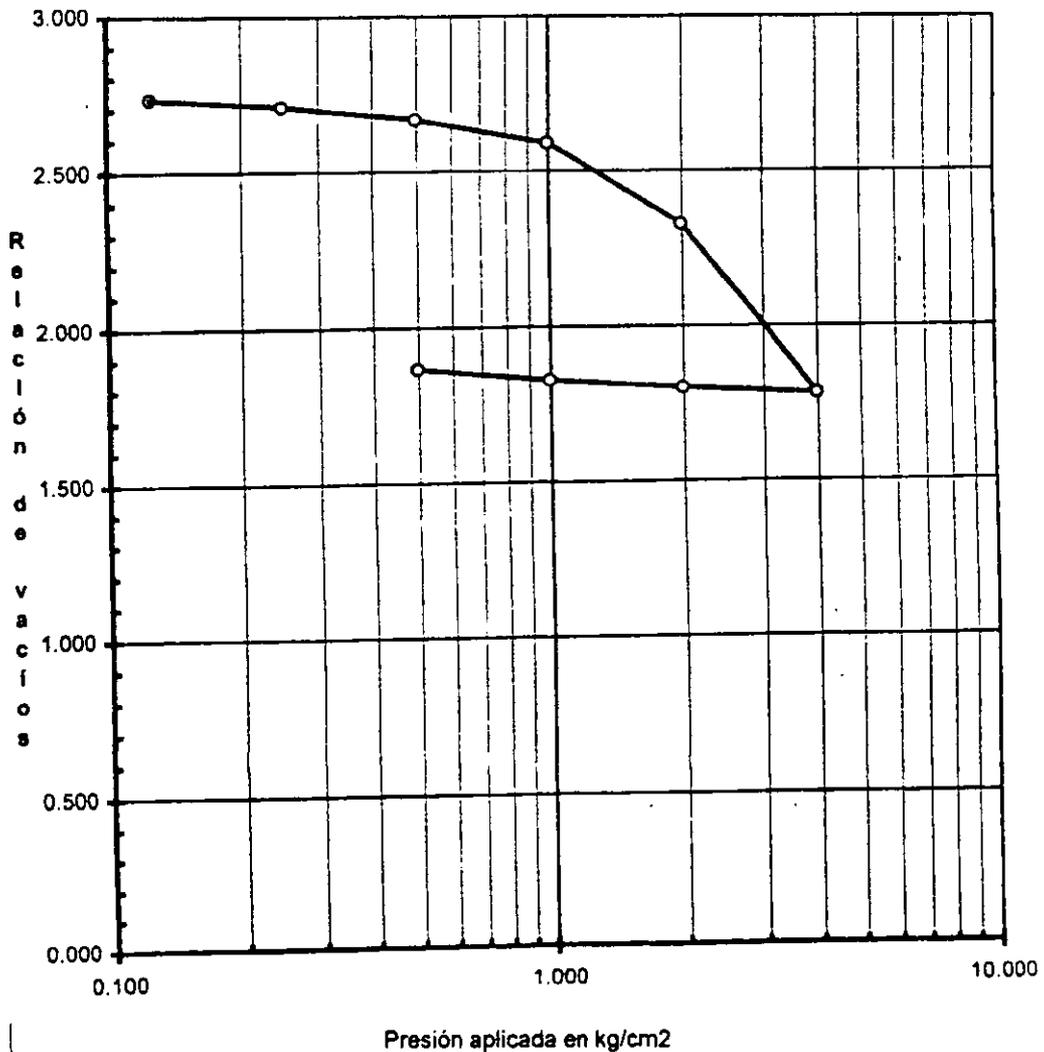


Fig. 27 Sondeo Mixto No. 1 Probeta 21

III.3.5 IMPLICACIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Recomendamos diseñar los fustes como columnas cortas, así como revisar si hay esfuerzos de tensión, flexión o torsión en las cabezas debido a excentricidades y sismo. En caso de ser así deberán ser absorbidos mediante armado en las trabes o en los dados correspondientes. Las pilas están consideradas para recibir únicamente carga vertical.

Debido a que una sección de concreto es más económica que una de acero para resistir esfuerzos compresivos, se recomienda que las secciones de los fustes sean suficientemente amplios para tomar las cargas compresivas económicamente. Como los esfuerzos en las pilas serán únicamente de compresión, se recomienda que los fustes tengan un refuerzo longitudinal mínimo de la mitad del 1% de la sección transversal de las pilas en la parte superior de las mismas. En la parte inferior de las pilas el refuerzo no es necesario.

Con el refuerzo anterior, los fustes pueden absorber una excentricidad igual al 12 % del diámetro del fuste sin sobrefatigar al concreto.

Con el fin de permitir la inspección y limpieza de fondo de las pilas, se recomienda utilizar un fuste con diámetro mínimo de 80 cm que permita el paso de personal para efectuar esta tarea.

Conclusiones

Para el edificio en estudio, con descargas a nivel de cimentación que varían entre 20 y 60 ton, recomendamos una cimentación consistente en pilas con campana, diseñadas de tal forma que el incremento neto de presión a nivel de desplante no sea mayor que la capacidad de carga recomendada a ese mismo nivel.

CAPÍTULO IV

ESTRUCTURACIÓN DEL EDIFICIO

- IV.1. ESTRUCTURA DEL EDIFICIO**
- IV.2. ANÁLISIS DE CARGAS**
- IV.3. ESTIMACIÓN DE CARGAS**
- IV.4. FACTORES Y COMBINACIONES DE CARGAS**
- IV.5. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA**
- IV.6. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**
- IV.7. NORMATIVIDAD Y REGLAMENTOS**

IV.1 ESTRUCTURA DEL EDIFICIO

Una estructura puede definirse como un sistema, es decir, como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada. En Ingeniería Civil la función puede ser: salvar un claro, como es el caso de un puente; encerrar un espacio, como ocurre con los distintos tipos de edificaciones, o contener un empuje, como en los muros de retención. La estructura debe cumplir la función a que esta destinada con un grado razonable de seguridad, de manera que tenga un comportamiento adecuado en condiciones de servicio.

La seguridad de una estructura puede entenderse como la capacidad de ésta, para resistir adecuadamente las solicitaciones a acciones externas a que estará sometida durante toda su vida útil.

Las condiciones de servicio se refieren a la respuesta de la estructura ante las solicitaciones externas, y se manifiestan como deformaciones, agrietamientos, durabilidad, vibración, etc.

La elección de los materiales que se emplearon para el edificio corporativo Rosfrans estuvo determinada por el diseño vanguardista del proyecto arquitectónico y por el tiempo tan corto de que se disponía para la ejecución de la obra. Para desarrollar un proceso constructivo que fuera eficiente ante estas condiciones; se seleccionaron como materiales principales el concreto colado en el lugar y perfiles de acero laminado.

La estructura que aloja las instalaciones corporativas de Rosfrans se desplanta sobre un terreno que tiene forma de trapecio de 2865 m^2 de superficie total.

El edificio esta compuesto de cinco entrepisos: Planta Baja, Mezzanine, tres niveles adicionales y la Azotea; todos destinados a oficinas, excepto una zona en la Planta Baja que se empleara como laboratorio. La altura tipo de entrepiso es de 3.74 m; las áreas construidas quedan definidas como enseguida se enlistan:

Planta Baja	540 m ²
Mezzanine	531 m ²
Nivel 1	833 m ²
Nivel 2	633m ²
Nivel 3	633m ²
Azotea	633m ²

En planta el edificio desarrolla una geometría irregular con semejanza a una mariposa, en donde el núcleo o cuerpo principal esta constituido por un muro circular de concreto, y por dos cuerpos triangulares adyacentes a manera de las alas del insecto, estos cuerpos están formados por marcos híbridos de concreto y acero que se acoplan al núcleo principal. Cabe hacer notar que las colindancias de los cuerpos adyacentes están confinados con muros de concreto a manera de pantallas que protegen a toda la estructura durante la ocurrencia de un sismo.

En elevación la estructura está definida por el proyecto arquitectónico de tal forma que se generan desniveles de 1.87 m entre el núcleo central y uno de los cuerpos adyacentes. Por otra parte a nivel de Mezzanine, se desarrolla una doble altura en la zona que ocuparía uno de los cuerpos adyacentes. El núcleo central se interrumpe en el nivel 2, en donde el sistema de piso del mismo funciona como terraza, los cuerpos adyacentes continúan dos niveles más hasta llegar a la máxima elevación del edificio.

El modelo matemático empleado para resolver éste edificio se plantea con una estructura tridimensional, compuesta por un núcleo central y dos cuerpos adyacentes; el núcleo principal esta formado por un muro de concreto de 15 cm de espesor y 12. m de altura.

Los cuerpos aledaños están formados por marcos en colaboración, integrados por columnas de concreto y trabes de acero, las dimensiones de las columnas varían desde 60 x 60 cm hasta 60 x 102 cm; las trabes de acero laminado son de sección "I" de diferentes secciones desde 72 hasta 63 cm de peralte.

Como sistema de piso se utilizó LOSACERO tipo ROMSA o similar, ésta losa funciona como un diafragma rígido que distribuye las fuerzas sísmicas en todas las columnas y muros, la transmisión de éstas fuerzas se realiza mediante conectores de cortante.

La cimentación de acuerdo con el estudio de Mecánica de Suelos se resolvió con pilas apoyadas en la capa dura, que para esta edificación se ubicó hasta los 19 m. de profundidad.

IV.2 ANÁLISIS DE CARGAS

El análisis de cargas fue hecho de acuerdo con las especificaciones del Reglamento de Construcciones vigente en la Ciudad de México; de conformidad con lo que en él se indica, la seguridad de una estructura debe verificarse para el efecto combinado de todas aquellas acciones que tengan la probabilidad de ocurrir simultáneamente.

Las acciones consideradas fueron de tres tipos:

1. Acciones permanentes. Son aquellas que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad varía poco con el tiempo. Las principales acciones que pertenecen a esta categoría son: la carga muerta, las deformaciones y desplazamientos impuestos al edificio y que varían poco con el tiempo.

2. Acciones variables. A esta categoría pertenecen las acciones que actúan sobre la edificación con una intensidad que varía significativamente con el tiempo. Las principales acciones que forman este tipo son: la carga viva, las deformaciones y los hundimientos diferenciales que tengan una intensidad variable con el tiempo.

3. Acciones accidentales. Son aquellas que no se deben al funcionamiento normal de la construcción y que pueden alcanzar intensidades significativas durante lapsos breves. Pertenecen

a esta categoría: las acciones sísmicas, los efectos del viento, las explosiones, los incendios, y otros fenómenos que pueden presentarse en casos extraordinarios.

Cargas muertas. Se considerarán como cargas muertas los pesos gravitacionales de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia con el tiempo.

Cargas vivas. Se consideraran cargas vivas las fuerzas que se producen por el uso y ocupación del edificio y que no tienen carácter permanente.

Para la aplicación de las cargas vivas se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La carga viva máxima se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales.
2. La carga instantánea se deberá usar para diseño por sismo y por viento.

De acuerdo a las especificaciones descritas en los párrafos anteriores se definen las cargas que obran sobre el edificio Corporativo de Roshfrans.

IV.3 ESTIMACIÓN DE CARGAS

1. Entrepiso

a). Carga muerta

Losacero con capa de compresión de 6 cm	220 kg/m ²
Acabados	60 kg/m ²
Plafón	15 kg/m ²
Instalaciones	20 kg/m ²
Carga muerta reglamentaria	40 kg/m ²

b).- Carga viva (oficinas)

Carga viva máxima	250 kg/m ²
Carga viva instantánea	180 kg/m ²

2. Azotea

a). Carga muerta

Losacero con capa de compresión de 6 cm	220 kg/m ²
Acabados (relleno, enladrillado, e impermeabilización)	250 kg/m ²
Plafón	15 kg/m ²
Instalaciones	20 kg/m ²
Carga muerta reglamentaria	40 kg/m ²

b). Carga viva (azotea con pendiente < 5%)

Carga viva máxima	100 kg/m ²
Carga viva instantánea	70 kg/m ²

Las cargas especificadas no incluyen el peso de los precolados de fachada, ni el peso propio de los diferentes elementos estructurales que forman parte de la construcción. Estas cargas deberán considerarse en el modelo matemático y en la estimación de cargas totales.

IV.4 FACTORES Y COMBINACIONES DE CARGA

La seguridad de una estructura deberá verificarse para el efecto combinado de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente. Para tal efecto se consideran dos categorías de combinaciones:

1. Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables, se considerarán todas las acciones permanentes que actúen sobre la estructura y las distintas acciones variables de las cuales la más desfavorable se tomará con la intensidad máxima y el resto con su intensidad instantánea.

Para la combinación de carga muerta más carga viva, se empleará la intensidad máxima de la carga viva, considerándola uniformemente repartida sobre toda el área. Cuando se tomen en cuenta distribuciones de la carga viva más desfavorable que la uniformemente repartida, se tomarán los valores de la intensidad instantánea.

2. Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes variables y accidentales, se considerarán todas las acciones permanentes, las acciones variables con sus valores instantáneos y únicamente una acción accidental en cada combinación. En ambos tipos de combinación, los efectos de todas las acciones deberán multiplicarse por los factores de carga indicados en el capítulo correspondiente.

Todos los elementos estructurales se revisarán para las distintas combinaciones y para cualquier estado límite de falla posible. La resistencia de diseño será mayor o igual al efecto de las acciones que intervengan en las combinaciones de carga en estudio, afectado por su respectivo factor de carga.

El artículo 194 del Reglamento de las Construcciones vigente en la Ciudad de México especifica:

I. Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables, se aplicará un factor de carga de 1.4.

Cuando se trate de estructuras que soporten pisos en los que pueda haber normalmente aglomeraciones de personas tales como centros de reunión, escuelas, salas de espectáculos, locales para eventos deportivos y templos, o de construcciones que contengan material o equipo sumamente valioso; el factor de carga para este tipo de combinaciones se tomará igual a 1.5.

II. Para combinaciones de acciones permanentes, variables y accidentales, se considerará un factor de carga de 1.1 aplicado a los efectos de todas las acciones que intervengan en la combinación.

III. *Para acciones o fuerzas cuyo efecto sea desfavorable a la resistencia ó estabilidad de la estructura, el factor de carga se tomará igual a 0.9; además se tomará como intensidad de la acción el valor mínimo probable.*

IV. *Para revisión de los estados límite de servicio, se tomará en todos los Casos un factor de carga unitario.*

IV.4.1 CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Estado Límite de Falla y Estado Límite de Servicio

Toda estructura y cada una de sus partes deberán diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:

Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada.

No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

Se considerará como un estado límite de falla cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura de cualquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente la resistencia ante nuevas aplicaciones de carga.

Las normas técnicas complementarias establecen los estados límite de falla más importantes para cada material y tipo de estructura (flexión, cortante, torsión, etc.).

Se considera como estado límite de servicio la ocurrencia de deformaciones, agrietamientos vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la construcción, pero que no perjudican su capacidad para soportar cargas.

En las construcciones comunes, la revisión de los estados límite de deformaciones se considera cumplido si se comprueba que no exceden los valores siguientes:

1. Una flecha vertical, incluyendo los efectos a largo plazo, igual al claro entre 240, más 0.5 cm. además para miembros cuyas deformaciones afecten a elementos no estructurales, como muros de mampostería, que no son capaces de soportar deformaciones apreciables; se considerará como límite de servicio una flecha, medida después de la colocación de los elementos no estructurales, igual al claro entre 480, mas 0.3 cm; en voladizo, los valores anteriores se multiplicaran por dos.
2. Una deflexión (flecha) horizontal entre dos niveles sucesivos de la estructura, igual a la altura de entrepiso entre 500 para estructuras que tengan ligados elementos no estructurales que puedan dañarse con pequeñas deformaciones e igual a la altura de entrepiso entre 250 para otros casos; para diseño sísmico se verificará que las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos, debidos a las fuerzas cortantes horizontales, calculadas con

alguno de los métodos de análisis sísmico, no excederán a 0.006 veces la diferencia de elevaciones correspondientes, excepto que los elementos incapaces de soportar deformaciones apreciables, como los muros de mampostería, estén separados de la estructura principal de manera tal que no se sufran daños por las deformaciones de ésta, en tal caso, el límite en cuestión será de 0.012.

IV.5 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

IV.5.1 ANÁLISIS SÍSMICO

La acción de un sismo en una estructura tiene especial importancia, ya que implica aspectos totalmente diferentes a los de las acciones producidas por las cargas gravitacionales. Las diferencias residen no tanto en las características dinámicas de la acción cuanto en que sus efectos dependen de una interacción entre el movimiento sísmico, las propiedades del suelo, y las de la estructura misma.

El diseño sismo-resistente implica mucho más que la simple consideración de un conjunto de cargas estáticas que se aplican a la estructura; requiere además de la elección de un sistema estructural adecuado y eficiente para tomar y/o absorber los efectos sísmicos y de un cuidado especial en la observancia de requisitos de dimensionamiento y de detalle de los elementos estructurales. Esto implica que un diseño adecuado para soportar las acciones gravitacionales puede resultar totalmente inapropiado para resistir efectos sísmicos, como lo demuestran las frecuentes fallas y problemas que se tienen al utilizar métodos constructivos desarrollados para zonas no sísmicas.

En muchas regiones, los sismos representan la causa del mayor número de fallas y daños en las estructuras, esto hace que sea necesario tomar precauciones especiales en el diseño y construcción de todas las estructuras. En otras su ocurrencia es mucho más esporádica, pero el riesgo de sismos intensos es suficientemente grande para que sus efectos deban tomarse en cuenta en el diseño de estructuras comunes, se puede afirmar que ninguna zona puede considerarse totalmente a salvo de los efectos sísmicos, de tal manera que aún en donde no se tengan evidencias de la ocurrencia de sismos en épocas recientes, las estructuras de gran importancia requieren un diseño sismo-resistente.

El carácter accidental de la acción sísmica, junto con el elevado costo económico que implica hacer que ante un sismo de gran intensidad, la respuesta de una estructura se mantenga dentro de niveles de comportamiento que no impliquen daño alguno, hacen que se trate de aprovechar el trabajo de la estructura para deformaciones que sobrepasan el intervalo elástico, por ello las propiedades inelásticas de los materiales y elementos estructurales y en particular la ductilidad, adquieren importancia fundamental en el diseño sísmico.

En general el diseño sísmico implica:

1. **La definición de la acción de diseño.** Los reglamentos especifican la intensidad sísmica que debe emplearse en el diseño de los diversos tipos de estructura en distintas zonas y regiones.

2. **La selección de una estructuración adecuada.** La capacidad resistente de una estructura depende de la elección adecuada del modelo estructural para absorber las acciones que lo pueden afectar, en el caso de sismos, los efectos de los mismos dependen de las propiedades de la estructura misma.
3. **El cálculo de la respuesta estructural.** Los métodos de análisis sísmico varían notablemente en el nivel de refinamiento; desde la consideración del efecto de una serie de fuerzas estáticas equivalentes, hasta el análisis dinámico ante movimientos de la base de la estructura.
4. **El dimensionamiento y detallado de la estructura.** Debido a que los criterios de diseño aceptan que la estructura entra en etapas inelásticas de comportamiento ante el sismo de diseño, es fundamental que se eviten fallas frágiles o súbitas y se logre una disipación uniforme de la energía del sismo, mediante la fluencia de un número alto de secciones. Para lograr este objetivo deben cuidarse de manera especial todos los detalles estructurales.

SISMOS

La ciencia que se dedica al estudio de los sismos es una rama de la geofísica que se llama sismología.

Los sismos de gran magnitud se explican por la teoría llamada “Tectónica de Placas”, de acuerdo a ésta, la superficie terrestre o litósfera de un espesor promedio de 80 km está dividida en grandes placas, en las zonas donde el espesor de la litósfera es menor en general en el fondo de los océanos, a través de las discontinuidades o fallas de estas placas, fluye hacia arriba el magma que se encuentra a presión y en estado líquido abajo de la litósfera, la emergencia de este magma produce empujes sobre las placas adyacentes a la falla, éstos se reflejan en los extremos opuestos de las placas, donde se generan grandes presiones en las zonas de contacto; según las características mecánicas de dichas placas se presentan distintos fenómenos. Donde entra en contacto una placa oceánica con una continental, la primera de menor espesor y mayor densidad se hunde abajo de la segunda ocasionando la desaparición de la parte de la litósfera que se vuelve nuevamente magna. Cuando entran en contacto dos placas se doblan hacia arriba dando lugar a la formación de grandes cadenas montañosas. Cuando la dirección del movimiento de dos placas continentales es similar, se produce un deslizamiento de una sobre la otra, sin que haya creación o destrucción de la litósfera. El fenómeno natural llamado “Tectónica de Placas”, produce la llamada “deriva de los continentes”, o sea el movimiento de las placas en direcciones diferentes, que hace que regiones enteras de la superficie terrestre se trasladen y cambien de posición entre sí.

El corrimiento en la zona de contacto entre dos placas no ocurre de manera continua y suave, la fricción entre las rocas hace que se generen en la superficie de contacto esfuerzos considerables, hasta que se vence la resistencia mecánica en la superficie provocando un deslizamiento brusco y la liberación súbita de una gran cantidad de energía. Este deslizamiento ocurre en cierta longitud a lo largo de la falla. Mientras mayor es la longitud afectada por el movimiento, mayor será la cantidad de energía liberada, esta energía produce ondas en la superficie terrestre, las que se transmiten a grandes distancias y provocan la vibración de la superficie del suelo.

En México la mayoría de los sismos de gran magnitud ocurren por la subducción de la placa de Cocos por debajo de la placa de Norte América. La línea donde comienza la subducción se encuentra a pocos kilómetros fuera de las costas de Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Michoacán.

Los deslizamientos entre las placas que generan los sismos no ocurren a intervalos definidos y constantes, de acuerdo con las características mecánicas de la superficie de contacto en una zona particular, puede ocurrir un deslizamiento en breve tiempo después de un sismo previo o por el contrario, en esa zona pueden acumularse grandes cantidades de energía y pueden pasar varias décadas antes de que se produzca un nuevo corrimiento, en general en el primer caso se tratará de un sismo de poca magnitud y en el segundo de uno muy severo.

La brusca caída de esfuerzos que acompañan al deslizamiento de las placas genera ondas sísmicas debidas a las deformaciones longitudinales (de compresión) o transversales (de cortante) de la roca. Estas ondas viajan alejándose de la falla y su amplitud se va atenuando poco a poco. Las ondas longitudinales (llamadas ondas "P" o principales) viajan a mayor velocidad y tienen frecuencias más altas y amplitudes menores que las ondas de cortante (ondas "s" o secundarias). A medida que se alejan de la falla, las ondas se reflejan en las capas superficiales y producen otro tipo de ondas (de superficie) que tienen velocidades menores que las dos anteriores. De esta manera, cerca de la falla los tres tipos de ondas están superpuestas, pero a distancias grandes de la falla se distinguen una de las otras, porque llegan en tiempos diferentes.

La **magnitud** de un sismo es una medida del tamaño del mismo que es independiente del lugar donde se hace la observación y que se relaciona en forma aproximada con la cantidad de energía que se libera durante la acción del sismo. Se determina a partir de las amplitudes de registros de sismógrafos estándar, la escala más conocida de magnitudes es la de Richter. Cada incremento de una unidad en esta escala implica un aumento de 32 veces en la cantidad de energía liberada.

La **intensidad** de un sismo es una medida de los efectos que éste produce en un lugar determinado, o sea de las características del movimiento del suelo y del potencial destructivo del sismo en ese sitio y sus efectos en las construcciones. La escala más común para medir la intensidad de un sismo es la de Mercali modificada, en la que se mide la intensidad del sismo por una apreciación subjetiva del comportamiento de las construcciones en el sitio, las intensidades varían en grados que se designan con los números romanos del I al XII.

El **foco** de un sismo es el lugar donde comienza el corrimiento de la falla geológica que originó el sismo; **epicentro** es el punto sobre la superficie terrestre directamente encima del foco. El foco y el epicentro se determinan a partir de mediciones instrumentales en diversos sitios.

La **sismicidad** de una zona se relaciona con la actividad sísmica de la región, esto es con la frecuencia con que se generan sismos de diferentes magnitudes en el área considerada

El **riesgo sísmico** de un sitio se relaciona con la intensidad de los movimientos sísmicos que se esperan en el lugar y con la **frecuencia** con que se exceden movimientos de distintas

intensidades. El riesgo sísmico de un lugar dependerá de la sismicidad de las regiones que se encuentran a distancias tales que los sismos generados en ellas puedan producir efectos apreciables en el lugar.

Un acelerograma es un registro de la historia de aceleraciones que provoca el sismo en una dirección determinada y constituye la descripción más útil del movimiento del terreno y registran simultáneamente la aceleración en dos direcciones horizontales ortogonales y una vertical, como se puede ver en la Fig. 1:

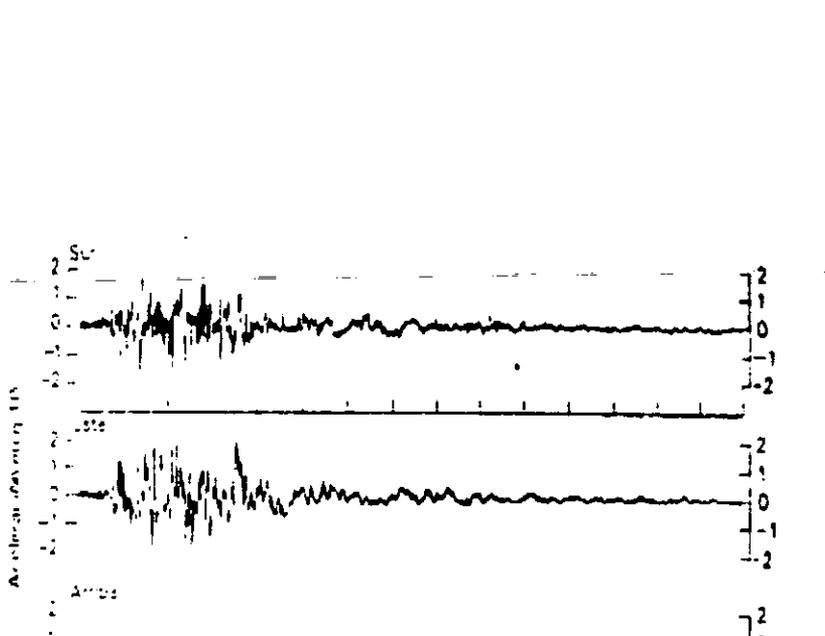


Fig. 1 Acelerograma de los tres componentes de un sismo

El análisis de los acelerogramas permite una evaluación cuantitativa de la intensidad sísmica, mucho más objetiva y confiable que la escala de Mercalli. Las características de los acelerogramas que más se relacionan con la potencialidad destructiva, o sea con la intensidad del sismo, son la **aceleración máxima**, la **duración** de la etapa sensible, o sea de aquella en que la amplitud de aceleración tiene un valor apreciable y, las **frecuencias dominantes** del movimiento.

El movimiento del terreno puede considerarse constituido por la superposición de vibraciones armónicas con distintas frecuencias, según las características del sismo, los movimientos cuya frecuencia se encuentra dentro de cierto intervalo tienen amplitudes mayores que los demás y son dominantes en cuanto a efectos sísmicos en las estructuras. Por ejemplo, en sismos registrados muy cerca del epicentro prevalecen las vibraciones de alta frecuencia (períodos cortos), mientras que en un sismo registrado lejos del epicentro los movimientos son de baja frecuencia (períodos largos).

Las aceleraciones que producen mayores daños en las estructuras son las horizontales, las aceleraciones verticales son de amplitud considerable solo en sitios cercanos al epicentro y provocan daños severos solo en algunas formas estructurales particulares. El fenómeno de

licuación de arenas es un efecto sísmico excepcional que no depende de la aceleración del suelo; las causas de este fenómeno es la inestabilidad del terreno.

La aceleración no es el único parámetro del movimiento del suelo que influye en la respuesta de las estructuras, importan además la velocidad del movimiento del terreno y en algunos casos su desplazamiento. Integrando en el tiempo del acelerograma se obtiene la historia de velocidades e integrando esta última, se obtiene la historia de desplazamiento del terreno. La integración se realiza mediante métodos numéricos estándar.

Los estudios del riesgo sísmico de lugares específicos se basan esencialmente en análisis estadísticos de información disponible sobre los sismos ocurridos. La cantidad y calidad de los datos disponibles es muy variable de un lugar a otro. En general, se tiene información bastante confiable acerca de las magnitudes y epicentros de los sismos de mediana o gran magnitud ocurridos desde principios de siglo en cualquier parte del mundo. Antes de eso, solo hay información histórica muy vaga sobre la ocurrencia del sismo de gran magnitud.

El lapso en que se cuenta con mediciones confiables es muy pequeño, comparado con los periodos de recurrencia del orden de un siglo o más para los que se necesita determinar el sismo de diseño.

La interpretación de los datos estadísticos se basa en la hipótesis de que el proceso de generación de los sismos es estacionario, o sea que la probabilidad de ocurrencia de un sismo en un sitio es constante en el tiempo. Esto implica que no hay aumentos o disminuciones de la sismicidad con el tiempo y que el hecho de que haya ocurrido un temblor de cierta magnitud en una cierta fecha, no modifica la probabilidad de que ocurra otro sismo igual o de otra magnitud en una fecha posterior. La teoría planteada por la tectónica de placas contradice a esta hipótesis, ya que una vez liberada cierta cantidad de energía a través de un sismo, se necesita cierto tiempo para que se vuelvan a generar esfuerzos elevados en el contacto entre las placas; sin embargo el análisis estadístico de los datos sísmicos disponibles muestra que para intervalos de varias décadas, la hipótesis de un proceso estacionario da resultados aceptables. El modelo de probabilidades más empleado en los estudios de riesgo sísmico es el **Modelo de Poisson**.

La información estadística más confiable se refiere a la magnitud de los sismos ocurridos, sin embargo lo que interesa es la intensidad que puede presentarse en el sitio donde se va a construir una estructura. Es necesario establecer una relación entre magnitud e intensidad. Los parámetros básicos que definen la intensidad sísmica son la aceleración y velocidad máxima que el terreno experimenta. Con base en el análisis de un gran número de acelerogramas registrados en distintos lugares para un mismo sismo, se han establecido relaciones empíricas entre la magnitud de un sismo y la velocidad y aceleración máxima del terreno en un sitio que se encuentra a cierta distancia del epicentro. Estas relaciones se conocen como **Leyes de Atenuación** y, entre las más empleadas internacionalmente, están las propuestas por el Dr. Luis Esteba Maraboto.

$$a = 1230e^{0.9m} (R + 25)^{-2} \quad \text{en cm/seg}^2$$

$$v = 15e^m (R + 0.17e^{0.59m})^{-1.7} \quad \text{en cm/seg}$$

en que “*a*” y “*v*” son la aceleración y velocidad máxima del terreno, “*m*” es la magnitud del sismo y “*R*” la distancia entre el foco y el sitio en estudio, en km.

Estudios de riesgo sísmico para sitios específicos se justifican solo para obras de excepcional importancia, como presas y centrales termo y nucleoelectricas. Para las obras comunes solo puede recurrirse a estudios de riesgo sísmico de carácter mucho más general, que dan lugar a la regionalización sísmica de un país. Aplicando técnicas basadas en las Leyes de Atenuación, se determina el riesgo sísmico de un número de sitios suficiente para distinguir zonas de riesgo sísmico semejante y poder asociar a ella un valor de aceleración y velocidad máxima del terreno u otra medida de la intensidad, que corresponden a un período de recurrencia dado. La Fig. 2 muestra la regionalización o zonificación sísmica de la Ciudad de México, contenida en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones vigente en el lugar.

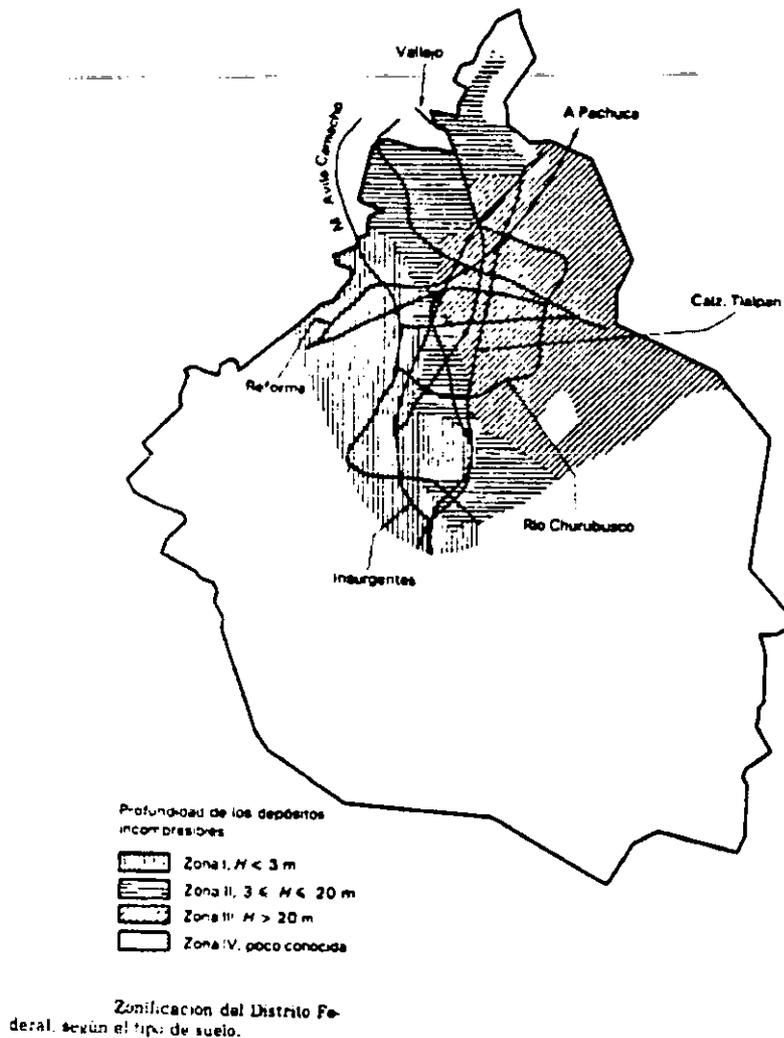


Fig. 2 Zonificación del Distrito Federal Según el Tipo de Suelo

En la figura 2 se aprecia que la ciudad se divide en tres zonas, designadas con números romanos de I al III en orden creciente de riesgo sísmico.

IV.5.1.1 RESPUESTA SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS

Una estructura responde a una excitación sísmica, descrita por una historia de aceleraciones que se presentan en el suelo sobre el que esta desplantada, mediante una vibración a través de la cual disipa la energía que es generada por dicho movimiento. La amplitud de la vibración necesaria para disipar esa energía depende de las características del sistema constituido por el conjunto suelo-cimentación-estructura. A pesar de la complejidad de este sistema, las principales características de su respuesta pueden definirse mediante el estudio de un sistema simple de un grado de libertad.

El sistema simple esta formado por una masa, un resorte y un amortiguador. En el esquema de la Figura 3 el resorte se representa con una columna de rigidez lateral equivalente a la constante del resorte.

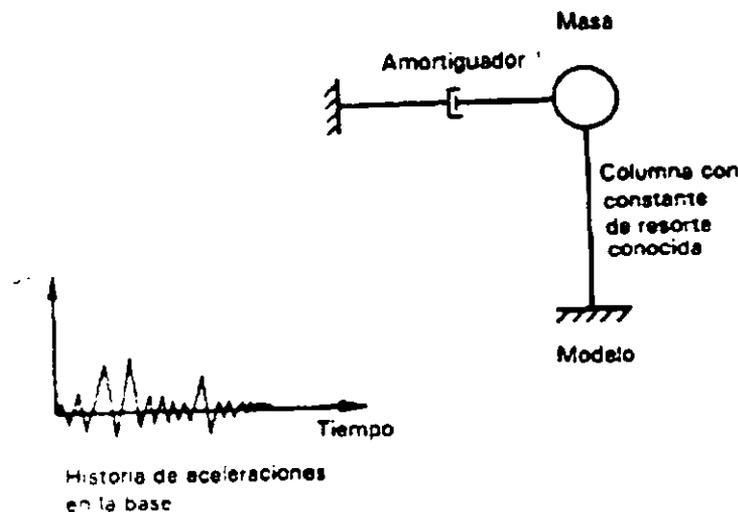


Fig. 3 Sistema Simple de Un Grado de Libertad

Cuando el sistema está sujeto a un movimiento de su base, definido por una historia de desplazamiento (U_0), y de aceleraciones del suelo (\ddot{U}_0), la masa entrará en oscilación y se generarán sobre ella tres tipos de fuerzas:

- La fuerza de energía, que de acuerdo con el principio de D'Alambert es proporcional a la masa y a la aceleración total que esta sufre ($\ddot{U}t$); esta última es igual a la suma de la aceleración del terreno (\ddot{U}_0), más la de la masa relativa del terreno (\ddot{U}). $F_i = m \ddot{U}t$
- La fuerza que se genera en la columna por su rigidez lateral al tratar de ser desplazada con respecto al terreno, suponiendo que la respuesta de la columna se mantiene dentro de un

intervalo lineal, dicha fuerza será igual al producto del desplazamiento relativo de la masa con respecto al suelo, por la rigidez lateral de la columna (k). $F_r = kU$

- c) La **fuerza de amortiguamiento** que trate de restablecer el equilibrio de la estructura en vibración. Esta fuerza puede considerarse proporcional a la velocidad de la masa con relación al suelo; al factor de proporcionalidad se le llama coeficiente de amortiguamiento.

$$F_A = c\dot{U}$$

La ecuación de equilibrio dinámico se escribe como:

$$F_I + F_A + F_r = 0$$

Sustituyendo valores:

$$\begin{aligned} m\ddot{U} + c\dot{U} + kU &= 0 \\ \text{Ya que } \ddot{U} &= \ddot{U}_o + \ddot{U} \\ m(\ddot{U}_o + \ddot{U}) + c\dot{U} + kU &= 0 \\ m\ddot{U}_o + m\ddot{U} + c\dot{U} + kU &= 0 \\ m\ddot{U} + c\dot{U} + kU &= -m\ddot{U}_o \end{aligned}$$

Dividiendo entre "m":

$$\ddot{U} + \frac{c\dot{U}}{m} + \frac{kU}{m} = -\ddot{U}_o$$

Las dos constantes, c/m y k/m , representan conceptos relativos con la vibración libre del sistema (la que corresponde al caso $\ddot{U}_o = 0$)

De estas constantes

$$\frac{k}{m} = \omega^2 \quad \text{o bien} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

En que " ω " es la frecuencia circular del sistema no amortiguado, o sea aquella con la que oscila éste cuando se le impone un desplazamiento y se le suelta. Cuando el amortiguador es nulo el sistema describe un movimiento armónico simple, con la frecuencia mencionada y con periodo igual a:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = \frac{2\pi}{\frac{\sqrt{k}}{\sqrt{m}}} = 2\pi \frac{1}{\frac{\sqrt{k}}{\sqrt{m}}} = 2\pi \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

El amortiguamiento representa la disipación de energía que la estructura realiza principalmente debido a la fricción interna de los materiales y a rozamiento entre los componentes de la construcción; este amortiguamiento reduce las oscilaciones, en vibración libre. Se define como amortiguamiento crítico aquel para el cual el sistema, después de desplazado, vuelve a su posición de reposo sin oscilar.

El amortiguamiento crítico se valúa como:

$$C_{CR} = 2\sqrt{km}$$

La constante de amortiguamiento puede expresarse como una fracción del amortiguamiento crítico en la forma:

$$\xi = \frac{c}{C_{CR}} = \frac{c}{2\sqrt{km}}$$

pero $\sqrt{km} = \sqrt{km \left(\frac{m}{m}\right)} = \sqrt{\frac{km^2}{m}} = m\sqrt{\frac{k}{m}} = m\omega \quad \therefore \quad \xi = \frac{c}{2\omega m}$ de aquí que $\frac{c}{m} = 2\omega\xi$

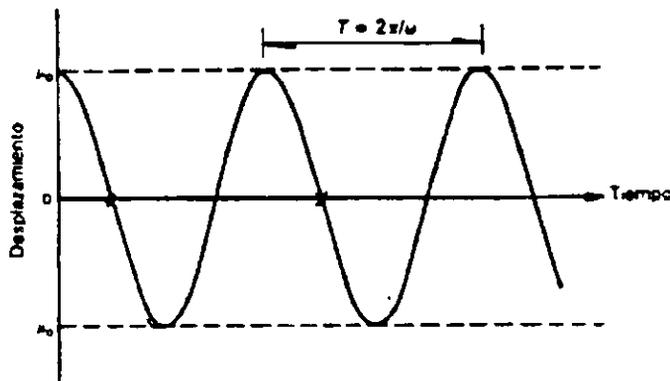


Fig. 4 Movimiento Armónico Simple

Luego la ecuación que define el equilibrio dinámico del sistema se puede reescribir como:

$$\ddot{U} + 2\omega\xi\dot{U} + \omega^2U = -\ddot{U}_0$$

se aprecia que la respuesta del sistema queda definida por dos parámetros únicamente, la frecuencia circular del sistema (o su período) y la fracción del amortiguamiento crítico.

La solución de la ecuación diferencial, cuando la estructura parte del reposo, se obtiene con la superposición de la respuesta a una serie de impulsos diferenciales, en la forma llamada **integral de Duhamel**.

$$u(t) = -\frac{1}{\omega} \int_0^t u_0(\tau) e^{-\xi\omega(t-\tau)} \text{sen } \omega(t-\tau) d\tau$$

Obtener la respuesta del sistema mediante la integral de Duhamel representa un trabajo complicado, debido a que la historia de aceleraciones del terreno durante un sismo, $\ddot{U}_0(t)$, no puede expresarse como una función continua, que requiere de procedimientos numéricos, un caso que se presta a una solución sencilla es aquel en que la excitación es un movimiento armónico de tipo:

$$u_0 = d \text{sen } \omega_0 t$$

En que " ω_0 " es la frecuencia circular de vibración del movimiento del terreno y "a" una constante que define la amplitud de la aceleración del movimiento.

La solución se ilustra de manera adimensional en la figura donde en las abcisas se representa la relación entre la frecuencia del terreno y la del sistema y en las ordenadas, la relación entre el desplazamiento máximo que se presenta en la masa bajo efectos dinámicos y el desplazamiento estático que produciría una fuerza constante de magnitud "ma".

En la Figura 5 se aprecia la importancia de los dos parámetros de la estructura que definen su respuesta. Cuando la frecuencia del sistema es muy inferior o muy superior a la de la excitación, el desplazamiento máximo de la masa, del que dependen las fuerzas que se inducen en el sistema, no excede al estático, pero a medida que las dos frecuencias se van aproximando entre sí (o sea cuando la relación tiende a uno), hay una amplificación cada vez mayor del movimiento del terreno y el desplazamiento en la masa llega a ser varias veces superior al del terreno y se inducen en el sistema fuerzas muy grandes. Cuando la relación de frecuencias es uno, el desplazamiento del sistema llega a infinito si el amortiguamiento es nulo y se tiene el fenómeno de **Resonancia**, basta un amortiguamiento relativamente pequeño para reducir drásticamente la respuesta.

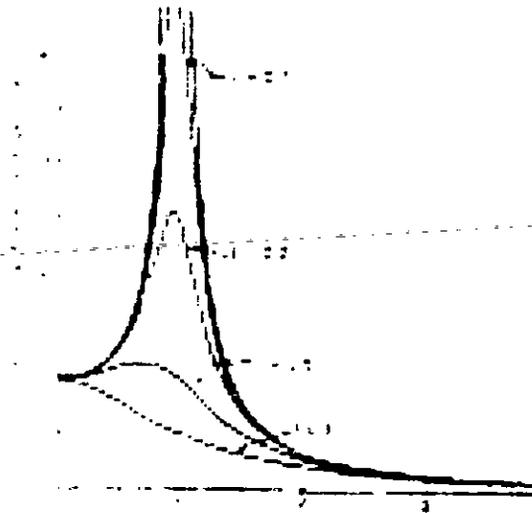


Fig. 5 Amplificación dinámica del movimiento de un sistema lineal de un grado de libertad sujeto a vibración armónica.

Desde el punto de vista del diseño estructural, interesa fundamentalmente la máxima sollicitación a la que se verá sujeta la estructura por efecto del sismo, no es necesario conocer la historia completa de la respuesta, sino solo su valor máximo. Si para un acelerograma dado, obtenemos las respuestas de sistemas de un grado de libertad con un amortiguamiento dado y se hace variar el período de estos sistemas desde cero hasta un valor muy alto comparado con los períodos naturales de las estructuras comunes, y para cada sistema determinamos la máxima respuesta, podemos trazar gráficas como las que se muestran en la figura que sigue, y que constituyen espectros de respuesta de la aceleración para los movimientos dados. En las abscisas se representa el período del sistema, y en las ordenadas una medida de su respuesta máxima sea esta aceleración, velocidad o desplazamiento máximo de la masa.

El espectro de aceleraciones proporciona una medida directa de la fuerza de inercia máxima que se induce en el sistema al multiplicar la ordenada espectral por la masa. $F = ms_A$

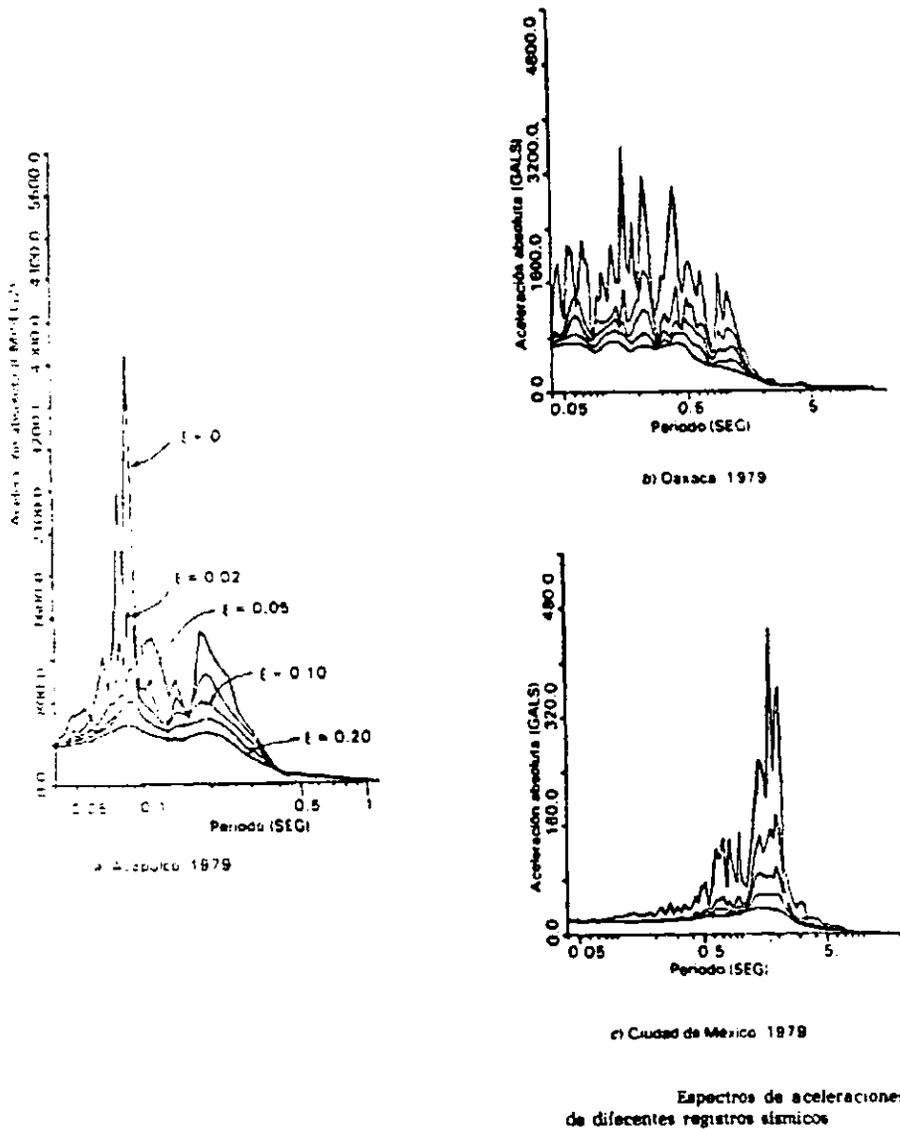


Fig. 6 Espectros de aceleraciones de diferentes registros sísmicos

Una estructura no se debe diseñar para resistir un solo sismo, sino al conjunto de sismos de iguales características en cuanto a magnitud y distancia epicentral, el espectro de respuesta puede variar significativamente debido a diferencias en contenidos de frecuencias y en duración. La estructura deberá diseñarse para la envolvente de los esfuerzos que corresponden a diferentes sismos.

Existen reglas empíricas para construir envolventes de espectros a partir de datos básicos de movimiento del terreno. Estas reglas consisten en multiplicar la aceleración, velocidad y

desplazamiento máximo del terreno por constantes que se han obtenido de la observación de un gran número de espectros de sismos reales. El valor de estas constantes depende del grado de amortiguamiento del sistema para estructuras de edificios urbanos y para muchas estructuras industriales, es aceptable considerar un amortiguamiento del 5% del crítico, en esta hipótesis están basados los espectros de diseño para la mayoría de las normas o reglamentos de construcción.

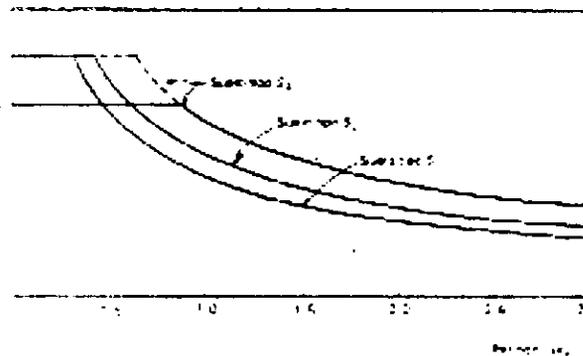
Las reglas más usadas para la construcción de envolventes de espectros para diseño son debidas a Newmark y consideran exclusivamente estructuras desplantadas sobre suelo firme. En la propuesta del código ATC (Applied Technology Council) las reglas originales fueron modificadas para considerar otros tipos de suelo. De acuerdo a este documento la envolvente de espectros para amortiguamiento de 5 % puede construirse con la siguiente expresión:

$$\frac{S_A}{g} = 0.016 \frac{V_t}{T^{2/3}} < 2.5 \frac{A_t}{g}$$

En que " $\frac{S_A}{g}$ " es la ordenada espectral expresada como fracción de la aceleración de la gravedad;

" V_t " (cm/seg) y " A_t " (cm/seg²) son la velocidad y aceleración máximas del terreno, "T" es el periodo del sistema, en segundos y "S" un factor que depende del tipo de suelo, y para el cual el ATC propone.

- S=1.0, para roca o terreno firme sobre roca (S1)
- S=1.2, para suelos granulares o suelos cohesivos compactos (S2)
- S=1.5, para suelos de mediana a alta compresibilidad (S3)



La Figura 7 muestra los espectros de diseño que resultan según estas reglas para las tres condiciones del suelo:

IV.5.1.2. SISTEMAS INELÁSTICOS

Ante acciones dinámicas como la de los sismos, la mayoría de los materiales y sistemas estructurales tienen un comportamiento que puede considerarse lineal, hasta un nivel bastante alto de sollicitaciones. Sin embargo, al llegar cerca de su máxima capacidad de carga, el comportamiento se vuelve no lineal y la mayoría de las estructuras son llevadas a deformaciones varias veces superiores a las que corresponde el comienzo de la etapa no lineal o a aquella para la que se alcanza por primera vez la carga máxima, la falla se presenta cuando se alcanza la deformación máxima (Fig. 8).

Las ecuaciones diferenciales que rigen el equilibrio dinámico de sistemas de uno o varios grados de libertad siguen siendo válidos cuando el comportamiento no es lineal, pero su solución se obtiene solo mediante procedimientos iterativos que consideran el comportamiento lineal durante intervalos pequeños de carga. El sistema no lineal más estudiado es el elástico-plástico en el cual el comportamiento es lineal hasta la máxima velocidad y posteriormente la capacidad de carga se mantiene constante hasta una deformación "M" veces la de fluencia, después de la cual

ocurre el colapso.
$$\frac{\Delta u}{\Delta e} = \mu \quad (\text{Factor de ductilidad})$$

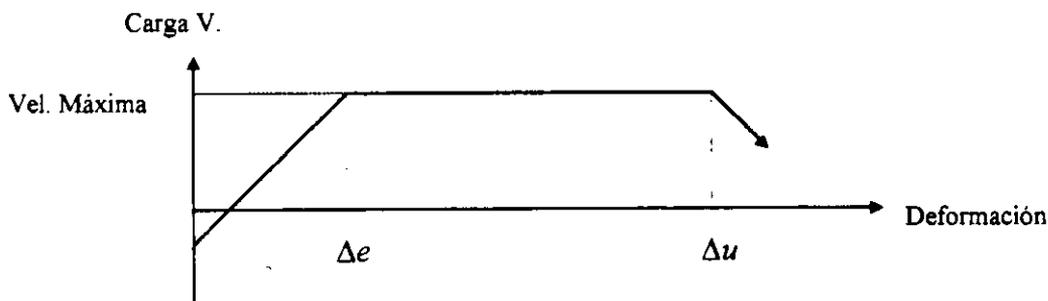


Fig. 8 Gráfica Carga - deformación

IV.5.1.3 COMPORTAMIENTO ELASTOPLÁSTICO

Se han realizado análisis paso a paso de sistemas de un grado de libertad ante acelerogramas de diversa índole y se ha comparado su comportamiento con el de sistemas lineales con el mismo período y amortiguamiento. El criterio es encontrar cual es la capacidad que requiere el sistema no lineal para resistir el sismo en cuestión, sin que exceda su deformación de falla, aunque se sobrepase el intervalo elástico. Esa capacidad se compara después con las que requiere un intervalo elástico de iguales características iniciales.

En la Figura 9 se muestra la relación entre la capacidad del sistema elástico-plástico y la del sistema lineal para diversos factores de ductilidad (μ) del sistema inelástico. Los puntos representan el promedio de los valores obtenidos del análisis con cuatro diferentes acelerogramas registrados en terreno duro. Se aprecia que la capacidad necesaria en el sistema elástico-plástico es muy inferior a la que requiere el sistema elástico para resistir el sismo. Con buena aproximación

puede afirmarse que la capacidad necesaria para el sistema elastoplástico se reduce μ veces con respecto al elástico, excepto en sistemas de período muy corto en los que la reducción se hace cada vez menor, hasta llegar a la unidad cuando el período es cero.

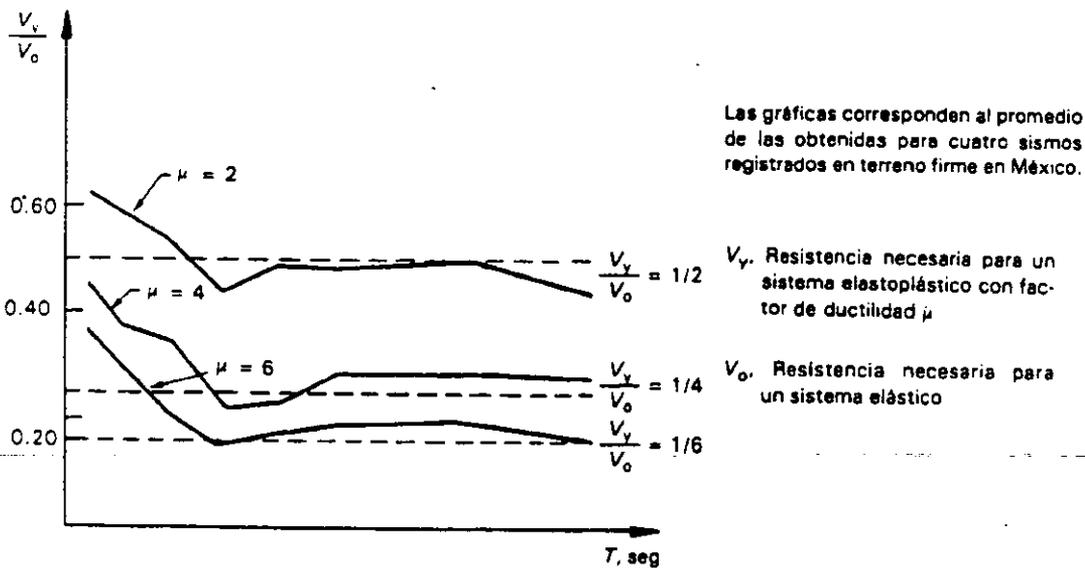


Fig. 9 Relaciones entre las resistencias necesarias para sistemas elastoplásticos y las necesarias para sistemas elásticos con las mismas propiedades iniciales, para resistir un mismo grupo de sismos.

Se llega a la siguiente conclusión fundamental: si un sistema elastoplástico es capaz de desarrollar un factor de ductilidad " μ " durante un sismo, puede diseñarse para que tenga una resistencia a carga lateral que se obtiene reduciendo la ordenada espectral de un sistema elástico con el mismo período natural y amortiguamiento, dividiéndola entre " μ ", excepto cuando se trata de sistemas con período muy corto en que el factor de reducción varía entre $1/\mu$ y 1. Pueden obtenerse por tanto, espectros elastoplásticos de diseño para distintos factores de ductilidad, como los que se muestran en la Figura 10:

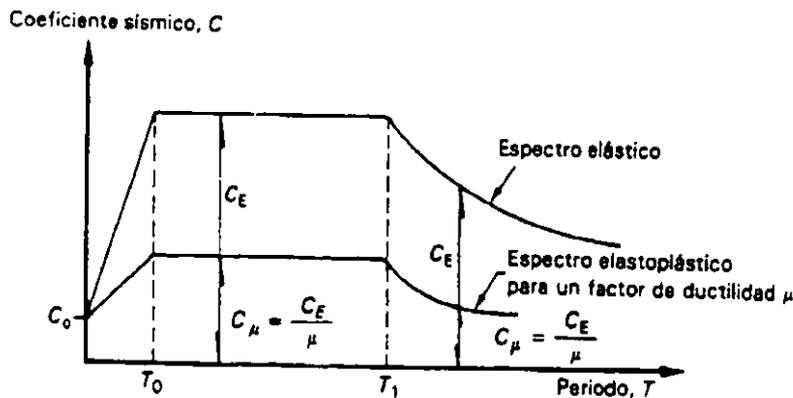


Fig. 10 Espectros inelásticos de diseño

IV.5.1.4 CRITERIO DE DISEÑO SÍSMICO DEL REGLAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL.

Como índice de la acción de diseño se emplea el coeficiente sísmico “c” que sirve de base para la construcción del espectro de diseño, o puede emplearse directamente como la fracción del peso total de la estructura “ W_s ”, que constituye la fuerza cortante horizontal “v”, que actúa en la base de la construcción.

$$c = \frac{v}{W_s}$$

El coeficiente sísmico varía según el riesgo sísmico, según el tipo de suelo y según la importancia de la edificación.

De acuerdo con el Art. 206 del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, los coeficientes sísmicos quedan definidos como se indica a continuación:

Para las edificaciones del grupo “B” se tomará igual a 0.16 en la zona I, 0.32 en la II y 0.40 en la III. Para las estructuras del grupo “A”, el valor del coeficiente sísmico se incrementará en 50%.

En el Art. 219 de dicho reglamento se identifica como zona I o de lomas a los terrenos formados por roca o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos, en estado suelto; como zona II o de transición, los suelos en los que los depósitos profundos se encuentran a 20m de profundidad o menos y que están constituidos predominantemente por estratos arenosos y limoarenosos intercalados con capas de arcilla lacustre, el espesor de éstos es variable, entre decenas de centímetros y pocos metros; y como zona III o lacustre, la zona integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresible separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables que van desde centímetros hasta varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales, el espesor de este conjunto puede ser superior a 50m. La ubicación de las tres zonas en el Distrito Federal se muestra en la Figura 2.

El Art. 174 del Reglamento de Construcciones vigente en la Ciudad de México, clasifica a las construcciones en los siguientes grupos:

Grupo A. Edificaciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altas o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas, museos y edificios que alojan archivos y registros públicos de particular importancia.

Grupo B. Edificaciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A, las que se subdividen en:

Subgrupo B1. Construcciones de mas de 30 m. de altura o con más de 6,000 m² de área total construida, ubicadas en las zonas I y II, y construcciones de 15m de altura o 3000 m² de obra total construida, en zona III. Además templos, salas de espectáculos y edificios que tengan salas de reunión que puedan alojar más de 200 personas.

Subgrupo B2. Las demás de este grupo.

Los coeficientes sísmicos sirven para construir los espectros de aceleraciones de diseño y de hecho representan una cota superior a las aceleraciones de dicho espectro, que corresponde a su parte plana; en la siguiente figura se muestra el espectro de diseño sísmico para el Distrito Federal.

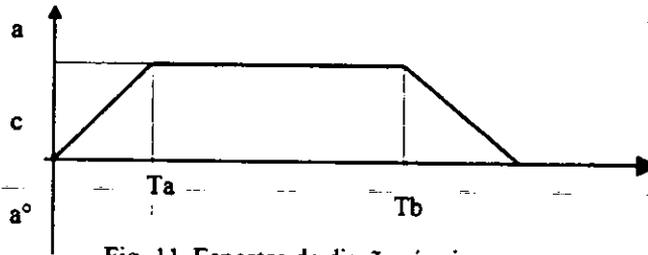


Fig. 11 Espectro de diseño sísmico

El espectro completo se construirá de acuerdo con las siguientes reglas:

La ordenada del espectro de aceleraciones para diseño sísmico “a” expresada como fracción de la aceleración de la gravedad está dada por las siguientes expresiones.

$$\begin{aligned}
 a &= (1+3T/T_a) c/4, \text{ si "T" es menor que "T}_a\text{"} \\
 a &= c, \text{ si "T" esta entre "T}_a\text{" y "T}_b\text{"} \\
 a &= qc, \text{ si "T" excede de "T}_b\text{"} \\
 q &= (T_b/T)^R
 \end{aligned}$$

En donde “T” es el período natural de vibración de la estructura en estudio; “T_a” y “T_b” son los periodos característicos de los espectros de diseño; “c” es el coeficiente sísmico y “R” un exponente que depende de la zona en que se encuentra la estructura. “T”, “T_a” y “T_b” se expresan en segundos y sus valores de consignan en la Tabla 1.

Tabla 1. Periodos de vibración

Zona	T _a	T _b	R
I	0.2	0.6	½
II	0.3	1.5	2/3
III	0.6	3.9	1

Los espectros de diseño que resultan para las tres zonas del Distrito Federal se muestran en la Figura 12.

Estos espectros se emplean para un análisis dinámico modal y las normas técnicas complementarias para diseño por sismo, especifican que las estructuras que no pasan de 60 m de altura podrán analizarse mediante el método estático. Para el análisis estático puede emplearse el coeficiente sísmico “c”, o un coeficiente reducido según el valor del período fundamental.

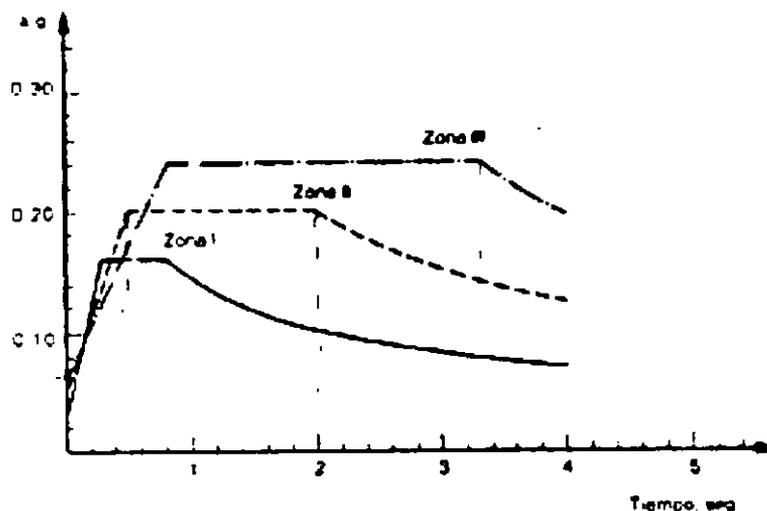


Fig. 12 Espectros elásticos para los tres tipos de suelo del Distrito Federal

Los espectros así construidos son “elásticos” ya que determinan las fuerzas laterales para las que hay que diseñar una estructura, si se pretende que permanezca elástica ante el sismo de diseño. Se aceptan reducciones por ductilidad en las ordenadas espectrales y estas reducciones están definidas por un factor de comportamiento sísmico “Q” al que se le asignan valores según el tipo de estructuración y los detalles de dimensionamiento que se hayan adoptado en la estructura; éstos valores se encuentran especificados en la sección No. 5 de las normas técnicas correspondientes.

Toda estructura se revisará para la acción de dos componentes horizontales ortogonales del movimiento del terreno, se considerarán los efectos bidireccionales, esto es que se considerará actuando simultáneamente el valor de diseño un componente en una dirección más 30% del valor de diseño del componente en la dirección ortogonal.

La respuesta sísmica en una estructura además de los movimientos de traslación presenta movimientos de rotación. En realidad la estructura presenta movimientos de traslación y rotación en cada masa (piso) y un modelo más completo debería incluir ese grado de libertad mediante resortes de torsión en cada piso. La importancia de las rotaciones y la magnitud de las sollicitaciones que por este efecto se inducen en la estructura dependen de la distribución en planta de las masas y de las rigideces laterales. La fuerza actuante por sismo en cada piso esta situada en el centro de masa, mientras que la fuerza resistente lo está en el centro de torsión, o sea donde se ubica la resultante de las fuerzas laterales que resiste cada uno de los elementos. Si entre esos dos puntos existe una excentricidad, la acción en cada entrepiso estará formada por una fuerza cortante más un momento torsionante.

Para las estructuras comunes el efecto de torsión se considera de manera estática superponiendo sus resultados a los de un análisis, estático o dinámico, de los efectos de traslación calculados independientemente.

Debido al efecto dinámico de la vibración, el momento torsionante que actúa en cada entrepiso puede ser amplificado y la excentricidad efectiva puede ser mayor que la calculada estáticamente. Por otra parte el centro de torsión solo puede calcularse de manera aproximada, porque la rigidez de cada elemento particular puede ser modificada por agrietamientos locales

Por estas razones el reglamento del Distrito Federal determina que el momento torsionante de diseño se calculará con una excentricidad total que se evaluará como la más desfavorable de las dos siguientes:

$$e = 1.5 e_c + 0.1 b$$

$$e = e_c - 0.1 b$$

Donde " e_c " es la excentricidad calculada con los valores teóricos de los centros de masa y cortante; el factor 1.5 cubre la amplificación dinámica de la torsión, "b" es la dimensión del edificio en dirección normal a la del análisis; o sea, se considera un error posible en la determinación de la excentricidad igual al 10% del ancho del edificio.

Otro de los objetivos del diseño sísmico, consiste en evitar daños ante temblores moderados, se trata de cumplir limitando los desplazamientos laterales de la estructura.

El índice más importante para la determinación de la magnitud de los posibles daños es la distorsión de entrepisos (γ), o sea el desplazamiento lateral relativo entre dos pisos sucesivos (Δ), dividido entre la altura de entrepiso (H).

$$\gamma = \frac{\Delta}{H}$$

La reducción en el coeficiente sísmico por comportamiento inelástico es válida para determinar las fuerzas para las que hay que diseñar la estructura, debido a esto, las deformaciones que se presentarán serán " Q " veces las que se han determinado con un análisis elástico bajo esas fuerzas reducidas. Por lo tanto antes de compararlas con deformaciones admisibles las deformaciones calculadas (Δ_c), deberán multiplicarse por " Q ".

$$\Delta = Q(\Delta_c)$$

Al respecto el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, en el Artículo 209 especifica que:

Las diferencias entre los desplazamientos laterales de pisos consecutivos debidos a las fuerzas constantes horizontales, no excederá a 0.006 veces la diferencia de elevaciones correspondientes salvo que los elementos incapaces de soportar deformaciones apreciables como los muros de mampostería estén separados de la estructura principal de manera que no sufran daños por las deformaciones de esta. En tal caso, el limite en cuestión será de 0.012.

Para la estructura del edificio corporativo Roshfrans, el espectro de diseño por sismo se definió como se indica a continuación:

De acuerdo a la regionalización sísmica del distrito federal, el sitio se encuentra en la zona de transición. Los parámetros del espectro de aceleraciones correspondiente son los siguientes:

Tabla 2.

Parámetros	Valor
a_0	0.08
c	0.32
T_a	0.20
T_b	1.5
r	2/3

El factor de comportamiento sísmico del edificio, se estableció en las dos direcciones ortogonales como

$$Q_x = Q_y = 2$$

El edificio no cumple con las condiciones de regularidad descritos en el inciso 6 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo. La estructura no tiene ejes de simetría, existe una zona de doble altura que provoca que el total de carga en un nivel sea mucho menor que la del nivel siguiente y existen cambios importantes de rigidez de un nivel a otro, sobre todo al suspenderse los muros perimetrales de concreto del auditorio, existen al menos dos columnas que no están restringidas en ambas direcciones en todos los niveles, etc.

Por estas razones y de acuerdo al inciso 4-1 de las normas antes mencionadas, el factor de comportamiento sísmico será multiplicado por 0.8. El espectro reducido por ductilidad se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.

Parámetros	Valor
a_0	0.08
c	0.20
T_a	0.20
T_b	1.5
r	2/3

IV.5.2 ANÁLISIS

Las fuerzas internas y las deformaciones producidas por las acciones, se determinan mediante un análisis estructural que tome en cuenta las propiedades de los materiales ante los efectos de carga que se estén considerando.

Se entenderá por resistencia la magnitud de una acción, o de una combinación de acciones que provocaría la aparición de un estado límite de falla de la estructura o cualquiera de sus componentes.

En general, la resistencia se expresará en términos de la fuerza interna, o combinación de fuerzas internas, que corresponden a la capacidad máxima de las secciones críticas de la

estructura. Se entenderá por fuerzas internas, las fuerzas axiales y cortantes y los momentos de flexión y torsión que actúan en una sección de la estructura.

En la etapa de análisis se realiza la determinación de la respuesta estructural, o sea de los efectos que las acciones de diseño producen en la estructura, estos efectos se describen en términos de fuerzas internas, esfuerzos, flechas y deformaciones. En la filosofía de los métodos de diseño por estados límite, el análisis se refiere a la determinación de las fuerzas internas actuantes en las diferentes secciones de la estructura para su posterior comparación con las fuerzas internas resistentes. Generalmente se hace necesario obtener como producto del análisis las deformaciones verticales y horizontales de algunos elementos estructurales para su comparación con los valores que definen estados límite de servicio.

El análisis estructural ha tenido una evolución extraordinaria con el desarrollo de los métodos numéricos que resuelven los problemas matemáticos mediante procedimientos iterativos con los que se puede llegar al grado de precisión que se desee, con estos procedimientos se puede analizar cualquier tipo de estructura con el apoyo de los modernos programas de cómputo.

El análisis puede considerarse dividido en la identificación del modelo analítico que representará a la estructura y a las acciones que sobre ésta se ejercen y en una segunda parte que consiste en la solución analítica del problema. Por muy precisa que sea la solución analítica, sus resultados sólo serán indicativos de la respuesta de la estructura real en la medida en que el modelo analizado represente fielmente sus propiedades.

Generalmente se dan situaciones en que se requiere tener una estimación aproximada de la estructura, esto sucede cuando se necesita una determinación preliminar de los diferentes elementos estructurales, sea para comparar diferentes secciones que permitan estimar el costo económico del proyecto, o para iniciar un análisis más formal, desde las primeras etapas del proceso de diseño se deben conocer las características de la estructura. Se requieren las dimensiones de la estructura para calcular su peso propio y determinar las acciones debidas a carga muerta. En estructuras hiperestáticas, como son la gran mayoría es necesario conocer las propiedades mecánicas y geométricas de los elementos estructurales para determinar las rigideces que intervienen en la definición del modelo analítico.

El modelo estructural con el cual se realiza el análisis está integrado por las siguientes partes:

- a) **Modelo geométrico.** Este es un esquema que representa las principales características geométricas de la estructura, se representará a la estructura mediante un arreglo de los componentes estructurales básicos, cuyo comportamiento pueda conocerse (barras, placas, losas, arcos, etc.) y definir las propiedades geométricas equivalentes.
- b) **Modelo de las condiciones de continuidad.** Se establecerá como se conecta cada elemento a sus similares adyacentes (a través de un nudo rígido o permitiendo algún tipo de deformación relativa) y cuales son las condiciones de apoyo de la estructura (apoyo libre, articulación, empotramiento, etc.).

- c) **Modelo de comportamiento de los materiales.** Debe suponerse una relación acción - respuesta o esfuerzo - deformación del material que compone una estructura, generalmente se hace la hipótesis del comportamiento elástico lineal.

Análisis del Corporativo Roshfrans

El análisis de la estructura fue hecho de acuerdo a las especificaciones del Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México, considerando el efecto combinado de todas aquellas acciones con posibilidad de ocurrir simultáneamente.

Las acciones consideradas fueron de tres tipos:

- 1.- **Acciones permanentes.** Comprenden todas las cargas muertas de la estructura.
- 2.- **Acciones variables.** Comprenden todas las cargas vivas que actúan sobre la estructura.
- 3.- **Acciones accidentales.** Comprenden efectos ya sea de sismo o de viento.

Para el análisis de la estructura y determinación de los elementos mecánicos se consideraron dos condiciones de carga:

- 1.- **Cargas verticales.** Con el efecto combinado de acciones permanentes y acciones variables, tomando para las secciones variables la carga viva máxima recomendada por el Reglamento.
- 2.- **Cargas accidentales.** Con el efecto combinado de acciones permanentes, acciones variables y acciones accidentales, tomando para las secciones variables la carga viva media recomendada por el Reglamento. Para las acciones accidentales el efecto de sismo, es el que rige en éste tipo de estructuras.

A continuación se muestran las primeras hojas del listado de resultados del análisis de la estructura del edificio corporativo Roshfrans:

INVESTIGACION DE OPERACIONES E INGENIERIA DE SISTEMAS S. A.
 Calle 2, MS 2, Acazlas del Valle México 03230, D. F.
 524-4767.

Tela. (305)

IOIS/vtp Generador/Inspector CAD-SE GENIS R9615.2

Identif.: CADSE
 Proyecto: ...
 Cliente: ROBERTAS
 Obra: OFICINAS
 Clasificación: <Optim>
 Archivo datos: DATOS.00.ATL
 Fecha [Rev]: 3/12/95 (01)
 Fecha Hora: 13/AG/97 17:09:17

Elaboró: A.R.M.
 Revisó: Raul Leon Perilliat
 Aprobó: J.J.P.G / R.J.P.

```

      0000      0
    00 00      00
    00 00      00
  000 00 00  000000 00 000
  0000000 00 000000 00 000 00
  00 0 00 00  00 00 00 00
  00 0 00 00  00 00 00 00
  00 00 00 00  00 00 00 00
  00 00 000000  000 1400
    
```

NTOS DESIGNACION, ELEMENTOS MECANICOS (Inercia, Densidad)

Ele. Co/Ch	Fax Fbx	Fay Fly	Faz Fbz	Max Mbx	May Mby	Max Mbz
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton-m)	(ton-m)	(ton-m)
485 1	11.45048	-0.25333	23.27797	0.00416	8.23756	-0.32648
485 2	-11.45048	0.25333	-23.27797	0.00408	34.58723	0.33648
	0.13216	0.30087	29.59638	-0.24749	-1.14274	-0.00667
	-0.13216	-0.30087	-29.59638	-0.05496	1.63704	0.00667
485 3	-07.99887	-1.98508	7.70551	6.77696	-109.75205	0.14594
	07.99887	1.98508	-7.70551	0.46029	-32.36374	-0.14596
485 4	-2.00788	-1.84889	10.96811	7.20852	-125.20357	0.36885
	2.00788	1.84889	-10.96811	-0.29378	-31.90581	-0.36885
485 1	-16.21577	-0.24144	74.02253	0.08209	9.93275	-0.46040
	16.21577	0.24144	-74.02253	0.12071	80.71397	0.46040
485 2	-2.72046	-2.70432	60.35914	9.19870	-154.24014	-0.09518
	2.72046	2.70432	-60.35914	1.26246	-6.28237	0.09518
485 3	-15.19525	-1.76406	63.31438	3.14101	-71.60578	-0.33862
	15.19525	1.76406	-63.31438	1.45605	14.77553	0.33862
485 4	-0.67707	1.38465	53.30721	-5.01061	87.21438	-0.41430
	0.67707	-1.38465	-53.30721	-0.16707	64.91785	0.41430
485 5	-0.40228	2.50491	46.16226	-9.76806	169.84874	-0.65974
	0.40228	-2.50491	-46.16226	0.02502	85.97576	0.65974
485 6	-4.02733	2.10493	-71.37954	10.23108	-166.13780	0.07645
	4.02733	-2.10493	71.37954	0.53513	-5.92984	-0.07645
485 7	-15.19525	-1.76406	63.31438	3.14101	-71.60578	-0.33862
	15.19525	1.76406	-63.31438	1.45605	14.77553	0.33862
485 8	-0.67707	1.38465	53.30721	-5.01061	87.21438	-0.41430
	0.67707	-1.38465	-53.30721	-0.16707	64.91785	0.41430
485 9	-0.40228	2.50491	46.16226	-9.76806	169.84874	-0.65974
	0.40228	-2.50491	-46.16226	0.02502	85.97576	0.65974
Max 485	46.02733	2.10493	-71.37954	10.23108	-166.13780	0.07645
Min 485	-46.02733	-2.10493	71.37954	-10.23108	166.13780	-0.07645

		13.18110	0.24178	-61.75168	0.83241	60.92720	0.14987
491	2	-2.94538	-0.40194	51.01742	0.02877	32.90020	-2.24400
		2.94538	0.40194	-51.01742	-0.02877	-32.90020	2.24400
491	3	-0.18777	-0.75842	49.37932	0.05439	36.44740	-1.00578
		0.18777	0.75842	-49.37932	-0.05439	-36.44740	1.00578
491	4	4.17945	0.21191	-47.61004	-0.02170	124.89273	-1.24138
		-4.17945	-0.21191	47.61004	0.02170	-124.89273	1.24138
491	5	-9.68713	-0.35542	48.37932	0.04609	30.44740	-1.00578
		9.68713	0.35542	-48.37932	-0.04609	-30.44740	1.00578
491	6	78.53981	-0.47952	-51.75402	3.17910	-134.81400	1.00578
		-78.53981	0.47952	51.75402	-3.17910	134.81400	-1.00578
491	7	-0.18777	-0.75842	49.37932	0.05439	36.44740	-1.00578
		0.18777	0.75842	-49.37932	-0.05439	-36.44740	1.00578
491	8	-16.92945	-0.21191	-47.61004	-0.02170	124.89273	-1.24138
		16.92945	0.21191	47.61004	0.02170	-124.89273	1.24138
491	9	9.68713	-0.35542	48.37932	0.04609	30.44740	-1.00578
		-9.68713	0.35542	-48.37932	-0.04609	-30.44740	1.00578
May 1977		59.68713	-0.35542	48.37932	0.04609	30.44740	-1.00578
		-59.68713	0.35542	-48.37932	-0.04609	-30.44740	1.00578
May 1978		28.53981	-0.47952	-51.75402	3.17910	-134.81400	1.00578
		-28.53981	0.47952	51.75402	-3.17910	134.81400	-1.00578
491		5.19408	-0.42418	21.07330	0.17482	-40.12691	1.01138
		-5.19408	0.42418	-21.07330	-0.17482	40.12691	-1.01138
491		-1.24005	-0.13511	10.03665	0.04391	20.06345	-0.50569
		1.24005	0.13511	-10.03665	-0.04391	-20.06345	0.50569
491		-5.08994	-0.18115	9.03665	0.06115	18.07330	-0.68115
		5.08994	0.18115	-9.03665	-0.06115	-18.07330	0.68115
491		4.79257	-0.42418	21.07330	0.17482	-40.12691	1.01138
		-4.79257	0.42418	-21.07330	-0.17482	40.12691	-1.01138
491	1	-0.87958	-0.64434	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		0.87958	0.64434	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
491	2	6.72517	-0.65489	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		-6.72517	0.65489	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
491	3	6.33800	-0.24294	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		-6.33800	0.24294	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
491	4	6.47277	-0.78787	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		-6.47277	0.78787	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
491	5	-9.53580	-1.06671	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		9.53580	1.06671	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
491	6	-0.34617	-0.49784	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		0.34617	0.49784	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
491	7	6.33800	-0.24294	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		-6.33800	0.24294	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
491	8	6.47277	-0.78787	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		-6.47277	0.78787	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
491	9	9.53580	-1.06671	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		-9.53580	1.06671	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
93	1	37.53246	0.05274	-29.48111	2.04579	-64.51793	1.01138
		-37.53246	-0.05274	29.48111	-2.04579	64.51793	-1.01138
93	2	3.34617	1.06671	-29.48111	2.04579	-64.51793	1.01138
		-3.34617	-1.06671	29.48111	-2.04579	64.51793	-1.01138
93	3	10.14812	-0.42418	21.07330	0.17482	-40.12691	1.01138
		-10.14812	0.42418	-21.07330	-0.17482	40.12691	-1.01138
93	4	0.20964	-1.13511	10.03665	0.04391	20.06345	-0.50569
		-0.20964	1.13511	-10.03665	-0.04391	-20.06345	0.50569
93	5	3.28554	-0.17315	47.61004	0.02170	124.89273	-1.24138
		-3.28554	0.17315	-47.61004	-0.02170	-124.89273	1.24138
93	6	-14.00627	-0.44642	19.07197	3.67035	-101.93218	1.68813
		14.00627	0.44642	-19.07197	-3.67035	101.93218	-1.68813
93	7	-17.83435	-0.93195	19.07197	4.19422	-116.58659	2.01907
		17.83435	0.93195	-19.07197	-4.19422	116.58659	-2.01907
93	8	4.19378	-0.18115	9.03665	0.06115	18.07330	-0.68115
		-4.19378	0.18115	-9.03665	-0.06115	-18.07330	0.68115
93	9	16.59712	-1.06671	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		-16.59712	1.06671	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958
93	10	-1.62645	-0.16731	13.64989	0.03025	15.64989	-0.05184
		1.62645	0.16731	-13.64989	-0.03025	-15.64989	0.05184
93	11	-0.21648	-0.48063	13.64989	0.03025	15.64989	-0.05184
		0.21648	0.48063	-13.64989	-0.03025	-15.64989	0.05184
93	12	3.18713	-1.05511	29.48111	0.17482	10.21311	-0.87958
		-3.18713	1.05511	-29.48111	-0.17482	-10.21311	0.87958

→ reduccion 1136mm go Harrison fuel →

7Kil

	487	1	16.55197	-1.32389	39.35202	0.0654	27.92555	0.37175
			16.55197	1.32389	-39.35202	4.15091	33.97982	-0.37175
TR2	487	2	-1.26362	0.11039	33.75103	-0.13372	7.29206	-0.01964
			1.26362	-0.11039	-33.75103	0.13372	-7.29206	0.01964
	487	3	-1.59002	-3.44195	2.74477	2.02444	-78.19339	1.82347
			1.59002	3.44195	-2.74477	-2.02444	78.19339	-1.82347
	487	4	-8.20325	-4.03591	4.45407	3.12307	-95.84187	2.64640
			8.20325	4.03591	-4.45407	-3.12307	95.84187	-2.64640
	487	1	22.80369	-1.53610	101.39460	0.00000	49.30464	0.49297
			22.80369	1.53610	-101.39460	0.00000	-49.30464	-0.49297
	487	2	-6.73891	-6.43064	84.27625	4.11819	-78.90119	3.26646
			6.73891	6.43064	-84.27625	-4.11819	78.90119	-3.26646
	487	3	-1.92477	-3.78694	81.55256	1.66770	-15.64555	1.51984
			1.92477	3.78694	-81.55256	-1.66770	15.64555	-1.51984
	487	4	-1.75914	1.12165	78.27496	-1.20129	93.12429	-0.74518
			1.75914	-1.12165	-78.27496	1.20129	-93.12429	0.74518
	487	5	-1.47329	-3.78694	75.27496	-1.20129	156.37991	-2.49160
			1.47329	3.78694	-75.27496	1.20129	-156.37991	2.49160
	487	6	28.83110	-6.73891	86.47625	1.00000	141.22419	1.49180
			28.83110	6.73891	-86.47625	-1.00000	-141.22419	-1.49180
	487	7	-1.92477	-3.78694	81.55256	1.66770	-15.64555	1.51984
			1.92477	3.78694	-81.55256	-1.66770	15.64555	-1.51984
	487	8	-1.75914	1.12165	78.27496	-1.20129	93.12429	-0.74518
			1.75914	-1.12165	-78.27496	1.20129	-93.12429	0.74518
	487	9	-1.47329	-3.78694	75.27496	-1.20129	156.37991	-2.49160
			1.47329	3.78694	-75.27496	1.20129	-156.37991	2.49160
	Max	TR	19.57119	-6.73891	101.39460	0.00000	141.22419	1.49180
			19.57119	6.73891	-101.39460	0.00000	-141.22419	-1.49180
	Min	TR	-18.83110	6.73891	-86.47625	-1.00000	-141.22419	-1.49180
			-18.83110	-6.73891	86.47625	1.00000	141.22419	1.49180
TR-3	489	1	-1.41803	-1.26409	34.35202	4.15091	13.86550	0.04574
			1.41803	1.26409	-34.35202	-4.15091	-13.86550	-0.04574
	489	2	-1.07676	0.11183	27.45103	-0.13372	9.27850	-0.02123
			1.07676	-0.11183	-27.45103	0.13372	-9.27850	0.02123
	489	3	-1.78261	0.13829	3.00000	-0.00000	-34.95269	1.06720
			1.78261	-0.13829	-3.00000	0.00000	34.95269	-1.06720
	489	4	-1.70437	-1.67833	47.27496	0.00000	-114.59236	4.48740
			1.70437	1.67833	-47.27496	0.00000	114.59236	-4.48740
	489	1	-1.70778	-1.67833	47.27496	0.00000	-114.59236	4.48740
			1.70778	1.67833	-47.27496	0.00000	114.59236	-4.48740
	489	2	-1.75138	-1.13460	75.27496	-1.20129	52.57931	-2.25171
			1.75138	1.13460	-75.27496	1.20129	-52.57931	2.25171
489	3	-0.25737	-0.67833	71.17617	2.00000	-42.00906	-2.24760	
		0.25737	0.67833	-71.17617	-2.00000	42.00906	2.24760	
489	4	-6.21036	-1.79504	68.27496	0.00000	49.27591	-2.21342	
		6.21036	1.79504	-68.27496	0.00000	-49.27591	2.21342	
489	5	-1.70437	-1.67833	47.27496	0.00000	-114.59236	4.48740	
		1.70437	1.67833	-47.27496	0.00000	114.59236	-4.48740	
489	6	-1.70778	-1.67833	47.27496	0.00000	-114.59236	4.48740	
		1.70778	1.67833	-47.27496	0.00000	114.59236	-4.48740	
489	7	-0.25737	-0.67833	71.17617	2.00000	-42.00906	-2.24760	
		0.25737	0.67833	-71.17617	-2.00000	42.00906	2.24760	
489	8	-6.21036	-1.79504	68.27496	0.00000	49.27591	-2.21342	
		6.21036	1.79504	-68.27496	0.00000	-49.27591	2.21342	
489	9	-1.70437	-1.67833	47.27496	0.00000	-114.59236	4.48740	
		1.70437	1.67833	-47.27496	0.00000	114.59236	-4.48740	
	Max	TR3	-1.70437	-1.67833	47.27496	0.00000	-114.59236	4.48740
			1.70437	1.67833	-47.27496	0.00000	114.59236	-4.48740
	Min	TR3	-1.70778	-1.67833	47.27496	0.00000	-114.59236	4.48740
			1.70778	1.67833	-47.27496	0.00000	114.59236	-4.48740
TR4	491	1	-1.91704	-0.19291	24.35202	0.00000	8.81878	-0.09328
			1.91704	0.19291	-24.35202	0.00000	-8.81878	0.09328
	491	2	-1.21625	-0.05550	19.52300	0.00000	19.12273	-0.01460
			1.21625	0.05550	-19.52300	0.00000	-19.12273	0.01460
	491	3	-1.21625	-0.05550	19.52300	0.00000	19.12273	-0.01460
			1.21625	0.05550	-19.52300	0.00000	-19.12273	0.01460
491	4	-1.48132	-0.21744	24.35202	-1.00000	3.71636	1.88222	
		1.48132	0.21744	-24.35202	1.00000	-3.71636	-1.88222	
491	1	-1.48132	-0.21744	24.35202	-1.00000	3.71636	1.88222	
		1.48132	0.21744	-24.35202	1.00000	-3.71636	-1.88222	

IV.6 DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

IV.6.1 SISTEMA DE PISO

Losacero. Como sistema de piso en todos los niveles del edificio se seleccionó como elemento constructivo la losacero tipo Romsa o similar.

A continuación se presenta el método indicado por los fabricantes para determinar la sección adecuada:

datos:	sobrecarga	445 kg/m ²
	claro	2.50 m
	f _c	200 kg/cm ²
	capa de compresión	= 6 cm

Procedimiento:

1.- verificar si es necesario apuntalar al centro del claro

a). La deflexión de la lámina debida a su peso propio y al del concreto, no debe ser mayor que L/180 ó 1.9 cm

se propone losacero romsa ó similar sección QL-99-M62, Cal.22 de las tablas del fabricante, para el calibre propuesto:

$$I_s = 73.74 \text{ cm}^4 \quad (\text{momento de inercia de la sección de acero})$$

$$W_D = 217.90 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{peso propio de la lámina y del concreto})$$

$$\Delta = \frac{5W_D L^4 (100)^3}{384 E I_s}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 217.9 \times 2.50^4 \times 100^3}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 73.74} = 0.72 \text{ cm}$$

L/180 = 2.50 x 100/180 = 1.39 cm ∴ Por deflexión se considera adecuada la sección

b). el esfuerzo debido al peso propio de la lámina, al del concreto y a una carga viva transitoria debida al proceso de construcción de 100 kg/ m² no debe ser mayor de 1400 kg/cm²

$$f_b \text{ (Esfuerzo en la parte baja de la lámina)} = \frac{100WL^2}{8S_T}$$

$$f_t \text{ (Esfuerzo en la parte alta de la lámina)} = \frac{100WL^2}{8S_T} - \frac{100WL^2}{8S_T}$$

De las especificaciones de ROMSA para calibre 22.

$$S_T = 23.25 \text{ cm}^3 \text{ (Modulo de sección de acero en la fibra inf.)}$$

$$S_B = 24.30 \text{ cm}^3 \text{ (Modulo de sección de acero en la fibra sup.)}$$

$$w = 217.90 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 = 317.90 \text{ kg/m}^2$$

$$f_t = 100 \times 317.9 \times 2.5^2 / (8 \times 23.25) = 1068 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = 100 \times 317.9 \times 2.5^2 / (8 \times 24.3) = 1022 \text{ kg/cm}^2 < 1400 \text{ kg/cm}^2$$

f_b por lo tanto es satisfactorio.

c).- el esfuerzo debido al peso propio de la lámina más el peso del concreto más el de una concentración de carga de 90 kg aplicada en un ancho de 30 cm, no debe ser mayor de $1.33 \times 1400 \text{ kg/cm}^2 = 1862 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{Momento máximo} = PL \times 100/4 + W_D L^2 \times 100/8$$

$$\text{Esfuerzo en la parte alta de la lámina: } f_t = \frac{PL(100)}{4(S_T/3.280883)} + \frac{W_D L^2(100)}{8S_T}$$

$$\text{Esfuerzo en la parte baja de la lámina: } f_b = \frac{PL(100)}{4(S_B/3.280883)} + \frac{W_D L^2(100)}{8S_B}$$

$$w_D = 217.90 \text{ kg/m}^2 \quad P = 90 \text{ kg}$$

$$f_t = \frac{90 \times 2.5 \times 100}{4 \times \frac{23.28}{3.280833}} + \frac{217.9 \times 2.5^2 \times 100}{8 \times 23.28} = 792 + 731.2 = 1523.97 \text{ kg/cm}^2 < 1862 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = \frac{90 \times 2.5 \times 100}{4 \times \frac{24.3}{3.280833}} + \frac{217.9 \times 2.5^2 \times 100}{8 \times 24.3} = 749.45 + 700.55 = 1460.01 \text{ kg/cm}^2 < 1862 \text{ kg/cm}^2$$

por lo tanto satisfactoria

2. Verificación de la deflexión de la sección compuesta:

$$\Delta = L \times 100 / 360 = 5 W_{II} L^4 (100)^3 / 384 EI \quad \text{Donde:}$$

W_{II} : sobrecarga en la sección compuesta.

De las tablas, para la sección QL - 99 - M62, cal. 22

$i_c = 517.45 \text{ cm}^4$ momento de inercia de la sección para deflexiones L/360 Sustituyendo:

$$2.50 \times 100 / 360 = 5 W_{II} \times 2.50^4 \times 100^3 / 384 \times 2.10 \times 10^6 \times 517.45$$

$$0.694 = 0.00047 W_{II} \quad \text{entonces:} \quad W_{II} = 63 \text{ kg/m}^2 > 445 \text{ kg/m}^2$$

por lo tanto satisfactorio

3. Verificación del esfuerzo en la fibra superior del concreto, debido a la sobrecarga únicamente:

$$f_c = W_{II} L^2 100 / 8 n s_{cc} \quad \text{Donde:}$$

f_c : esfuerzo permisible del concreto a compresión = (90 kg/cm²)

s_{cc} : modulo de sección de la sección compuesta

De la información técnica publicada por ROMSA se tiene: $s_{cc} = 130.01 \text{ cm}^3$

$$n = 10$$

relación modular:

$$90 = \frac{W_{LL} (2.5)^2 (100)}{(8)(10)(130.01)} \quad \text{De donde} \quad W_{LL} = 1497.72 \text{ kg/m}^2 > 445 \text{ kg/m}^2$$

Por lo tanto satisfactorio

4.-Verificación por cortante debido a sobrecarga:

$$V_R = \frac{W_{LL} L}{2} = 2012 \text{ kg.}$$

$$2012 = \frac{W_{LL} \times (2.5)}{2}, \text{ despejando}$$

$$W_{LL} = 1609 \text{ kg/m}^2 > 445 \text{ kg/m}^2$$

entonces por cortante es adecuada la sección.

En general es satisfactoria la revisión de la losaceroQL-99M62, Cal. 22

IV.6.2 LOSAS DE CONCRETO

Las losas son elementos estructurales cuyas dimensiones en planta son relativamente grandes en comparación con su peralte, las acciones principales sobre ellas son cargas normales a su plano; cuando las losas se apoyan sobre vigas o trabes reciben el nombre de losas perimetralmente apoyadas.

Dimensionamiento por el Método del Reglamento del Distrito Federal / 1996

Este método está basado en otro desarrollado originalmente por Siess y Newmark, los momentos flexionantes se obtienen empleando los coeficientes que se presentan en la tabla 4.1 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño de Estructuras de Concreto, los momentos así obtenidos son momentos por unidad de ancho, posteriormente se calcula el peralte y el porcentaje de refuerzo utilizando las fórmulas de flexión, como si se tratara de vigas de ancho unitario, en las tablas mencionadas se incluyen coeficientes para losas construidas monolíticamente con las vigas de apoyo y para losas apoyadas en vigas de acero, esto se debe a que en el primer caso, las vigas de concreto proporcionan restricción contra el giro, en el otro caso no ocurre así.

Secciones críticas y franjas de refuerzo.

Para momento negativo, las secciones críticas se tomaron en los bordes de tablero, y para el positivo en las líneas medias.

Para colocación del refuerzo, la losa se considerará dividida en cada dirección en dos franjas extremas y una central.

Las relaciones de claro corto a largo mayores de 0.5, en las franjas centrales tendrán un ancho igual a la mitad del claro perpendicular a ellas y cada franja extrema igual a la cuarta parte del mismo claro.

Para relaciones de claro corto a_1 a claro largo a_2 menores de 0.5, la franja central perpendicular al lado largo tendrá un ancho igual a $(a_2 - a_1)$ y cada franja extrema igual a $0.5 a_1$

Diseño de losas de zona de baños

Datos:

Dimensiones del tablero = 3.50 x 5.50 m.

Carga muerta más carga viva (entrepiso) = 415 + 250 = 665 kg/m²

Materiales:

$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia especificada del concreto a compresión)

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo)

constantes:

$f'_c = 0.8 f_c = 0.80 \times 250 = 200 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia nominal del concreto a compresión)

$f'_c = 0.85 f_c = 0.85 \times 200 = 170 \text{ kg/cm}^2$

$$P_{min} = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.7\sqrt{250}}{4200} = 0.00264$$

$$P_{max.} = 0.75Pb = \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{4800}{f_y} + 6000$$

Peralte mínimo

Cuando sea aplicable la tabla 4.1 de las normas técnicas complementarias podrá omitirse el cálculo de deflexiones si el peralte efectivo del tablero no es menor que el perímetro del mismo entre 270 para este cálculo la longitud de lados discontinuos se incrementará en 25%.

$$d_{min} = \frac{1.25(\text{perímetro})}{270} \times 0.034 \sqrt{wf_s}$$

En las losas de la zona de baños se considerarán los tableros como aislados por ser ésta la condición más crítica.

$$\text{Perímetro} = \frac{1.25(2(350 + 550))}{270} = 8.33 \text{ cm.}$$

$$f_s = 0.6 f_y = 0.6 (4200) = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

(f_s = esfuerzo del acero en condiciones de servicio)

$$w = 665 \text{ kg/m}^2 = \text{cm} + cv_{max} = \text{carga muerta} + \text{carga viva máxima}$$

$$d_{min.} = 8.33 \times 0.034 \sqrt{\sqrt{2520 \times 665}} = 10.19 \text{ cm}$$

recubrimiento 2.0 cm.

$$h = 10.19 + 2.0 = 12.19 = 13 \text{ cm. (peralte total)}$$

Revisión por flexión del peralte propuesto (100 x 13). Se debe cumplir $p_{min} < p < p_{max}$

se revisará con el momento positivo en el claro corto: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{3.50}{5.50} = 0.64$

De la tabla 4.1, (ver anexo 1) se obtiene interpolando linealmente $k = 0.0768$

$$M = 2 k w a_1 = 0.0768 \times 665 \times (3.5)^2 = 625 \text{ kg-m} \quad \text{entonces} \quad M = 0.625 \text{ t-m/m}$$

Cálculo del porcentaje de acero

$$p = \frac{f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2F_c M}{0.9 b d^2 f'_c}} \right)$$

$$p = \frac{170}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.4 \times 0.625 \times 10^5}{0.9 \times 100 \times 11^2 \times 170}} \right) = 0.0019 < p_{min.}$$

TABLA 4 COEFICIENTES DE MOMENTOS PARA TABLEROS RECTANGULARES. FRANJAS CENTRALES
Para las franjas extremas, multiplíquense los coeficientes por 0.60

Tablero	Momento	Claro	Relación de lados corto a largo, $m = a_1 / a_2$													
			0		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0	
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
INTERIOR Todos los bordes continuos	Neg- en bordes interiores	Corto	998	1018	553	565	489	498	432	438	381	387	333	338	288	292
		Largo	516	544	409	431	391	412	371	388	347	361	320	330	288	292
	positivo	Corto	630	668	312	322	268	276	228	236	192	199	158	164	126	130
		Largo	175	181	139	144	134	139	130	135	128	133	127	131	126	130
DE BORDE Un lado corto discontinuo	Neg- en bordes interiores	Corto	998	1018	568	594	506	533	451	478	433	431	357	388	315	346
		Largo	516	544	409	431	391	412	372	392	350	369	326	341	297	311
	Neg- en bordes dis.	Largo	326	0	258	0	248	0	236	0	222	0	206	0	190	0
		Positivo	Corto	630	668	329	356	292	306	240	261	202	219	167	181	133
Largo	179		187	142	149	137	143	133	140	131	137	129	136	129	135	
DE BORDE Un lado largo discontinuo	Neg- en bordes interiores	Corto	1060	1143	583	624	514	548	453	481	397	420	346	364	297	311
		Largo	587	687	465	545	442	513	411	470	379	426	347	384	315	346
	Neg- en bordes dis.	Corto	651	0	362	0	321	0	283	0	250	0	219	0	190	0
		positivo	Corto	751	912	334	365	285	312	241	263	202	218	164	175	129
Largo	185		200	147	158	142	153	138	149	135	146	134	145	133	144	
DE ESQUINA Dos lados adyacentes discontinuo s	Neg- en bordes interiores	Corto	1060	1143	598	652	530	582	471	520	419	464	371	412	324	364
		Largo	600	713	475	564	455	541	429	506	394	457	350	410	324	364
	Neg- en bordes dis Continuos	Corto	651	0	362	0	321	0	277	0	250	0	219	0	190	0
		Largo	326	0	250	0	248	0	236	0	222	0	206	0	190	0
Positivo	Corto	751	912	358	416	306	354	259	298	216	247	176	199	137	153	
	Largo	191	212	152	168	146	163	142	158	140	156	138	154	137	153	
AISLADO Cuatro lados discontinuo s	Neg- en bordes Discontinuo	Corto	570	0	550	0	530	0	470	0	430	0	380	0	330	0
		Largo	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0
	Positivo	Corto	1100	1670	830	1380	830	1330	720	1190	640	1070	570	950	500	830
		Largo	200	250	500	830	500	830	500	830	500	630	500	830	500	830

Caso I losa colada monolíticamente con sus apoyos
 Caso II losa no colada monolíticamente con sus apoyos
 Los coeficientes multiplicados por $10^{-4} w(a_1)^2$ dan momentos por unidad de ancho

Para el caso I a_1 y a_2 pueden tomarse como los claros libres entre paños de las vigas.
 Para el caso II se tomarán como los claros entre ejes, pero sin exceder del claro libre más dos veces el espesor de la losa.

Como $\therefore p = 0.00264$

$$A_{s \text{ min}} = 0.00264 \times 100 \times 11 = 2.90 \text{ cm}^2 / \text{m}.$$

$$s_{\#3} = 100 \times 0.71 / 2.90 = 24.45 \text{ cm}.$$

El tablero de losa se armará en las dos direcciones, con vars. #3 @ 20 cm en las franjas extremas correspondientes al momento negativo y a la misma separación en la franja central de momento positivo.

Revisión por cortante del peralte propuesto.-

Se supondrá que la sección crítica se desarrolla a un peralte efectivo del paño del apoyo. la fuerza cortante que actúa en un ancho unitario se calculará con la siguiente expresión:

$$V_u = \frac{(a_1/2 - d)F_c \omega}{\left[1 + \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^6\right]}$$

cuando haya bordes discontinuos en el tablero de losa, la fuerza cortante se incrementará en 15%.

$$V_u = \frac{(a_1/2 - d)F_c \omega 1.15}{\left[1 + \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^6\right]} = \frac{(3.5/2 - 0.11)1.4 \times 665 \times 1.15}{\left[1 + \left(\frac{3.50}{5.50}\right)^6\right]} = 1646.5 \text{ Kg / m}$$

Adicionalmente la resistencia de la losa a fuerza cortante se supondrá igual a:

$$V_r = 0.5 F_r b d \sqrt{f'_c} = 0.5 (0.8) (100) (11 \sqrt{200}) = 6222 \text{ kg} > V_u$$

∴ la resistencia de la losa a fuerza cortante es la adecuada

IV.6.3 COLUMNAS DE CONCRETO

Las columnas son elementos de concreto reforzado sujetos a la acción de carga axial y momento flexionante (flexocompresión), que pueden trabajar en una dirección (flexocompresión uniaxial) o en las dos (flexocompresión biaxial).

De manera general el problema se puede describir como a continuación se indica:

Se puede suponer que la carga axial "P" y el momento flexionante "M", varían independientemente uno del otro; análogamente un sistema estáticamente equivalente está definido por $M = P e$, en donde el termino "e" representa la excentricidad en donde se aplica la carga "P".

En algunas estructuras “P” y “M” varían en la misma proporción en una sección transversal dada, al variar las condiciones de carga, esto equivale a afirmar que la excentricidad “e” permanece constante, sin embargo en otros casos “P” y “M” pueden variar en distinta forma y entonces “e” no es constante.

Una columna puede alcanzar su resistencia bajo innumerables combinaciones de carga axial y momento flexionante. Estas combinaciones varían desde una carga axial máxima (P_0) que puede ser de tensión ó compresión y un momento nulo, hasta un momento flexionante máximo (M_0) y una carga axial nula.

El lugar geométrico de las combinaciones de carga axial y momentos flexionantes con las que una columna puede alcanzar su resistencia se representa gráficamente por medio de un diagrama de interacción. Cualquier punto en la curva de trazo continuo representa una combinación de momento y carga axial que hace que el elemento alcance su resistencia.

Existen dos modos principales de falla de elementos sujetos a flexocompresión, estos son la ~~falla a compresión~~ y la ~~falla a la tensión~~. En el primer caso la falla se presenta por aplastamiento del concreto, el acero del lado más comprimido fluye en tanto que el lado opuesto no fluye en tensión.

El segundo modo de falla se produce cuando el acero de un lado fluye en tensión antes de que se produzca el aplastamiento del concreto en el lado opuesto más comprimido.

El tipo de falla depende de la relación entre el momento y la carga axial en el colapso.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA.

Si se tiene el *diagrama de interacción* de un elemento dado, es posible determinar su resistencia para una carga axial “P” y un momento flexionante “M” localizando el punto en el diagrama que corresponde a la combinación de “P” y “M”.

El cálculo de la resistencia se reduce a la determinación del diagrama de interacción. Podemos decir que el diagrama de interacción de un elemento puede obtenerse a partir de las hipótesis ligadas al comportamiento básico del elemento y al mecanismo acción-respuesta.

Las hipótesis que se hacen son las siguientes:

- a) La distribución de deformaciones unitarias longitudinales en la sección transversal de un elemento es plana.
- b) Existe adherencia entre el concreto y el acero de tal manera que la deformación unitaria del acero es igual a la del concreto adyacente.
- c) El concreto no resiste esfuerzos de tensión.
- d) La deformación unitaria del concreto en compresión cuando este alcanza la resistencia de la sección es igual a 0.003.
- e) La distribución de esfuerzos de compresión en el concreto, cuando este alcanza la resistencia, es uniforme en una zona cuya profundidad es 0.8 veces la profundidad del eje neutro.

El diagrama de interacción se obtiene determinando varios puntos que lo definan y también se puede definir un diagrama en forma aproximada estimando los siguientes puntos cercanos a ellos:

- a) Para el punto "Poc" que corresponde a carga axial de compresión pura, se supone un estado de deformaciones unitarias de compresión uniforme.
- b) b).- Para el punto "D" que corresponde a la falla balanceada, también se le supone un estado de deformaciones unitarias definidas por (ϵ_{cu}) en la fibra extrema de compresión y por (ϵ_y) en el acero de tensión. Este estado de deformación es el que se tiene cuando simultáneamente el concreto alcanza su deformación máxima útil y el acero su límite de fluencia.
- c) El punto "Mo"; corresponde al momento sin carga axial para el cual se supone un estado de deformaciones semejantes a los obtenidos para la resistencia a flexión.

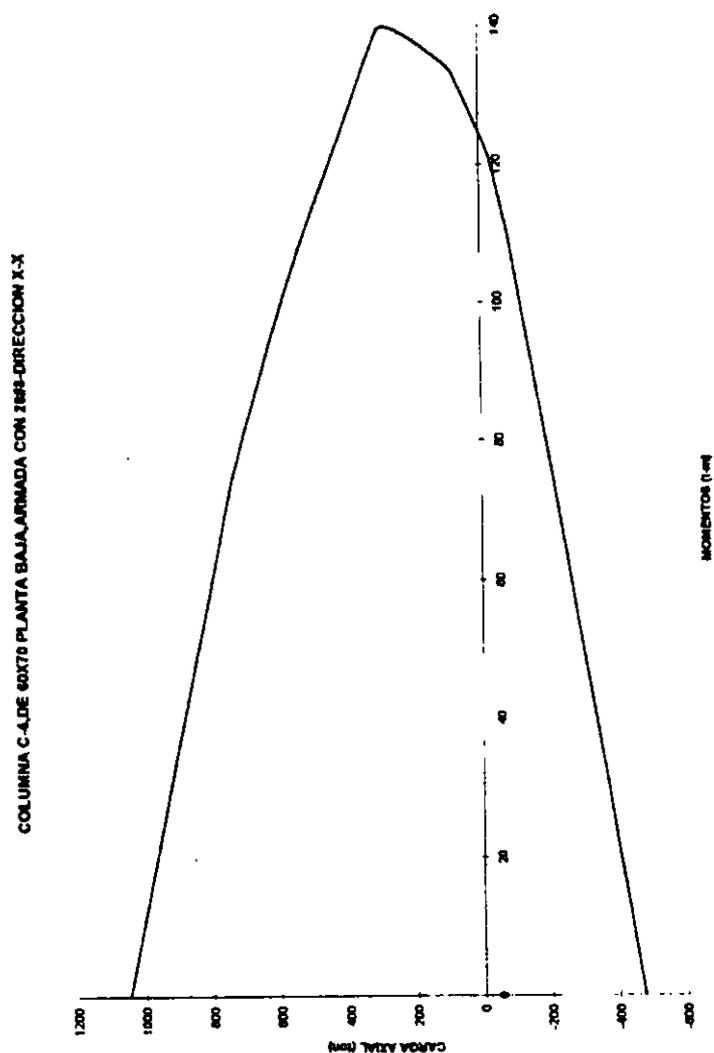


Fig. 13 Diagrama de Interacción

- d) Un punto adicional entre los puntos “Poc” y “D” y otros dos puntos mas entre los puntos “D” y “Mo”.

En la mayoría de los casos, estos puntos son suficientes para definir con precisión el llamado diagrama de interacción.

Para nuestro proyecto, los elementos mecánicos obtenidos del análisis bajo cargas de servicio, fueron multiplicados por sus correspondientes factores de carga para todas las combinaciones posibles y se compararon con la resistencia de las secciones obtenidas en los diagramas de interacción de cada columna.

En la figura 13 se presenta el diagrama de la columna c-4.

IV.6.4 VIGAS DE CONCRETO

La resistencia de secciones de cualquier forma sujetas a tensión, carga axial o una combinación de ambas, se efectuará a partir de las condiciones de equilibrio y de las hipótesis descritas en el capítulo correspondiente a las columnas de concreto.

En la figura 14 se muestran los estados de deformaciones y esfuerzos en una sección transversal de una viga sujeta a flexión, se puede apreciar que la forma del diagrama de esfuerzos de compresión es similar a la curva esfuerzo-deformación de un espécimen ensayado a compresión.

El área del diagrama de esfuerzos de compresión y la posición de la resultante de compresión, pueden determinarse a partir de tres parámetros adimensionales: $\beta_1, \beta_2, \beta_3$.

El parámetro β_1 relaciona el esfuerzo máximo en flexión con la resistencia de los cilindros de control y a la vez indica la relación entre el esfuerzo promedio y el esfuerzo máximo en la zona de compresión. El parámetro β_2 indica la posición de la resultante de compresión.

El área del diagrama de compresiones y la posición de la resultante, pueden definirse mediante expresiones matemáticas que permiten idealizar el diagrama de esfuerzos de compresión.

Con el objeto de desarrollar métodos sencillos de cálculo, los reglamentos de construcción recurren a hipótesis simplificadoras en las cuales se fija un valor de la deformación unitaria máxima útil del concreto (ϵ_{cu}), en donde se definen diagramas idealizados de los esfuerzos de compresión, de tal manera que el área del diagrama de esfuerzos y la posición de la resultante de compresión sean semejantes a las que corresponde una distribución real.

resistencia de elementos sujetos a flexión simple

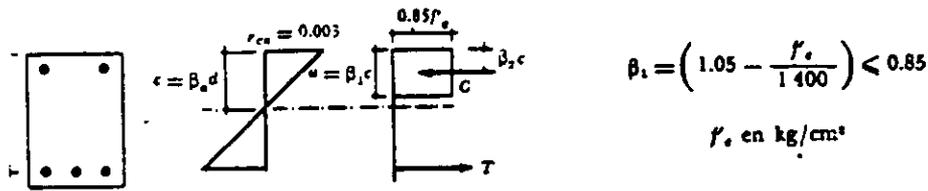


Fig. 14 Hipótesis ACI-71 Sobre la distribución de deformaciones y esfuerzos en la zona de compresión

Obtención del porcentaje del área de acero:

$$T = baf''_c = f_y a_s = f_y p b d \quad a = \frac{p b d f_y}{b f''_c} = \frac{p d f_y}{f''_c}$$

$$M_u = F_R (b a f''_c) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\frac{M_u}{F_R} = \left(b d f''_c \frac{p d f_y}{f''_c} - \frac{b f''_c p^2 d^2 f_y^2}{2 f_c'^2} \right)$$

$$\frac{M_u}{F_R} = \left(p b d^2 f_y - \frac{b p^2 d^2 f_y^2}{2 f_c'^2} \right)$$

$$\frac{M_u}{F_R b d^2 f_c''} = \left(p \frac{f_y}{f_c''} - p^2 \frac{f_y^2}{2 f_c'^2} \right)$$

$$\frac{f_y^2}{f_c'^2} p^2 - 2 \frac{f_y}{f_c''} p + \frac{2 M_u}{F_R b d^2 f_c''} = 0$$

$$p = \frac{\frac{f_y}{f_c''} \pm \sqrt{\left(\frac{f_y}{f_c''}\right)^2 - \frac{2 M_u}{F_R b d^2 f_c''} \left(\frac{f_y}{f_c''}\right)}}{\left(\frac{f_y}{f_c''}\right)^2} = \frac{\frac{f_y}{f_c''} \pm \frac{f_y}{f_c''} \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{F_R b d^2 f_c''}}}{\left(\frac{f_y}{f_c''}\right)^2}$$

$$p = \frac{(f_c'')^2}{(f_y)^2} \left[\frac{f_y}{f_c''} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{F_R b d^2 f_c''}} \right) \right] = \frac{f_c''}{f_y} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{F_R b d^2 f_c''}} \right)$$

si $M_u = 0$

$$p_1 = 2 \frac{f_c''}{f_y}, p_2 = 0 \quad \therefore$$

$$p = \frac{f_c''}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 M_u}{F_R b d^2 f_c''}} \right)$$

Diseño de viga t-8 (20 x 50) niveles 1 y 2

Datos: $M = 4.22$ t-m (momento flexionante)
 $V = 3.07$ ton. (fuerza cortante)
 $b = 20$ cm (ancho)
 $h = 50$ cm (peralte)

Materiales:

$f'_c = 250$ kg/cm² (resistencia especificada del concreto compresión)
 $f_y = 4200$ kg/cm² (esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo)

Constantes:

$f'_c = 0.8 f_c = 0.8 \times 250 = 200$ kg/cm² (resistencia nominal del concreto a compresión)
 $f''_c = 0.85 f_c = 0.85 \times 200 = 170$ kg/cm²

$$P_{min} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{250}}{4200} = 0.00264 \quad (\text{porcentaje mínimo})$$

$$P_{max} = 0.75 pb = 0.75 \frac{f''_c}{f_y} \left(\frac{4800}{f_y + 6000} \right) = 0.01429 \quad (\text{porcentaje máximo})$$

Diseño por Momento Flexionante (20 x 50)

$M_u = 1.4 \times 4.22 = 5.91$ t-m (momento de diseño)

$$p = \frac{f''_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{F_R b d^2 f''_c}} \right) \quad (\text{Porcentaje del área de acero})$$

$$p = \frac{170}{4200} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 5.91 \times 10^5}{0.9 \times 20 \times 47^2 \times 170}} \right) = 0.0037$$

$A_s = pbd = (0.0037)(20)(47) = 3.49$ cm², se usarán 2 varillas del no. 5 en ambos lechos ($A_s = 3.96$ cm²)

Diseño por Fuerza Cortante.

$V_u = 1.4 \times 3.07 = 4.30$ ton. (cortante de diseño)

$$V_{cr} = 0.8 b d (0.2 + 30p) \sqrt{f'_c}$$

$$V_{cr} = 0.8 \times 20 \times 47 [0.2 + (30 \times 0.00421)] \sqrt{200} = 3.47 \text{ Ton} < V_u$$

$$S = \frac{F_R A_s d}{(V_u - V_{cr})} = \frac{0.8 \times 2 \times 0.71 \times 4200 \times 47}{(4300 - 3470)} = 270 \text{ cm}$$

Y como $S = \frac{d}{2} = 25 \text{ cm}$ (Separación mínima) \therefore

Se colocarán estribos # 3 @ 25 cm en todo el claro.

Acero de refuerzo por cambios volumétricos.

$$a_s = \frac{660 X_1}{f_y (X_1 + 100)} \quad (\text{área transversal del refuerzo colocado en la dirección que se considera, por unidad de ancho de la pieza (cm}^2/\text{ m)})$$

$$a_s = \frac{660 \times 10 \times 100}{4200(10 + 100)} = 1.43 \text{ cm}^2/\text{ m}$$

$$s_{\#3} = 100 \times 0.71 / 1.43 = 49.70 \text{ cm} \quad (\text{no se requiere acero por cambios volumétricos) el armado final de esta viga deberá verse en los planos estructurales.}$$

IV.6.5 MUROS DE RIGIDEZ

Un sistema estructural ampliamente empleado para resistir cargas laterales es el de muros de rigidez, este sistema presenta la ventaja de facilitar el control de las deformaciones laterales, aspecto que se vuelve crítico en marcos de cierta altura; además evita la posibilidad de que se formen accidentalmente mecanismos de falla lateral.

Cuando se recurre a muros para resistir fuerzas laterales se recomienda tener presente las consideraciones siguientes:

1. La solución más recomendable consiste en tener al menos cuatro ejes con muros acoplados, y marcos en los ejes restantes; el contar con marcos, además de los muros suministra una segunda línea de defensa que puede evitar el colapso de la estructura.
2. Cuando se usen muros y marcos, al diseñarlos se debe revisar que la rigidez, resistencia y capacidad de deformarse de ambos elementos estructurales sean tales que permitan sumar sus resistencias, a fin de obtener un diseño eficiente.

Las normas técnicas para estructuras de concreto, especifican dos tipos de muros de concreto:

1. Muros sujetos a cargas verticales axiales o excéntricas.

Estos muros se dimensionarán por flexocompresión como si fueran columnas, teniendo en cuenta las siguientes disposiciones complementarias:

En tableros cuyos bordes verticales posean suficiente restricción, la longitud efectiva de pandeo, H' , se calculará como sigue:

$$\begin{aligned} H' &= H && \text{si } H/L \leq 0.35 \\ H' &= (1.3 - 0.85 H/L)H; && \text{si } 0.35 < H/L < 0.8 \\ H' &= 1/2; && \text{si } H/L \geq 0.8 \end{aligned}$$

Donde "H" es la altura del muro y "L" la longitud horizontal del tablero. Se entiende por tablero una porción de muro limitada por elementos estructurales verticales capaces de dar restricción lateral, o todo el muro si solo hay dichos elementos en los bordes del mismo.

Se considera suficiente restricción lateral la presencia de elementos estructurales ligados al tablero en sus bordes verticales, siempre que su dimensión perpendicular al plano del muro no sea menor que 2.5 veces el espesor del mismo.

En un muro de uno o varios tableros cuyos bordes no tienen suficiente restricción:

$$\begin{aligned} H' &= H && \text{si } H/L \leq 0.35 \\ H' &= 0.215 (H/L + 4.3) H < 2H && \text{si } H/L > 0.35 \end{aligned}$$

2. Muros sujetos a fuerzas horizontales en su plano

Estas disposiciones se aplican a muros cuya principal función sea resistir fuerzas horizontales en su plano, sin cargas verticales de consideración y con relación L/t no mayor de 70.

Si actúan cargas verticales, el espesor "t" de estos muros no será menor de 13 cm; tampoco será menor que 0.06 veces la altura no restringida lateralmente, a menos que se les suministre restricción lateral.

Para el diseño por sismo de los muros que resisten la totalidad de las fuerzas laterales, se usará $Q=3$ y cuando el muro no cumpla con los requisitos para elementos extremos se empleara $Q=2$, en donde "Q" es el factor de comportamiento sísmico.

Diseño del muro eje x, tramo 2, tablero 1

Datos:

$$\begin{aligned} M_u &= 159 \text{ ton-m} \\ V_u &= 53 \text{ ton} \\ P_u &= 100 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= 20 \text{ cm (espesor)} \\ L &= 740 \text{ cm (longitud)} \\ d &= 590 \text{ cm (peralte)} \end{aligned}$$

Materiales:

$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia especificado del concreto a compresión)

$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (esfuerzo especificado de fluencia del acero de refuerzo).

Constantes:

$f^*_c = 0.8 f'_c = (0.8)(250) = 200 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia nominal del concreto a compresión)

$f^*_c = 0.85 f'_c = (0.85)(200) = 170 \text{ kg/cm}^2$

se supondrán 20 cm. de espesor y se concentrará el refuerzo en los extremos.

Diseño por: flexión

$$M_u = F_R \left[A_s f_y d' + 0.5 P_U L \left(1 - \frac{P_U}{L f^*_c} \right) \right], \quad \text{despejando } A_s, \text{ se tiene:}$$

$$A_s = \frac{M_u / F_R - 0.5 P_U L \left(1 - \frac{P_U}{L f^*_c} \right)}{f_y d}$$

$$A_s = \frac{159 \times 10^5 / 0.85 - \left[0.5 \times 100000 \times 740 \left(1 - \frac{100000}{740 \times 20 \times 170} \right) \right]}{4200(590)}$$

$$A_s = -6.79 \text{ cm}^2 \quad \therefore \text{ se armará con } P_{\min} = 0.0025$$

$$S\#3 = \frac{2(0.71)}{20(0.0025)} = 28 \text{ cm} \rightarrow \#3 @ 20 \text{ cm (dos lechos)}$$

Diseño por cortante

$$V_U = 53 \text{ ton} \quad v_u = \frac{V_U}{0.8 L t} = \frac{53000}{0.8(740)(20)} = 4.476 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_{CR} = F_R (0.5 \sqrt{f^*_c} + P_h f_y) = F_R (0.5 \sqrt{F^* C}) = 0.85 (0.5 \sqrt{170}) = 5.54 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_h = P_{\min} = 0.0025$$

$$S\#3 = \frac{2(0.71)}{20(0.0025)} = 28 \text{ cm} \rightarrow \#3 @ 20 \text{ cm (dos lechos)}$$

El muro de concreto de 20 cm. de espesor se armará con doble parrilla #3 @ 20cm.

IV.7 NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACIÓN

El diseño de los diferentes elementos estructurales del edificio corporativo de ROSHFRANS, se realizó de acuerdo a las especificaciones contenidas en las normas y reglamentos que a continuación se enlistan:

1. Reglamento de Construcción para el Distrito Federal/96
2. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto/93
3. Normas Técnicas Complementarios para Diseño por Sismo/93
4. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería/93
5. Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento/93
6. Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas /93
7. Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI 318-89).

CAPÍTULO V

INSTALACIONES

- V.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA**
- V.2. INSTALACIÓN HIDRÁULICA**
- V.3. INSTALACIÓN SANITARIA**
- V.4. INSTALACIÓN MECÁNICA**

INTRODUCCIÓN

La idea de hablar en este capítulo sobre las instalaciones que “acompañan” a la estructura de un edificio, obedece a la necesidad imperiosa que tiene actualmente el ingeniero constructor de asomarse un poco a esos variados y amplios campos de la técnica que no siendo del área de su conocimiento son a tal grado importantes que determinan el éxito o fracaso en el cabal funcionamiento de un edificio.

Nos proponemos hacer un seguimiento muy general pero al mismo tiempo ilustrativo del proceso que sigue el ingeniero especialista en el diseño de una instalación como la eléctrica o la sanitaria por ejemplo. Con esto se pretende también plasmar la idea de cómo una serie de temas aparentemente tan dispares entre sí, concurren en un edificio y se combinan para lograr una unidad caracterizada por su eficiencia en el servicio y el confort en sus espacios habitables. Tales características están estrechamente ligadas con las instalaciones de la estructura; instalaciones que por estar ocultas la mayoría de ellas, no son valoradas y apreciadas en su justa medida, máxime si nos referimos al sector del público que es neófito en la materia.

La mayoría de las instalaciones con que se dota un edificio pueden reducirse básicamente según su finalidad a unos pocos conceptos. Estos son: generar, transportar, utilizar algo, evacuar residuos. O más simplemente se trata de abastecer, utilizar y eliminar. Son problemas de transporte por ejemplo el suministro de energía eléctrica, el suministro de agua potable y el traslado de personas de un piso a otro mediante ascensores. Son problemas la evacuación de residuos, tales como los desechos orgánicos o la basura y el reciclado del aire viciado. Cada uno de los problemas mencionados exige una instalación “compleja” cuyo proyecto y montaje demanda la experiencia y conocimientos de los especialistas en la materia. Sin embargo es el ingeniero residente de la obra al que le corresponde supervisar y en el caso dado intervenir para que en un espacio que por lo general es reducido se puedan coordinar los trabajos de electricistas, fontaneros, soldadores, instaladores de aire acondicionado, y demás técnicos.

Entonces para lograr la coordinación de todos estos trabajos y mantener al mismo tiempo la unidad y la uniformidad del conjunto, el ingeniero residente debe conocer al menos los principios básicos de cada especialidad. Con estas ideas en mente es que se desarrollan las notas siguientes sobre algunas de las instalaciones básicas de cualquier edificación, éstas son la eléctrica, la hidráulica y la sanitaria.

En relación a las instalaciones con que contará el edificio corporativo Roshfrans podemos mencionar las siguientes:

La eléctrica tanto para alumbrado como para contactos normales, la eléctrica de fuerza para alimentar a todos los motores que se instalan; subestación eléctrica, la hidráulica, la hidrosanitaria, elevador, cisterna para agua potable, cárcamo de bombeo para aguas negras, sistema de protección contra incendio, aire acondicionado, tanque hidroneumático, planta de emergencia y también la instalación de redes telefónicas.

En virtud de que las instalaciones eléctricas, tanto de alumbrado, de contactos normales y la de fuerza son soporte de todas las demás éstas se tratarán en primer lugar.

V.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El propósito de esta parte del capítulo, es repasar los criterios generales de cómo se diseña y se calcula una instalación eléctrica basándonos en las NORMAS TÉCNICAS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS, NOM -001 -1994. Estas normas rigen todo tipo de instalaciones eléctricas basadas en el uso de las áreas ocupadas, de forma tal que las cargas eléctricas se calculan tomando como referencia el tipo de locales de un edificio (residenciales, industriales y comerciales); el valor de la carga así estimado permite determinar las características de los circuitos derivados, de los circuitos de alimentación y también de los dispositivos que los protegen contra sobrecorrientes. En otras palabras, según sea el tipo de local se calculan los valores de corriente para seleccionar su servicio y los elementos de la instalación.

V.1.1 GLOSARIO

Antes de entrar de lleno al cálculo de la instalación eléctrica es necesario ponernos de acuerdo en los términos de uso más común entre el gremio de los especialistas encargados de estos trabajos; entre muchos otros términos están los siguientes:

ACOMETIDA.- Son los conductores que conectan la red de distribución de la empresa de suministros con la instalación del usuario. Puede ser aérea o subterránea, también se le llama línea de servicio.

AMPACIDAD.- Es la corriente que un conductor puede llevar en forma continua y en uso normal sin exceder su límite de temperatura. Se deben considerar entre otros factores:

- a) Cuando hay más de tres conductores dentro de una canalización.
- b) La temperatura ambiente que rodea a los conductores.
- c) Las cargas del ciclo continuo.

APARTARRAYOS.- Dispositivo empleado para proteger equipo eléctrico conectado a circuitos que están expuestos a sobrecorrientes atmosféricas o por maniobra de interruptores.

BAJA TENSION.- Para efectos de clasificar las instalaciones y los equipos, se adopta la siguiente convención:

- a) MUY BAJA TENSION.- 50 Volts en corriente alterna entre fases y de fase a tierra.
- b) BAJA TENSION.- Mayor de 50 Volts y hasta 1000 Volts entre conductores, o hasta 600 Volts en C.A. de fase a tierra.
- c) ALTA TENSION.- Valores superiores a los del punto anterior.

BUJÍA O CANDELA. Unidad de intensidad luminosa usada en el sistema internacional. Una candela (cd) es la intensidad luminosa de la sesentava parte (1/60) de 1 centímetro cuadrado de TORIA a la temperatura del platino fundido; la toria se halla incandescente y emite un flujo

estable de energía luminosa. La toria es un óxido de TORIO (elemento metálico radiactivo de la serie de los actínidos).

CANALIZACIÓN.- Es cualquier medio diseñado y usado para alojar a los conductores de una instalación eléctrica. Pueden ser de metal, PVC o de cualquier otro material aprobado.

CARGA ELÉCTRICA.- Es la potencia (watts) que demanda una aparato ó máquina, o un conjunto de aparatos conectados a un circuito eléctrico.

CARGA CONTINUA.- Cualquier carga donde la máxima corriente es continua por tres horas o más.

CARGA CONECTADA.- Es la suma de las potencias nominales de los aparatos y máquinas que demandan energía en un circuito.

CIRCUITO DERIVADO.- Es el conjunto de conductores y demás elementos que van desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hasta las salidas de las cargas.

CIRCUITO ALIMENTADOR.- Es el conjunto de conductores y demás elementos que se hallan entre el principal interruptor de la instalación y los siguientes interruptores de seguridad de los circuitos derivados.

EQUIPO DE UTILIZACIÓN.- Es el equipo que consume energía eléctrica para aplicaciones mecánicas, químicas, caloríficas, luminosas, etc.

ILUMINACIÓN.- Cantidad de energía luminosa que cae sobre una unidad de área a cierta distancia de la fuente luminosa. Se mide en lúmenes por metro cuadrado. La iluminación de una superficie es directamente proporcional a la intensidad de la fuente luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia desde la fuente.

ILUMINANCIA.- Cantidad de luz que recibe por segundo una unidad de superficie.

IMPEDANCIA.- En los circuitos de corriente continua se llama resistencia (R) del circuito. En los de corriente alterna se llama impedancia (Z) del circuito y se expresa en Ohms.

LÚMEN (lm).- Unidad de densidad de flujo luminoso; cantidad de energía luminosa que en un segundo fluye de una fuente de una candela a través de un ángulo sólido de un estereorradián.

LUMINARIO.- Aparato que distribuye, filtra o difunde la luz emitida por una o varias lámparas, e incluye todos los accesorios necesarios para la fijación, protección y funcionamiento de dichas lámparas.

LUX (lx).- Unidad de iluminación. Es igual a un Lumen por metro cuadrado y corresponde a la iluminación de una superficie localizada a un metro de la fuente de una candela. La iluminación necesaria para trabajos de la vista es de 30 Luxes.

PUESTA A TIERRA.- Es la acción de conectar a tierra efectivamente a ciertos elementos de un equipo y un circuito, y también ver el efecto que esto produce.

SISTEMA DE TIERRAS.- Es el conjunto de conductores, accesorios, electrodos, etc. interconectados eficazmente entre sí y que tienen por objeto conectar a tierra la carcasa de máquinas, motores, la cubierta y otras partes metálicas de los equipos eléctricos.

SOBRECARGA.- Condición de operación de un equipo en la que la demanda de potencia excede su capacidad nominal. Si permanece en exceso de tiempo puede dañar el equipo y no considera la sobrecorriente por corto circuito.

SOBRECORRIENTE.- Es cualquier valor de corriente que exceda a la corriente nominal de un equipo o a la corriente permisible de un conductor, según sea el caso.

VOLTAJE.- Es la diferencia de potencial entre dos conductores en un valor eficaz (RMS) en un circuito.

VOLTAJE NOMINAL.- Es el voltaje de operación de un sistema, por ejemplo 220/127 v. El voltaje real de operación puede variar debido a las condiciones existentes.

VOLTAJE DE FASE A FASE.- Es el voltaje entre los conductores de dos fases de un sistema.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA.- Es el conjunto de elementos que permite transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Estos elementos son: tableros, interruptores, transformadores, dispositivos sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos canalizaciones y soportes.

INTERRUPTOR.- Dispositivo que puede abrir un circuito eléctrico cuando circula corriente sin sufrir daño.

TABLERO DE PARED.- Gabinete metálico con acceso frontal que se instala sobre la pared y que incluye principalmente barras, interruptores y dispositivos de protección contra sobrecorriente, se usa para la distribución de circuitos de cargas pequeñas de alumbrado, de fuerza, calefacción, etc.

TABLERO DE PISO.- Gabinete metálico con una estructura que lo soporta colocada sobre el piso. Generalmente incluye barras, interruptores, dispositivos de protección e instrumentos de medición.

V.I.2. INSTALACIONES DE ALUMBRADO

El problema del diseño de la instalación eléctrica implica que antes ya se ha resuelto a su vez el problema de la iluminación que requieren todas y cada una de las diferentes áreas y habitaciones que conforman el edificio. Este problema corresponde al área de la luminotecnia o técnica del alumbrado.

En este contexto entonces se principia por repasar algunos aspectos básicos de lo que es el proyecto de instalaciones de alumbrado.

La luz abarca solamente un intervalo pequeño dentro de la gama de las oscilaciones electromagnéticas. Estas se miden en nanómetros (nm), ($1\text{nm} = 10^{-9}$ metros, esto es una millonésima de milímetro).

Se llama luz a las radiaciones electromagnéticas que percibe el ojo humano y abarca longitudes de onda comprendidas entre 380 y 780 nm. La luz es invisible por sí misma; solamente la percibimos cuando incide sobre un objeto, es decir cuando lo ilumina. El flujo luminoso incidente genera en el objeto una iluminación; éste, es más o menos reflejado y es entonces cuando se percibe una luminancia.

V.I.2.1 ASPECTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN

Algunos de los conceptos y unidades empleadas en luminotecnia son:

FLUJO LUMINOSO.- Existe un lumen (lm) cuando una fuente luminosa irradia uniformemente la intensidad luminosa de una candela (1 cd) en el ángulo sólido unidad.

INTENSIDAD LUMINOSA.- Propiedad que tiene un cuerpo de irradiar luz; se mide en candelas.

ILUMINACIÓN.- Existe un lux (lx) cuando un flujo luminoso de 1 lumen incide sobre 1m^2 de superficie de una esfera de 1m de radio.

RENDIMIENTO LUMINOSO.- Existe un lumen por watt (1 lm/w) cuando una fuente luminosa que absorbe la potencia de 1 watt proporciona un flujo luminoso de 1 lumen.

LEY DE DISTANCIA.- La iluminación generada por una fuente luminosa puntiforme sobre una superficie, disminuye con el cuadrado de la distancia de dicha superficie a la fuente luminosa, figura 1.

LUZ Y SOMBRA.- Percibimos el volumen de las cosas cuando su iluminación también produce sombras, de lo contrario percibiríamos los cuerpos como superficies planas. Esto significa que para una visión tridimensional es necesaria la sombra

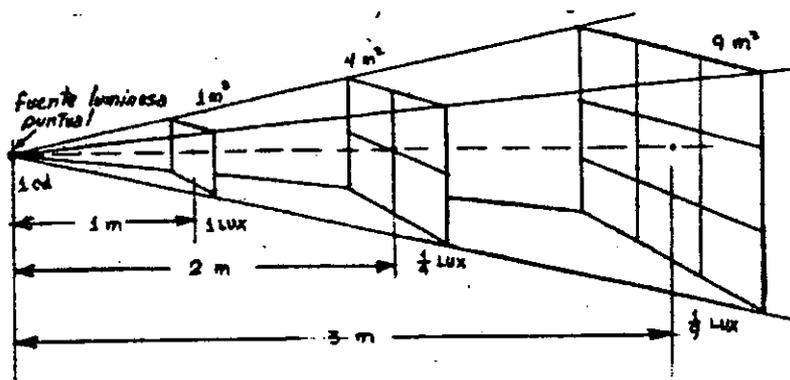


Fig. 1 La Ley De La Distancia

Existen tres métodos generales de iluminación: el local, el general, y el combinado.

El **local**, consiste en colocar las lámparas de un modo especial, es decir, la localización de las mismas depende básicamente de la posición de los muebles o de las máquinas, donde se necesite luz.

El **método general**, trata de proporcionar una difusión uniforme de la luz sobre toda el área iluminada. Esto implica que las lámparas estén uniformemente repartidas sin tomar en cuenta la posición de los muebles o máquinas y tienen dispositivos que evitan el deslumbramiento y la iluminación dispereja.

El **método combinado**, procura una iluminación, uniforme y suficiente para alumbrar los distintos muebles o máquinas que estén y posteriormente proporciona lámparas adicionales en los escritorios, mesas de trabajo o de dibujo, maquinas, etc.

La iluminación de los objetos se hace por medio de aparatos que distribuyen la luz según los modelos designados con los nombres de: DIRECTO, SEMIDIRECTO, GENERAL DIFUSO, SEMI-INDIRECTO E INDIRECTO. Estos nombres se deben a la forma en que dirigen el flujo luminoso hacia arriba o hacia abajo del plano horizontal que pasa por el centro de las lámparas.

El flujo luminoso total que produce una bombilla se considera el 100%, el aparato lo absorbe, refleja o lo difunde. Este flujo es útil, hacia arriba o hacia abajo, por ejemplo en el inciso a) de la figura 2 tenemos un aparato de **iluminación directa**; este aparato puede dar hacia arriba un 3% del flujo luminoso total producido y hacia abajo un 60%. El rendimiento del aparato es la suma de estas cantidades 63%. De este 63% van hacia arriba $3/63 = 4.77\%$ y hacia abajo $60/63 = 95.33\%$. Como estos porcentajes están comprendidos en los rangos arriba anotados el aparato se clasifica como de iluminación directa.

El objetivo de una instalación de alumbrado es procurar la visibilidad y obtener una iluminación que permita leer, trabajar, caminar o conseguir efectos decorativos, siendo el ojo humano el que evalúa las sensaciones de luz. La visión debe ser cómoda y la iluminación de los objetos debe ser tal que permita su observación con mayor o menor detalle sin fatiga ni esfuerzo.

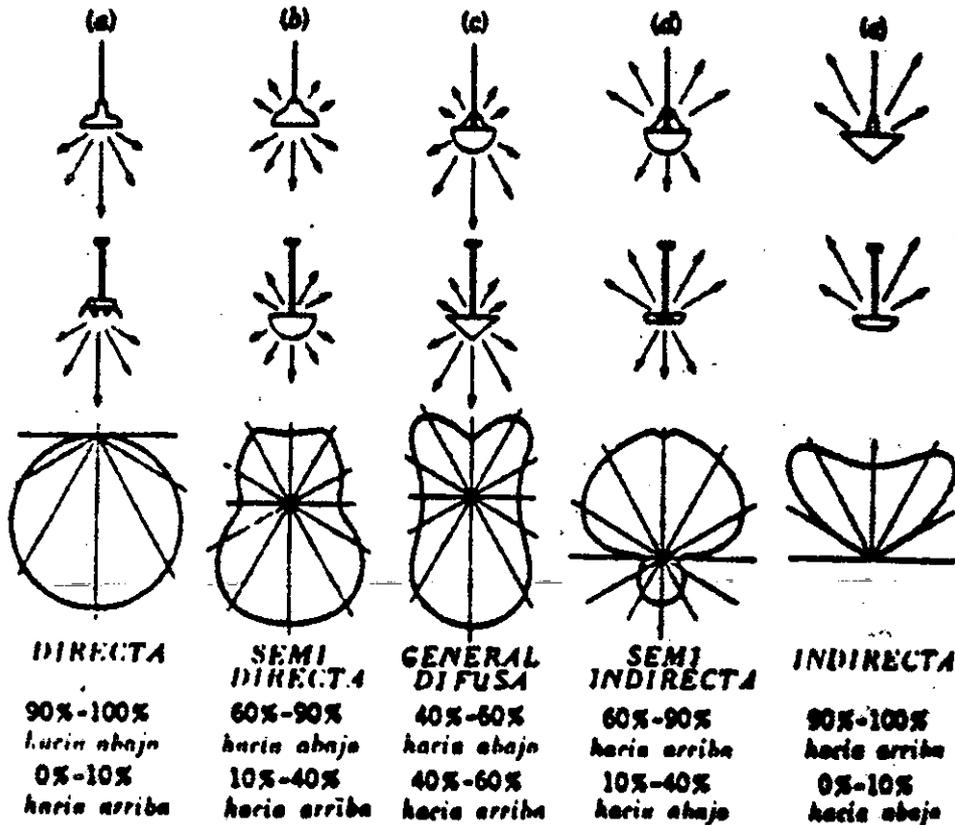


Fig.2 Clasificación De Los Aparatos De Alumbrado Según La Dirección Del Flujo Luminoso

Una persona puede leer cómodamente con intensidades que van desde 200 hasta 10,000 luxes con tal que la luz este bien difundida, sea de un color conveniente y no tenga brillo que deslumbré. Los colores y la calidad de la superficie del techo y de las paredes de una habitación también influyen favorable o desfavorablemente a la obtención de una buena visibilidad.

Aún cuando el ojo humano se adapta a amplios rangos de iluminación el grado exacto que se elija para cada caso determinado debe ser tal que el resultado conseguido sea un alumbrado eficaz, cómodo, práctico y económico. Aún así hay sitios donde una baja iluminación es la aceptable, como en los espacios públicos con alrededores oscuros; y también hay sitios donde la iluminación debe ser intensa como pueden ser los escaparates y las salas de operación en los hospitales. Los técnicos especializados han elaborado tablas para determinar las iluminaciones recomendables para una amplia gama de actividades, éstas las podemos ver enseguida.

En la Tabla 1 observamos que según sea el tipo de actividad a realizar así será el rango de iluminancia que se necesite, a su vez este rango nos define una categoría de iluminancia denominándose ésta con una letra mayúscula desde la A hasta la letra I.

En la Tabla 2 tenemos la categoría de iluminancia para trabajos más específicos. Los niveles de iluminación que aparecen en estas tablas son los recomendados por la sociedad mexicana de ingeniería en iluminación.

Tabla 1. Categorías De Iluminancia Para Tareas Genéricas

Tipo de actividad	Categoría de iluminancia	Rangos de iluminancia (lux)	Comentarios
Espacios públicos con alrededores oscuros	A	20-30-50	Requieren de iluminación general en todos los espacios
Orientación sencilla para vistas cortas	B	50-75-100	“ “
Espacios de trabajo donde las tareas visuales son realizadas ocasionalmente	C	100-150-200	“ “
Realización de tareas visuales de alto contraste o gran tamaño	D	200-300-500	Requieren iluminación donde se realiza la tarea
Realización de tareas de contraste medio o tamaño reducido	E	500-750-1000	“ “
Realización de tareas de bajo contraste o tamaño muy reducido	F	1000-1500-2000	“ “
Realización de tareas de bajo contraste o tamaño muy reducido por un periodo prolongado	G	2000-3000-5000	Requiere de iluminación donde se realiza la tarea
Realización de tareas muy exactas por un periodo muy prolongado	H	5000-7500-10000	“ “
Realización de tareas muy especiales de un contraste extremadamente bajo y de tamaño reducido	I	10000-15000-20000	“ “

Los objetivos básicos de un sistema de alumbrado son proporcionar iluminancias adecuadas con un nivel de iluminación suficiente para asegurar un rendimiento visual óptimo y así poder cumplir con las actividades realizadas en el área.

En las oficinas normalmente conviene colocar luminarias que den una iluminación suficiente y uniforme sobre toda el área, para que puedan desarrollarse trabajos visuales durante toda la jornada de trabajo sin provocar cansancio visual en los empleados; en las áreas de exposición de productos le va más una iluminación dirigida, concentrada; la de las fachadas del edificio conviene procure un efecto dramático decorativo; en el área de la cafetería es convenien-

Tabla 2. Categorías De Iluminancia Para Areas Típicas

Área o actividad	Categoría de iluminancia	Área o actividad	Categoría de iluminancia	Área o actividad	Categoría de iluminancia
AEROPUERTOS		BODEGAS ACTIVAS		LABORATORIOS	
Áreas de abordar	C	Artículos pequeños	D	Químicos	E
Pasillos	B	Artículos grandes	C	Microscopio	G
REGISTRO DE DOCUMENTOS		COCINAS INDUSTRIALES	E	OFICINAS	
Registro de equipaje	D	ESTACIONAMIENTOS	B	Contabilidad	D
Sala de espera	C	FARMACIAS	E	Juntas	D
Archivos activos	D	GIMNASIOS	D	Dibujo	E
AUDITORIOS PARA ASAMBLEAS	C	HOSPITALES		Recepción	C
AUDITORIOS PARA EXHIBICIONES	C	Consultorios	D	Generales y privadas	D
AULAS DE CLASE		Cuartos de recepción	B	RESTAURANTES	
Generales	D	Quirófanos	F	Caja	D
Dibujo	E	HOTELES		Cocina	E
Laboratorios	E	Cuartos	D	Comedor	B
BANCOS		Recepción	E	Limpieza	D
Lobby	C	Lobby	C	SANITARIOS	
Áreas de escritura	D	Corredores y escaleras	C	General	C
Cajeros	E	INDUSTRIAS		Tocador	D
BIBLIOTECAS	D	Ensamblajes simples	D		
BODEGAS INACTIVAS	B	Ensamblaje difícil	E		

conveniente crear un ambiente y atmósfera atractivos que favorezcan la relajación y distensión del usuario. Esto se puede lograr entre otros factores por medio de la variación de niveles luminosos, es decir, creando contrastes de luz que promuevan el ambiente mencionado.

En muchas otras circunstancias el uso más efectivo de la luz implica una distribución completamente distinta de la uniforme.

Las características más importantes de un sistema de alumbrado son la cantidad y la calidad de luz que proporciona; la adecuada cantidad de luz por sí sola no asegura una buena iluminación. La buena calidad es tan importante como la cantidad y normalmente más difícil de conseguir. Entre muchos otros factores que intervienen en la calidad de iluminación son su distribución y su color. En la distribución de la luz se debe tener en cuenta su **uniformidad**, **difusión** y ausencia de **deslumbramiento directo o reflejado**. Uniformidad significa que el espacio iluminado este libre de variaciones del grado de iluminación; esto se logra con una

distribución lo más simétrica posible de las lámparas, las cuales a su vez se pueden dotar de reflectores, pantallas y elementos difusores. La uniformidad es también función de la propiedad de reflexión de las paredes, techos, pisos y muebles próximos.

La *difusión* se relaciona con el número de direcciones y ángulos desde los cuales proceden los rayos luminosos. Una buena difusión se obtiene cuando la luz incide sobre una superficie, mate o satinada, con varias direcciones, con lo que se eliminan las sombras y los puntos brillantes. Si la superficie es blanca la luz reflejada se extiende en muchas direcciones, como si pasara por un vidrio difusor.

La difusión es una función del número y tamaño físico de las fuentes de luz, es decir, se consigue mediante multiplicidad de las fuentes, o bien mediante luminarias de gran superficie y poco brillo; también se logra por alumbrado indirecto o parcialmente indirecto, en el que el techo y las paredes se convierten en fuentes secundarias, sobre todo cuando tienen acabados de colores claros.

El *deslumbramiento* es cualquier brillo que produce molestias e interferencias con la visión y causa fatiga visual. Un constante y prolongado deslumbramiento deriva en un prematuro envejecimiento de la vista.

Como es difícil evaluar matemáticamente los distintos elementos del deslumbramiento, solo se destacan los factores básicos que lo determinan:

- a) Brillo de la fuente; cuanto mayor sea éste, mayor será la molestia y la interferencia.
- b) Tamaño de fuente; se expresa en función del ángulo subtendido por el ojo. Se acepta generalmente que el menor ángulo admisible entre una visual horizontal y una visual hacia la lámpara es de 25° . Un área grande de brillo como un panel luminoso o un cierto número de luminarias de bajo brillo pueden ser tan molestas como una sola fuente de alto brillo.
- c) Posición de fuente de luz; el deslumbramiento decrece rápidamente en la medida en que una fuente se aparta de la línea de visión; una luminaria suspendida en el campo de la visión produce mayor deslumbramiento que una que se halla por encima del ángulo de visión.
- d) Contraste de brillo; cuanto mayor es el contraste de brillo entre una fuente que deslumbre y sus alrededores, mayor será el efecto de deslumbramiento.
- e) Tiempo; una exposición de luz que puede no ser molesta durante un corto tiempo, puede resultar muy molesta y fatigosa para una persona que tuviera que trabajar en tales condiciones durante ocho horas al día.

El color no influye en la eficacia de la visión. Para la realización de tareas visuales normales, ninguna fuente de luz aventaja a otra, desde el punto de vista del color; sin embargo, en algunas aplicaciones especializadas sobre todo en procesos discriminatorios del color, y en ciertas tareas de inspección, el color de una fuente luminosa puede ser factor importante en la calidad de la iluminación.

Se admite que los colores verdaderos son aquellos que se perciben cuando la luz es blanca, dado que nuestra vista se halla acostumbrada a la luz blanca del sol.

Otro de los factores que intervienen en la calidad de la iluminación son las lámparas. Se le denomina aparato de alumbrado a la estructura que sirve de soporte a la lámpara o lámparas productoras de luz eléctrica, y dirige, refleja o difunde la luz producida. Estos aparatos a los que se les llama comúnmente “lámparas”, “reflectores”, “pantallas” o “luminarias” ayudan a conseguir una distribución uniforme y evitan el deslumbramiento. Se fabrican en una gran variedad de armazones, líneas de contorno, ornamentadas o no y los tipos de superficies reflectoras o deflectoras son de una gran diversidad.

En cuanto a la forma como estos aparatos iluminan a los objetos, tenemos:

Iluminación directa, proporciona una iluminación concentrada. Son los que dan las más altas iluminaciones. Deben de estar estratégicamente localizados porque, de lo contrario, es frecuente que produzcan deslumbramiento. Las altas intensidades no son siempre buenas para la visualidad.

Iluminación indirecta, proporciona menores iluminaciones que los aparatos anteriores debido a que parte de la luz es absorbida por las superficies reflectoras de las paredes y el techo. A cambio, ofrecen mejores condiciones de visibilidad, prácticamente sin deslumbramiento; mejor aún, si el techo es blanco mate o de un color muy claro y se tienen franjas entre 90 a 120 cm en la parte alta las paredes, también de un color blanco o de colores tenues mate.

Un aparato de iluminación indirecta que produzca 100 luxes resulta comúnmente más satisfactorio para la vista que una lámpara directa que dé 200 luxes. Para que un sistema de iluminación indirecta nos proporcione el mismo grado de iluminación que uno de iluminación directa, se requerirá por parte del primero una potencia del 50 al 70% mayor que el segundo.

La iluminación semi-indirecta combina las características de los sistemas anteriores, iluminación más suave y menos deslumbrante; tiene mayor intensidad que la que producen los aparatos de alumbrado indirecto de la misma potencia. Para un mismo nivel de iluminación este sistema requerirá del 20 al 40% de potencia más que el sistema directo.

Las figuras 3, 4 y 5 muestran ejemplos de aparatos de iluminación directa, indirecta y semi-indirecta.

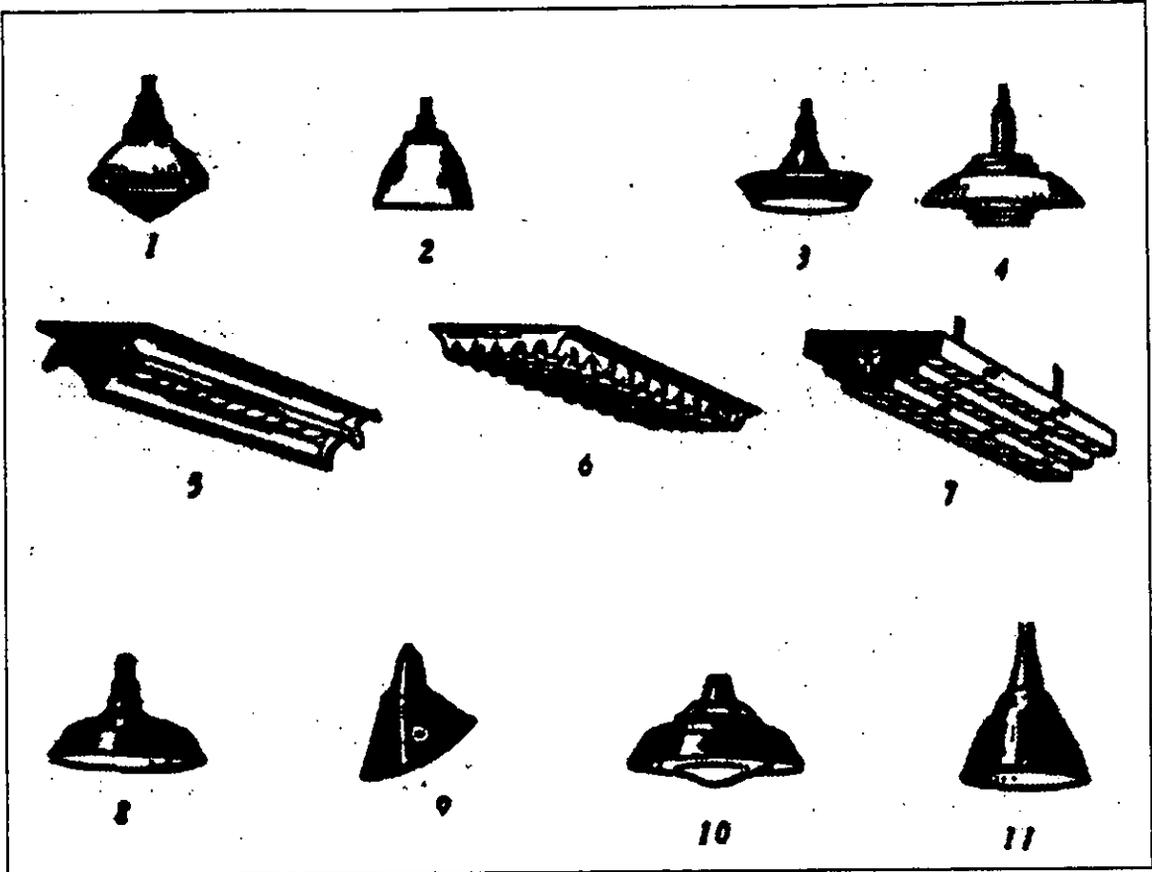


Fig. 3. Aparatos De Iluminación Directa Tipos Comerciales E Industriales

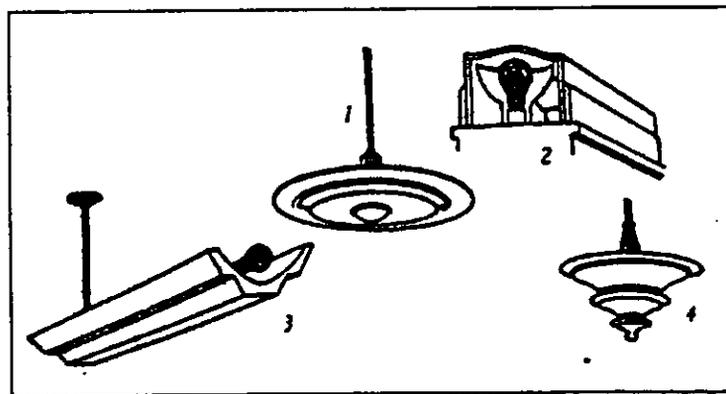


Fig. 4. Aparatos De Iluminación Indirecta

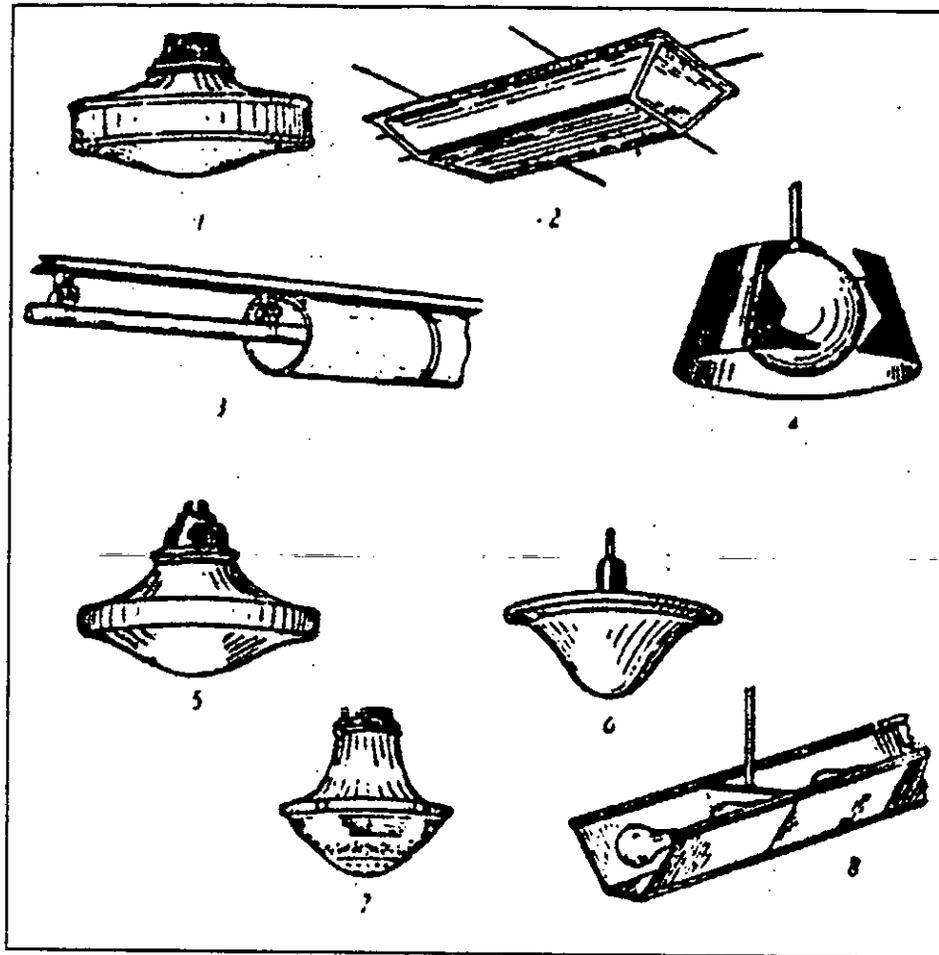
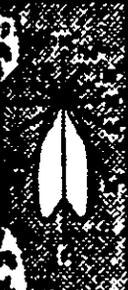
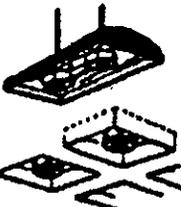
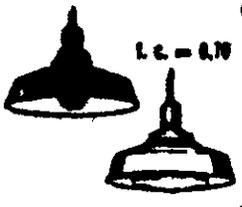


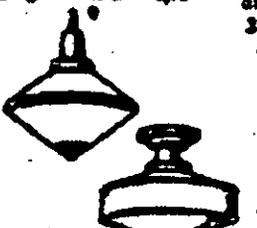
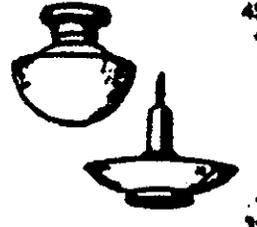
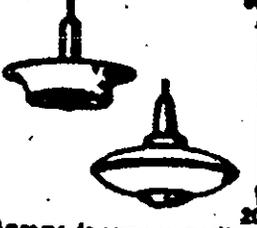
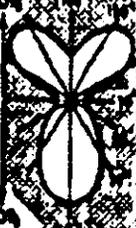
Fig.5 Aparatos De Iluminación Semi-Indirecta

En la tabla 3 siguiente se presentan once tipos de lámparas incandescentes y doce tipos de lámparas fluorescente de las de uso común.

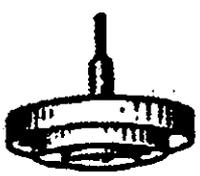
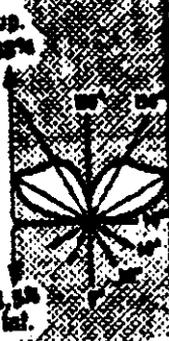
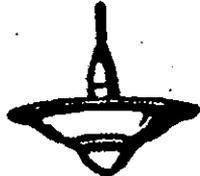
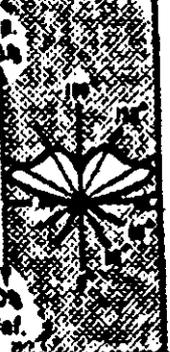
Tabla 3 Coeficientes De Utilización

LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA		FACTORES DE REFLEXIÓN									
		Techo	75%			50%			30%		
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas isotrópicas	Paral.	30%	30%	10%	30%	30%	10%	30%	10%	
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %								
1-1 f. c. = 0,70  Típico alta de metal oscuro o cristal azogado	 70% Ind.	J	40	38	36	38	36	36	38	36	
		I	48	46	46	47	46	46	46	46	43
		M	51	51	50	50	50	50	50	50	48
		O	55	54	54	54	52	52	52	52	51
		P	56	56	55	55	56	54	56	55	53
		E	60	59	58	58	58	57	57	57	56
		D	64	61	60	62	60	60	60	60	59
		C	65	63	61	63	62	60	60	60	60
		B	65	64	63	64	62	62	62	62	61
		A	66	66	64	64	63	62	62	62	62
		1-2 f. c. = 0,75  Típico R. L. M. con bombilla blanca, esmerilada	 70% Ind.	J	37	32	28	37	32	28	31
I	46			41	38	46	40	37	40	37	
M	50			46	43	48	46	43	46	43	
O	54			50	47	53	50	47	48	47	
P	58			54	50	56	52	50	52	50	
E	62			59	56	61	58	56	57	56	
D	67			64	60	65	62	60	62	60	
C	69			66	63	67	64	63	64	62	
B	72			69	67	70	68	66	67	66	
A	74			71	69	72	69	68	69	67	
1-3 f. c. = 0,75  Lámpara con taza opalada y aristas o nicho	 75% Ind.			J	35	30	26	34	30	26	29
		I	44	39	36	43	38	35	38	35	
		M	48	44	41	46	44	40	43	40	
		O	51	48	45	50	47	44	46	44	
		P	54	51	48	52	50	47	49	47	
		E	59	56	53	56	55	52	54	52	
		D	63	60	57	62	60	57	59	57	
		C	65	62	59	63	61	59	60	58	
		B	68	65	63	66	64	62	63	62	
		A	69	67	65	68	65	64	64	63	
		1-4 f. c. = 0,70  Lámparas con taza opalada sin difusores de acero esmaltado	 65% Ind.	J	34	31	29	34	31	29	31
I	42			39	36	41	38	37	38	36	
M	45			43	42	44	42	41	42	41	
O	48			46	45	47	46	44	45	44	
P	51			48	46	49	47	46	47	46	
E	54			52	50	53	51	49	51	49	
D	57			55	53	56	54	53	53	53	
C	59			57	54	57	55	54	55	53	
B	60			58	57	58	57	56	56	55	
A	61			59	58	60	58	57	57	56	

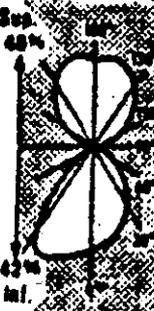
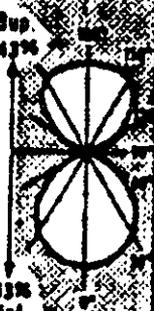
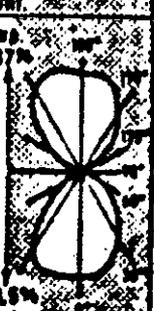
Continuación de la Tabla 3

LAMPARAS DE INCANDESCENCIA		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo	75%			50%			20%	
Tipo de aparato y factor de conversión (f. c.)	Curvas isotométricas	Paral	90%	30%	10%	90%	30%	10%	90%	10%
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
I-5 f. c. = 0,70  Lámparas de gran flujo inferior con pantalla de cristal o metálica 55% Inf.		J	33	32	28	31	27	26	27	25
		I	40	37	30	30	25	23	23	21
		H	44	41	30	41	39	37	37	35
		O	47	45	43	44	41	40	40	38
		P	51	48	45	45	44	42	42	40
		E	54	51	48	50	48	45	45	43
		D	58	54	51	53	50	48	48	46
		C	60	57	53	55	52	49	48	47
		B	62	59	57	57	54	53	51	49
		A	64	61	58	59	56	54	52	51
I-6 f. c. = 0,70  Lámparas curvadas de cristal 45% Inf.		J	23	19	16	21	17	15	16	14
		I	29	24	22	26	22	19	21	18
		H	33	28	25	29	25	23	23	21
		G	37	32	28	32	28	26	26	23
		F	40	35	32	35	31	28	28	26
		E	44	40	36	39	35	32	32	29
		D	48	43	39	42	38	35	35	32
		C	51	46	42	44	40	37	37	34
		B	55	50	46	48	44	41	39	37
		A	57	53	49	50	46	43	41	39
I-7 f. c. = 0,70  Lámparas de medio globo y de inf. tipo con pantalla metálica 35% Inf.		J	24	20	17	21	17	15	15	14
		I	29	25	23	26	22	20	20	18
		H	33	29	26	28	25	23	22	20
		G	37	33	30	32	28	26	26	23
		F	40	35	32	34	30	28	28	23
		E	44	40	36	37	34	31	30	27
		D	47	43	40	40	37	34	32	30
		C	50	46	42	42	39	36	33	31
		B	53	50	47	46	42	40	35	34
		A	56	51	49	47	44	41	37	35
I-8 f. c. = 0,70  Lámparas de pantalla metálica inf. y de globo isotétrico 20% Inf.		J	21	17	15	16	14	12	12	09
		I	26	22	20	21	18	16	16	13
		H	29	26	23	23	20	19	17	15
		O	33	27	25	25	23	21	19	17
		P	36	32	28	28	25	23	20	20
		E	39	36	32	31	28	26	22	20
		D	43	38	36	33	30	28	24	22
		C	45	41	38	35	32	30	25	24
		B	49	46	42	37	34	34	27	26
		A	51	48	45	40	37	35	28	27

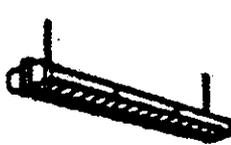
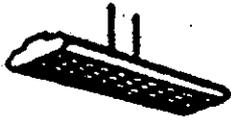
Continuación de la Tabla 3

LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo	75%			50%			30%	
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas fotométricas	Paral.	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
		Inf. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
I-9 f. c. = 0.70  Bombilla plana Tres arcos reflectores	Sup. 80%  1.50 Inf.	J	19	17	15	14	13	10	07	06
		I	23	18	17	17	15	12	09	08
		H	25	23	20	19	17	14	10	09
		G	29	27	24	22	19	17	13	12
		F	33	30	27	24	21	20	14	13
		E	36	32	29	26	24	23	15	14
		D	39	36	33	27	26	25	16	15
		C	42	38	35	29	28	27	17	16
		B	45	43	39	33	31	29	18	17
		A	47	45	42	36	33	31	20	18
I-10 f. c. = 0.80  Lámpara indirecta de metal o cristal opaco	Sup. 75%  0.9 Inf.	J	15	12	10	10	08	07	04	04
		I	19	15	14	13	10	09	06	05
		H	22	18	16	14	12	10	08	06
		G	25	21	18	17	14	13	08	08
		F	27	24	21	19	16	14	09	08
		E	31	27	25	21	18	16	10	10
		D	34	30	28	22	20	19	12	11
		C	36	33	30	24	22	20	13	12
		B	40	37	34	26	25	23	14	14
		A	42	39	37	28	26	25	16	14
I-11 f. c. = 0.75  Lámpara indirecta con bombilla plana	Sup. 85%  0.9 Inf.	J	17	13	11	11	09	08	05	04
		I	21	17	15	14	12	10	07	06
		H	25	21	18	16	14	12	08	07
		G	28	24	21	20	16	14	09	08
		F	31	27	23	21	18	16	10	09
		E	35	31	28	24	20	19	12	11
		D	39	34	31	26	23	21	14	13
		C	41	37	34	27	25	23	14	14
		B	46	42	38	30	28	26	16	15
		A	48	44	42	32	30	28	18	16

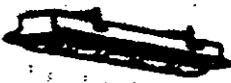
Continuación de la Tabla 3

LÁMPARAS FLUORESCENTES		FACTORES DE REFLEXIÓN								
		Techo	75%			50%			30%	
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas intensométricas	Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
		Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %							
F-12 f. c. = 0.70  Reflector de metal, láminas de metal que sobresalen y lentes de plástico		J	31	27	25	27	23	23	22	21
		I	37	34	32	33	30	28	27	26
		H	41	38	36	36	34	32	31	29
		G	46	42	39	40	37	36	33	31
		F	49	45	42	42	39	37	35	33
		E	53	49	47	46	43	41	38	36
		D	57	53	50	49	46	44	40	38
		C	60	56	53	51	48	46	42	40
		B	63	60	57	53	50	48	44	42
		A	64	62	59	56	52	50	46	43
F-13 f. c. = 0.75  Una lámina metálica y láminas transversales		J	22	20	24	28	26	25		
		I	29	26	34	33	32	31		
		H	44	40	38	38	36	34		
		G	47	44	42	42	39	37		
		F	50	47	44	44	41	40		
		E	54	51	48	47	45	43		
		D	58	54	52	50	48	46		
		C	60	57	54	52	50	48		
		B	63	60	58	54	52	50		
		A	64	62	59	56	54	52		
F-14 f. c. = 0.70  Reflector de metal; láminas transversales que sobresalen; lentes de plástico		J	29	26	23	25	23	21	21	19
		I	35	32	30	31	28	27	26	22
		H	39	36	34	34	32	30	29	27
		G	43	40	37	37	34	32	31	29
		F	46	42	39	40	37	35	33	31
		E	50	47	44	43	40	38	35	34
		D	54	50	47	48	43	41	38	36
		C	56	53	49	48	45	43	39	37
		B	58	56	53	50	46	46	41	40
		A	60	58	55	52	49	48	42	41
F-15 f. c. = 0.75  Una lámina longitudinal y láminas transversales; lentes de cristal		J	29	25	23	26	23	21	21	19
		I	35	32	30	32	29	27	26	24
		H	39	36	34	35	32	30	29	27
		G	43	39	37	38	35	33	32	30
		F	46	42	40	40	37	35	34	32
		E	50	47	44	44	41	39	36	35
		D	54	50	47	46	44	42	39	38
		C	56	53	49	48	46	44	40	39
		B	58	56	53	51	48	46	42	41
		A	61	58	55	52	50	48	44	42

Continuación de la Tabla 3

LÁMPARAS FLUORESCENTES		FACTORES DE REFLEXIÓN									
		Techo	75%			50%			30%		
Tipo de aparato y factor de conservación (f. c.)	Curvas isotrópicas	Paral	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
		Ind. de local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %								
F-16 f. c. = 0,75  Textos de plástico; láminas de metal que sobresalen algo 34,5% Inf.		J	26	22	21	23	20	19	19	17	
		I	32	28	27	28	25	24	23	21	
		H	35	32	30	31	28	27	26	24	
		G	39	36	34	34	31	30	28	26	
		F	41	38	36	36	33	32	29	28	
		E	45	42	39	39	36	34	32	30	
		D	49	45	42	41	39	37	34	33	
		C	51	48	45	43	41	38	36	34	
		B	54	51	49	45	43	42	37	36	
		A	55	53	50	47	45	43	38	37	
F-17 f. c. = 0,75  Láminas longitudinales y transversales dispuestas como en las cajas para transportar huevos 34,5% Inf.		J	26	24	21	24	22	20			
		I	32	29	28	29	27	25			
		H	35	33	31	31	30	28			
		G	39	36	34	35	32	31			
		F	41	39	36	36	34	33			
		E	44	42	40	39	37	36			
		D	48	44	42	41	39	38			
		C	50	47	44	43	41	39			
		B	52	49	46	45	43	42			
		A	54	51	49	46	44	43			
F-18 f. c. = 0,75  Tipo en forma de arcos, con lente o cristal estrado que sobresalen por debajo 44% Inf.		J	33	29	27	32	29	27			
		I	39	27	36	38	36	35			
		H	43	40	38	42	40	38			
		G	46	43	42	45	43	41			
		F	49	48	46	48	46	45			
		E	51	50	47	50	48	47			
		D	55	52	51	54	52	50			
		C	57	54	52	55	53	52			
		B	58	56	55	57	54	53			
		A	60	57	56	58	56	54			
F-19 f. c. = 0,75  Tipo en forma de arcos, con cristal estrado que no sobresale 50% Inf.		J	33	30	29	32	31	29			
		I	39	37	37	38	37	36			
		H	42	41	40	41	40	40			
		G	45	43	43	44	43	42			
		F	47	46	44	45	45	44			
		E	50	49	47	49	48	46			
		D	53	50	49	52	50	50			
		C	54	52	50	53	52	51			
		B	55	53	51	54	53	52			
		A	56	54	53	55	54	53			

Continuación De La Tabla 3

LÁMPARAS FLUORESCENTES		FACTORES DE REFLEXIÓN									
		Techo	75%			50%			25%		
		Paral	50%	30%	10%	30%	30%	10%	30%	10%	
Tipo de aparato y factor de conservación (L.C.)	Curvas isotrópicas	Ind. del local	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN, %								
			F-20 L.C. = 0,70  Tipo en forma de araña con lente curva para aplicar en el techo 50,5% Inf.		J	29	26	24	29	26	24
I	35	32			31	35	32	30	32	30	
H	39	36			34	38	36	34	35	34	
G	41	39			38	40	38	37	38	37	
F	44	42			39	42	40	39	40	39	
E	46	45			42	46	44	42	43	42	
D	50	47			45	49	46	45	46	45	
C	51	49			46	50	48	46	47	46	
B	53	51			49	52	49	48	49	48	
A	54	52			51	53	51	49	50	49	
F-21 L.C. = 0,70  Reflector con cubierta de porcelana; sin luminarias 67% Inf.		J	33	27	23	31	25	22			
		I	41	35	31	38	33	29			
		H	45	40	36	42	38	34			
		U	50	44	40	46	42	38			
		F	53	48	43	49	45	41			
		Z	59	54	49	55	50	47			
		D	64	59	54	59	55	52			
		C	67	62	58	61	57	54			
		B	71	67	63	65	62	59			
		A	74	70	65	68	64	61			
F-22  Aparato para lámparas recuadas, con armazón superior de metal 72,5% Inf.		J	35	30	26	34	29	26	28	25	
		I	43	38	35	42	37	34	37	34	
		H	47	43	40	45	42	39	41	39	
		G	51	47	44	49	46	43	44	42	
		F	54	50	47	52	48	46	47	45	
		E	59	55	52	57	54	51	52	50	
		D	63	60	57	60	58	56	56	55	
		C	65	62	59	62	60	58	58	56	
		B	68	65	63	65	63	61	61	59	
		A	70	67	65	67	64	63	62	61	
F-23 L.C. = 0,65  Aparato industrial típico; dos reflectores laterales con ranuras en la parte superior 80% Inf.		J	37	31	27	36	31	27			
		I	46	40	36	44	39	36			
		H	50	46	42	48	45	41			
		O	54	49	46	52	49	45			
		F	57	53	50	54	51	49			
		E	62	58	55	60	57	54			
		D	67	63	60	64	61	59			
		C	69	66	63	65	63	61			
		B	72	69	67	69	66	65			
		A	74	71	69	70	68	66			

V.1.3. NORMAS PARA PROYECTOS

La iluminación que llega a los objetos que se hallan sobre una mesa, es la suma de los rayos que lo alcanzan. Tales rayos proceden tanto de las lámparas como del reflejo de paredes y techo. Por medio de un luxómetro (aparato de medición) se han practicado gran cantidad de ensayos en habitaciones modelo de distintas proporciones con distintos colores de paredes y techos y con gran variedad de lámparas.

Las conclusiones obtenidas se han ordenado en tablas y se han determinado coeficientes, constantes y normas a seguir. Entre las más esenciales para conseguir una instalación de alumbrado satisfactoria y eficaz están:

- a) El factor de conservación de la instalación depende de la facilidad con que retienen el polvo los aparatos, de la proporción de polvo y humo del ambiente y de la frecuencia de las limpiezas.
- b) El espaciado de las lámparas debe ser de 0.8 a 1.0 veces su altura de suspensión y en ningún caso mayor de 1.3 veces su altura.
- c) Si se emplean aparatos fluorescentes, el extremo que está más cerca de una pared no debería distar de ella más de 0.6 a 0.9m.
- d) Cuando la altura es mayor de 3.35m los aparatos suspendidos, mediante varillas o cadenas, dan mejor apariencia a la habitación.
- e) Los aparatos de techo instalados en contacto con éste son más eficaces en habitaciones cuya altura sea menor de 3.35m.
- f) La distancia entre el techo y los equipos de iluminación tiene importancia en el caso de equipos de iluminación indirecta o semi-directa por que interviene en el rendimiento con que la luz se refleja.
- g) Los aparatos deben distribuirse simétricamente con respecto a las líneas estructurales de la habitación.

V.1.3.1. DATOS PARA PROYECTOS DE ALUMBRADO

Una vez que se ha determinado la intensidad de la iluminación en luxes generalmente en un plano horizontal a unos 75 o 90 cm del piso, el problema está en calcular las pérdidas debidas a las condiciones del local, al color de las paredes y techo, al rendimiento de los aparatos y a la distribución de la luz, a fin de poder deducir el flujo en lúmenes que deben producir las lámparas.

Los datos y coeficientes necesarios para estos cálculos se encuentran en las tablas 3 y 4 índices de local. Esta tabla 4 clasifica las habitaciones por la proporción entre largo y ancho. Si por ser muy pequeño o muy grande un local no se halla en la tabla, se buscará otro con igual relación de lados.

Tabla 4 Índices de Local

Alturas de techo (m)

Para luz indirecta y semidirecta	2,70	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,50	9,00	11	
	• 3,00	• 3,50	• 4,00	• 5,00	• 6,00	• 7,50	• 9,00	• 11	• 15	

Alturas de suspensión sobre el suelo (m)

Para luz directa y semidirecta	2,10	2,40	2,70	3,00	3,50	4,00	5,00	6,00	7,50	9,00	11
	• 2,40	• 2,70	• 3,00	• 3,50	• 4,00	• 5,00	• 6,00	• 7,50	• 9,00	• 11	• 15

Ancho (m)	Largo (m)	Índice del local										
2,50 • 2,70	2,40-3	H	I	J	J							
	3-4,20	H	I	J	J							
2,70 • 2,70	4,20-6	G	H	I	J	J						
	6-9	G	H	H	I	J	J					
	9-12,60	F	G	H	I	J	J	J				
2,70 • 3,30	> 12,60	E	F	G	H	I	J	J				
	3-4,20	G	H	I	J	J						
2,70 • 3,30	4,20-6	G	H	I	J	J	J					
	6-9	F	G	H	I	J	J	J				
	9-12,60	F	G	H	H	I	J	J	J			
3,30 • 3,90	12,60-18	E	F	G	H	I	J	J				
	> 18	E	F	F	H	I	J	J				
3,30 • 3,90	3-4,20	G	H	I	J	J						
	4,20-6	F	G	H	I	J	J	J				
	6-9	F	G	H	I	J	J	J	J			
3,90 • 4,80	9-12,60	F	F	H	H	I	J	J	J			
	12,60-18	E	F	F	H	H	I	J	J	J		
3,90 • 4,80	18-27	D	E	F	F	H	H	I	J	J	J	
	> 27	D	E	E	F	F	H	H	I	J	J	J
	4,20-6	E	F	G	H	I	J	J				
4,80 • 5,70	6-9	E	F	G	H	I	J	J				
	9-12,60	D	E	F	H	H	I	J	J	J		
4,80 • 5,70	12,60-18	D	E	F	F	H	H	I	J	J	J	
	18-33	D	E	F	F	F	H	H	I	J	J	J
	> 33	C	D	E	F	F	F	H	H	I	J	J
5,70 • 6,60	6-9	D	E	F	G	H	I	J	J			
	9-12,60	D	E	F	F	H	H	I	J	J	J	
	12,60-18	D	D	E	F	F	H	H	I	J	J	J
	18-27	C	D	E	E	F	F	H	H	I	J	J
	27-42	C	D	D	E	F	F	F	H	H	I	J
> 42	C	D	D	E	E	F	F	F	H	H	I	

Tabla 4 Índices de Local (Continuación)

Alturas de techo (m)

Para luz indirecta y semidirecta	2,70 a 3,00	3,00 a 3,50	3,50 a 4,00	4,00 a 5,00	5,00 a 6,00	6,00 a 7,50	7,50 a 9,00	9,00 a 11	11 a 15		
----------------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-----------------	---------------	--	--

Alturas de suspensión sobre el suelo (m)

Para luz directa y semidirecta	2,10 a 2,40	2,40 a 2,70	2,70 a 3,00	3,00 a 3,50	3,50 a 4,00	4,00 a 5,00	5,00 a 6,00	6,00 a 7,50	7,50 a 9,00	9,00 a 11	11 a 15
--------------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-----------------	---------------

Ancho (m)	Largo (m)	Índice del local									
		D	E	F	G	H	I	J	J	J	J
6,60 a 8,10	6-9	D	E	E	G	H	I	J	J	J	J
	9-12,60	C	D	D	F	G	H	I	J	J	J
	12,6-18	C	D	D	F	G	H	I	J	J	J
	18-27	C	D	D	F	G	H	I	J	J	J
	27-42	C	D	D	F	G	H	I	J	J	J
8,10 a 10,20	> 42	C	D	D	F	G	H	I	J	J	J
	9-12,60	C	D	D	F	G	H	I	J	J	J
	12,6-18	B	C	D	F	G	H	I	J	J	J
	18-27	B	C	D	F	G	H	I	J	J	J
	27-42	B	C	D	F	G	H	I	J	J	J
10,20 a 12,00	42-54	B	C	D	F	G	H	I	J	J	J
	> 54	B	C	D	F	G	H	I	J	J	J
	9-12,60	B	C	D	F	G	H	I	J	J	J
	12,6-18	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	18-27	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
12,00 a 13,50	27-42	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	42-60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	> 60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	12,6-18	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	18-27	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
13,50 a 16,50	27-42	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	42-60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	> 60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	12,6-18	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	18-27	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
16,50 a 20,50	27-42	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	42-60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	> 60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	18-27	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	27-42	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
20,50 a 27,00	42-60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	> 60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	18-27	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	27-42	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J
	42-60	A	B	C	F	G	H	I	J	J	J

La tabla 1 indica las iluminaciones en luxes convenientes para cada tipo de local o habitación, previamente se consulta la tabla 2 de donde se obtiene la categoría de iluminancia según la tarea típica.

Para obtener una iluminación bien uniforme sobre una superficie, no debe rebasarse el espaciado máximo entre dos unidades que señala la tabla 5.

	Indirecta	Semiindirecta		General difusa	Semi-directa	Directa	Directa semi-concentrada	Directa concentrada
								
Altura del techo (m)	Distancia a la pared* (m)	Longitud de suspensión (m)	Distancia máxima entre lámparas** (m)	Altura de suspensión	Distancia a la pared*	Distancia máxima entre lámparas**	Distancia máxima entre lámparas**	Distancia máxima entre lámparas**
2,45	0,90	0,30-0,90	2,75	2,45	0,90	2,30	1,70	0,75
2,75	0,90	0,45-0,90	3,20	2,75	0,90	2,75	1,85	0,90
3,05	1,05	0,60-0,90	3,80	3,05	1,05	3,20	2,15	1,20
3,35	1,05	0,60-0,90	4,10	3,35	1,05	3,65	2,45	1,36
3,65	1,20	0,75-1,20	4,55	3,65	1,20	4,10	2,75	1,50
3,95	1,20	0,90-1,20	5,20	3,95	1,20	4,55	3,05	1,70
4,25	1,50	0,90-1,20	5,80	4,25	1,50	5,05	3,35	1,85
4,60	1,50	0,90-1,20	6,10	4,60	1,50	5,50	3,65	2,00
4,90	1,80	1,20-1,50	6,70	4,90	1,80	6,10	3,95	2,15
5,50	1,80	1,20-1,50	7,30	5,50	1,80	6,70	4,70	2,45
6,00 o más	2,15	1,20-1,80	8,55	6,00 o más	2,15	7,60	5,35	2,75

Tabla 5 Espaciado y Altura De Las Lámparas

* Esta distancia se adopta cuando van mesas o pupitres pegados a la pared

** El espaciado entre lámparas es generalmente menor que el espaciado máximo, a fin de adaptarse a las dimensiones de las crujeas o de los locales.

Cuando se emplean hileras continuas de tubos fluorescentes, las cifras indican los espacios entre dos hileras. Cuando se usan aparatos fluorescentes individuales (cuyo flujo en lúmenes es limitado), no se pueden adoptar las distancias de separación corrientes. El problema entonces se resuelve fijando primero el número de aparatos necesario para suministrar los luxes requeridos, y luego determinar el espacio para acomodar dicho número de unidades.

La Tabla 4 clasifica los locales por medio de letras según sus medidas incluyendo alturas de techo y de suspensión. Para aparatos de iluminación indirecta y semi-indirecta se toma la altura de techo; para iluminación directa y semidirecta, la altura de suspensión. En esta tabla se

determina el índice de local, dato que empleamos para entrar en la Tabla 3. Esta tabla reúne todos los factores que afectan a la utilización del alumbrado. La cifra que se obtiene en esta tabla es el porcentaje de flujo suministrado por las lámparas que llega al plano de trabajo. Por ejemplo un F.U. (factor de utilización) de 0.40 significa que el 40% de la potencia luminosa se aprovecha y que el 60% es absorbido por las paredes, techo y el mismo aparato.

El rendimiento del aparato se calcula con la fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{No. total de lúmenes emitidos por el aparato}}{\text{No. total de lúmenes producidos por las lámparas del aparato}}$$

La iluminación inicial medida cuando las lámparas están nuevas, y cuando el equipo esta limpio, será superior a la iluminación media que puede mantenerse en servicio. Para tomar esto en cuenta se indica en la tabla 3 un F.C. (factor de conservación), que representa el porcentaje aproximado de la iluminación inicial que puede mantenerse con trabajos de conservación como son la limpieza y el repintado.

Los lúmenes requeridos para iluminar una habitación se calculan con estas dos fórmulas:

$$\text{Lúmenes por habitación} = \frac{\text{luxes} \times \text{superficie}}{\text{C.U.} \times \text{F.C.}} \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{Lúmenes por aparato} = \frac{\text{Total de lúmenes}}{\text{No. de aparatos que se instalan}} \quad \dots\dots (2)$$

Tabla 6. Reflexiones Recomendadas En %

SUPERFICIE	OFICINAS	PLANTAS INDUSTRIALES	ESCUELAS	RESIDENCIAS	HOSPITALES
Techo	80-92	80-90	70-90	60-90	80-92
Paredes	40-60	40-60	40-60	35-60	40-60
Piso	21-39	Mínimo 20	30-50	15-35	20-40

En la Tabla 7 se consignan algunos coeficientes de reflexión según el color de la superficie y en la cual se supone una claridad media.

Tabla 7 Coeficientes De Reflexión Aproximados (en %.)

Blanco	83	Cuero	50-30
Gris	70-44	Castaño	40-20
Gris francés	40	Verde	55-20
Gris oscuro	19	Verde oliva	20
Blanco marfil	80	Azul ultramar	55
Marfil	71-63	Azul celeste	37
Gris perla	72	Rosado	70-50
Gamuza	70-40	Púrpura	20
		Rojo	40-15

El número de luminarios necesarios se calcula a partir de la ecuación 1, es decir:

$$\text{No. de luminarios} = \frac{(\text{No. luxes})(\text{Superficie})}{(\text{C.U.})(\text{F.C.})(\text{No. de lámparas por luminario})(\text{No. de lúmenes por lámpara})} \dots(3)$$

V.1.3.2 CÁLCULO DE ALUMBRADO. EJEMPLO NÚMÉRICO.

Supondremos que se desea iluminar el aula de conferencias localizada en la planta de mezzanine, y que su acabado tendrá colores claros. Al mismo tiempo y por razones de estética se desean instalar luminarios empotrados que utilizan dos lámparas fluorescentes de tipo F40T12/CW (fluorescente de 40 watts, tubular de 12/8" de diámetro, luz blanca).

local: Aula de conferencias

dimensiones	{	largo: 9m	color de	{	techo: blanco liso
		ancho: 6.6m			paredes :amarillo claro
		altura: 2.7m			
		superficie de piso: 59.4m ²			

SOLUCION.

Categoría de iluminancia: D (tabla 2)
 Rango de iluminancia: 200-500 lux (tabla 1)
 Iluminancia propuesta: 300 lux
 Índice de local: C (tabla 4) para luz indirecta

Factores de reflexión techo: 80%
 { paredes: 50% (tabla 6.)

lúmenes iniciales :2350 (tabla 8)
 Luminario propuesto: F-13, 86% eficiencia
 Factor de conservación, F.C= 0.75 (tabla 3)
 Coeficiente de utilización, C.U. =0.60

$$\text{- lúmenes necesarios} = \frac{(300)(59.4)}{(0.60)(0.75)} = 39600 \text{ (fórmula 1)}$$

$$\text{Luminarios necesarios} = \frac{39600}{2(2350)} = 8.4 \text{ (fórmula 3)}$$

se redondean a 8 luminarios.

Para hacer una comprobación práctica calculamos el número de luxes que nos proporcionan 8 luminarios. Se despejan de la fórmula 3:

$$\text{Luxes proporcionados} = \frac{8(2)(2350)(0.60)(0.75)}{59.4} = 284.8$$

Cifra que comparada con 300 lux requeridos para una iluminación mínima aceptable resulta adecuada, porque está dentro del rango de iluminancia.

La solución del mismo problema pero con alumbrado incandescente es similar, por ejemplo:

Índice de local: E para luz directa (tabla 4)

Luminario propuesto: I-9 con un 89.5% de eficiencia (Tabla 3)

Factor de conservación, F.C. = 0.70

Coefficiente de utilización, C.U. = 0.36

$$\text{Lúmenes necesarios} = \frac{300(59.4)}{(0.36)(0.70)} = 70,714.28$$

Lúmenes iniciales: 5650, corresponden a la lámpara incandescente de 300 watts de potencia y de vidrio claro (tabla 9).

$$\text{Luminarios necesarios} = \frac{70,714.28}{5650} = 12.5$$

Podemos redondear a 12 luminarios

Haciendo una revisión de los luxes que nos proporcionan 12 luminarios :

$$\text{Luxes proporcionados} = \frac{12(5650)(0.36)(0.70)}{59.4} = 287.6$$

Cifra que está dentro del rango de iluminación y que no se aleja demasiado de la propuesta inicialmente, por lo tanto la instalación es aceptable.

Un segundo ejemplo. Se desea alumbrar el auditorio para asambleas; su planta es circular, con un diámetro de 16 metros, el techo y las paredes se pintarán con colores claros.

Local: **auditorio para asambleas.**

Dimensiones $\left\{ \begin{array}{l} \text{diámetro: 16m.} \\ \text{altura promedio: 2.66 m} \\ \text{superficie: } 201\text{m}^2 \end{array} \right.$

Color de $\left\{ \begin{array}{l} \text{techo : blanco rugoso} \\ \text{paredes : amarillo claro} \end{array} \right.$

Tabla 8. Datos Relativos A Lámparas Fluorescentes

Potencia nominal vatios	Longitud nominal * m	Diámetro cm	Tubo	Vatios por lámpara (promedio)	Amperios por lámpara (promedio)	Voltios por lámpara (promedio)	Luz blanca fría standard			Luz blanca cálida standard		
							Lúmenes **	Lúmenes por vatio***	Brillo (lamberts)	Lúmenes **	Lúmenes por vatio***	Brillo (lamberts)
8	0,30	1,6	T-5	7,9	0,16	58	310	39	2,9	330	42	3,2
13	0,30	1,6	T-5	13,0	0,16	99	600	46	2,9	610	47	3,0
14	0,38	3,8	T-12	14,0	0,39	37,5	520	37	1,6	550	39	1,7
15 (T-8)	0,46	2,5	T-8	15,0	0,30	55	690	46	2,5	730	49	2,6
15 (T-12)	0,46	3,8	T-12	14,1	0,33	45,5	615	43	1,5	640	45	1,6
20	0,61	3,8	T-12	19,2	0,37	57	915	48	1,6	950	49	1,6
25	0,84	3,8	T-12	24,5	0,52	52	1380	56	1,7	1420	58	1,7
30	0,91	2,5	T-8	30,0	0,355	98	1700	57	2,8	1800	60	3,0
40 (T-12)	1,22	3,8	T-12	39,0	0,43	99	2350	60	1,9	2500	64	2,0
40 (T-17)	1,52	5,4	T-17	41	0,425	103	2350	57	1,1	2500	61	1,2
90	1,52	5,4	T-17	99	1,57	61	4850	54	2,3	5150	58	2,4
100	1,52	5,4	T-17	99	1,52	70	4850	49	2,3	5150	52	2,4

Tabla 9. Datos Relativos A Lámparas De Incandescencia

Potencia y duración		Lúmenes			Tipos	
Potencia de la lámpara(1) vatios	Duración media horas	Lúmenes iniciales	Lúmenes por vatio	Lúmenes normales	Forma de la bombilla (2)	Rosca del casquillo
60 A	1000	835	13.9	790	A-19	Media
60 A/W	1000	835	13.9	780	A-19	Media
75 A	750	1150	15.4	1090	A-19	Media
100 A	750	1630	16.3	1530	A-21	Media
100 A/W	750	1630	16.3	1520	A-21	Media
100 A/SB	750	-	-	-	A-23	Media
150 A	750	2650	17.6	2450	A-23	Media
150 /SB	1000	-	-	-	PS-25	Media
200*	750	3700	18.4	3300	PS-30	Media
200 /IF	750	3700	18.4	3300	PS-30	Media
200 /SBIF	1000	-	-	-	PS-30	Media
300*	1000	5650	18.9	5050	PS-35	Mogol
300 /SBIF	1000	-	-	-	PS-35	Mogol
500 /IF	1000	9900	19.8	8800	PS-40	Mogol
500 /SBIF	1000	-	-	-	PS-40	Mogol
750 /IF	1000	15600	20.8	13700	PS-52	Mogol
1000*	1000	21500	21.6	18000	PS-52	Mogol
1000 /IF	1000	21500	21.6	18000	PS-52	Mogol
1500*	1000	33000	21.9	26500	PS-52	Mogol

1).- Las letras indican el tratamiento del vidrio de la bombilla.

A= vidrio deslustrado por el interior

A/W= deslustrado por el interior, blanco.

A/Sb=deslustrado concavidad plateada.

*= vidrio claro.

SBIF= concavidad plateada deslustrado interiormente.

IF= deslustrado interiormente.

2).- Las letras indican la forma y los números el diámetro de la bombilla en octavos de pulgada.

SOLUCIÓN.-

Categoría de iluminancia:	C (auditorios para exhibiciones o asambleas. Tabla 2.)
Rango de iluminancia:	100-200 lux (tabla 1.)
Iluminancia propuesta:	150 lux.
Índice de local:	A (para luz directa, considerando un local rectangular con una superficie equivalente. (Tabla 4.)
Factores de reflexión:	Techo 75% (Tabla 6.) Pared 50%
Tipo de aparato de iluminación propuesto:	I-2 (tabla 3.)
Eficiencia	79%.
Factor de conservación	F.C. = 0.75
Coefficiente de utilización	C.U. = 0.74

$$\text{Lúmenes necesarios} = \frac{(150 \text{ lux})(201 \text{ m}^2)}{(0.75)(0.74)} = 54,324$$

Bombilla propuesta: 100 watts para 110 volts

Lúmenes iniciales : 1630 (tabla 9.)

$$\text{Lúmenes necesarios} = \frac{54,324}{1630} = 33.3, \text{ redondeamos a } 34$$

Comprobación de los luxes proporcionados con 34 luminarios cada uno con lampara de 100 watts.

$$\text{Luxes proporcionados} = \frac{34(1630)(0.75)(0.74)}{201} = 153 \text{ lux} > 150 \quad \therefore \text{ la instalación es aceptable.}$$

Si se quisieran utilizar bombillas incandescentes de 60 watts con 835 lúmenes iniciales (Tabla 9) tendríamos:

$$\text{Luminarios necesarios} = \frac{54,324}{835} = 65$$

$$\text{Luxes proporcionados} = \frac{65(835)(0.75)(0.74)}{201} = 149.8$$

cifra aceptable porque está dentro del rango de iluminación; entonces también podemos instalar 65 luminarios del tipo I-2 con lámpara de 60 watts cada uno.

Tomando como base lo anterior y apoyándose en las tablas 1 y 2 es como se han alumbrado todos y cada uno de los locales, pasillos y áreas de trabajo que conforman el edificio.

Como podemos percatarnos, la iluminación se hará en mayor medida con equipos fluorescentes tipo slim complementados con lámparas empotradas en plafond.

En áreas específicas como el auditorio, la iluminación se hará en base a reflectores empotrados en plafond en focos de 70 watts; en áreas exteriores como los patios (de la cafetería, archivo muerto) y azoteas, se utilizarán lámparas tipo arbotante; el área del archivo muerto, la cocina y la cafetería y el cuarto de máquinas utilizarán lámparas fluorescentes tipo empotrar de 2x 38 watts, el área de mesas de la cafetería utilizará lámparas empotradas en plafond con foco dicrioico de 50 watts, reforzando esta iluminación con rieles eléctricos con una potencia de 200 watts cada uno; la zona con doble altura en donde se halla el área de exposiciones estará iluminada a base de reflectores empotrados en plafond con una potencia de 250 watts cada uno, se agregan rieles eléctricos con una potencia de 500 watts cada uno.

La iluminación de los sanitarios es la misma en todos los niveles, estará soportada por una combinación de equipo fluorescente tipo slim de 2x 38 watts y de 20x20 watts, así como una lámpara empotrada en plafond con foco dicrioico de 50 watts. Solo en los sanitarios de mujeres se aumenta una lámpara empotrada. La iluminación del área de estacionamiento se hará con seis (6) lámparas tipo arbotante de 250 watts cada una; las fachadas del edificio estarán iluminadas con cuatro (4) reflectores con lámparas de halógeno de 1000 watts cada uno.

En general las cargas de alumbrado las podemos separar en:

- a) Cargas de alumbrado general
- b) Cargas de pasillos
- c) Cargas de alumbrado exterior
- d) Cargas de letreros
- e) Alumbrado de aparadores

En la Figura 6 se ilustran estos tipos de cargas

Cada tipo de carga se calcula por su localización y manera como va a ser usada. La carga de alumbrado general se calcula siempre de acuerdo al método de los watts/m² y no de acuerdo al número de salidas. Cuando se usa el alumbrado fluorescente, se selecciona la carga mayor entre la calculada por el método anterior y la que demandan las balastras. Ahora por reglamento todas las cargas industriales y comerciales se deben calcular por CICLO CONTINUO O NO

CONTINUO según se usen; la carga de alumbrado se puede calcular al 100% para ciclo de trabajo no continuo; se puede calcular al 125% de la carga total conectada, si la carga está diseñada para uso CONTINUO. En el caso de alumbrado de pasillos, se puede considerar una carga de 180 watts por cada 60cm de pasillo.

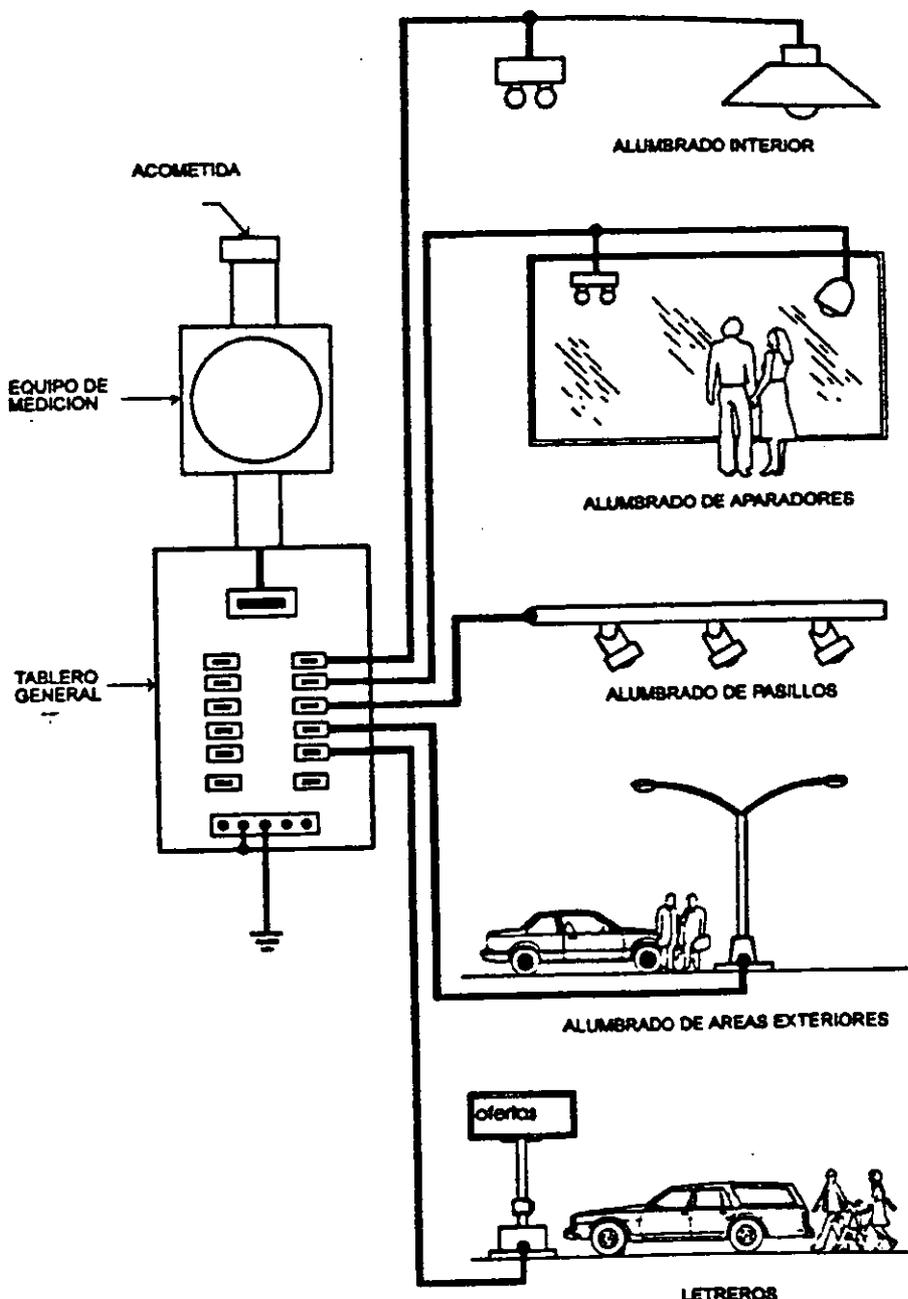


Fig. 6 Tipos De Alumbrados A Considerar En Las Instalaciones Eléctricas Comerciales E Industriales.

V.1.4. CIRCUITOS DERIVADOS

Los circuitos derivados se pueden dividir de acuerdo a su utilización en circuitos que alimentan aparatos, circuitos de propósitos generales y en circuitos individuales. Según su protección contra sobrecorriente se clasifican como de: 15, 20, 30 y 50 amperes. Cuando la carga a conectarse es conocida se puede usar un circuito con capacidad correspondiente a esa carga. Las cargas individuales mayores de 50 amperes se deben alimentar con circuitos derivados individuales.

Los circuitos derivados pueden instalarse como MULTIFILARES, es decir, que están compuestos de dos o más conductores a diferente potencial entre sí y de un conductor que tenga la misma diferencia de potencial con respecto a cada uno de los otros conductores, como en el caso de un circuito trifásico y a cuatro hilos.

Los colores para identificación usuales en la instalación de circuitos derivados multifilares son:

Circuitos trifilares : negro, blanco y rojo

Circuitos tetrafilares: negro, blanco, rojo y azul

Circuitos pentafileares: negro, blanco, rojo, azul y amarillo

todos los conductores del mismo color deberán conectarse al mismo conductor alimentador a todo lo largo de la instalación.

En lo referente al voltaje, los circuitos que alimenten portalámparas aparatos o contactos de capacidad normal de 15 amperes o menos no deberán exceder de 150 volts a tierra, excepto en establecimientos industriales en donde puede ser hasta de 300 volts a tierra, en circuitos que abastezcan únicamente lámparas que estén a más de 2.4 metros de altura sobre el piso y que no tengan interruptores.

Las normas recomiendan instalar circuitos derivados separados cuando se trate de abastecer a:

- a) Alumbrado y aparatos pequeños, como relojes, radios, etc.
- b) Contactos de más de 3 amperes, como planchas, refrigeradores, parrillas, o bien cargas individuales mayores de 50 amperes.

Como ya quedó asentado, la carga de alumbrado en circuitos derivados debe considerarse igual al 100% de la carga conectada al circuito.

Como alternativa para el cálculo de la carga de alumbrado en circuitos derivados pueden emplearse los valores mínimos indicados en la tabla siguiente:

DISPOSITIVO DE PROTECCION DEL CIRCUITO DERIVADO (FUSIBLE O INTERRUPTOR)

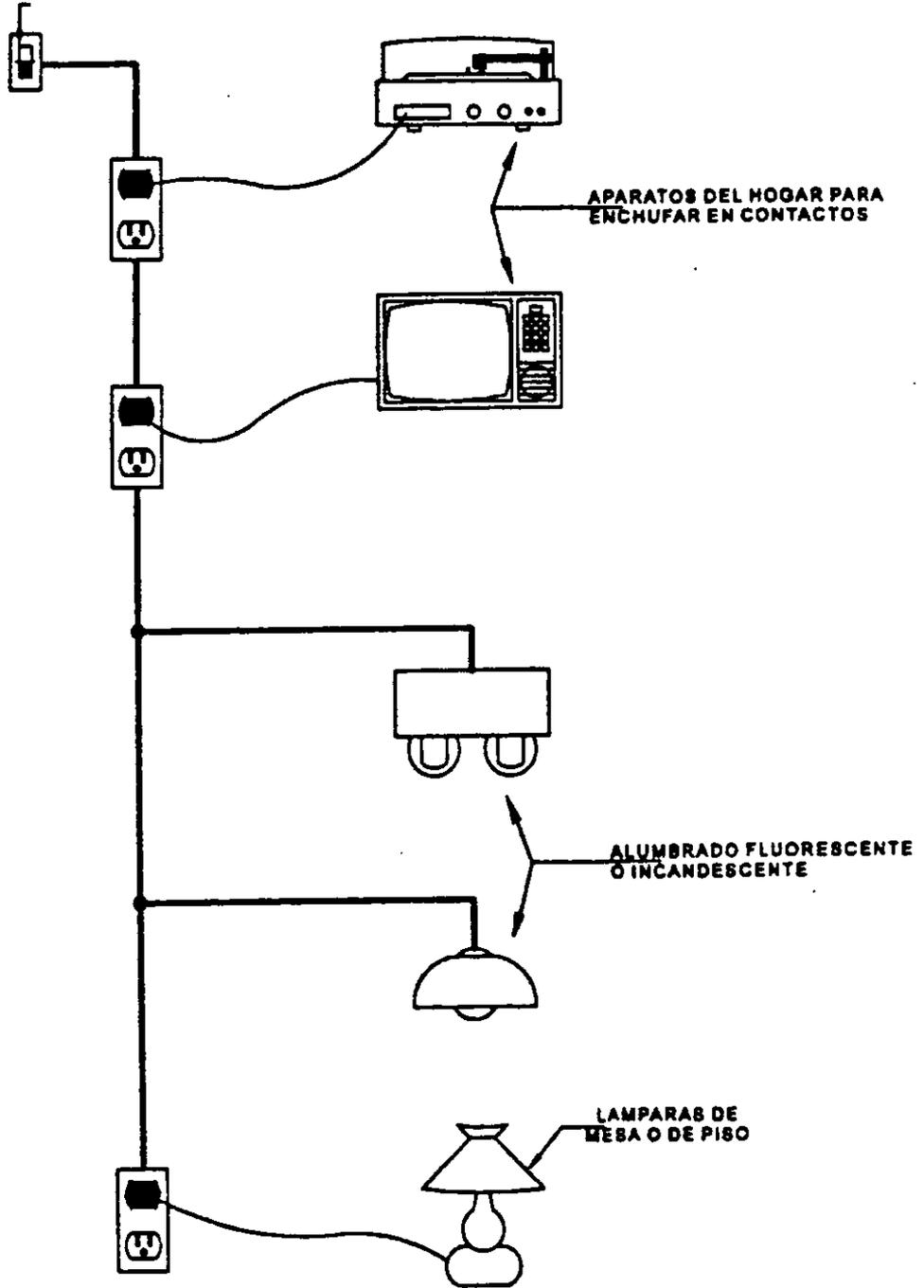


Fig. 7 Circuito Derivado De Propósitos Generales

Tabla 10. Cargas Mínimas De Alumbrado y Aparatos Pequeños

LUGAR	CARGA RECOMENDADA EN WATTS POR m ²
Anfiteatros o Auditorios	10
Bancos	30
Bodegas o Almacenes	25
Casas para habitación	20
Clubes o casinos	20
Edificios industriales	20
Edificios de oficina	30
Escuelas	30
Estacionamientos comerciales	5
Hospitales, hoteles y casas de apartamentos sin aparatos eléctricos para cocinar	20
Iglesias	10
Peluquerías y salones de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30
Aparadores de Tiendas o comercios	60

Los valores de ésta tabla incluyen también la carga correspondiente a contactos de uso general en casa habitación y hoteles.

Para aparatos fijos y otras cargas definidas y que no están contemplados en la tabla, pueden considerarse como mínimo las cargas por salida siguientes:

- a) Salidas para aparatos fijos u otras cargas definidas, que no sean motores: 100% de la potencia nominal del aparato o de la carga que se trate.
- b) Otras salidas, para contactos no considerados en la carga de alumbrado: 180 watts como mínimo.
- c) Alumbrado de aparadores comerciales. Puede considerarse una carga de 600 watts por metro lineal de aparador, medidos horizontalmente a lo largo de su base.
- d) Aparatos de más de 3 amperes. Para éstos, se debe considerar una carga no menor de cinco amperes. Cuando en un mismo cuarto se instalen varios contactos que no se usen simultáneamente se podrá calcular una carga no menor de 5 amperes por cada tres contactos.
- e) Hilo neutro. Cuando haya hilo neutro en un circuito derivado, la carga que se considere para el neutro no deberá ser menor que el desequilibrio máximo de la carga del circuito.

Para los conductores de los circuitos derivados, las normas fijan los requisitos siguientes:

- a) CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN. Serán de calibre suficiente para conducir la corriente de circuito derivado y deberán cumplir con las disposiciones de caída de voltaje y capacidad térmica.

- b) **SECCIÓN MÍNIMA.** Esta no deberá ser menor que la correspondiente al calibre No. 14 para circuitos de alumbrado y aparatos pequeños, ni menor que la del No. 12 para circuitos que alimente aparatos de más de tres amperes.

Los alambres y cordones pertenecientes a unidades de alumbrado o aparatos y que se usen para conectarlos a las salidas de circuitos derivados pueden ser de menor sección, siempre que su corriente permitida sea suficiente para la carga de las unidades o aparatos y que no sean de calibre más delgado que él:

- a) No. 18 cuando se conecten a circuitos derivados de 15 amperes.
- b) No. 16 cuando se conecten a circuitos derivados de 20 amperes.
- c) No. 14 cuando se conecten a circuitos de 30 amperes.
- d) No. 12 cuando se conecten a circuitos de 50 amperes.

Otro aspecto importante de los circuitos derivados es su protección contra sobrecorriente, al respecto las normas técnicas señalan que cada conductor NO conectado a tierra, debe protegerse contra corrientes excesivas por medio de dispositivos de protección contra sobrecorriente. La capacidad de éstos cuando no sean ajustables, o su ajuste cuando sí lo sean, deberá ser como sigue:

- a) No deberá ser mayor que la corriente permitida para los conductores del circuito.
- b) Si el circuito abastece a un solo aparato con capacidad de 10 amperes o más, la capacidad o ajuste del dispositivo contra sobrecorriente, no deberá exceder del 150% de la capacidad del aparato.
- c) Los alambres y cordones para circuitos derivados pueden considerarse protegidos por el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

En lo que corresponde a los **DISPOSITIVOS DE SALIDA** de los circuitos derivados, éstos deberán cumplir con lo siguiente:

- a) **PORTA LÁMPARAS.** Deben tener una capacidad no menor que la carga por servir y se recomienda que cuando estén conectados a circuitos derivados con capacidad de 20 amperes o más, sean del tipo pesado.
- b) **CONTACTOS.** Deben tener una capacidad no menor a la carga por servir y se recomienda que cuando estén conectados en circuitos derivados con dos o más salidas, tengan las siguientes capacidades:

CAPACIDAD DEL CIRCUITO	CAPACIDAD DE LOS CONTACTOS
No. mayor de	
15 amperes	15 amperes
20 amperes	20 amperes
30 amperes	20 ó 30 amperes
50 amperes	50 amperes

Los cordones flexibles usados para conectar aparatos eléctricos tales como planchas, calentadores y demás aparatos portátiles para producir calor deben ser del tipo de cordones adecuados para usarse con resistencias eléctricas, tales como los tipos HDF, HS ó HPN.

Las unidades de aire acondicionado pueden conectarse mediante cordón y clavija, solamente cuando sean monofásicos y su tensión de operación no exceda de 250 volts. Si son trifásicos deben conectarse directamente a un circuito derivado (sin clavija).

Los aparatos a que se refiere esta disposición son enfriadores de aire de tipo hermético, de corriente alterna, para instalarse en ventanas o empotrados en paredes de habitación. También aquí se incluyen los aparatos de aire acondicionado que tengan provisión para calefacción.

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas permiten sólo el uso de circuitos derivados de 15 o 20 amperes para alimentar unidades de alumbrado con portalámparas estándar. Los circuitos derivados mayores de 20 amperes se permiten sólo para alimentar unidades de alumbrado fijas con portalámparas de uso rudo. En otras palabras, los circuitos derivados de más de 20 amperes no se permiten para alimentar habitaciones unifamiliares o en edificios de departamentos.

V.1.4.1. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LOS CONDUCTORES

Se deben considerar los factores siguientes en el cálculo de la sección transversal mínima de un conductor cuando la instalación es de baja tensión:

- a) Que la sección del conductor pueda transportar la corriente necesaria.
- b) Que la caída de tensión esté dentro del rango especificado.
- c) Que la temperatura del conductor no dañe su aislamiento

Cuando por alguna razón no se toma en cuenta estos factores se ocasionan problemas como los siguientes:

- a) Cuando la sección del conductor es menor que la adecuada se incrementa su resistencia eléctrica, aumentando también su temperatura de operación. Esto aumenta las pérdidas por calor y finalmente se deteriora el aislamiento. Por otra parte también sucede que la caída de tensión en la línea será mayor a la tolerada, y esto puede dañar a los equipos que soporta.
- b) Cuando no se protege el aislamiento del conductor este se daña por la alta temperatura, entonces aumenta el riesgo de fugas de corriente y se incrementa el riesgo de falla por corto circuito.
- c) Cuando la caída de tensión no es la correcta, si no es que se dañan los equipos, no se da el servicio requerido y entonces el circuito y los conductores trabajarán fuera de normas.

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas permiten el 3% de caída de tensión para circuitos derivados y un 5% para el conjunto del circuito alimentador más el derivado. La caída de tensión es función de la longitud de la instalación.

La selección adecuada de un conductor se hace tomando en cuenta dos cálculos por separado, pero sus resultados se consideran simultáneamente en la selección; es decir, se selecciona el conductor cuya sección resulte mayor. De esta manera se garantiza que cumple con los requisitos de capacidad de conducción (ampacidad) y de caída de tensión.

La **ampacidad** de un conductor se calcula como sigue:

- a) Se halla la corriente que va a transportar el conductor por medio de una fórmula adecuada según la tabla 11.
- b) Al valor anterior se le aplican los factores de corrección por temperatura y por agrupamiento. Este nuevo valor de corriente, no circulará realmente por el conductor, pero sirve para simular las condiciones adversas en las que estará trabajando.
- c) Con el valor anterior se localiza el calibre adecuado según la tabla 12.

La **caída de tensión** de un conductor se calcula con al fórmula siguiente:

$$e \% = \frac{F.C(L)(I_n)}{10.V}$$

donde:

- e % = caída de tensión en porciento.
- L= longitud del circuito en metros.
- I_n= corriente nominal en amperes.
- V= voltaje de alimentación.
- F.C.= factor de caída de tensión unitaria en minivolts /A-m

Los factores de caída de tensión se consignan en la tabla 13.

Tabla 11. Fórmulas. Corriente Que Transporta Un Conductor

	Corriente Continua	Corriente Alterna		
		Una fase	Dos fases 4 hilos	Tres fases
Amperes conociendo CP I _n	$\frac{C.P \times 746}{V \times N}$	$\frac{C.P \times 746}{V \times N \times f.p}$	$\frac{C.P \times 746}{2V \times N \times f.p}$	$\frac{C.P \times 746}{3 V_f \times N \times f.p}$
Amperes conociendo W I _n	$\frac{W}{V}$	$\frac{W}{V \times f.p.}$	$\frac{W}{2V \times f.p.}$	$\frac{W}{\sqrt{3}V_f \times f.p.}$
Amperes conociendo KVA I _n	-	$\frac{KVA \times 1000}{V}$	$\frac{KVA \times 1000}{2V}$	$\frac{KVA \times 1000}{\sqrt{3}V_f}$

- Donde:
- I_n= corriente nominal (amperes).
 - V= voltaje de fase a neutro (volts).
 - N= eficiencia expresada en décimas.
 - C.P= potencia nominal en caballos de potencia (C.P.).
 - f.p= factor de potencia
 - W= potencia en watts
 - KVA= potencia aparente en kilovoltamperes (KVA).
 - V_f= voltaje entre fases en volts

Tabla 12 Ampacidad De Conductores Aislados De Cobre De Uno A Tres Conductores En Conduit (Basado En Una Temperatura Ambiente De 30 °C)

CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG MCM	T TW	RH RHW RUH THW THWN	TA TBS RHH RHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
18			21				
16			22				
14	15	15	25	30	30	30	40
12	20	20	30	35	40	40	55
10	30	30	40	45	50	55	75
8	40	45	50	60	65	75	95
6	55	85	70	80	85	95	120
4	70	85	90	105	115	120	145
3	80	100	105	120	130	145	170
2	95	115	120	135	145	165	195
1	110	130	140	160	170	190	220
1/0	125	150	155	190	200	225	250
2/0	145	175	185	215	230	250	280
3/0	165	200	210	245	265	285	315
4/0	195	230	235	275	310	340	370
250	215	255	270	315	335		
300	240	285	300	345	380		
350	260	310	325	390	420		
400	280	335	360	420	450		
500	320	380	405	470	500		
600	355	420	455	525	545		
700	385	460	490	560	600		
750	400	475	500	580	620		
800	410	490	515	600	640		
900	435	520	555				
1000	455	545	585	680	730		
1250	495	590	645				
1500	520	625	700	785			
2000	560	625	775	840			

Tabla 13. Factores De Caída De Tensión Unitaria (Milivoltios/A-M) Del Fabricante Conduxem

Calibre AWG o MCM	Monofásico Conduit		Bifásico Conduit		Trifásico Conduit	
	Metálico	No Metálico	Metálico	No Metálico	Metálico	No Metálico
14	21,54	21,54	10,77	10,77	18,65	18,65
12	13,56	13,56	6,78	6,78	11,74	11,74
10	8,52	8,52	4,26	4,26	7,38	7,38
8	5,36	5,36	2,68	2,68	4,64	4,64
6	3,37	3,37	1,69	1,69	2,92	2,92
4	2,12	2,12	1,06	1,06	1,84	1,84
2	1,35	1,35	0,68	0,67	1,18	1,16
1/0	0,86	0,84	0,43	0,42	0,74	0,73
2/0	0,68	0,67	0,34	0,34	0,59	0,59
3/0	0,55	0,53	0,28	0,27	0,48	0,47
4/0	0,44	0,42	0,22	0,21	0,38	0,36
250	0,38	0,36	0,19	0,18	0,33	0,31
300	0,32	0,30	0,16	0,15	0,28	0,26
350	0,27	0,26	0,14	0,13	0,24	0,23
400	0,24	0,22	0,12	0,11	0,21	0,19
500	0,20	0,18	0,10	0,09	0,17	0,16
600	0,17	0,15	0,09	0,08	0,16	0,14
750	0,14	0,12	0,07	0,06	0,12	0,10
1000	0,12	0,09	0,06	0,05	0,10	0,09

V.1.4.2. CÁLCULO DE CONDUCTORES POR AMPACIDAD Y POR CAÍDA DE TENSION. EJEMPLO NUMÉRICO.

Se ejemplifica el caso del estacionamiento:

Del plano de cuadro de cargas correspondiente y de los datos del tablero "L" en donde se consigna el número y tipo de lámparas para alumbrar el estacionamiento, se tienen los datos siguientes:

- 6 reflectores de cuarzo de 250 W a 220 V
- 4 reflectores NOVEC con lámpara de halógeno de 1000 W a 220 V.
- 2 reflectores de cuarzo de 300 W a 127 V.
- 4 lámparas de 100 W a 127 V.
- 3 contactos monofásicos a 127 V (se consideran 180 W por contacto)
- eficiencia del 100 %
- factor de potencia F. P.= 90 %
- longitud 30 m.
- Voltaje 220 V, trifásico.

Solución.**1°.- Cálculo por ampacidad.**

Como se puede ver al pie del cuadro "L", el wattaje total demandado es de 7040 W. y de la Tabla 11 la fórmula adecuada para éste caso es:

$$I_n = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot V \cdot f \cdot p} = \frac{7040}{\sqrt{3}(220)(0.0.9)} = 20.55 A$$

De la tabla 12, seleccionamos un conductor del No 12

2°.- Cálculo por caída de tensión.

- Para el calibre 8 AWG se tiene un factor de caída según la tabla 13 de 4.64, entonces tenemos:

$$e\% = \frac{(4.64)(30)(20.55)}{10(220)} = 1.3\% < 3\%$$

- Para el calibre 10 AWG ; F.C.=7.38, entonces:

$$e\% = \frac{(7.38)(30)(20.55)}{10(220)} = 2.06\% < 3\%$$

- Para el calibre 12 AWG; F.C.= 11.74

$$e\% = \frac{(11.74)(30)(20.55)}{10(220)} = 3.28\% > 3\%$$

Seleccionando el conductor de mayor sección, el calibre adecuado es 10AWG, es decir, 4 hilos del No 10.

2° Ejemplo.- Se desea determinar el tipo y el tamaño de los conductores de la instalación de alumbrado del **auditorio para asambleas**. Calcular también el fusible de protección contra sobrecorriente, se sabe que se alimentarán 34 salidas para alumbrado con ciclo no continuo en un circuito derivado de 220V.

Solución. Según las normas, las salidas de los circuitos derivados se calculan al 100 % para ciclos de operación **no continuo**; para ciclos de operación **continuos** se toma el 125 % de la carga y el fusible de protección se calcula también al 125 % de la carga.

El auditorio se alumbrará con 34 luminarias, cada una con una lámpara de 100 W.

Entonces: carga = No de salidas x V.A. x 100 % (para ciclo de operación no continuo).
 carga = 34 x 100 x 1.00 = 3400 V.A.

La corriente es:

$$I = \frac{V.A.}{V} = \frac{3400.V.A.}{220V} = 15.4A$$

De la tabla 12 el conductor adecuado es el del No 12 AWG de cobre del tipo THW. El fusible contra sobrecorriente se selecciona para 20 A.

3er. ejemplo. - Calcular el número de salidas requeridas para alumbrar un pasillo de 8.00 m de longitud a 220 V. Calcular el fusible contra sobrecorriente y determinar el calibre y tipo de los conductores.

Solución. - Los circuitos derivados para alumbrado de pasillos se calculan a razón de 180 W por cada 60 cm. de pasillo

$$carga \text{ (Watts)} = \frac{long.de.pasillo(cm)}{60.cm} \times \frac{watts}{tramo} = \frac{800(180)}{60} = 2400W$$

$$No.de.salidas = \frac{carga(watts)}{watts / tramo} = \frac{2400}{180} = 13.3$$

Se redondea a 13

La corriente es :

$$I = \frac{P(watts)}{V(volts)} = \frac{2400}{220} = 10.9A$$

De la tabla 12, para 10.9 A seleccionamos un conductor No 14 AWG de cobre del tipo THW (aislamiento termoplástico resistente al calor hasta 75° C y resistente a la humedad). El fusible de protección se selecciona para 15 A.

Cuando se conoce la capacidad del fusible de protección del circuito derivado, el número de salidas permitidas se conoce dividiendo la capacidad del fusible por 1.5 A, cuando el circuito a es a 127 V (180 W / 127 V = 1.41 A).

Por ejemplo: En un circuito derivado a 127 V con fusible de protección de 15 A con ciclo de operación no continuo, el No de salidas permitidas es:

$$No. de salidas = \frac{15A}{1.5A \times 100\%} = 10$$

V.1.4.3. CIRCUITOS DERIVADOS PARA MOTORES ELÉCTRICOS

Los requerimientos de diseño para los circuitos derivados y para los circuitos alimentadores son independientes del tipo de instalación. Los motores eléctricos se designan por su potencia expresada en caballos fuerza (H.P.) Los conductores para abastecer de energía a los motores deben estar suficientemente dimensionados para soportar los arranques y paros así como la operación continua en el accionamiento de sus cargas. Deben ser capaces de permitir sobrecargas que se puedan producir debido a problemas con las chumaceras o con el frenado de

la maquinaria accionada. Una sobrecarga generada por el equipo requiere de más potencia para accionarlo; por ésta razón para evitar que los aislamientos de los equipos fallen por exceso de calor producido por sobrecargas, los conductores de los circuitos derivados se dimensionan para el 125 % de la corriente a plena carga del motor.

Los valores de las corrientes a plena carga para motores monofásicos se muestran en la tabla 14 y para los trifásicos en la tabla 15.

Tabla 14 Corriente A Plena Carga. Motores Monofásicos De Corriente Alterna.

H.P	127 V	220 V
1/6	I=4.0 A	I=2.3 A
¼	5.3	3.0
1/3	6.5	3.8
½	8.9	5.1
¾	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1 ½	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7 ½	72.0	42.0
10	91.0	52.0

Tabla 15 Corriente A Plena Carga. Motores Trifásicos De Corriente Alterna

H.P.	MOTOR DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO (AMPERES)			MOTOR SINCRONO CON FACTOR DE POTENCIA UNITARIO (AMPERES)		
	220 V	440 V	2400 V	220 V	440 V	2400 V
½	2.1	1.0				
¾	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1 ½	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7 ½	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	106	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35		158	29
200	502.0	251.0	47		210	38

Ejemplo.- Calcular el calibre del conductor de cobre tipo THWN (termoplástico resistente al calor 75 °C y a la humedad recubierto con nylon) requerido para alimentar un motor trifásico de 60 H.P. a 220 V.

Solución: De la tabla 15 para un motor con éstas características le corresponde una corriente de 161 A. Como el conductor del circuito derivado se calcula para el 125%, la corriente total será:

$$I = 161 \times 125 \% = 201.25 \text{ A.}$$

En la tabla 12 podemos seleccionar un conductor del No 4/ 0 AWG del tipo THWN.

V.1.5. CIRCUITOS ALIMENTADORES

Como ya se describieron en el glosario, este tipo de circuitos tiene como función el conducir la carga total demandada por el ó los circuitos derivados.

Para el cálculo de los conductores y los dispositivos de protección contra sobre corriente, se aplican las disposiciones de la NOM-SEMP; agrupándose las cargas y aplicando los porcentajes correspondientes a los factores de utilización de acuerdo con sus condiciones de uso.

Tabla 16 Factores De Demanda Para Alimentadores De Cargas De Alumbrado

Tipo de local	Parte de la carga de alumbrado general que aplica el factor de demanda	Factor de demanda (%)
Unidades de vivienda	Primeros 3000 W ó menos	100
	Los siguientes hasta 120000W	35
	Exceso sobre 50000 W	25
Hospitales *	Primeros 50000 W ó menos	40
	Exceso sobre 5000 W	
Hoteles y Moteles	Primeros 20000 W ó menos	50
	Los siguientes hasta 100000 W	40
	Exceso sobre 100000	30
Almacén	Primeros 12500 ó menos	100
	Exceso sobre 12500	50
Todos los demás	VA totales	100

Los factores de demanda de esta tabla no se aplicarán a la carga calculada de los alimentadores de las áreas de hospitales, hoteles y moteles donde todo el alumbrado pueda estar utilizado al mismo tiempo, como sucede en las salas de operaciones, salas de baile y comedores.

Tabla 17 Factor De Demanda Para Contactos No Domésticos

Parte de la carga de toma corriente a la que se le aplica el factor de demanda KW	Factor de demanda (%)
Primeros 10 KW ó menos	100
Exceso sobre 10 KW	50

V.1.5.1 DISPOSICIONES GENERALES

1. **CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE Y CALCULO DE CARGA.** Los conductores alimentadores tendrán suficiente capacidad de conducción de corriente para alimentar a las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada de un alimentador será menor que las cargas de los circuitos derivados alimentados.
2. **CARGAS CONTINUAS Y NO CONTINUAS.-** Cuando un alimentador soporta cargas continuas ó cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el valor nominal del fusible no será menor que la suma de las cargas no continuas más el 125 % de las continuas.
3. **ILUMINACIÓN GENERAL.-** Los factores de demanda se aplicarán a la parte de la carga total calculada del circuito derivado para iluminación general.
4. **ILUMINACIÓN DE ESCAPARATES O APARADORES.-** En la iluminación de escaparates o aparadores, se incluirá una carga no menor de 220 VA por cada 50 cm de espacio, medido horizontalmente a lo largo de su base.
5. **Calefactores eléctricos.-** Las cargas de los calefactores eléctricos fijos se calcularán al 100 % de la carga total conectada; en ningún caso la corriente nominal de la carga del alimentador será menor a la carga nominal del circuito derivado mayor que es alimentado.

Tabla 18 Factores De Demanda En Instalaciones Grandes

CARGA CALCULADA	FACTOR DE DEMANDA
1. Alumbrado (continuo)	1.25
2. Contactos. Los primeros 10 KVA al 100 %, el resto al 50 %	1.00
3. Motores de aire acondicionado	1.0 ó 0.00 (1)
4. Motores	1.00 ó 1.25 (operación continua)
5. Cocinas	0.65 ó 1.00 (2)
6. Calefactores eléctricos	1.0 ó 0.00 (1)
7. Calentadores eléctricos de agua	1.00
8. Otra cargas	1.00

Notas:

- (1) Generalmente la calefacción y el aire acondicionado no operan simultáneamente, de manera que el tablero de carga ó centro de carga debe tener la capacidad para alimentar a la mayor de las dos. Se asigna 1.00 a la mayor y 0 a la menor.
- (2) Las cargas para cocinas eléctricas tienen un factor de demanda que varía entre 0 y 1, dependiendo de aparatos individuales que maneja la cocina.

Ejemplos:

- (1) Calcular la ampacidad de un alimentador monofásico a 220 V, que soporta una carga de 15600 VA

Solución.-
$$I = \frac{VA}{V} = \frac{15600}{220} = 71A$$

- (2) Calcular la capacidad en VA y la ampacidad para un circuito alimentador que soporta dos cargas no continuas con 12000 VA para alumbrado y 8000 VA para aparatos del hogar a un voltaje de 127 V.

Solución.-

Carga de alumbrado	12000 VA x 100 % = 12000
Carga de aparatos del hogar	8000 VA x 100 % = 8000
∴ Capacidad en VA =	20000

Ampacidad:
$$I = \frac{VA}{V} = \frac{20000}{127} = 157.48A$$

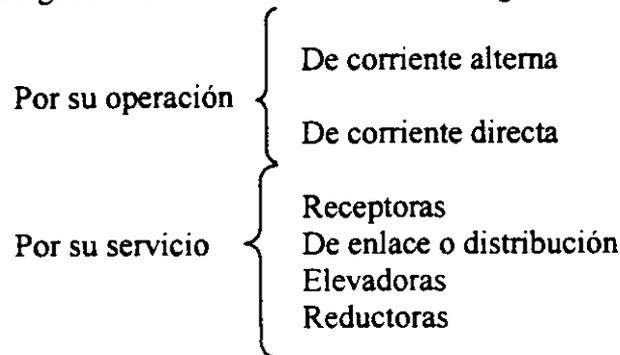
V.1.6. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA Y PLANTA DE EMERGENCIA

Cuando se tiene gran demanda de energía eléctrica en la instalación, el costo de ésta disminuye si se utiliza alta tensión en la acometida; como consecuencia de ésta disposición se requiere en el sitio de consumo una instalación especial de recepción de la energía eléctrica de tal manera que las características de ésta sean “manejables” por los circuitos instalados en el sitio. Esta instalación especial recibe el nombre de SUBESTACIÓN ELECTRICA.

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de la energía eléctrica, tales como voltaje, corriente, frecuencia, tipo corriente alterna a corriente continua o bien, conservarle dentro de ciertas características.

La subestación eléctrica se debe instalar cerca del centro de carga eléctrica, esto por razones de operación y economía.

La clasificación general de las subestaciones es la siguiente:



Por su construcción {
 Tipo intemperie
 Tipo interior
 Tipo blindada

Las partes que constituyen una subestación eléctrica son:

Elementos principales {
 Transformador
 Interruptor de potencia
 Restaurador
 Cuchillas fusibles
 Cuchillas desconectadoras
 Cuchillas de prueba
 Apartarrayos
 Condensadores
 Transformadores de medición
 Sistema de tierras
 Tableros de distribución

Elementos secundarios {
 Alumbrado
 Cables de potencia y control
 Estructura
 Herrajes
 Equipo contra incendio
 Equipo de filtrado de aceite

Descripción de los elementos principales:

***TRANSFORMADOR.**- Es una máquina estática de inducción en la cual la energía eléctrica se cambia en sus dos características: intensidad y tensión.

Para elegir un transformador se toman en cuenta las características siguientes:

- | | |
|----------------------|--|
| Capacidad | Tensión en tableros |
| Número de fases | Porcentaje de impedancia |
| Tensión primaria | Temperatura máxima sobre el ambiente |
| Tensión secundaria | Accesorios especiales de medición y protección |
| Tipo de conexión | Servicio para medio ambiente especial |
| Frecuencia eléctrica | Aéreo, de piso o subterráneo |
| Polaridad | Medio refrigerante |

***INTERRUPTOR DE POTENCIA.**- Es un dispositivo electromecánico que protege al transformador contra sobre cargas y corrientes de corto circuito, de manera automática. Al abrir sus contactos, que se encuentran en el interior de un tanque cilíndrico hermético, se produce entre ellos un arco eléctrico; para extinguirlo se utiliza aceite, gas, vacío, etc. para no producir daño en el interruptor.

***CUCHILLAS FUSIBLES.-** Son una protección auxiliar contra corto circuito del transformador; en caso de fundirse uno de los fusibles queda abierta la línea correspondiente y el transformador de potencial detecta el no voltaje en la fase, operando un relevador que envía una señal para abrir automáticamente las tres fases.

***CUCHILLAS DESCONECTORAS.-** Es un grupo de tres cuchillas que operan sin carga, permiten eliminar la alimentación a la subestación cuando se necesita mantenimiento.

***APARTARRAYOS.-** Existen sobretensiones transitorias de corta duración (40 a 50 segundos) causadas por descargas eléctricas atmosféricas en las líneas de alimentación o también por operación de interruptores de la red general; por tanto las sobrecorrientes resultantes se deben conducir a tierra para proteger al equipo.

El apartarrayos es un dispositivo de operación similar a un interruptor automático, está normalmente abierto y cuando ocurre una sobretensión en la línea, cierra el circuito a tierra para efectuar la descarga pasando así la sobrecorriente; instantáneamente vuelve a abrir interrumpiendo con ello el flujo de corriente; de no hacerlo la corriente continuaría fluyendo hacia tierra impulsada por el voltaje normal de la línea y causaría un corto circuito.

Los apartarrayos presentan una resistencia elevada a tensiones nominales y baja a sobretensiones para favorecer la descarga. El tipo más usado es el autovalvular.

***CONDENSADORES.-** Solo se utilizan en los casos en que se tiene que mejorar el factor de potencia.

***TRANSFORMADORES DE MEDICIÓN.-** Pueden ser de potencial o de corriente; son de alta precisión que producen fielmente un parámetro del primario en el secundario a una escala menor. Con esto se logra de una manera económica y segura tomar lecturas de corrientes y altos voltajes operando los sistemas de protección y control de los transformadores.

***SISTEMA DE TIERRAS.-** La finalidad de éste sistema, es brindar la mayor seguridad posible al personal y también para que todos los aparatos de protección funcionen correctamente.

***TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.-** Estos son gabinetes metálicos donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores, dispositivos de control, etc. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura, confiable y ordenada. El tablero general se coloca inmediatamente después del transformador y contiene un interruptor general.

En una instalación eléctrica cada área esta normalmente alimentada por uno o varios tableros derivados, los cuales pueden contar con un interruptor general, dependiendo de la distancia al tablero que lo alimenta y del número de circuitos que alimente. Contienen una barra de cobre para el neutro y uno, dos o tres barras conectadas a las fases respectivas, a las cuales se les conectan interruptores electromagnéticos de un, dos o tres polos, dependiendo del número de fases que se requieran para alimentar los circuitos derivados.

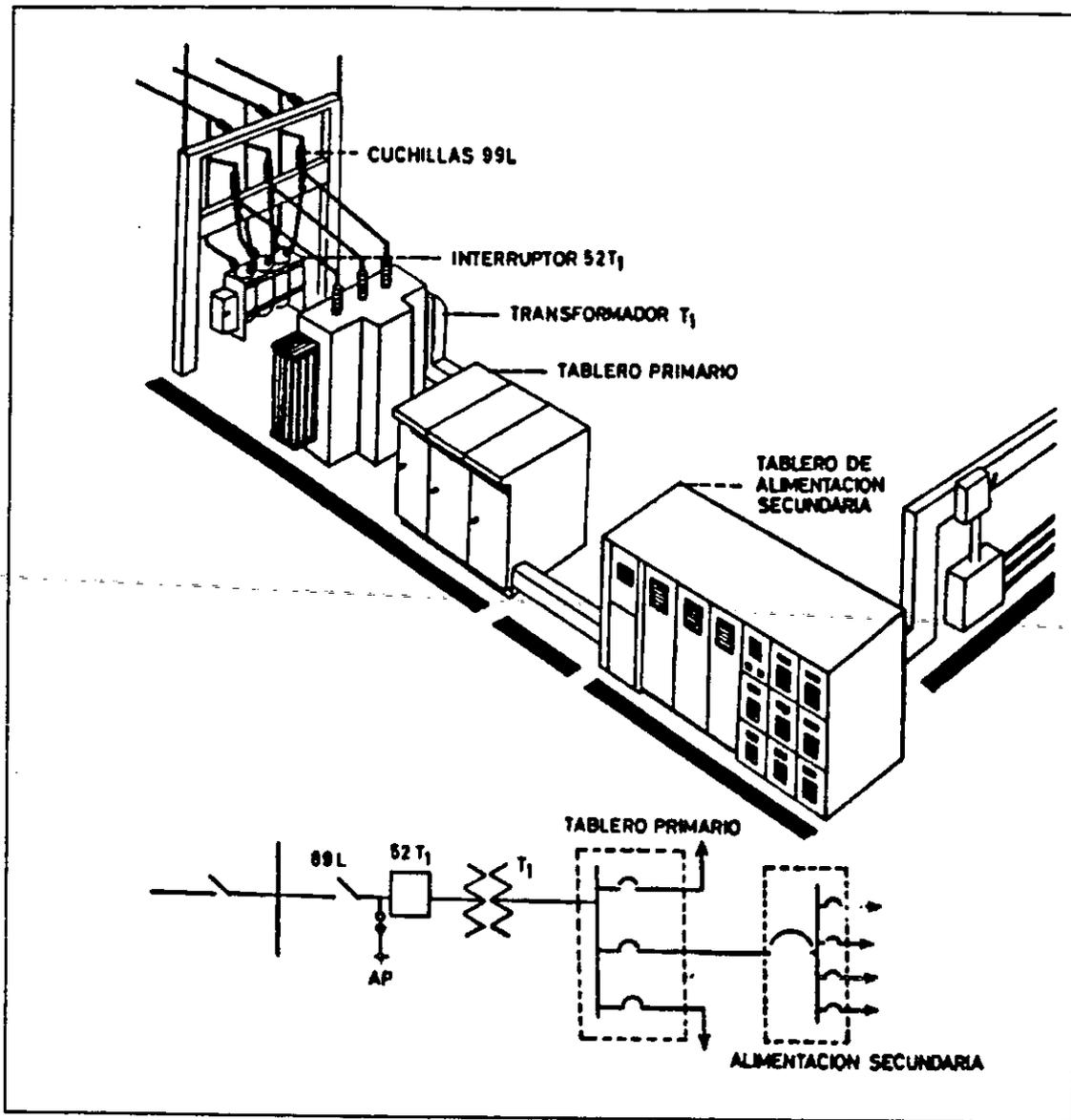


Fig 8 Diagrama Elemental De Una Subestación Industrial

V.1.6.1. PLANTA DE EMERGENCIA

Se utilizan básicamente en todos aquellos lugares de uso público como pueden ser: centros comerciales, hospitales, fábricas, edificios, etc. Constan de un motor de combustión interna (que utilizan diesel, gasolina o gas natural como combustible) acoplado a un generador de corriente alterna. Su función es suministrar energía eléctrica de emergencia, durante las interrupciones de energía en la red de distribución. En la actualidad y de manera adicional, también se emplean para generar energía en horas pico de demanda, así se disminuye la demanda máxima reflejándose esto en un menor consumo de energía en un periodo traduciéndose esto también en un menor pago por consumo.

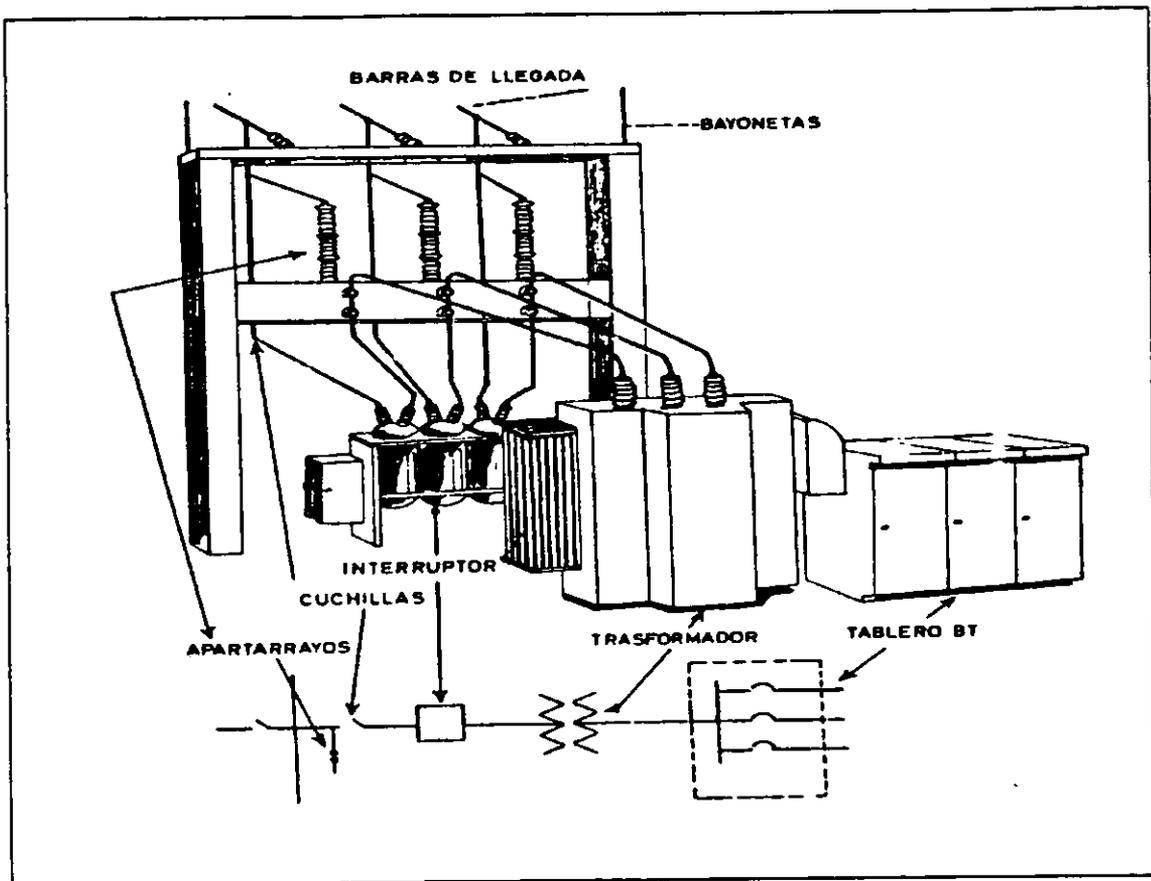


Fig. 9 Transformador. Representación Física Y Diagrama Unifilar

La conexión y desconexión del sistema de emergencia se hace por medio de interruptores de doble tiro (manuales o automáticos), que transfieren la carga del suministro normal a la planta de emergencia.

Las plantas automáticas tienen sensores de voltaje que al detectar la ausencia de éste, envían una señal para arrancar el motor de combustión interna, cuyo sistema de enfriamiento tiene intercalada una resistencia eléctrica que lo mantiene caliente mientras no esta funcionando.

Al seleccionar una planta eléctrica de emergencia es conveniente tomar en consideración los factores siguientes:

- 1).- El motor debe tener la potencia suficiente para satisfacer la demanda en KW solicitada por el generador.

Los HP mínimos que debe tener un motor reducidos a cualquier potencia auxiliar (ventilador), pérdida de potencia por altura, etc. Está dada por la siguiente fórmula:

$$HP_{mm} = \frac{KW}{(0.746) - \text{eficiencia} - \text{del} - \text{generador}}$$

- 2).- La altura sobre el nivel del mar a la que va a trabajar la planta eléctrica, es muy importante, debido a que los motores de combustión interna pierden potencia con la altura. Se puede decir que: Los motores de aspiración natural pierden aproximadamente el 3.5% de potencia por cada 300m. arriba de 150m sobre el nivel del mar. Este hecho queda reflejado en la figura 10.

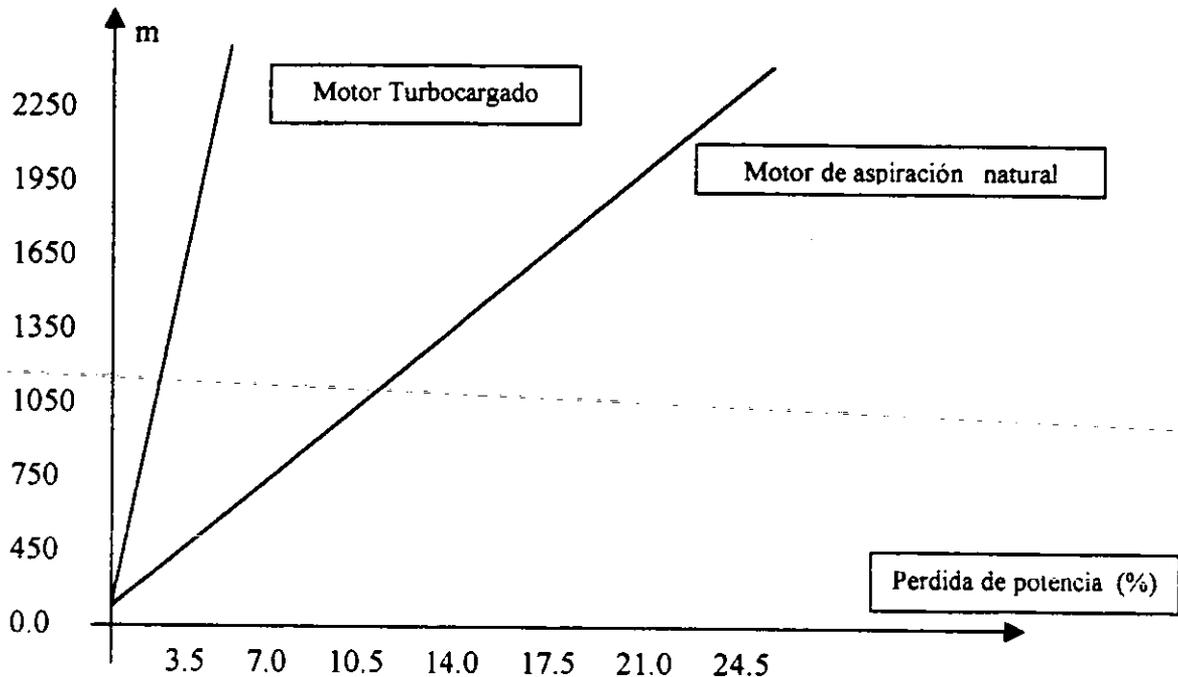


Fig. 10. Pérdida De Potencia Por Altura Sobre El Nivel Del Mar

- 3).- La temperatura ambiente es otro factor importante puesto que los motores pierden aproximadamente 1.5 % de su potencia por cada 2.77 ° C por arriba de 26.6 ° C. Ver la Figura 11.
- 4).- Al seleccionar la potencia de la planta eléctrica, es conveniente recordar que un motor diesel con potencia cercana al valor mínimo podrá tomar cargas súbitas no mayores de un 60 % de su carga plena y posteriormente recibir cargas parciales hasta llegar a su carga nominal.
- 5).- Cuando la planta eléctrica tiene como cargas motores eléctricos, es conveniente tomar en cuenta los siguientes factores:
- Los motores toman al arrancar entre 5 y 6 veces su corriente nominal, por lo que debe considerarse la posibilidad de utilizar arrancadores a voltaje reducido, lo que dependerá del par de arranque requerido para mover la carga del motor eléctrico.
 - Los KVA requeridos por el motor y su par de salida, dependen del voltaje aplicado según la tabla siguiente:

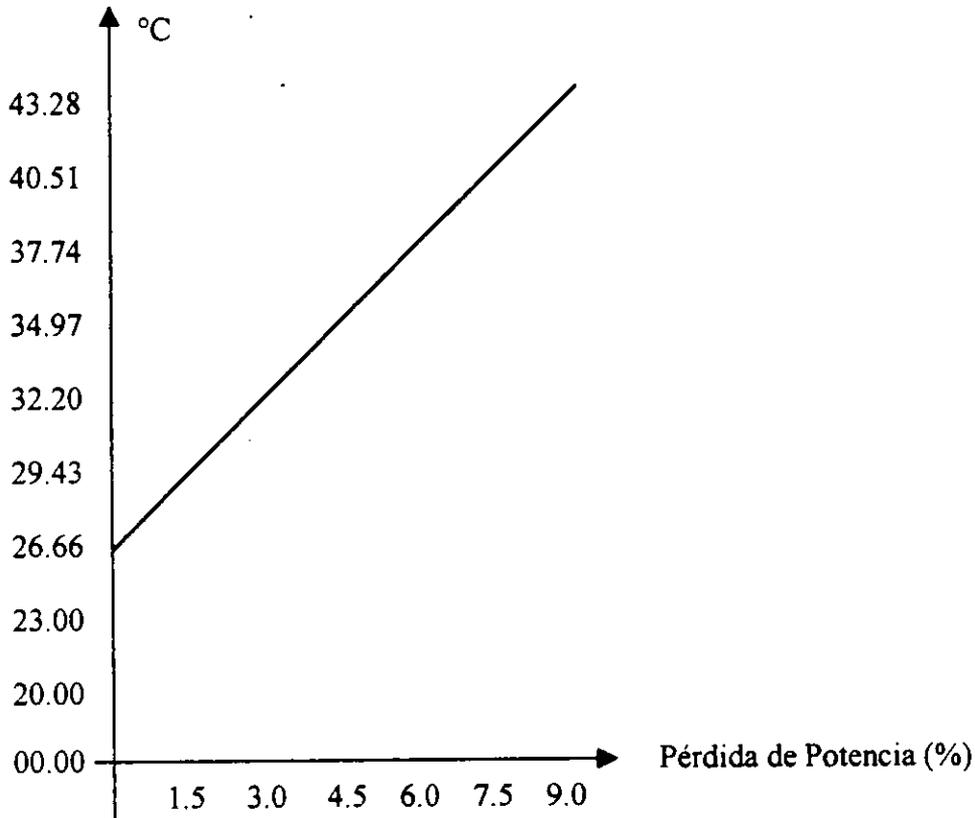


Fig. 11 Perdida De Potencia Por Temperatura.

Tabla 19.

Voltios al motor %	Corriente al motor %	Par de salida %	KVA requeridos
100	100	100	100
80	80	64	64
65	65	42.3	42.3
50	50	25	25

Se puede definir el mantenimiento como el conjunto de medidas adoptadas para que la planta de emergencia esté en condiciones favorables de entrar en funcionamiento en el momento en que se requiera. Su objetivo es prevenir el fallo, las pérdidas y los posibles daños que pudieran causar su no funcionamiento.

V.2. INSTALACIÓN HIDRÁULICA

V.2.1 INTRODUCCIÓN

El medio en que vivimos, el incremento de la población, la alteración del clima producto de la contaminación, la cada vez menor cantidad de lluvia que cae en el valle de México, nos obliga a hacer un uso más racional del agua, tomando acciones como las siguientes: no “barrer” la banqueta con la manguera, o lavar el coche de igual manera, evitar las fugas en tuberías y válvulas, fugas que se manifiestan en forma de goteo, etc. Se impone también y cada vez más con mayor urgencia la necesidad de coleccionar el agua de lluvia que escurre de techos y azoteas y que actualmente se pierde; pues se va por el drenaje mezclándose con las aguas negras de la ciudad. En fin, y arriesgo de parecer repetitivo: si ya de por sí es poca la oferta actual del agua, en un futuro no muy lejano, ésta escasez podría adquirir visos alarmantes.

Existen tres formas de abastecer de agua a un edificio: por medio del método “tradicional”, que consiste en recibir el agua de la red municipal y almacenarla en un tanque cisterna, posteriormente bombearla a uno o a unos depósitos instalados en la parte alta del edificio para luego por gravedad distribuirla a todos y cada uno de los muebles sanitarios instalados en cada piso. Un 2º método llamado “moderno” aplica los avances técnicos más recientes en esta área; utiliza un tanque de acero llamado “Tanque hidroneumático”. En éste, que ya contiene una cierta cantidad de aire, se introduce agua hasta un punto tal que la presión interior es suficiente como para expulsar el líquido hasta la altura que se desee.

Un tercer método llamado “combinado”, o mixto es una combinación de los dos anteriores, busca optimizar las ventajas o cualidades de cada uno de ellos por separado, en una aplicación conjunta y así cumplir adecuadamente la función final que es surtir de agua a los muebles sanitarios y que éstos funcionen satisfactoriamente.

El método tradicional tiene las limitantes naturales que tienen que ver con la altura relativa de la columna de agua que existe en los muebles de los distintos pisos del edificio, por ejemplo una regadera del piso más alto necesita una columna de agua de por lo menos 3 metros por arriba de su nivel para funcionar satisfactoriamente, esto obligaría a elevar los depósitos en la azotea por lo menos dos metros arriba, de este nivel; por otra parte, la presión ejercida en los muebles sanitarios de la planta baja y del sótano puede resultar demasiado alta ocasionando con esto, frecuentes fugas por las válvulas o bien favoreciendo roturas de tuberías. Por ésta razón el método se ve limitado a emplearse en edificios que no sobrepase los 15 metros de altura.

El peso del agua almacenada en la azotea también es otra limitante del método además de la consideración de investigar si es económicamente factible su elevación por sobre el nivel de la azotea. Se puede decir a su favor que no se requiere energía extra para efectuar la distribución del agua, pues de ello se encarga la fuerza de gravedad.

La Figura 1 esquematiza las formas antes mencionadas.

El sistema que utiliza el tanque hidroneumático en cambio tiene varias ventajas sobre el método tradicional, algunas de ellas son: su tamaño en relación con el sistema convencional resulta muy reducido, se puede colocar en un sitio conveniente para su instalación servicio o reparación, el sistema es completamente cerrado por lo tanto el agua esta libre de contaminación y lo más importante es que se puede combinar con el sistema tradicional. Entre sus limitantes podemos mencionar su relativo alto costo inicial, pues la mayoría de estos equipos son de importación; su costo de mantenimiento, pues además de funcionar con energía eléctrica su reparación requiere de un taller especializado; sin embargo estas limitantes se ven atenuadas por la eficiencia, la duración y la calidad del servicio prestado.

Aunque este sistema es de uso común en los llamados países del primer mundo, en México aún no se generaliza su uso quizás por las limitantes antes mencionadas o tal vez porque en realidad se requiere una mínima preparación académica e intelectual por parte del comprador como para poder comprender su funcionamiento y a la vez ponderar las ventajas que ofrece. Esta situación ha derivado en que nuestro medio aún son pocos los técnicos e ingenieros capacitados para resolver la problemática que rodea la elección y posteriormente la instalación y funcionamiento de un equipo hidroneumático. Lo que con frecuencia sucede es que el comprador acude con un agente vendedor de la compañía que los surte, y es éste el que decide las características de capacidad y potencia del equipo a vender; y como suele suceder, esta persona que por lo general no es un técnico o un ingeniero, se guía más por sus afanes comerciales que por la verdadera problemática que hay detrás del abastecimiento de agua a un edificio. Obviamente lo anterior redundo en contra del interés del comprador al proporcionar una asesoría poco confiable tanto en la elección como en la instalación del equipo.

En el edificio corporativo ROSHFRANS la procuración del agua para los servicios sanitarios y de limpieza se hará utilizando el método combinado, es decir, una parte del edificio estará abastecida por medio del sistema convencional y la otra parte por medio de un equipo hidroneumático. Las razones que explican esta decisión en parte ya se mencionaron, a ellas habría que agregar otras como las siguientes: abastecer el edificio solamente con equipo hidroneumático implicaría el uso de un tanque hidroneumático de un gran volumen o bien el uso de varios tanques hidroneumáticos con el consecuente incremento de los costos; por otra parte, en caso de descompostura o falla del equipo hidroneumático no afectaría la totalidad del servicio al existir una parte del mobiliario sanitario que seguiría funcionando.

V.2.2. DESCRIPCIÓN SOMERA DE LA CONSTRUCCIÓN Y DE LA INSTALACIÓN

Para efectos de la instalación hidráulica

1. El edificio constará de 5 niveles con los siguientes usos:
 - a) Un sótano donde estará el laboratorio y el archivo muerto.
 - b) Planta baja, donde estará el acceso general al edificio así como al auditorio. Se tendrá también un área de estacionamiento.
 - c) Planta mezzanine para oficinas y núcleo de servicios sanitarios.
 - d) Tres plantas tipo para oficinas y núcleo de servicios sanitarios

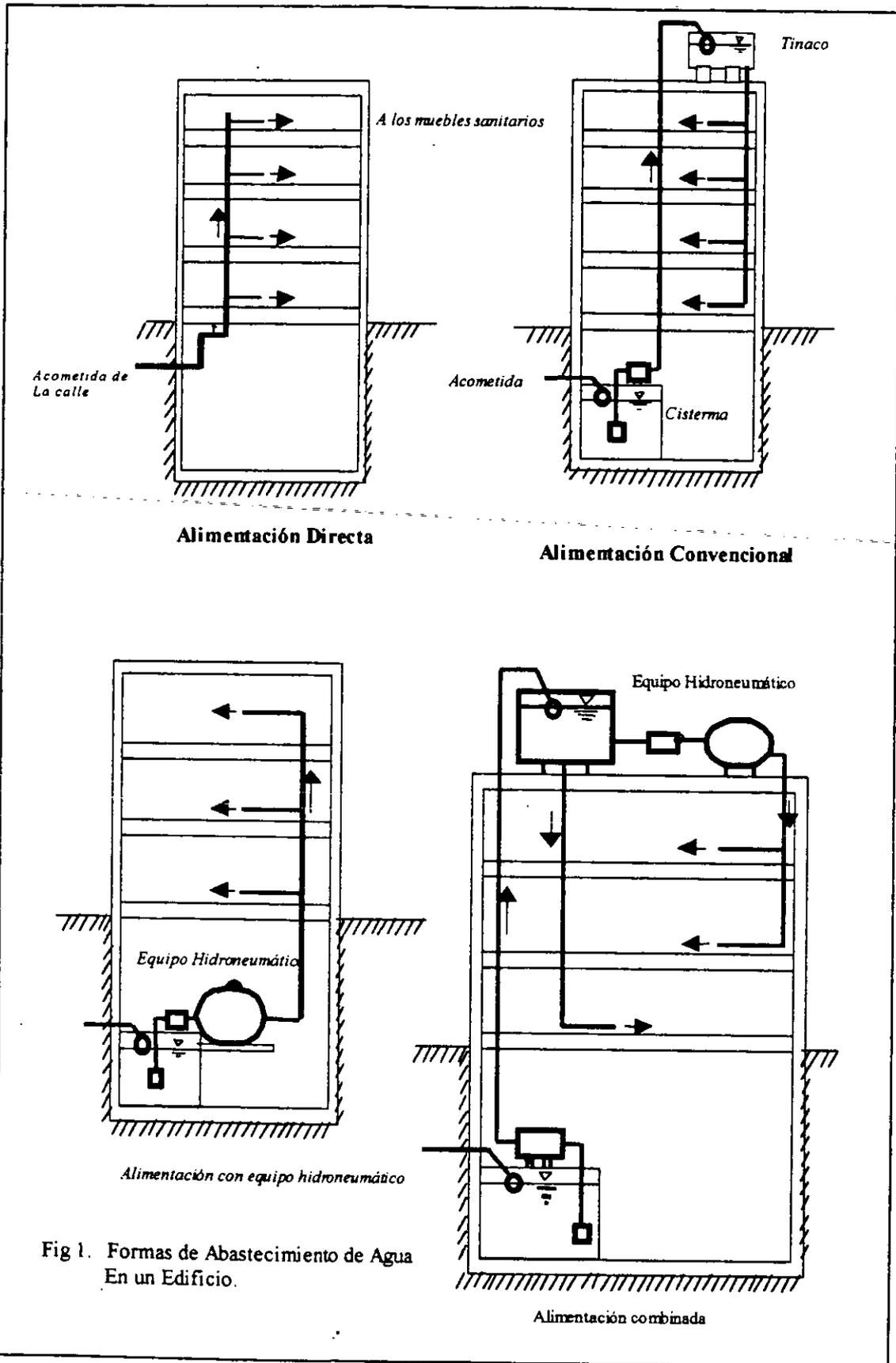


Fig 1. Formas de Abastecimiento de Agua En un Edificio.

2. Acerca de la instalación hidráulica

Se solicitará la toma municipal de agua potable, la cual se almacenará en la cisterna que se ubicará en la planta baja. De esta cisterna se tomará el agua por medio de un equipo de bombeo para elevarla hasta la azotea donde estará un tanque elevado, de donde se alimentarán todos los servicios como se menciona abajo.

Las plantas tipo (niveles superiores), se alimentarán por medio de un equipo hidroneumático tipo paquete para dar la presión mínima requerida en las salidas de alimentación a WC de fluxómetros (1 Kg/cm^2).

Los servicios sanitarios de los tres niveles bajos se alimentarán por gravedad directamente del tanque elevado, ya que la presión es la adecuada por la elevación que tendrá (mas de 10 m).

Las aguas residuales de cada núcleo de sanitarios se encauzarán por medio de tuberías casi horizontales (2% de pendiente), hasta una tubería vertical o bajada de aguas negras (BAN) que será recibida en la planta baja por medio de otra tubería de mayor diámetro y también casi horizontal que conducirá las aguas residuales hasta el colector municipal.

Las aguas pluviales colectadas en la azotea se captaran por medio de coladeras y tuberías verticales (BAP), que las llevarán hasta la planta baja donde serán recibidas por un colector pluvial y conducidas hasta el colector municipal.

Las aguas sucias del sótano se llevarán a un cárcamo en donde por medio de un equipo de bombeo se elevarán y descargarán en el colector general de aguas residuales.

El edificio contará con sistema de protección contra incendio basándose en gabinetes (hidrantes) con manguera de 30 m y diámetro de 38 mm. Por esta razón la capacidad de la cisterna se determinará agregando al consumo diario de agua, el volumen de agua de reserva que el sistema requiere.

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA CISTERNA:

Área total por construir (A_t)	7200 m^2
Dotación para Oficinas	20 lt/m^2
Consumo Diario de Agua Potable	14,400 lt

RESERVA CONTRA INCENDIO POR GASTO DE HIDRANTE

Gasto por hidrante $Q = 140 \text{ lt/min}$

Considerando dos hidrantes operando en forma simultanea durante 2 horas:

$$\text{Volumen 1} = (140) (2) (2) (60) = 33,600 \text{ lt}$$

RESERVA CONTRA INCENDIO:

Por área a construir y de acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el D.F.:

$$\text{Área} = 7200 \text{ m}^2$$

$$\text{Dotación} = 5 \text{ lt/m}^2 \text{ entonces Volumen 2} = (7200) (5) = 36,000 \text{ lt}$$

Este último volumen 2 es mayor que el volumen 1, por lo que se considerará para determinar el tamaño de la cisterna:

Capacidad de la Cisterna = 14,400 + 36,000 = 50,400 lt
 Se redondea a 51 m³.

TOMA MUNICIPAL:

Gasto medio diario: $Q_m = 14400 / 86400 = 0.167 \text{ lt/seg.}$

De la relación: $Q = (A)(v) = 0.785 (D^2)(v)$

Despejando D se tiene: $D = (Q / (0.785 V))^{0.5}$

Sustituyendo valores: $D = (0.000167 / (0.785))^{0.5} = 0.015 \text{ m} > 13 \text{ mm (0.5 pulg)}$

Se consideró que la velocidad del flujo de agua (v) es igual a 1 lt/seg.

Por lo tanto la toma municipal se solicitará para un diámetro de 19 mm (0.75 pulg.)

RELACIÓN DE MUEBLES:

1.- Alimentados por gravedad

	Sót.	P. B.	Mezz.	Tot. Muebles	U. M.	Total U. M.
WC Flux.	-----	6	6	12	10	120
WC T.B.	-----	----	1	1	4	4
Lavabo	-----	4	5	9	2	18
Ming. Fl.	-----	2	2	4	10	40
Fregadero	3	1	----	4	4	16
						198

Para 198 U.M. tenemos:

$Q = 5.60 \text{ l.p.s.}$

$\phi = 64 \text{ mm}$

$V = 1.9 \text{ m.p.s.}$

$h_f = 4.5 \% \text{ Pérdida por fricción}$

2.- Muebles alimentados con equipo de bombeo hidroneumático

	N-1.	N-2.	N-3.	Tot. Muebles	U. M.	Total U. M.
WC Flux.	6	6	6	18	10	180
WC T.B.	1	3	3	7	4	28
Lavabo	5	6	6	17	2	34
Ming. Fl.	2	3	3	8	10	80
Regadera	----	1	----	1	2	2
						324

Para 324 U.M. tenemos:

$Q = 7.15 \text{ l.p.s.}$

$V = 2.3 \text{ m.p.s.}$

$\phi = 64 \text{ mm}$

$h_f = 7 \%$

EQUIPO DE BOMBEO:

Del consumo diario de agua, 14,400 lts, el 25% se almacenará en un tanque elevado que se ubicará en la azotea del edificio.

$\text{Capacidad del tanque} = (14,400)(25\%) = 3,600 \text{ lts}$

Suponiendo que el tanque se llenará en 60 min.:

$\text{Gasto de Bombeo } (Q_B) = 3600 / (60)(60) = 1.00 \text{ l.p.s.}$

CARGA POR VENCER:

Recorrido horizontal desde el equipo de bombeo hasta la columna de alimentación:

$L = 30.0 \text{ m}$

Altura de la columna de alimentación:

$H = 24.0 \text{ m}$

Recorrido total:

$L = 30 + 24 = 54 \text{ m}$

Pérdida por Fricción:

$h_f = (54)(15\%) = 8.10$

Carga Estática:

$h_1 = 24.00$

Succión:

$h_2 = 2.00$

Presión requerida en la salida de llenado:

$h_3 = 5.00$

Carga total:

$h_t = 39.10 \text{ m col. de agua}$

$\text{BOMBA} = (Q) (h_t) / (76) (n) = (1) (39.10) / (76) (0.65) = 0.80 \text{ Aprox. 1 H.P.}$

Por lo tanto, la motobomba para llenado del tanque elevado será de **1 H.P.**

UNIDADES MUEBLE POR CADA PISO:

SOTANO: 3 Fregaderos por 4 U.M. = 12 U.M.

Gasto $Q = 0.63 \text{ l.p.s.} \therefore \phi = 25 \text{ mm}$

P. B. 6 W.C. Fluxómetro por 10 U.M. = 60 U.M.

4 Lavabos por 2 U.M. = 8 U.M.

2 Mingitorios Fluxómetro por 10 U.M. = 20 U.M.

1 Fregadero por 4 U.M. = 4 U.M.

TOTAL = 92 U.M.

Gasto $Q = 4.15 \text{ l.p.s.} \therefore \phi = 51 \text{ mm}$

MEZZA.	6 W.C. Fluxómetro por 10 U.M.	= 60 U.M.
	5 Lavabos por 2 U.M.	= 10 U.M.
	2 Mingitorios Fluxómetro por 10 U.M.	= 20 U.M.
	1 W.C. T.B. por 4 U.M.	= 4 U.M.
		TOTAL= 94 U.M.
	Gasto $Q = 4.20$ l.p.s.	$\therefore \phi = 51$ mm
PT - 1	6 W.C. Fluxómetro por 10 U.M.	= 60 U.M.
	5 Lavabos por 2 U.M.	= 10 U.M.
	2 Mingitorios Fluxómetro por 10 U.M.	= 20 U.M.
	1 W.C. T.B. por 4 U.M.	= 4 U.M.
		TOTAL= 94 U.M.
	Gasto $Q = 4.20$ l.p.s.	$\therefore \phi = 51$ mm
PT - 2	6 W.C. Fluxómetro por 10 U.M.	= 60 U.M.
	6 Lavabos por 2 U.M.	= 12 U.M.
	3 Mingitorios Fluxómetro por 10 U.M.	= 30 U.M.
	1 Regadera por 2 U.M.	= 2 U.M.
	3 W.C. T.B. por 4 U.M.	= 12 U.M.
	TOTAL= 116 U.M.	
	Gasto $Q = 4.53$ l.p.s.	$\therefore \phi = 51$ mm
PT - 3	6 W.C. Fluxómetro por 10 U.M.	= 60 U.M.
	6 Lavabos por 2 U.M.	= 12 U.M.
	3 Mingitorios Fluxómetro por 10 U.M.	= 30 U.M.
	1 Regadera por 2 U.M.	= 2 U.M.
	3 W.C. T.B. por 4 U.M.	= 12 U.M.
	TOTAL= 116 U.M.	
	Gasto $Q = 4.53$ l.p.s.	$\therefore \phi = 51$ mm

En la figura 2 se muestra un esquema de la distribución del agua en el edificio de nuestro ejemplo.

V.2.3. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO:

Esta instalación se hará de acuerdo con las especificaciones del Reglamento de Construcciones para el D.F., así como las indicaciones del H. Cuerpo de Bomberos.

El sistema deberá estar provisto con las siguientes instalaciones y equipos:

- a) Red Hidráulica conectada a la toma siamesa para alimentar directa y exclusivamente a los hidrantes.
- b) Equipo de Bombeo con dos bombas, una con motor eléctrico y otra con motor de combustión interna, ambas con funcionamiento automático.

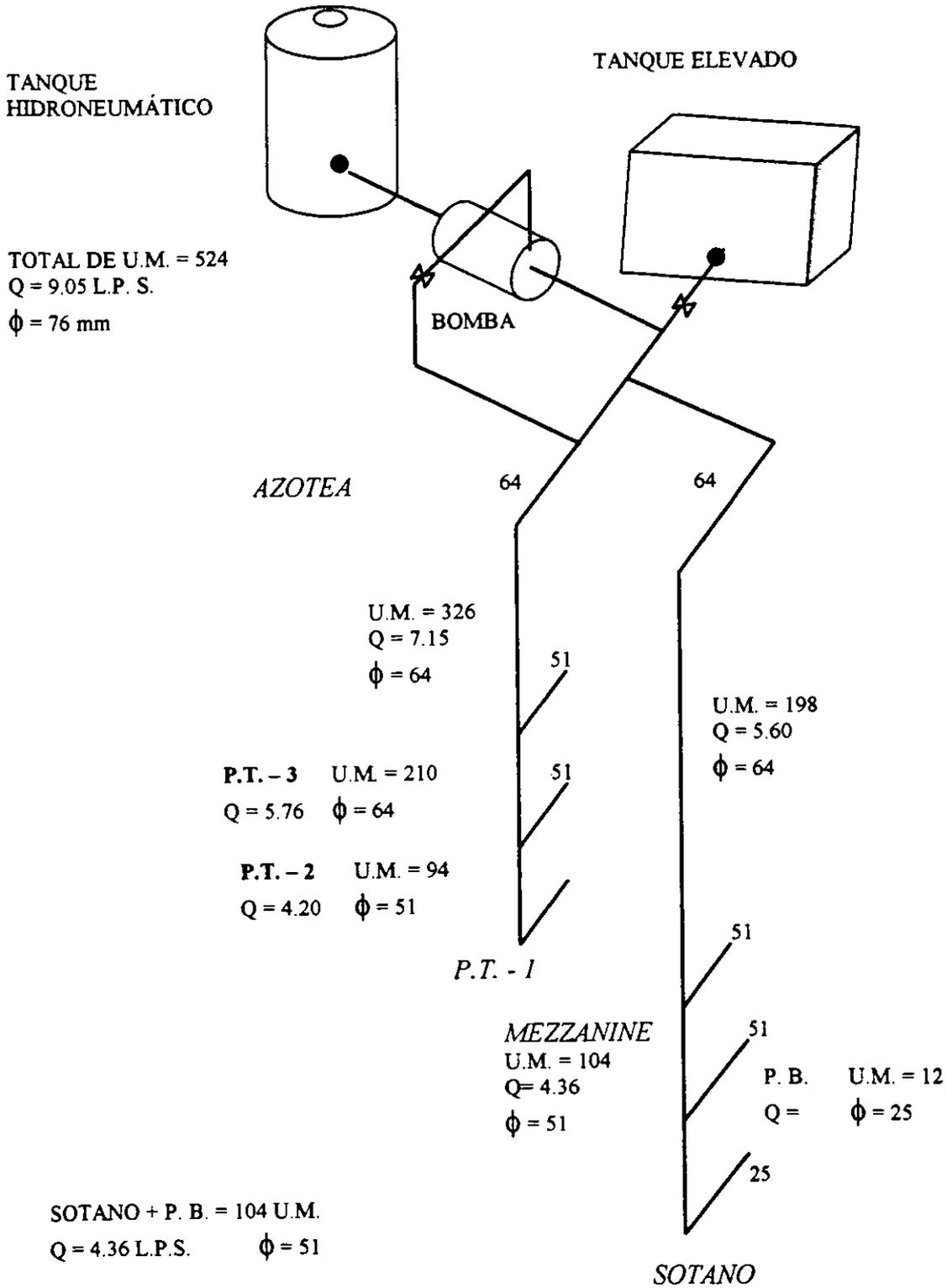


Fig 2 Detalle de equipo de bombeo y columnas de alimentación. Isométrico

- c) Gabinetes contra incendio (Hidrantes) en cada piso en número tal que cada uno cubra como máximo un área de 30 m de radio
- d) Volumen de agua reservada exclusivamente para el sistema.

CÁLCULO:

1.- Volumen de agua:

$$\text{Gasto de un hidrante} = 140 \text{ l.p.m.}$$

Dos hidrantes funcionando durante 2 horas :

$$Q = (140)(2)(120) = 33,600 \text{ lt}$$

Entonces el volumen de agua de reserva contra incendio será de 33,600 lt.

En este caso el área por piso quedará cubierto con un hidrante con manguera de 30m

2.- Gasto de Bombeo considerando 2 hidrantes en acción simultánea:

$$Q = (2)(140) = 280 \text{ l.p.m.} = 4.7 \text{ l.p.s.}$$

3.- Presión requerida:

Recorrido horizontal desde el equipo de bombeo hasta la columna de alimentación $L = 25 \text{ m}$

Altura hasta el hidrante más elevado: $h = 21 \text{ m}$

Entonces $L + h = 46 \text{ m}$ de columna de agua.

4.- Pérdida por fricción en la tubería:

$$h_f = (46)(15\%) = 6.90 \text{ m}$$

Pérdida por fricción en la manguera

$$= 10 \text{ m}$$

Presión en la descarga

$$= 25 \text{ m}$$

Carga estática

$$= \underline{21 \text{ m}}$$

PRESIÓN TOTAL

$$= 62.9 \text{ m col. de agua}$$

5.- Cálculo de la Bomba:

$$\text{Bomba} = (4.70)(62.9) / (76)(0.65) = 5.98 \text{ m,} \quad \text{aprox.} = 7.5 \text{ H.P.}$$

De acuerdo con el fabricante de equipos de bombeo, la bomba con motor de combustión interna a gasolina será de 18 H.P.

Por lo tanto, el equipo de bombeo para el sistema de protección contra incendio estará integrado por dos bombas, una con motor eléctrico de 7.5 H.P. y otra con motor de combustión interna de 18 H.P.

6.- Red Hidráulica:

La red hidráulica se hará con los siguientes diámetros de tuberías:

a) Para alimentar a un solo hidrante $\phi = 51 \text{ mm}$

b) Para alimentar a los hidrantes restantes, a la toma siamesa, a la tubería principal así como a la columna de alimentación, el diámetro deberá ser de: $\phi = 64 \text{ mm.}$

La figura 3, esquematiza el sistema de protección contra incendio en el edificio Roshfrans.

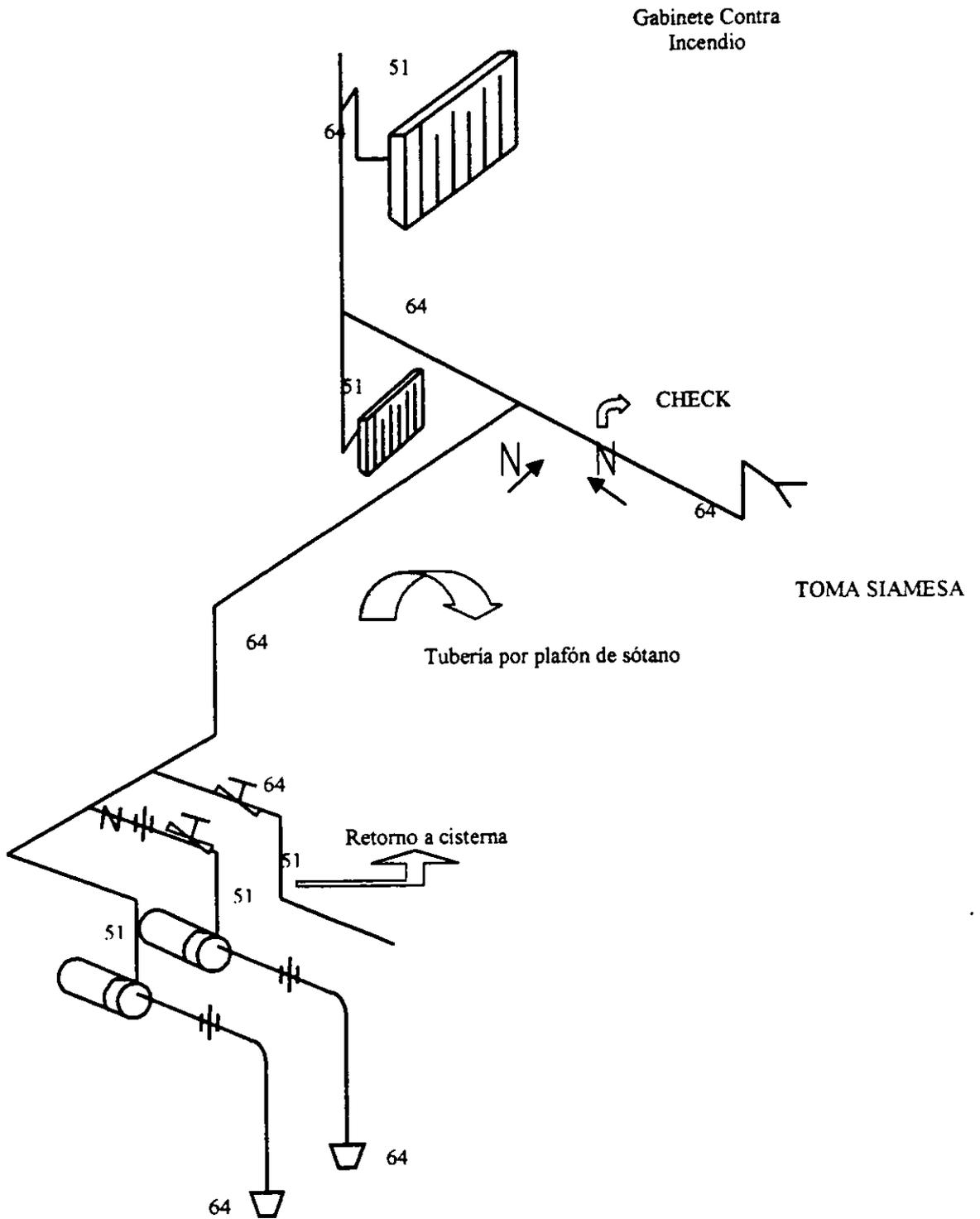


Fig. 3 Isométrico Del Sistema De Protección Contra Incendio

Pasaremos a describir detalladamente el tanque hidroneumático, es decir, las partes que lo integran, cómo funciona; y enseguida revisaremos los principios básicos del comportamiento de los fluidos bajo presión como son el agua y el aire.

V.2.4. SISTEMA HIDRONEUMÁTICO

Es un sistema que sustituye o complementa al método convencional de abastecimiento de agua por medio del tanque elevado. Está integrado por una bomba, un tanque de presión y un mecanismo de control que hace que el sistema opere automáticamente con la mínima supervisión (Fig. 4). La bomba se emplea para abastecer la cantidad requerida de agua dentro del tanque y dejarla al nivel que corresponde según la presión interna demandada; el tanque actúa como un depósito de almacenamiento de agua y aire en una proporción adecuada y dentro de las presiones y niveles que manda el mecanismo de control. Su funcionamiento consiste en ir introduciendo agua al tanque y en la medida que el nivel del agua va subiendo al mismo tiempo va comprimiendo el volumen de aire existente en el interior, el cual consecuentemente al disminuir su volumen incrementa su presión y así hasta llegar a una presión prefijada de antemano.

Esta, deberá ser lo suficientemente "alta" como para poder expulsar el agua del tanque obligándola a circular por la tubería de salida hasta su destino que son los muebles sanitarios; en la medida que el nivel del agua llega a su límite inferior, el mecanismo de control enciende nuevamente la bomba para repetir una vez más el proceso, de tal manera que el abasto de agua sea continuo y satisfactorio, y al mismo tiempo que esté disponible en cualquier momento en todas las instalaciones que atiende el sistema. La expansión del aire bajo una presión especificada, regula la cantidad de agua que puede usarse por todo el sistema antes de que la bomba sea requerida nuevamente para mantener la cantidad de agua deseada en el tanque.

V.2.4.1. COMPONENTES DEL SISTEMA TÍPICO

Los componentes básicos del sistema del tanque hidroneumático son:

1. Tanque de presión
2. Equipo de bombeo
3. Compresor
4. Tubería, válvulas y accesorios

La fuente del suministro de agua es una cisterna alimentada por la red municipal.

1.-TANQUE DE PRESION.- En éste, se ponen en contacto al agua y el aire; lo más importante de él es que debe resistir la presión máxima de servicio del sistema así como también la corrosión que pueda presentarse y que puede convertirse en un serio problema. Se acostumbra que la presión mínima de trabajo en condiciones de seguridad sea el 125% de la presión máxima del sistema. Se recomienda que el espesor mínimo de la placa de acero sea para todos los tanques de 3/16 de pulgada (4.8mm)

2.- EQUIPO DE BOMBEO.- La presión del tanque controla la bomba. El colchón de aire se expande para mantener una presión casi constante mientras el agua es utilizada.

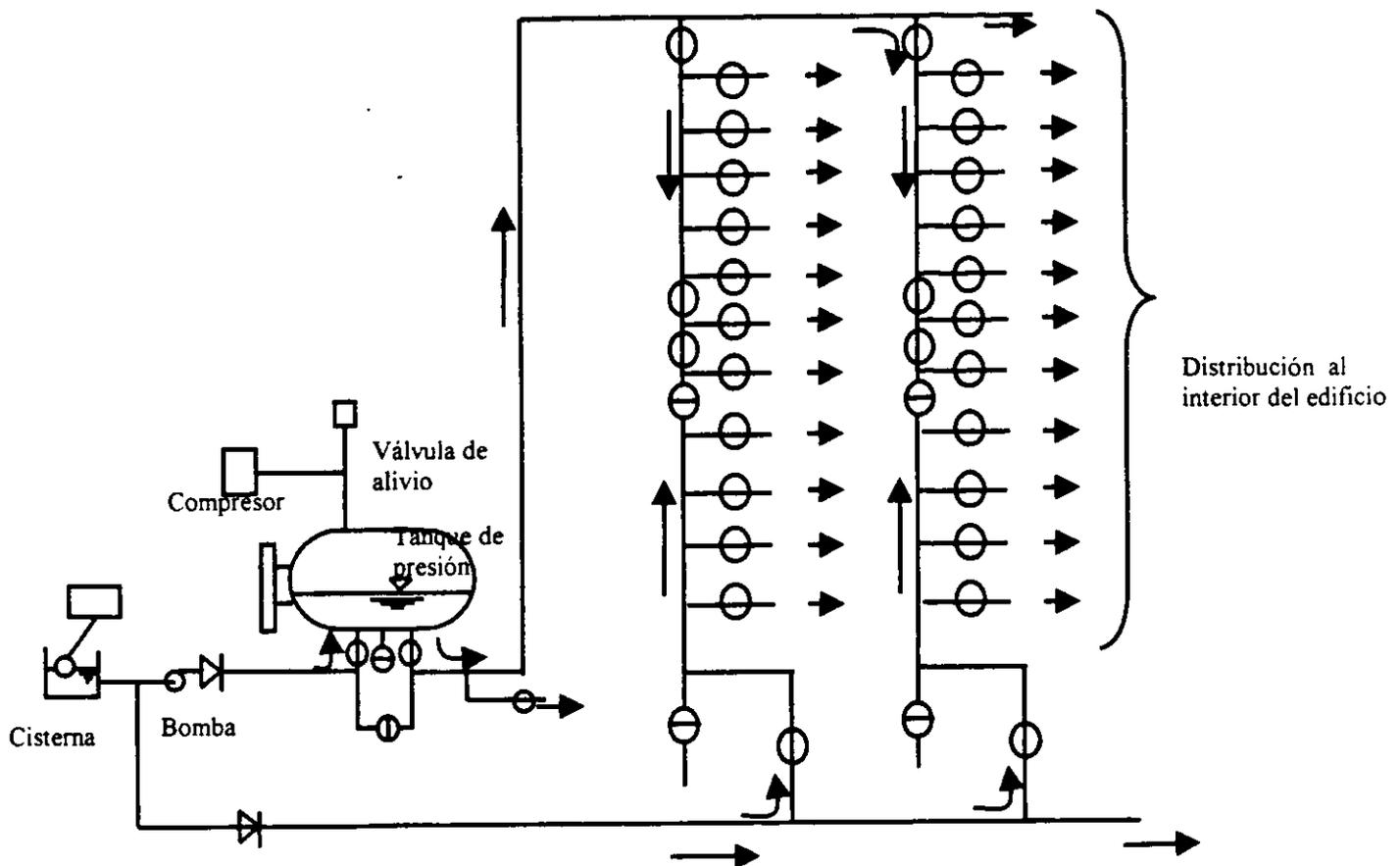


Fig 4. Sistema típico de tanque hidroneumático

3.-COMPRESOR. Como el aire comprimido se diluye lentamente dentro del agua ocasionalmente habrá que añadir más aire utilizando un compresor. Algunos sistemas utilizan un diafragma flexible (o membrana) para separar el aire del agua, entonces el fenómeno anterior de dilución no se presenta y como el aire comprimido se instala en planta, el compresor se elimina. Existen otros sistemas que a fin de evitar la corrosión del metal por causa del oxígeno del aire y en ausencia de una membrana flexible y de un compresor, utilizan un tanque reemplazable de nitrógeno comprimido.

4.-TUBERIA, VALVULAS Y ACCESORIOS. Las válvulas bajo el tanque se instalan para que toda el agua proveniente de la bomba pase por el tanque; de no ser así y solo una conexión a él está abierta, el agua tenderá a estancarse ocasionando problemas de sabor y olor. Para mantener la presión en el tanque dentro de los límites establecidos se emplea un interruptor de presión de tipo estándar; éste funciona como un piloto que conecta y desconecta la energía eléctrica que enciende el motor de la bomba. El encendido del motor y los mecanismos de protección consisten de un interruptor de motor así como también de un arrancador de motor. La mayoría de las veces se ofrecen estos dos mecanismos en un gabinete sencillo llamado "arrancador combinado". Es recomendable tener una estación de "apagado automático de mano" instalada en el arrancador con el objeto de que cuando se repare el sistema, éste pueda operar manualmente.

Todos los tanques de presión se deben proteger contra accidentes, básicamente contra presiones excesivas mediante el uso de una válvula de alivio de presión aceptable. Esta debe colocarse en una presión mayor que la presión más alta del sistema, pero bien dentro del límite de trabajo seguro del tanque.

V.2.5 ASPECTOS TEÓRICOS DE LOS FLUIDOS

Como podemos suponer, en el funcionamiento del tanque hidroneumático intervienen algunas leyes físicas de los fluidos (agua y aire) máxime cuando se les somete a una presión “considerable”. Estas leyes influyen en el diseño del tanque.

Como todos sabemos, la materia se manifiesta físicamente en la naturaleza por medio de tres estados, mismos que se les conoce como “estados de agregación”; estos son: El sólido el líquido y el gaseoso. Los astrónomos han descubierto un cuarto estado de la materia al que llaman “estado plasma”; pero por no ser importante para el estudio de nuestro tema, no se dirá más de él.

Dentro de ciertos límites de temperatura y presión una sustancia puede encontrarse en más de un estado a la vez, e incluso en todos ellos cuando las condiciones son muy especiales. El estado particular de agregación de una sustancia está determinado por la temperatura y presión bajo la cual existe.

V.2.6. ASPECTOS BÁSICOS DE LOS GASES.

Definir qué es un gas no es sencillo, más bien tenemos que entenderlo por las características y propiedades de su materia constituyente. Cuando en un cuerpo la fuerza de cohesión no contrarresta la agitación de las moléculas, entonces su materia presenta el estado gaseoso, y entonces tenderá a ocupar todo el espacio en que está contenido. Esto implica que sus moléculas están en continuo movimiento cambiando con facilidad la distancia entre las mismas, por lo cual los gases no tienen volumen ni forma propios.

Los gases se clasifican como ideales y no ideales. Los ideales son aquellos en que el volumen ocupado por sus moléculas es insignificante comparado, con el volumen total independientemente de su presión y su temperatura, además la fuerza de atracción molecular es insignificante o no existe bajo cualquier situación.

Para los gases no ideales (también llamados reales) la presión y la temperatura son importantes, una pequeña variación de uno de estos factores repercute necesariamente en el otro. Un gas ideal desde luego es hipotético, no existe, pues cualquier gas contiene moléculas que ocupan un volumen definido y que ejercen atracciones entre sí, pero experiencias de laboratorio han demostrado que la influencia de estos factores es insignificante y el gas puede considerarse “gas ideal”. Esto sobre todo en situaciones en las que la presión sea baja y la temperatura bastante elevada, pues en esta condición el espacio libre dentro del gas es grande y pequeña la fuerza de atracción intermolecular.

Las principales propiedades de los gases que nos interesa conocer son:

- a) Están formados por pequeñas partículas llamadas **moléculas**, las cuales se hallan en un movimiento continuo y desordenado, chocando unas con otras y con las paredes del recipiente que lo contiene.
- b) Tienen **temperatura** y es una medida de la energía cinética de las moléculas.
- c) Tienen **peso**. Un experimento de laboratorio ha demostrado que a 0°C y al nivel del mar (76mm de Hg de presión) un metro cúbico de aire pesa 1293gr o lo que es lo mismo 1.293 Kg.
- d) Son **elásticos**, es decir, pueden reducir su volumen considerablemente y luego incrementarlo también considerablemente. Todo esto sin alterar su naturaleza.
- e) Son **compresibles**; esta propiedad es consecuencia de su elasticidad.
- f) Son **expandibles**, es decir, que pueden ocupar todo el volumen del depósito que los contiene.

Por el estudio tan detallado que se ha hecho de los gases, se ha llegado a establecer que su comportamiento bajo ciertas condiciones de presión y temperatura se puede predecir, porque obedece a las siguientes leyes:

LEY DE BOYLE-MARIOTTE. - "Si la Temperatura T de cierta masa gaseosa se mantiene constante, el volumen V de dicho gas, será inversamente proporcional a la presión "p" ejercida sobre él".

De tal manera que $p \cdot v = k$ (constante)

Sí $p_1 =$ presión inicial $p_2 =$ nueva presión

$v_1 =$ volumen inicial $v_2 =$ nuevo volumen entonces $p_1 v_1 = k$ y $p_2 v_2 = k$ por la propiedad transitiva de la igualdad resulta que $p_1 v_1 = p_2 v_2$.

La gráfica PRESION-VOLUMEN de esta ley coincide con la gráfica de la hipérbola equilátera de ecuación $y = k/x$ en la parte que se ubica en el primer cuadrante. Como esta curva describe una transformación isotérmica, es por lo que se le llama la ISOTERMA del gas. Fig.5.

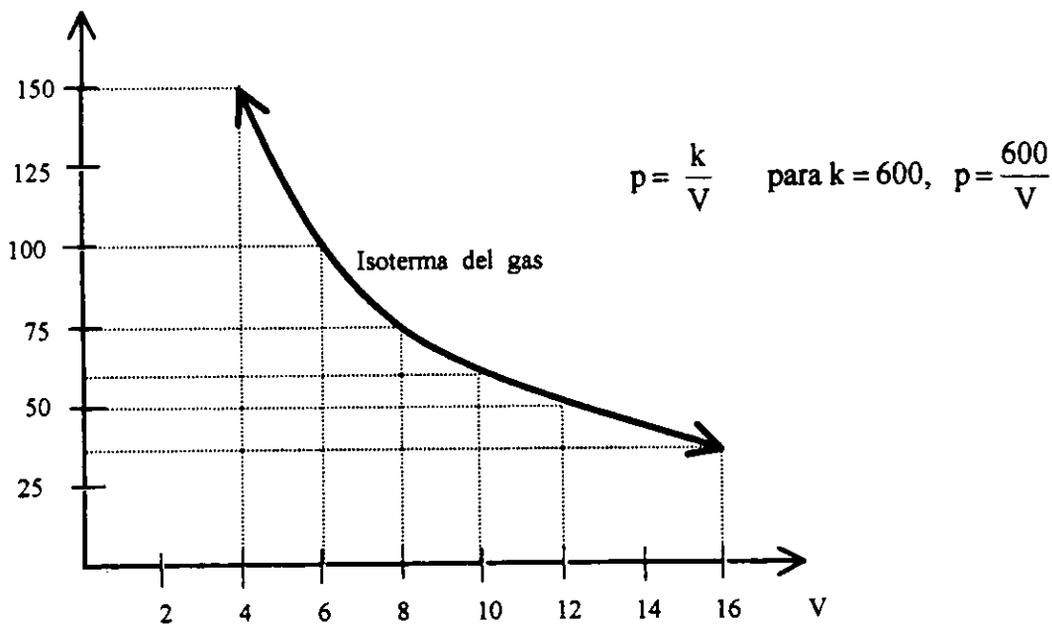


Fig. 5 Grafica Presión - Volumen

Se puede relacionar la presión y la densidad (ρ) de un gas si recordamos que $\rho = \frac{M}{V}$ donde M es la masa, y que además los cuerpos sólidos y líquidos son incompresibles, es decir, su volumen no varía al ejercer presión sobre ellos. Esto no sucede con los gases, los cuales por ser comprensibles, su volumen disminuye al ejercer una presión en ellos y como la masa no varía entonces su densidad se incrementa de la siguiente manera: según la ley de Boyle-Mariotte $pV=K$, si se duplica la presión entonces el volumen "v" queda dividido por dos y entonces la densidad se duplica según la ecuación $\rho = \frac{M}{V}$. De igual manera al triplicar "p" el volumen "V" queda dividido por tres y "ρ" se triplica, etc. Podemos concluir entonces que la densidad ρ es directamente proporcional a la presión "p".

De lo anterior se deducen las otras dos formas o presentaciones de la ley de Boyle-Mariotte:

"A temperatura constante, los volúmenes de una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones que soporta"

"A temperatura constante, la densidad absoluta o masa específica de un gas es directamente proporcional a su presión".

LEY DE CHARLES. "Si el volumen de un gas permanece constante, la presión ejercida por él, es directamente proporcional a la temperatura absoluta". Ley que expresada por medio de una igualdad resulta:

$$\frac{\text{Presión inicial}}{\text{Temp. absoluta inicial}} = \frac{\text{Presión final}}{\text{Temp. absoluta final}} \quad \text{o bien} \quad \frac{p_o}{t_o} = \frac{p}{t}$$

LEY DE GAY-LUSSAC

"Si la presión de un gas permanece constante su volumen es directamente proporcional a la temperatura absoluta". Es decir:

$$\frac{\text{Volúmen inicial}}{\text{Temp. abs. inicial}} = \frac{\text{Volúmen final}}{\text{Temp. abs. final}} \quad \text{o bien} \quad \frac{v_o}{t_o} = \frac{v}{t}$$

LEY DE DALTON o de las presiones parciales.-

"En una mezcla de varios gases sin reacción química entre sí, cada gas ocupa el volumen total como si estuviera solo, y la presión total es igual a la suma de las presiones que ejercería cada gas si ocupase el sólo el volumen".

$$P_{\text{TOTAL}} = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n$$

$$pV = p_1 v_1 + p_2 v_2 + p_3 v_3 + \dots + p_n v_n$$

donde:

v_1, v_2, v_3 etc. = volúmenes de los gases mezclados

p_1, p_2, p_3 etc. = presiones respectivas

v = la capacidad total de recipiente que contiene la mezcla.

LEY DE GRAHAM o de la difusión de los gases.-

"A temperatura y presión constantes las velocidades de difusión de diferentes gases varían inversamente con la raíz cuadrada de sus densidades o pesos moleculares".

Si v_1 y v_2 son las velocidades de difusión de los gases y

ρ_1 y ρ_2 son sus densidades respectivas; entonces: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\delta_2}}{\sqrt{\delta_1}}$

V.2.7. ASPECTOS BASICOS DE HIDRAULICA

Algunas propiedades de los líquidos.

Temperatura.- La magnitud de la temperatura se puede relacionar con la actividad molecular que resulta de la transferencia de calor. La escala de medida se basa en la expansión volumétrica del mercurio. La escala CELCIUS o de grados centígrados se estableció de modo que el punto de congelación del agua corresponde al CERO de la escala, y el de ebullición, en condiciones estándar, a 100°C.

Peso Específico.- El peso específico (γ) de un cuerpo es el peso de la unidad de volumen de ese cuerpo. Sus dimensiones en el sistema internacional de unidades (SI) son $[M][L]^{-2}[T]^{-2}$ o bien

$$\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{seg}^2} = \frac{1\text{N}}{\text{m}^3} \quad ; \quad \text{peso específico} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volúmen}}$$

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \text{donde } W = \text{peso en Newtons}$$

$$V = \text{Volúmen en m}^3$$

La densidad absoluta o masa específica (ρ) de un cuerpo, es la masa de la unidad de volumen del cuerpo $\rho = \frac{M}{V}$ sus dimensiones don $[M][L]^{-3}$ o bien $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$.

La densidad de agua destilada a 760 mm de Hg y a 4 °C es máxima e igual a $\rho = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$.

Densidad relativa.- Se llama densidad relativa (δ) de un cuerpo con respecto al agua, al cociente de la masa del cuerpo y la masa de un volumen igual de agua. Por tratarse de dos cantidades que tienen las mismas unidades, es adimensional.

$$\delta = \frac{\rho_{\text{cuerpo}}}{\rho_{\text{agua}}} = \frac{\gamma_{\text{cuerpo}}}{\gamma_{\text{agua}}} \quad \text{tomando en cuenta que } \gamma \text{ y } \rho \text{ se relacionan con la segunda ley de}$$

Newton $F = m \cdot a$, se tiene que $\gamma = \rho \cdot g$.

La densidad de los líquidos depende de la temperatura y es prácticamente independiente de la presión, por esta razón se consideran incompresibles; a diferencia de los gases la densidad varía con la temperatura y la presión. En ambos casos el peso específico depende del valor de la gravedad "g" local.

Viscosidad dinámica (η).- La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia a fluir, esto es el resultado de la interacción y cohesión de sus moléculas. Las dimensiones de la viscosidad dinámica en el Sistema Internacional de medidas son: $[\eta] = [M][L]^{-1}[T]^{-1}$.

Es común expresar la viscosidad dinámica en el sistema cegesimal ó C.G.S.

$1 \eta = 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm} \cdot \text{seg}} = 1 \frac{\text{dina} \cdot \text{seg}}{\text{cm}^2}$. A la expresión $1 \frac{\text{gr}}{\text{cm} \cdot \text{seg}}$ se la llama POISE en honor al físico francés JEAN POISEUILLE.

La viscosidad dinámica es función principalmente de la temperatura y la presión. La dependencia respecto de la presión es prácticamente despreciables para los líquidos y pequeña o despreciable para la mayoría de los gases y vapores a menos que la presión sea muy grande. En tanto que la viscosidad de los líquidos disminuye con la temperatura, la de los gases aumenta.

Para cálculos prácticos se acostumbra relacionar la viscosidad dinámica del fluido y su densidad con la fórmula: $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ donde ν es la viscosidad cinemática. En hidrodinámica intervienen junto con las fuerzas debidas a la viscosidad las fuerzas de inercia, que dependen de la densidad del líquido; por esto es importante la expresión anterior. Su ecuación dimensional es $[\nu] = [L]^2 [T]^{-1}$.

Es común utilizar el Stoke como unidad de viscosidad cinemática, se define así: $1 \text{St} = 1 \frac{\text{cm}^2}{\text{seg}}$. La viscosidad cinemática de los gases varía mucho con la presión y la temperatura, mientras que la de los líquidos prácticamente solo varía con la temperatura.

Elasticidad o compresibilidad.- Como ya se vio los líquidos prácticamente son incompresibles, mientras que los gases bajo una presión exterior siguen la ley de Boyle, ya vista. En la práctica, en el movimiento de los líquidos y gases (Hidrodinámica) los cambios de volumen son tan pequeños que prácticamente pueden despreciarse; entonces las leyes del movimiento son las mismas que para los líquidos. Los fenómenos en los cuales los cambios de volumen de líquidos y gases permanecen tan pequeños que pueden despreciarse, se pueden englobar en la Mecánica de Fluidos no Elásticos.

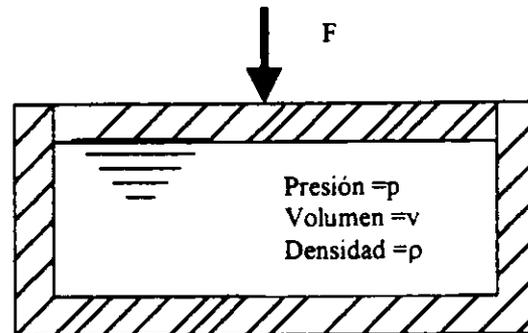
La COMPRESIBILIDAD de un fluido es una medida de su cambio de volumen (y por lo tanto de su densidad) cuando es sometido a diversas presiones. Cuando un volumen " ν " de un líquido de densidad " ρ " y presión " p " se somete a compresión por efecto de una fuerza F , la masa total del líquido $\rho \cdot \nu$ permanece constante, es decir, que: $d(\rho \nu) = \rho \cdot d\nu + \nu \cdot d\rho = 0$ de donde resulta: $-\frac{\nu}{d\nu} = \frac{\rho}{d\rho}$ al multiplicar ambos miembros por $d\rho$ se obtiene $\frac{d\rho}{\rho} = -\frac{d\nu}{\nu}$

Cualquiera de los miembros de esta igualdad recibe el nombre de Módulo de elasticidad volumétrica del fluido, y es análogo al módulo de elasticidad lineal empleado para caracterizar la elasticidad de los sólidos.

MODULO DE ELASTICIDAD VOLUMÉTRICA.-(E_v) “es el cambio de presión dividido por el cambio asociado en el volumen por unidad de volumen” $E_v = -\frac{dp}{\frac{dv}{v}}$ del mismo modo se

puede decir que E_v , “es el cambio de presión dividido por el cambio asociado a la densidad por unidad de densidad” $E_v = \frac{dp}{\frac{d\rho}{\rho}}$

Fig.5. Compresibilidad De Un Fluido.



E_v es una medida directa de la compresibilidad del fluido. Sus dimensiones son las de un esfuerzo $[F][L]^{-2}$ o bien $[M][L]^{-1}[T]^{-2}$ en el SI. El signo negativo de la ecuación anterior indica una disminución en el volumen v al aumentar la presión p .

TENSION SUPERFICIAL Y CAPILARIDAD

La tensión superficial es una fuerza que se manifiesta en la superficie de los líquidos, y es originada a su vez por la fuerza de cohesión intermolecular y la fuerza de adhesión del fluido al sólido.

En el límite entre dos fluidos (agua y aire por ejemplo) o entre fluidos y sólidos obran fuerzas moleculares que tienden a la disminución de la superficie (tensión superficial). Consecuencia de ello es, por ejemplo, la forma esférica de las gotas que caen libremente. En el límite entre un líquido y un cuerpo sólido, como consecuencia de la tensión superficial la superficie del líquido se eleva o se deprime más o menos, según la magnitud relativa entre las fuerzas de cohesión y las de adhesión.

Si un líquido está limitado por una pared, sus moléculas son atraídas no solo por las fuerzas del medio superior, sino además por las de la pared. Si las fuerzas moleculares de la pared son mayores que las de las moléculas vecinas del líquido, éste se extenderá sobre la pared; es decir, la moja. Este es el fenómeno de adhesión. Por el contrario, si las fuerzas de adhesión son menores que las fuerzas de cohesión entre las moléculas del líquido, éste tenderá a separarse de la pared.

La tensión superficial explica también los fenómenos de formación del “menisco” y el de la elevación del líquido en “tubos capilares”.

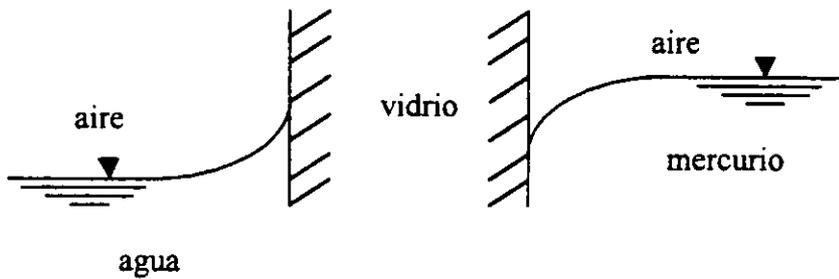
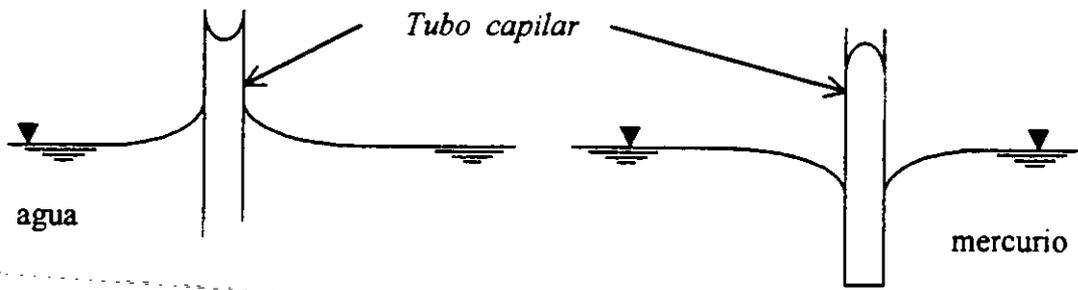


Fig. 6 Fenomenos Debidos A La Tension Superficial



GASTO O CAUDAL

Caudal "Q" es el volumen de fluido por unidad de tiempo que pasa a través de una sección transversal a la corriente. Así, por ejemplo, en una tubería que conduzca agua, el gasto o caudal son los litros por hora que circulan a través de un plano transversal a la tubería.

La ecuación dimensional del gasto es $[Q]=[L]^3[T]^{-1}$; y la unidad de medida en el SI es: $Q = 1 \text{ m}^3 / \text{s}$.

Si la velocidad "v" de la corriente es paralela a la superficie A, el gasto que la atraviesa es nulo. Si la velocidad tiene cualquier otra dirección, descomponiendo "v" según tres ejes, dos paralelos a la superficie y el tercero normal a la misma, solo la componente normal v_n produce gasto (Figura 7).

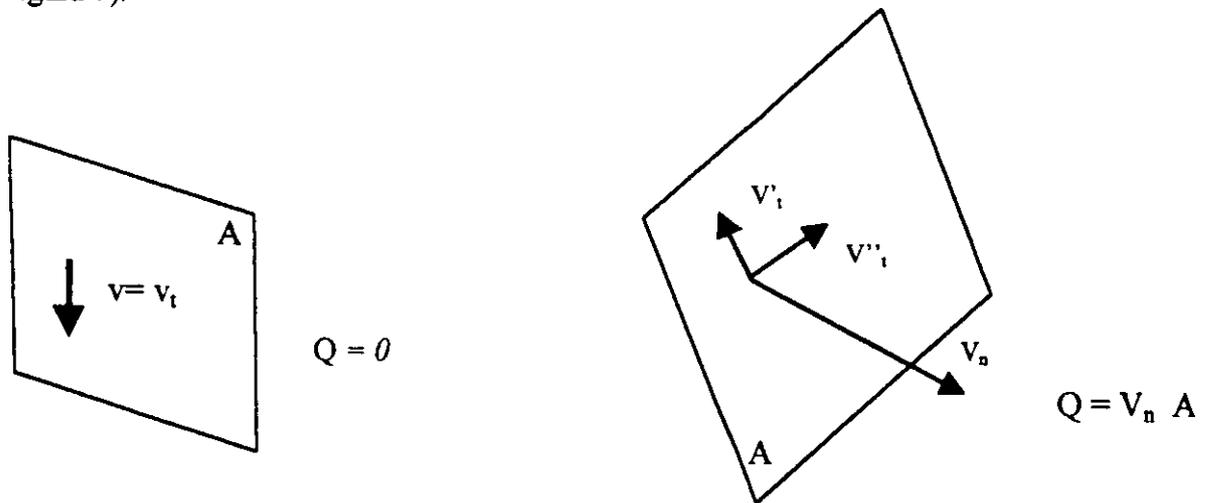


Figura 7. Componentes De La Velocidad Del Agua

Si la superficie a través de la cual se calcula el caudal es finita es evidente que la dirección de la velocidad puede variar de un punto a otro de la misma, y, además la superficie puede ser no plana. Llamando dA al elemento infinitesimal de área, siendo v_n la componente de la velocidad normal a ese elemento se tendrá:

$$dQ = v_n \cdot dA \quad Q = \int v_n \cdot dA.$$

Si \bar{v} es la velocidad media normal a la sección A , la expresión anterior se convierte a:

$$Q = \bar{v} A \text{ siendo la velocidad media: } \bar{v} = \frac{\int v_n \cdot dA}{A} = \frac{Q}{A}.$$

Así, por ejemplo, en una tubería circular de diámetro D : $\bar{v} = \frac{4Q}{\pi D^2}$.

V.2.7.1 ECUACIÓN DE CONTINUIDAD.

Para obtener la ecuación de continuidad se considera un tubo de corriente también llamado vena líquida limitada por una superficie lateral y por dos secciones transversales 1 y 2 como se muestra en la figura 8. Las velocidades en cada punto de una misma sección transversal poseen un valor medio v , representativo de toda la sección y de dirección tangencial al eje de la vena.

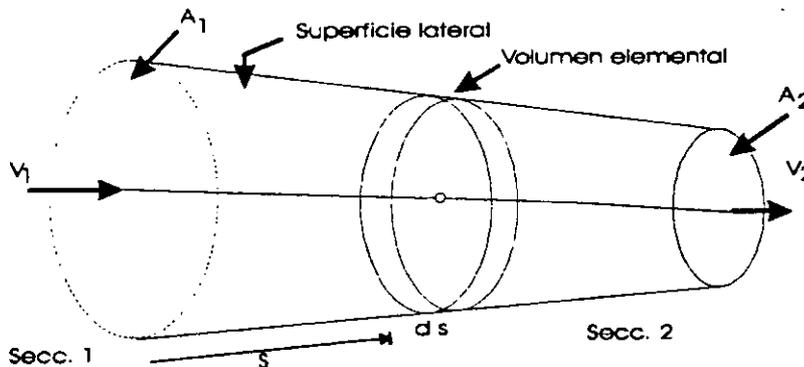


Fig. 8 Tubo de corriente y volumen infinitesimal de líquido

Antes de plantear las ecuaciones se tienen que hacer las consideraciones siguientes para el tubo de corriente:

- No entra ni sale fluido lateralmente porque la velocidad es tangencial al flujo de la corriente.
- No se crea ni se destruye masa, ni puede haber concentración o dilución de masa en ninguna sección del mismo, porque ello supondría aumento o disminución de densidad del fluido en dicha sección, lo que es imposible en régimen permanente.
- En régimen permanente el tubo de corriente es estacionario, porque....
- La masa que entra en el tubo es igual a la masa que sale

Consideremos una rebanada elemental (infinitesimal) de líquido mostrada en la figura de un espesor "ds" y donde "s" representa la coordenada curvilínea siguiendo el eje del tubo .

La cantidad neta de masa que atraviesa la superficie de frontera del volumen elemental en estudio es:

$$\left[\rho v A + \frac{\partial(\rho v A)}{\partial s} \cdot ds \right] - \rho v A = \frac{\partial(\rho v A)}{\partial s} ds$$

Y, la rapidez con que varía la masa dentro del mismo es $\frac{\partial(\rho A \cdot ds)}{\partial t}$.

Por tanto, el principio de conservación de la masa establece que:

$$\frac{\partial(\rho v A)}{\partial s} ds + \frac{\partial(\rho \cdot A \cdot ds)}{\partial t} = 0$$

Y como la longitud “ds” del volumen elemental no depende del tiempo, se puede sacar del paréntesis de la derivada del segundo término y simplificarse al mismo tiempo con el “ds” que aparece en el primer término, de lo cual resulta:

$$\frac{\partial(\rho v A)}{\partial s} + \frac{\partial(\rho A)}{\partial t} = 0 \dots\dots(a)$$

Y como la v, ρ y A son funciones de “s” y de “t” al desarrollar las derivadas parciales indicadas se obtiene:

$$\rho A \frac{\partial v}{\partial s} + \rho v \frac{\partial A}{\partial s} + v \cdot A \frac{\partial \rho}{\partial s} + \rho \frac{\partial A}{\partial t} + A \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 ; \text{ luego sustituyendo } v = \frac{ds}{dt} \text{ y factorizando se}$$

llega a:

$$\rho A \frac{\partial v}{\partial s} + \rho \left(\frac{\partial A}{\partial s} \cdot \frac{ds}{dt} + \frac{\partial A}{\partial t} \right) + A \left(\frac{\partial \rho}{\partial s} \cdot \frac{ds}{dt} + \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) = 0$$

Dividiendo toda la ecuación por el término $\bar{v} \cdot A$ y recordando el desarrollo de la derivada total resulta entonces: $\frac{\partial v}{\partial s} + \frac{1}{A} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ que es la ECUACIÓN DE CONTINUIDAD para un

tubo de corriente donde se produce un flujo no permanente y compresible. Un ejemplo clásico de su aplicación es el problema de “golpe de ariete”.

En problemas de flujo no permanente a superficie libre como el tránsito de ondas de avenida en canales y de mareas en estuarios donde se considera que el líquido es incompresible, desaparece el último término de esta ecuación.

Si el escurrimiento es permanente las derivadas con respecto al tiempo que aparecen en la ecuación (a) desaparecen y esta ecuación se simplifica a: $\frac{\partial(\rho v A)}{\partial s} = 0$ o bien $\rho v A = \text{constante}$

Si, además el fluido es incompresible $v A = \text{constante}$

Esto significa que es constante el gasto que circula por cada sección de la vena líquida en un flujo permanente; o bien, que para dos secciones transversales 1y 2 de la misma se cumple lo siguiente: $Q = v_1 A_1 = v_2 A_2$

PERDIDAS

En los problemas que involucran a los fluidos en la hidráulica, es necesario considerar los efectos viscosos y estudiar las fuerzas de fricción originadas por la turbulencia que acompaña al

movimiento. Una parte de la energía de la corriente se utiliza para vencer las fuerzas de resistencia originadas por estos efectos o las debidas a cambios en la geometría de la conducción como puede ser, ampliaciones, reducciones, cambio de dirección, etc., también se utiliza en los órganos de cierre como son las válvulas y las compuertas para regular el gasto.

Esa parte de la energía de la corriente se transforma en otro tipo de energía que en los problemas de hidráulica se considera como “energía perdida” en el movimiento y por supuesto, es necesario determinar:

Para un flujo permanente, en un tubo de diámetro constante, la línea de cargas piezométricas es paralela a la línea de energía e inclinada en la dirección del movimiento. En 1850, Darcy, Weisbach, y otros, obtuvieron experimentalmente una fórmula para calcular en un tubo la pérdida por fricción:

$$h_f = f \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g} \quad \text{FORMULA DE DARCY - WEISBACH}$$

Donde:

- | | | | |
|----------------|--|---|------------------------------|
| f | es el factor de fricción sin dimensiones | D | diámetro en metros |
| g | aceleración de la gravedad en m/seg ² | L | longitud del tubo, en metros |
| h _f | pérdida por fricción, en metros | V | velocidad media, en m/seg. |

El factor de fricción es función de la rugosidad “ε” y del número de Reynolds “Re” en el tubo, esto es: $f = f(\epsilon, Re)$

Si “S_f” representa la relación entre la pérdida de energía y la longitud del tubo en que ésta ocurre

(pendiente de fricción), esta ecuación también es: $S_f = \frac{h_f}{L} = \frac{f v^2}{2 D g}$

PÉRDIDAS LOCALES

En la práctica, las tuberías de conducción utilizadas tienen cambios que se presentan en la geometría de la sección y en los distintos dispositivos para controlar las descargas (válvulas y compuertas). Estos cambios originan pérdidas de energía, distintas a las de fricción, localizadas en el sitio mismo del cambio de geometría o de la alteración del flujo. Tales tipos de pérdidas se les conoce como “pérdidas locales”. Su magnitud se expresa como una fracción de la carga de velocidad, inmediatamente aguas abajo del sitio donde se produjo la pérdida; la fórmula general

de pérdida local es: $h = K \frac{v^2}{2g}$

Donde: h: pérdida de energía en metros

K: coeficiente sin dimensiones que depende del tipo de pérdida que se trate, del número de Reynolds y de la rugosidad del tubo.

$\frac{v^2}{2g}$: la carga de velocidad aguas abajo, de la zona de alteración de flujo, en metros.

V.2.7.2. TEOREMA DE BERNOULLI

El teorema de Bernoulli, es la Ley fundamental de la hidrodinámica.

La Figura 9 muestra una porción de una corriente de un líquido confinada en una tubería o conducto y por lo tanto sujeta a una presión que puede variar de sección en sección. Como el líquido no tiene fricción se puede considerar una condición ideal del escurrimiento, donde la turbulencia está ausente y cada partícula individual sigue un recorrido que es paralelo al de la partícula vecina.

Tomando una masa elemental infinitesimal de forma cilíndrica situada momentáneamente en cualquier punto *m* de la línea de corriente *a-b*. El área de su sección transversal es "*dA*" y su longitud es "*ds*", entonces ésta es también la distancia en que se mueve la masa en un tiempo de "*dt*" segundos. Su velocidad instantánea "*v*" es por lo tanto:

$$v = \frac{ds}{dt}$$

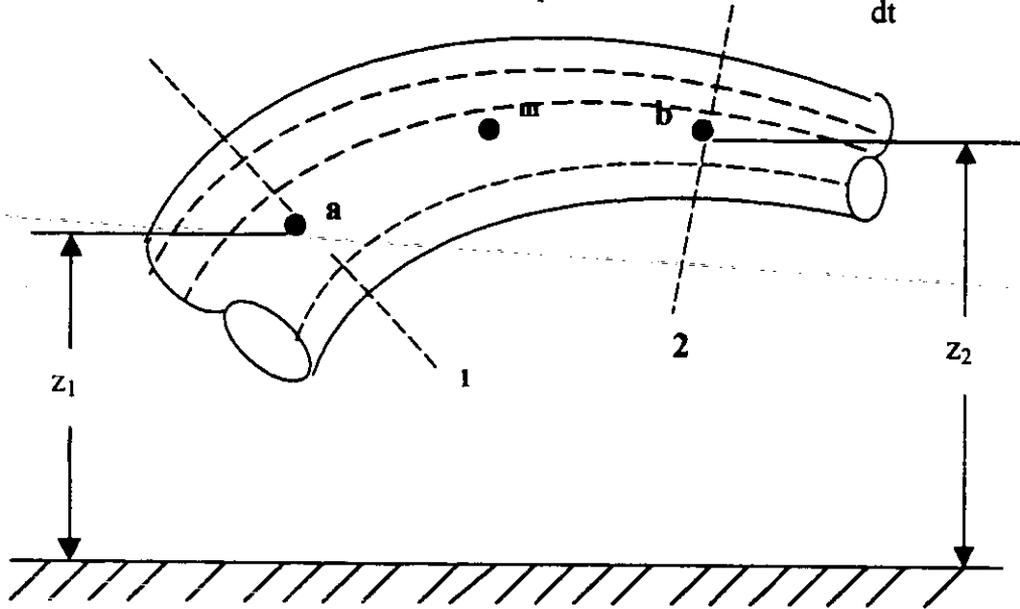


Fig. 9 . Paso De Un Líquido Dentro De Un Conducto

En un extremo la fuerza de presión ejercida por el líquido circundante es $F_1 = p \cdot dA$ y por el otro extremo es: $F_2 = (p + dp) \cdot dA$. La fuerza de presión contra sus lados actúa en una dirección normal a ellos y no tiene efectos sobre el movimiento. La acción de la gravedad sobre la masa es $F_3 = \omega \cdot ds \cdot dA$ pero como $\omega = \rho \cdot g$, entonces $F_3 = \rho \cdot g \cdot ds \cdot dA$.

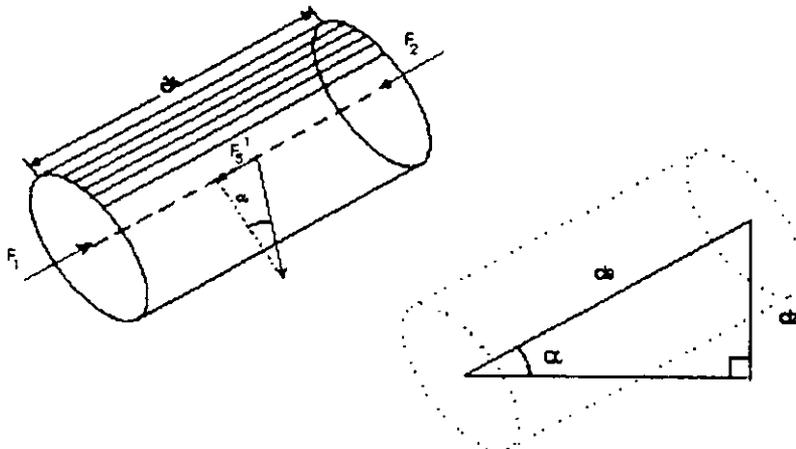


Fig.10 Masa Elemental De Líquido

$$\text{Sen } \alpha = \frac{F_3'}{F_3} \quad \text{de donde } F_3' = F_3 \cdot \text{sen } \alpha \qquad F_3' = \rho \cdot g \cdot dA \cdot ds \cdot \text{sen } \alpha$$

de la geometría del cilindro infinitesimal: $\text{sen } \alpha = \frac{dz}{ds}$

de donde $dz = ds \cdot \text{sen } \alpha$, entonces $F_3' = \rho \cdot g \cdot dA \cdot dz$.

Como la fuerza resultante en la dirección del movimiento debe ser igual al producto de la masa por la aceleración "a" en esa dirección, tenemos: $F_1 - F_2 - F_3' = (ds \cdot dA \cdot \rho) \cdot a$ y sustituyendo los valores correspondientes se tiene: $p \cdot dA - (p - dp) dA - \rho \cdot g \cdot dA \cdot dz = ds \cdot dA \cdot \rho \cdot a$ simplificando y tomando en cuenta que $a = v \cdot \frac{dv}{ds}$, se llega a la expresión: $-dp - \rho \cdot g \cdot dz = ds \cdot \rho \cdot v \cdot \frac{dv}{ds}$ pasando todos

los términos a un solo miembro y dividiendo la expresión por ρ se llega a: $v \, dv + \frac{dp}{\rho} + g \cdot dz = 0$,

si ρ se sustituye por $\frac{w}{g}$ y se divide toda la expresión por "g" se tiene: $\frac{dp}{w} + dz + v \cdot \frac{dv}{g} = 0$ cada

término por separado puede integrarse entre los valores límites que la variable tiene conforme la masa se mueve desde la sección 1 hasta la sección 2. De esto resulta:

$$\frac{1}{w} \int_{p_1}^{p_2} dp + \int_{z_1}^{z_2} dz + \frac{1}{g} \int_{v_1}^{v_2} v \, dv = \frac{p_2}{w} - \frac{p_1}{w} + z_2 - z_1 + \frac{1}{2g} (v_2^2 - v_1^2) = 0 \quad \text{o bien:}$$

$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{w} + z_1 = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{w} + z_2$

Esta expresión constituye el teorema de BERNOULLI para un fluido incompresible. El teorema expresa que con un escurrimiento constante y con la fricción eliminada se tiene:

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{w} + z = \text{cantidad constante}$$

Esto sucede en todos los puntos a lo largo del recorrido de una corriente. Cada término representa una distancia lineal. Con palabras:

"Carga de velocidad + carga de presión + carga de posición = constante en cualquier punto".

Se le llama CARGA TOTAL "H" a la suma de las tres cargas mencionadas.

El teorema se puede expresar así:

"con escurrimiento constante sin fricción, la suma de la carga de velocidad, la carga de presión y la carga de posición es una cantidad constante a lo largo de cualquier línea de corriente".

La Fig. 11 representa gráficamente el teorema. En las secciones 1 y 2 unos piezómetros, por medio de columnas, miden la presión promedio, la cual está en el centroide de la sección. Igualmente la elevación promedio de las partículas en cada sección es la elevación de la partícula en el centroide de la sección. Si ahora en cada sección el valor medio de $v^2 / 2g$ se agrega a la altura de la columna piezométrica, la suma de las tres cargas debe ser igual, e igual a H en las dos secciones.

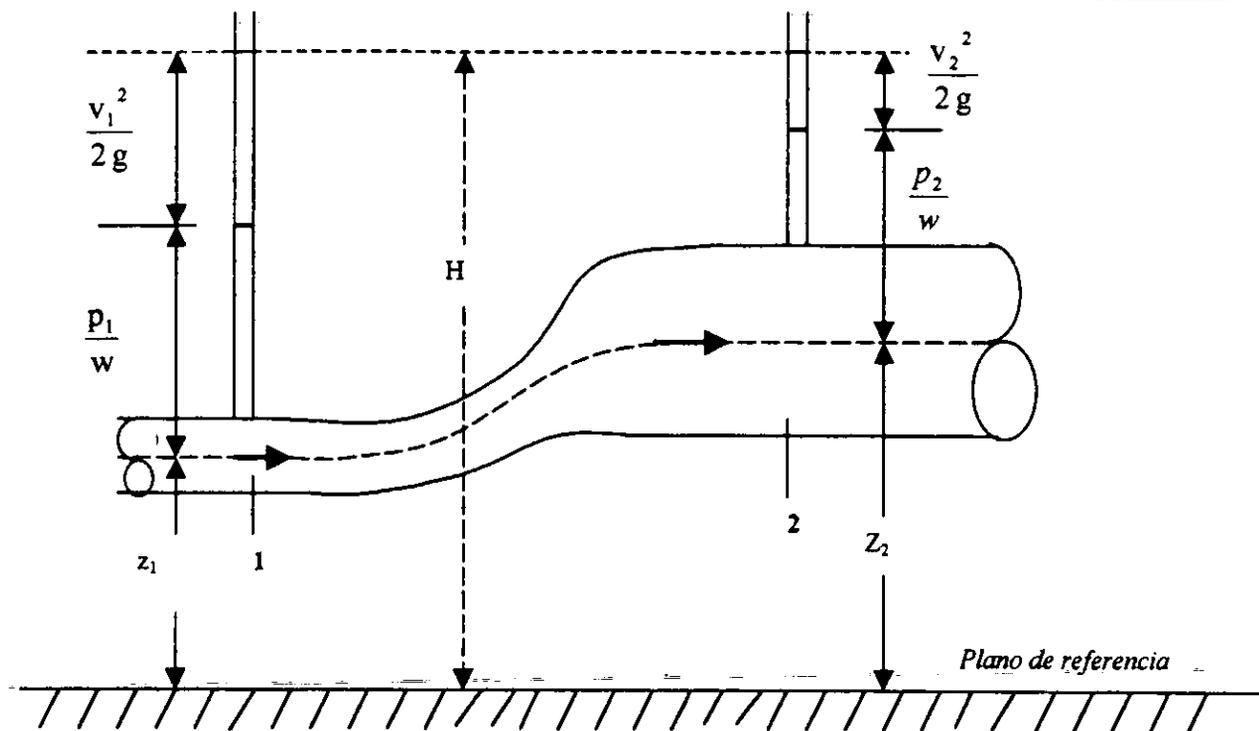


Fig 11 .Representación Gráfica Del Teorema De Bernoulli

Si el área de la sección transversal en 1 y 2 es igual entonces $v_1=v_2$; y los términos correspondientes a la carga de velocidad son iguales y por lo mismo no existirá una pérdida de presión en 2. Similarmente en una tubería horizontal, un incremento en la velocidad debido a una reducción del área de la sección producirá una pérdida de carga de presión. En otras palabras cualquier cambio en una de las tres variables produce un cambio en una o en las otras dos. Por supuesto, debe tenerse en cuenta que el efecto de la fricción ha sido despreciado y que la Fig. 11, únicamente representa relaciones ideales.

V.2.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

En el edificio corporativo Roshfrans se ha decidido instalar un sistema combinado para el abastecimiento de agua a los muebles sanitarios. Por tanto, constará de un equipo hidroneumático que se ubicará en la azotea y que alimentará los muebles sanitarios de las dos últimas plantas; así como también de 4 tinacos de 1100 litros de capacidad cada uno. Estos surtirán de agua tanto al hidroneumático como a las plantas 1, 2 y 3 por simple gravedad. Se decidió adoptar este sistema combinado en razón de que tanto los mingitorios como las tasas de los sanitarios usarán válvula de descarga (fluxómetro). Estos muebles requieren una presión mínima de 1 kg/cm^2 para un buen funcionamiento, presión que se alcanzó fácilmente en las plantas 1,2,3 pero no en las 4 y 5. Para alcanzar la presión requerida tendríamos que elevar los tinacos, pero esto incrementaría la presión en los pisos inferiores, lo que nos obligaría a usar válvulas reductoras de presión. Por otra parte el otro criterio que prevaleció en la adopción del sistema es el siguiente: “la calidad del servicio sanitario en un edificio corporativo debe ser de primera, porque la categoría y el prestigio de la empresa se refleja en todos y cada uno de los servicios que ofrece, por lo tanto, el servicio sanitario deberá ser de la mejor calidad.”

En el edificio corporativo Roshfrans el agua potable proveniente de la red municipal, se conducirá hasta su almacenamiento en un tanque cisterna con capacidad de 51 m^3 localizado frente a la fachada oriente del edificio y cuya losa superior queda a nivel del piso del patio. El volumen de este tanque incluye también el considerado para el caso de incendio. De esta cisterna se elevará el agua unos 25 metros aproximadamente, utilizando para esto 2 bombas de 3 HP de potencia cada una, hasta los depósitos localizados en la azotea. En conjunto tendremos un volumen total de 5 m^3 de agua almacenada en la azotea.

Para iniciar el diseño del sistema de abastecimiento primero se debe determinar la cantidad total de agua necesaria para los servicios sanitarios. Como ya ha quedado asentado el edificio cuenta con 5 plantas. En cada planta y a un costado del redondel que aloja a las escaleras y encierra el cubo del elevador se encuentran ubicados los sanitarios, tanto para damas como para varones. Los sanitarios para damas están compuestos por 1 vertedero, 2 lavabos y 3 excusados con válvula de fluxómetro; Los sanitarios para varones están compuestos por 2 excusados con fluxómetro, 3 mingitorios con válvula de fluxómetro y 2 lavabos. Todos los muebles usaran únicamente agua fría.

Iniciaremos por el cálculo y diseño del sistema hidroneumático; entonces determinaremos las características que deben tener el tanque y el equipo de bombeo, también se determinarán los niveles de operación de estos elementos.

Podemos considerar en este caso que se trata de un edificio mediano en el que no se requiere una gran carga de presión, máxime que hemos destinado el equipo hidroneumático únicamente para abastecer los tres últimos pisos; por otro lado como el tanque depósito de suministro y el hidroneumático estarán ubicados en la azotea, no existirá entonces carga estática de presión a vencer por parte del equipo, ésta se presenta en el caso de ubicar el hidroneumático en el sótano del edificio. La situación anterior favorece en mucho el funcionamiento del equipo.

V.2.8.1. SISTEMA HIDRONEUMÁTICO

La selección del equipo para el sistema hidroneumático involucra los pasos siguientes:

- a) determinación del gasto máximo instantáneo (Q_{mi})
- b) Selección de la capacidad del equipo de bombeo
- c) Determinación de las presiones máxima y mínima requeridas en el tanque.
- d) Selección conveniente del tamaño del tanque y establecimiento de los niveles superior e inferior de operación.

El Q_{mi} es el mayor caudal que se demanda en cualquier sección de la instalación en cualquier momento del día. Generalmente el Q_{mi} no es igual a la suma de los gastos demandados por todos los muebles sanitarios del edificio.

En lo referente a la capacidad del equipo de bombeo, existe un método aproximado para determinar ésta en forma preliminar; se basa en una estimación del consumo en los períodos de demanda pico, basada en registros de instalaciones similares.

En la Tabla 1 se presenta el factor de consumo de agua, en la que el uso específico de varios muebles de plomería ha sido despreciado y cada mueble se considera como una unidad. Este método simplifica la selección de una bomba con capacidad suficiente para suministrar satisfactoriamente los requerimientos de consumo máximo o pico de un sistema de suministro. Para emplear la tabla siguiente, debe determinarse el número exacto de muebles de todos los tipos que serán abastecidos por el sistema de agua. La Tabla 1 sirve para obtener la capacidad de la bomba deseada en litros/segundo cuando se multiplica por el factor apropiado aquí indicado.

Tabla 1. Factor de consumo de agua

Edificios Públicos, Factores En Litros/Segundos Por Mueble							
Tipo de Edificio	Número de Muebles						
	Hasta 30	31-75	76-150	151-300	301-600	601-1000	Más de 1000
Departamentos	0.0347	0.0259	0.0208	0.0177	0.0158	0.0151	0.0063
Hoteles, Clubes	0.0505	0.0379	0.0303	0.0265	0.0227	0.0221	0.0145
Hospitales	0.0568	0.0480	0.0397	0.0341	0.0284	0.0252	0.0215
Oficinas	0.0631	0.0505	0.0410	0.0347	0.0284	0.0221	0.0240
Escuelas	0.0757	0.0568	0.0473	0.0404	0.0328	0.0170
Edificios Mercantiles	0.0757	0.0606	0.04492	0.0416	0.0341	0.0303

Un sistema exitoso de agua es aquel en donde la capacidad de la bomba esta ligeramente excedida con relación a la proporción de consumo de agua durante periodos de demanda pico. En este contexto existen algunos requerimientos auxiliares que no deben pasarse por alto, como los siguientes:

- Cuando en el número total de ocupantes del edificio la mayoría son mujeres, se debe agregar el 20% de la capacidad de la bomba.
- Cuando existe alberca o lavandería que deban ser abastecidas por el sistema de presión, se debe agregar el 10% de la capacidad de la bomba para cada instalación.
- En caso de requerirse un abastecimiento extra de agua para procesos especiales, debe añadirse al menos dos veces la cantidad promedio necesaria a la capacidad de la bomba para tomar precauciones de la demanda pico.

Como un ejemplo de aplicación de la tabla anterior, supongamos que tenemos que elegir la bomba de un equipo hidroneumático para surtir de agua a un colegio para señoritas, y que cuenta con un total de 50 muebles sanitarios de todo tipo, además tiene alberca en el gimnasio.

Entonces se tiene (No. de muebles) x (factor de consumo de agua) = gasto de la bomba en litros por segundo (l.p.s.) $50 \times 0.0568 = 2.84$ l.p.s.

10% más de capacidad extra para abastecer la alberca y 20% más de capacidad extra por el personal femenino, dan un 30% más de capacidad extra de la bomba, es decir: $1.30 \times 2.84 = 3.69$ lps. Se necesita entonces una bomba que surta al menos 3.7 lps = 222 lpm.

En general los requerimiento de presión de un sistema hidroneumático se definen mediante los siguientes pasos:

1. Determinación de la carga estática en metros, desde la fuente de abastecimiento del edificio hasta el mueble más desfavorable.
2. Calcular la pérdida de energía en metros en toda la tubería, incluyendo pérdida en la succión y en la descarga válvulas y accesorios.
3. Establecer los requerimiento mínimos de presión en el mueble más desfavorable (generalmente 0.3 kg/cm^2). Si el mueble más desfavorable tiene válvula de fluxómetro se requiere una presión mayor para una operación apropiada (aprox. 1 kg/cm^2).
4. Establecer el diferencial de presión deseado (normalmente 1.4 kg./cm) aunque diferenciales mayores pueden contribuir a una eficiencia mayor del sistema y deberá revisarse para determinar el mejor valor aceptable.
5. Protección contra incendio, cuando el sistema considera capacidad para el combate de incendios, es deseable mantener una presión mínima de 2.8 kg./cm en el tanque aún cuando los cálculos indiquen que una presión menor es adecuada para requerimientos domésticos.

La bomba o bombas para un sistema hidroneumático deben estar en posibilidad de operar entre una gama de presiones de descarga, variando entre la alta y baja del tanque. Generalmente es la baja presión la que determina el punto base para la selección de la bomba.

Considerando un sistema hidroneumático en operación real, en el nivel superior (presión alta) la bomba no actúa. Cuando el agua sale del tanque, la presión y el nivel del agua bajan y por lo tanto la bomba no arranca. El nivel inferior de agua deberá ocurrir cuando la demanda está creciendo a su valor máximo. Por lo tanto para prevenir que el nivel del agua siga decreciendo, la bomba debe estar al parejo de la demanda.

Es de notar que la presión del tanque en su nivel inferior caerá ligeramente debajo de la mínima de diseño, esto mientras la bomba toma velocidad, pero en la práctica, esto no afecta la operación del sistema. En algunas condiciones puede parecer objetable, entonces que la presión del tanque se eleve unos cuantos kg/cm^2 después de que el sistema ha sido instalado.

Cuando se usa una sola bomba su capacidad deberá ser aproximadamente 1.5 el gasto máximo instantáneo (Q_{mi}) a presión baja. Los controles para bombas dúplex son arreglados generalmente de tal manera que la segunda bomba arranque en caso de que el nivel continúe bajando cuando este operando una sola bomba. Es conveniente que cada bomba funcione cuando menos al Q_{mi} y a la presión más baja.

Habiéndose seleccionado la bomba o bombas para cubrir los requisitos de baja presión, la descarga a la alta presión deberá verificarse para ver si es la correcta de tal manera que la bomba no funcione continuamente.

Para asegurar que las bombas cubran las necesidades de diseño, las especificaciones deben dar los gastos de bombeo tanto en baja como en alta presión. Es necesario aclarar que en nuestro medio no se autoriza la succión directa con el equipo de bombeo a partir de la red municipal de abastecimiento de agua.

En seguida se tratará sobre las presiones de trabajo del tanque y los respectivos niveles de agua.

Nivel bajo de agua (NBA) es el menor nivel establecido en el tanque que corresponde a la presión más baja a partir de la cual el sistema esta diseñado para operar. Normalmente NBA se establece, de tal manera que al menos el 10% de la capacidad total del tanque quede por debajo de ese nivel, como un colchón de agua para evitar la posibilidad de pérdida de aire en el tanque.

Nivel alto de agua (NAA) es el nivel superior establecido en el tanque que corresponde a la presión más alta bajo la cual el sistema esta diseñado para operar.

Una vez determinado el “diferencial de presión de operación”, se pueden determinar el NAA, el diferencial de volumen de bombeo, la eficiencia del tanque y si el diferencial de presión escogido es el más indicado para el caso.

Los interruptores de presión comerciales están calibrados para funcionar en ciertos rangos de operación, por ejemplo:

- 1.4 – 2.8 kg/cm²
- 2.1 – 3.5 kg/cm²
- 2.8 – 4.2 kg/cm²
- 3.5 – 5.0 kg/cm²

En estos rangos podemos percatarnos que la diferencia de presión entre el limite superior y el limite inferior es de 1.4 kg/cm². Si se elige el primer rango aquí anotado esto significa que la bomba del sistema arranque cuando la presión interior sea de 1.4 kg/cm² y se detenga cuando ésta sea de 2.8 kg/cm²

Para hallar el NAA nos auxiliamos de las gráficas que aparecen en la figura siguiente:

Como un ejemplo del uso de esta figura para determinar el NAA, suponemos que se tiene un edificio en el que se va a instalar un equipo hidroneumático y que contamos con los datos siguientes para determinar la presión máxima de trabajo en el tanque:

1. carga estática (al mueble más desfavorable)	12.80 m.
2. pérdida por fricción en la tubería	4.88 m.
3. Presión mínima en el mueble más desfavorable	3.00 m.
4. presión de operación diferencial	<u>14.00 m</u>
presión total de trabajo del tanque	34.68m
	(3.468 Kg/cm ²)

con este valor solicitaremos un interruptor de presión cuyo rango de operación sea el de 2.8 – 4.2 kg/cm².

Refiriéndonos a la figura 12, empezamos en el punto que indica una reserva del 10% del volumen de agua en el tanque, siguiendo esa línea horizontal hasta donde se intercepta la línea vertical de presión de 2.8 kg/cm². Se sigue la curva de presión más cercana (la de 2.45 kg/cm²) hasta donde se intercepta con la línea vertical de 4.2 kg/cm². Entonces por interpolación se determina el punto que indique que el agua ocupará aproximadamente el 34% del total de la capacidad del tanque, cuando el aire interior ha sido comprimido de 2.8 kg/cm a 4.2 kg/cm². Entonces el NAA deseado es el nivel equivalente al 34% del volumen del tanque.

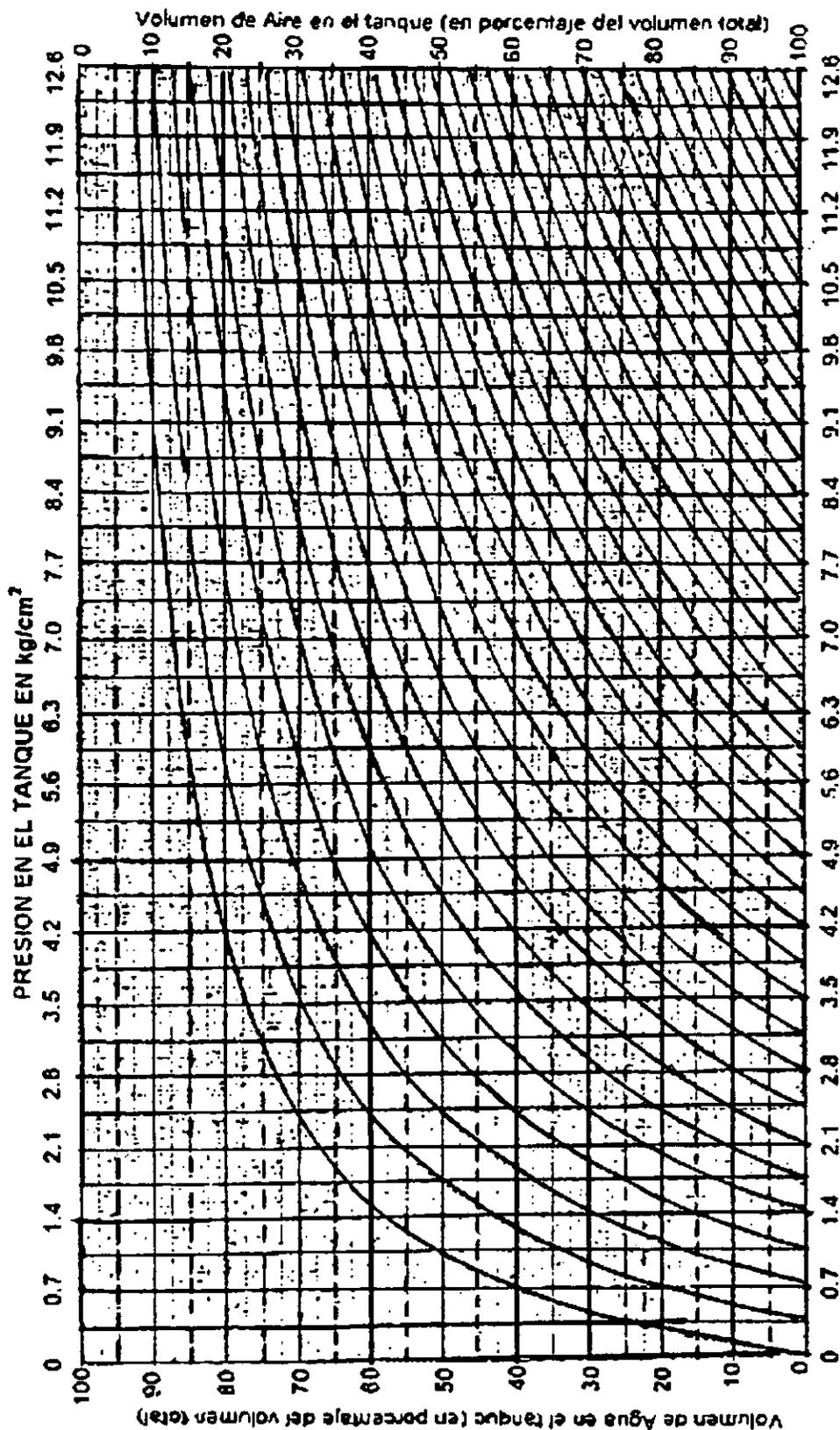


Fig. 12. Diferenciales de volumen y presión para tanques hidroneumáticos.

El diferencial de bombeo es el diferencial de volumen entre el NBA y el NAA en el tanque, su eficiencia es el diferencial anterior expresado en porcentaje.

En este caso tenemos: $\text{diferencial de bombeo } 34\% - 10\% = 24\%$
 $\text{Eficiencia del tanque} = 24\%$

Para establecer los niveles NBA y NAA en el tanque se presentan dos casos, cuando el tanque cilíndrico es horizontal o bien, es vertical.

En el segundo caso el volumen es proporcional a la altura. Supongamos un tanque vertical de 183 cm de altura con descarga en la parte baja, entonces el NBA es $0.1 \times 183 = 18.3$ m sobre la parte baja del tanque, y el NAA es $0.34 \times 183 = 62.22$ sobre la parte baja del tanque.

En el primer caso el volumen no es proporcional a su diámetro (altura), pero auxiliándonos de la Figura 13 convertimos el porcentaje de la capacidad al porcentaje del diámetro. Entonces 10% de la capacidad es equivalente aproximadamente al 15.7% del diámetro, y 34% de la capacidad es equivalente al 37.4% de su diámetro

Supongamos un tanque horizontal de 183 cm. de diámetro, entonces el NBA es de $0.157 \times 183 = 28.73$ cm sobre la parte baja y el NAA es de $0.374 \times 183 = 68.44$ cm sobre la parte baja. De esta manera se determinan al NBA, el NAA, el diferencial de bombeo y la eficiencia del tanque. Lo que sigue es para averiguar si el diferencial de presión de operación es el más adecuado.

La importancia de la elección del diferencial de presión es que de este valor dependen las características del equipo y éstas en última instancia representan un costo, es decir, del diferencial de presión sale el diferencial de bombeo y de este dato surge el tamaño del tanque que será requerido, así como también el tamaño de la bomba y su manejo. Entonces es deseable evaluar el costo de cada arreglo para determinar el sistema más eficiente. Ejemplificando lo dicho y en relación al ejemplo anterior, suponiendo un diferencial de presión de 2.1 kg/cm^2 tenemos:

Presión en el NBA	2.8 kg/cm^2
Presión en el NAA	4.9 kg/cm^2
Volúmen del tanque en el NAA	42% (de la fig. 10)
Volúmen del tanque en el NBA	10%
Diferencia de bombeo	32%
Eficiencia del tanque	32%
Ganancia sobre la selección de presión de $2.8\text{--}4.2 \text{ Kg/cm}^2$	8 puntos porcentuales

En relación al tanque, la presión de este debe ser controlada entre límites que resulten aceptables, entre la máxima y mínima de descarga. Estas presiones dependerán de las necesidades de cada instalación particular.

La presión de descarga del tanque debe ser todo el tiempo suficiente, para proporcionar la carga requerida en cualquier punto de uso en el edificio, teniendo en cuenta la carga necesaria para las pérdidas debidas a la circulación del agua en la tubería, así como la carga estática debida a la diferencia de nivel, entre el tanque y la salida del agua. La presión mínima aceptable en el tanque debe ser cuando menos una presión que satisfaga estos requisitos.

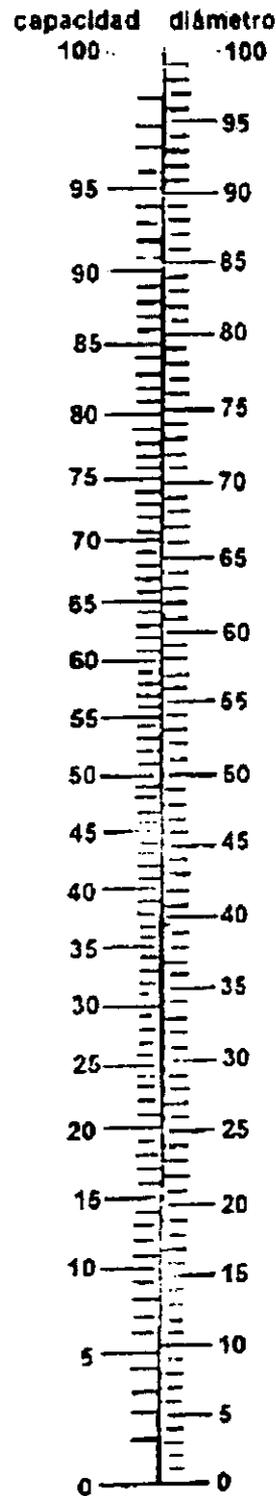


Fig 13. Conversión De La Capacidad De La Altura Para Tanques Horizontales Cilíndricos

La presión necesaria en el agua de suministro es parte del diseño del sistema de abastecimiento en cualquier edificio independientemente del origen del agua, el método de cálculo de un sistema hidroneumático no es diferente de aquel para un edificio con cisterna de abastecimiento directo a la red de distribución interior.

El volumen del tanque entre los niveles NBA y NAA es la cantidad de agua que debe ser desalojada antes de que la bomba vuelva a arrancarse. Entre mayor sea la cantidad disponible de agua menor será el número de ciclos de bombeo.

Mientras que la mínima presión aceptable se basa usualmente en las necesidades del mueble más desfavorable, la máxima presión debe de considerarse para los muebles más cercanos a él.

En relación al tamaño del tanque, este se puede determinar utilizando la ley de Boyle antes vista. En sí el problema requiere propiamente las relaciones entre la presión alta y baja, los respectivos niveles de agua y la cantidad que debe ser desalojada del tanque.

En el caso de tanques verticales, las relaciones básicas a partir de la ley de Boyle resultan como sigue: $P_1V_1 = P_2V_2 \leftarrow$ LEY DE BOYLE, entonces $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$.

En relación a la figura 14, se tiene que:

$$V_1 \text{ y } V_2 \text{ son } V_1 = \frac{\pi \cdot D^2 h_3}{4}, \quad V_2 = \frac{\pi \cdot D^2 h_4}{4}$$

relaciones que sustituidas en la igualdad anterior nos resulta: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{h_4}{h_3} \dots\dots(a)$

La cantidad de agua desalojada entre el NBA y el NAA puede expresarse como sigue:

$$\text{Agua disponible} = V_2 - V_1 = \frac{\pi \cdot D(h_4 - h_3)}{4}$$

Como debe evitarse la entrada de aire al sistema de distribución, se deja un colchón de agua que permanezca debajo de NBA. Este es de un 10% del volumen total del tanque, por lo tanto la altura mínima del nivel inferior arriba de la salida del tanque es "h₂" y la altura máxima de este nivel al tope del tanque es "h₄", definiéndose de la siguiente manera:

De la figura 14: $h_1(\text{maxima}) = H - h_3 \dots\dots(3)$

Despejando h₃ de la igualdad (a), resulta $h_3 = h_4 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$; *sustituyendo*(1) en esta igualdad resulta

que $h_3 = 0.90H \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$ expresión que sustituida en (3) resulta:

$$h_1(\text{maxima}) = H \left[1 - 0.90 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \right] \text{ Nivel superior (NAA)} \dots(4)$$

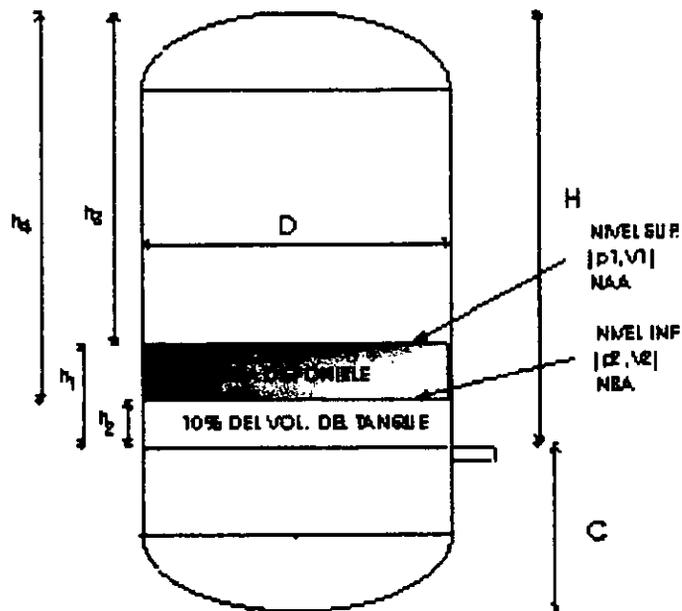


Fig. 14 Relaciones De Nivel-Volumen En Un Tanque Vertical

Donde H es la altura nominal del tanque medida a partir de la salida. En el caso de que la salida sea en el fondo " H " representará la altura total del tanque.

Las ecuaciones (2) y (4) representan los niveles inferior y superior respectivamente para la máxima cantidad de agua que puede desalojar el tanque, para una combinación particular de presiones. El efecto de la curvatura en los extremos no se toma en cuenta en ambas ecuaciones. Si se considera un valor diferente del 10% del volumen del tanque para el colchón de agua que debe permanecer, las ecuaciones anteriores serán diferentes.

Tratándose de tanques horizontales, los cálculos se complican más, debido a que en este caso el volumen no es proporcional a la altura (diámetro). En virtud de que el tanque que se instalará en el edificio corporativo Roshfrans, será vertical, el caso de los tanques horizontales no se trata por ahora.

El tamaño de un tanque depende tanto del diferencial de bombeo ya establecido, como del número de ciclos de bombeo deseados. Las experiencias indican que el número promedio de ciclos de bombeo no necesita ser mayor de seis ciclos por hora y muy pocas veces menor de cuatro ciclos por hora.

Cuanto más grande sea el número de ciclos de bombeo, más pequeño será el tamaño del tanque requerido. Esto es importante cuando el costo inicial de una instalación es significativo.

Con menos ciclos se requerirá un tanque más grande pero algunas veces se tienen consideraciones más importantes que la del costo inicial. Se recomiendan menos ciclos de bombeo en instalaciones de hospitales, hoteles, etc. donde arranques y paros frecuentes puedan presentarse y ser molestos. También en donde se desea una reserva más grande, por ejemplo cuando la instalación es usada para protección contra incendio.

Para fines de diseño se recomienda que el volumen de agua desalojada (volumen disponible), satisfaga por un minuto el Q_{mi} de la edificación.

Ejemplificando lo dicho, suponemos que se conocen las presiones con las cuales trabajará un edificio:

$$\text{Presión alta } (p_1) = 4.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Presión baja } (p_2) = 1.5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (inc. 10\% incluye del volumen residual)}$$

$$\text{Demanda máxima } (Q_{mi}) = 1.58 \text{ l.p.s.}$$

Para determinar el tanque vertical más apropiado para el funcionamiento óptimo del sistema procedemos como sigue: $P_1 V_1 = P_2 V_2$ donde, $V_1 = \text{Vol. al máximo nivel} = X.V.$

$$V_2 = \text{Vol. al mínimo} = 0.90V, \quad V = \text{Volumen total entonces:}$$

$$V_1 = \frac{P_2}{P_1} V_2 \quad \text{sustituyendo valores:} \quad X.V = \frac{P_2}{P_1} (0.90V); \quad X = 0.90 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = 0.90 \left(\frac{1.5}{4.3} \right) = 0.31$$

$$\therefore V_1 = 0.31V \text{ Agua desalojada} = V_2 - V_1 = 0.90V - 0.31V = 0.59V = 59\% \text{ del volumen total del tanque.} \quad 0.59V = Q_{mi} = 1.58 \text{ l.p.s} = 94.8 \text{ l.p.m.} \Rightarrow V = \frac{94.8}{0.59} = 160.6 \text{ lts.}$$

Con este volumen se puede escoger un tanque que se adapte a nuestras necesidades consultando para esto una tabla de especificaciones generales de equipos hidroneumáticos.

V.2.8.2. DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO INSTANTANEO

Aplicando lo visto anteriormente ahora estamos en capacidad de determinar las características del sistema hidroneumático que necesitaremos para satisfacer la demanda de agua al interior del edificio corporativo Roshfrans.

La Figura 15 muestra un croquis esquemático de los sanitarios tanto para las damas como para los varones con su respectivo trazo de las redes de distribución y el establecimiento de secciones de análisis, esto con el fin de poder determinar más fácilmente el gasto máximo instantáneo de la edificación (Q_{mi}).

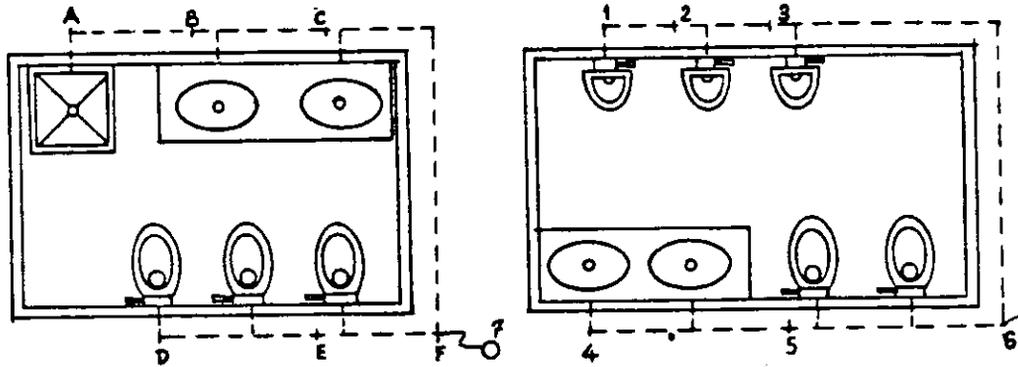


Fig. 15. Red De Distribución Para Los Sanitarios

CÁLCULO DEL GASTO MÁXIMO INSTANTÁNEO (Q_{mi}) y DETERMINACIÓN DEL Q_{mi} EN LOS SANITARIOS PARA DAMAS

DERIVACIONES

Tramo	Mueble	Cantidad	U/mueble	Total U/M	Q.m.i. l.p.s.
A-B	Vertedero	1	3	3	0.20
B-C	Vertedero	1	3	5	0.30
	Lavabos	1	2		
C-F	Vertedero	1	3	7	0.41
	Lavabos	2	2		
D-E	Excusado	2	10	20	2.29
E-F	Excusado	3	10	30	2.71
F-7	Vertedero	1	3	37	2.90
	Lavabo	2	2		
	Excusado	3	10		

DETERMINACION DEL Q_{mi} EN LOS SANITARIOS PARA VARONES

DERIVACIONES

Tramo	Mueble	Cantidad	U/mueble	Total U/M	Q.m.i. l.p.s.
1-2	Mingitorio	1	5	5	0.30
2-3	Mingitorio	2	5	10	1.70
3-6	Mingitorio	3	5	15	2.00
4-5	Lavabo	2	2	4	0.27
5-6	Lavabo	2	2	24	2.40
	Excusado	2	10		
6-7	Mingitorio	3	5	39	3.00
	Lavabo	2	2		
	Excusado	2	10		

El Q_{mi} por planta (piso) es entonces:

7-8	Vertedero	1	3	76	3.85
	Lavabo	4	2		
	Excusado	5	10		
	Mingitorio	3	5		

DETERMINACIÓN DEL GASTO INSTANTANEO PARA LAS PLANTAS 4 Y 5

TRAMO	MUEBLE	CANTIDAD	UNIDAD MUEBLE	TOTAL DE U.M.	Q.M.I
7-8	Excusado	1	3	76	3.85
	Vertedero	4	2		
	Lavabo	5	10		
	Excusado	3	5		
	Mingitorio				
8-T	Vertedero	2	3	152	5.20
	Lavabo	8	2		
	Excusado	10	10		
	Mingitorio	6	5		

Los valores que aparecen en la 6ª. Columna se obtuvieron de la gráfica siguiente:

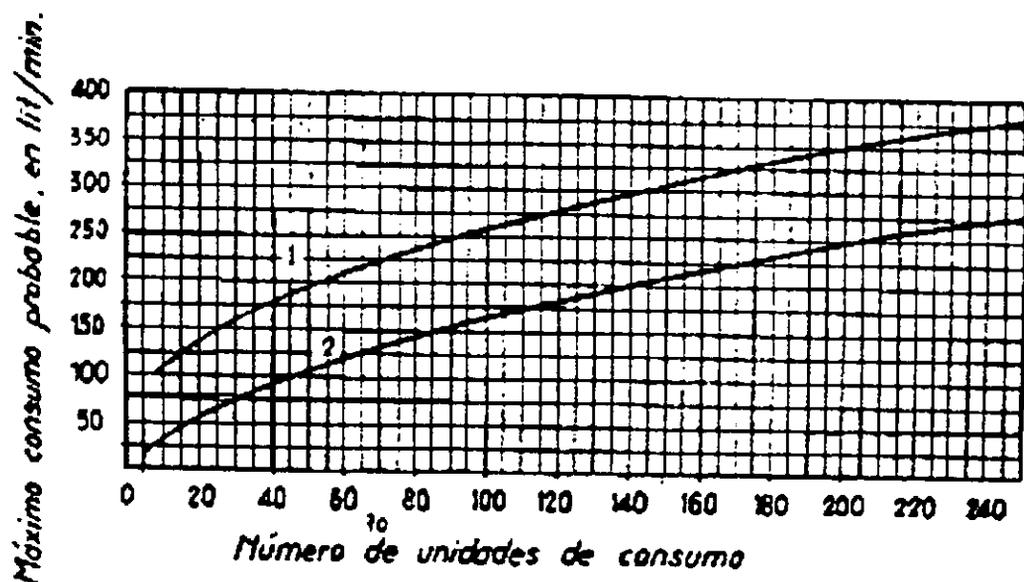


Fig. 16. Curva Para El Cálculo De Máximo Consumo Probable. La Curva 1 Vale Para Instalaciones En Las Que Predominan Las Válvulas De Descarga. La 2 Para Aquellas En Que Predominan Los Tanques De Descarga.

Por lo que el gasto requerido para las plantas 4 y 5 es entonces de:

Q_{mi} = 5.2 l.p.s.

Tramo	Q _{mi} L.p.s.	Diámetro teórico mm	Diámetro comercial mm	Diámetro en pulgadas
A-B	0.20	15.96	19.00	¾
B-C	0.30			1
C-F	0.41			
D-E	2.29		64.00	2 ½
E-F	2.70	58.41	64.00	2 ½
F-7	2.90		64.00	2 ½
1-2	0.30			1
2-3	1.70		51.00	2
3-6	2.00		51.00	2
4-5	0.27		25.00	1
5-6	2.40			2
6-7	3.00		64.00	2 ½
7-8	3.85	69.40	76.00	3
8-t	5.20	82.07	102.00	4

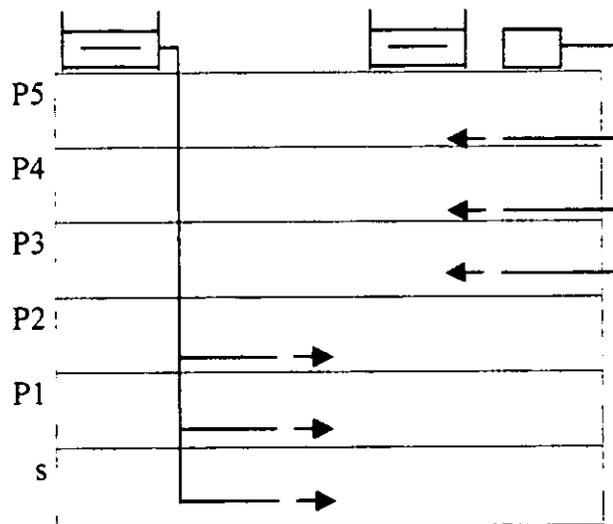


FIG. 17 Esquema De Distribución De Agua

Para determinar la presión máxima y mínima requerida en el tanque, es necesario calcular primero la carga requerida Hr.

Esta carga está compuesta por la carga estática, la carga de presión y la carga debida a las perdidas por fricción en la tubería, es decir:

$$H_r = H_e + \frac{P}{\gamma} + \sum h_f$$

En el caso que nos ocupa, la carga estática ($H_e=0$) no existe, en razón de que el equipo hidroneumático se ubicará en la azotea. El mueble más desfavorable, en este caso, es el mingitorio con válvula de fluxómetro que se localiza en el piso 4, el cual requiere de una carga de presión (p/γ) de 1.0 kg/cm^2 (10 metros).

Para calcular las pérdidas en la tubería en este anteproyecto se recurrió a las tablas del código americano, dado que con éstas podemos determinar de una manera preliminar cuales serán las pérdidas.

Cotejando dichas tablas, teniendo un diámetro de tubería de 4 pulgadas y un gasto de 5.2 l.p.s. las pérdidas por fricción serán entonces de 0.0624 metros, dado que la longitud de la tubería es de aproximadamente 10 metros.

Con ésto la carga requerida es de: $H_r=0 + 10+0.062 \text{ m}$. Aproximadamente igual a 1.006 kg/cm^2

Entonces la presión mínima (baja) para el sistema será de: $P_2 = 1.006 \text{ kg/cm}^2$

Sumando a esta presión, el diferencial de presión de 1.4 kg/cm^2 obtendremos la presión máxima de operaciones (alta). $P_1 = 2.4 \text{ kg/cm}^2$

Para obtener el volumen del tanque utilizamos las relaciones vistas anteriormente: $P_1V_1 = P_2V_2$

$$\text{De donde } V_1 = \frac{P_2 \cdot V_2}{P_1} \text{ y como } V_1 = xV \quad \text{Entonces } xV = \frac{P_2(0.9V)}{P_1}$$

$$x = \frac{0.9P_2}{P_1} = \frac{0.9(1.006)}{2.4} = 0.377$$

Por lo que el volumen de agua desalojada es $0.9V - 0.377V = 0.523V$, es decir, el 52.3% del volumen del tanque.

Como se recomienda que el agua desalojada satisfaga por un minuto el gasto máximo instantáneo, se tiene:

$$0.523V = 5.2 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} \times \frac{60 \text{seg}}{1 \text{min}} \times 1 \text{min} = 312 \text{lt.}$$

Despejando V se tiene:

$$V = \frac{312 \text{lt}}{0.523} = 596 \text{lt.}$$

Buscando en las tablas de especificaciones generales de los tanques hidroneumáticos (mismas que nos proporciona el distribuidor), escogemos un tanque vertical con una altura por ejemplo de 1.50m y un diámetro de 71 cm., con capacidad de 600 lts., entonces podemos determinar el nivel de paro como sigue:

$$h_1 = H \left[1 - 0.9 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) \right] = 1.5 \left[1 - 0.9 \left(\frac{1.006}{2.4} \right) \right] = 0.934 \text{ cm} \Rightarrow h_1 = 0.93 \text{ cm.}$$

Para determinar el nivel de arranque se tiene:

$$h_1 = 0.10H = 0.10(150) = 0.15 \text{ m} \Rightarrow h_2 = 0.15 \text{ m.}$$

Para seleccionar la bomba podemos emplear una gráfica de curvas características como la mostrada en la figura, que corresponde a la bomba modelo 40S de 3450 RPM. de la compañía manufacturera GRUNDFOS

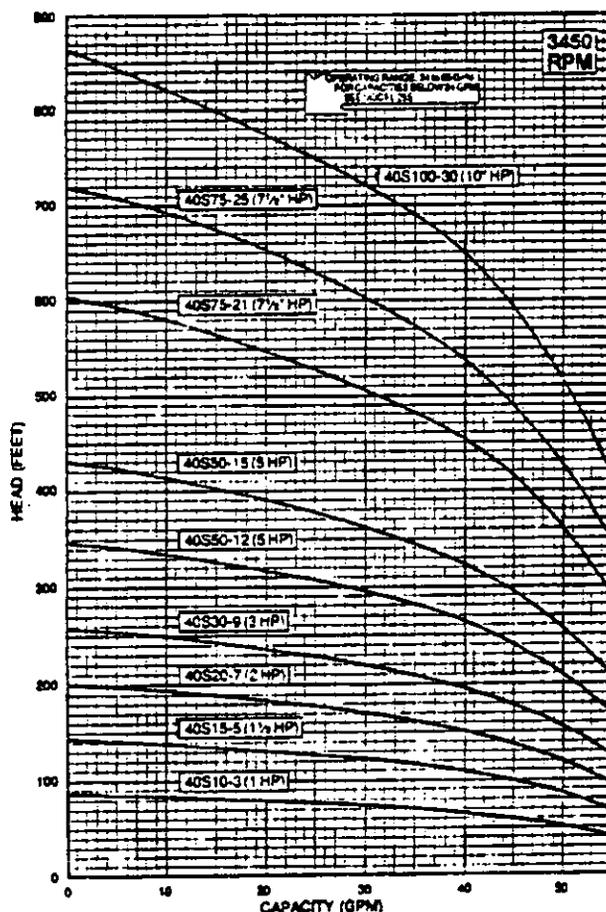


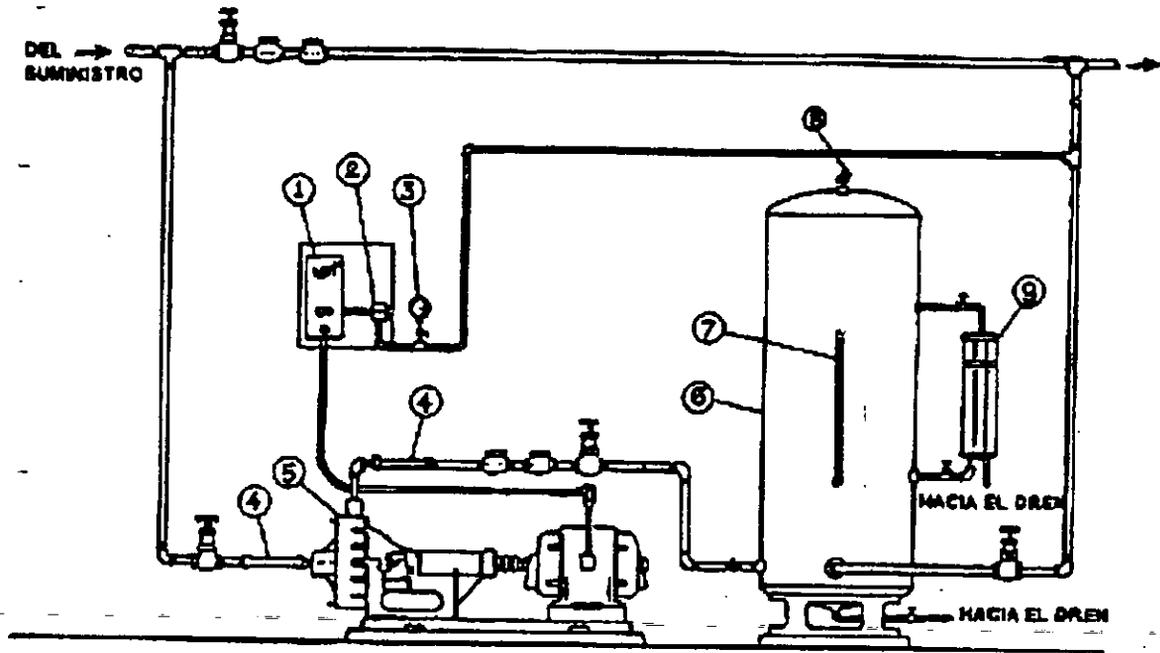
Fig 18. Curvas Características De La Bomba Mod. 40s Grundfos

Tomando como referencia el gasto de 5.2 l. p. s. y la carga total de 24 metros (2.4 Kg/cm²), de la gráfica se puede observar que se puede escoger para este anteproyecto una bomba de 1 H. P. de 3450 R. P. M.

Pérdidas por fricción (hf) para agua en metros por 30.47 metros de tubería de hierro forjado o acero.

1/2" NOMINAL		3/4" NOMINAL		1" NOMINAL		1 1/2" NOMINAL		1 3/4" NOMINAL		2" NOMINAL			
l/s	hf	l/s	hf	l/s	hf	l/s	hf	l/s	hf	l/s	hf		
0.0442	0.2256	0.0631	0.0792	0.0631	0.0347	0.0946	0.0190	0.7571	0.3536	0.8833	0.1381		
0.0531	0.5669	0.0946	0.2225	0.1262	0.1155	0.1262	0.0311	0.8833	0.4663	1.0094	0.1762		
0.0946	0.8887	0.1262	0.3688	0.1893	0.2353	0.1893	0.0631	1.0094	0.5974	1.1356	0.2125		
0.1262	1.4589	0.1577	0.5486	0.2524	0.3947	0.2524	0.1042	1.1356	0.7376	1.2618	0.2646		
0.1577	2.1824	0.1893	0.7820	0.3155	0.5883	0.3155	0.1548	1.2618	0.8961	1.3880	0.3136		
0.1893	3.0480	0.2208	1.0058	0.3785	0.8169	0.3785	0.2146	1.3880	1.0729	1.5142	0.3658		
0.2208	4.0538	0.2524	1.2832	0.4416	1.0851	0.4416	0.2835	1.5142	1.2618	1.6403	0.4231		
0.2524	5.2121	0.2839	1.5880	0.5047	1.3838	0.5047	0.3597	1.6403	1.4651	1.7665	0.4871		
0.2839	6.4922	0.3155	1.9263	0.5678	1.7221	0.5678	0.4450	1.7665	1.6794	1.8927	0.5547		
0.3155	7.8638	0.3785	2.7036	0.6309	2.0909	0.6309	0.5385	1.8927	1.9080	2.2082	0.7376		
0.3470	9.4193	0.4416	3.5966	0.7571	2.9322	0.7571	0.7559	2.0189	2.1549	2.5236	0.9449		
0.3795	11.125	0.5047	4.5720	0.8833	3.9014	0.8833	0.9997	2.1451	2.4140	2.8391	1.1735		
0.4101	12.923	0.5878	5.7302	1.0094	5.0292	1.0094	1.2802	2.2712	2.6883	3.1545	1.4234		
0.4416	14.843	0.6309	7.0104	1.1356	6.2789	1.1356	1.5911	2.3974	2.8809	3.4700	1.7038		
0.4732	18.916	0.6940	8.4125	1.2618	7.6505	1.2618	1.9324	2.5236	3.2888	3.7854	2.0086		
0.5047	19.111	0.7571	9.9365	1.3880	9.2050	1.3880	2.3104	2.6488	3.5966	4.1009	2.3439		
0.5353	21.427	0.8202	11.521	1.5142	10.850	1.5142	2.7188	2.7750	3.9319	4.4163	2.7005		
0.5578	23.865	0.8833	13.258	1.6403	12.679	1.6403	3.1608	2.9021	4.2672	4.7318	3.0785		
0.5894	26.487	0.9464	15.148	1.7665	14.599	1.7665	3.6271	3.0283	4.6330	5.0472	3.5357		
0.6309	29.230	1.0094	17.160	1.8927	16.642	1.8927	4.1453	3.1545	4.9987	5.3627	3.9014		
0.6940	35.352	1.0725	19.232	2.0189	18.836	2.0189	4.6634	3.4700	6.0046	5.6781	4.3282		
0.7571	41.452	1.1356	21.427	2.1451	21.153	2.1451	5.2426	3.7854	7.0714	5.9936	4.8158		
0.8202	48.465	1.1997	23.774	2.2712	23.591	2.2712	5.8522	4.1009	8.2601	6.3090	5.3035		
0.8833	55.778	1.2616	26.243	2.3974	26.212	2.3974	6.4922	4.4163	9.5402	6.9399	6.3703		
0.9464	63.703	1.3880	31.689	2.5236	28.956	2.5236	7.1628	4.7318	10.911	7.5708	7.5286		
		1.5142	37.185	2.6498	31.851	2.6498	7.8638	5.0472	12.344	8.2017	8.7782		
		1.6403	43.586	2.7760	34.747	2.7760	8.5954	5.3627	13.898	8.8326	10.119		
		1.7665	49.987	2.9021	37.795	2.9021	9.3574	5.6781	15.544	9.4835	11.582		
		1.8927	56.997	3.0283	41.148	3.0283	10.149	5.9936	17.221	10.094	13.105		
				3.1545	44.500	3.1545	10.972	6.3090	18.958	10.725	14.752		
				3.4700	53.644	3.4700	13.157	6.9399	22.707	11.356	16.459		
				3.7854	63.703	3.7854	15.544	7.5708	26.913	11.987	18.318		
								4.1009	18.156	8.2017	31.394	12.518	20.209
								4.4163	20.870	8.8326	35.271	12.879	24.384
								4.7318	23.987	9.4635	41.757	15.141	28.956
								5.0472	27.188	10.094	47.546	15.603	33.832
								5.3627	30.541	10.725	53.340	17.565	39.313
								5.6781	34.137	11.356	59.740	18.927	44.500
								5.9936	37.795	11.987	65.446	20.188	50.596
								6.3090	42.062	12.618	73.456	21.450	56.997
								6.9399	50.596				
								7.5708	60.045				

2" NOMINAL		3" NOMINAL		4" NOMINAL		5" NOMINAL		6" NOMINAL		8" NOMINAL	
ls	hf										
1.3580	0.1311	3.4700	0.2405	6.3090	0.1902	6.3090	0.0622	18.927	0.1942	18.927	0.0497
1.5142	0.1530	3.7554	0.2516	6.9399	0.2268	7.5708	0.0872	20.188	0.2192	20.188	0.0581
1.6403	0.1768	4.1009	0.3261	7.5708	0.2673	8.8326	0.1158	21.450	0.2457	21.450	0.0628
1.7655	0.2021	4.4163	0.3719	8.2017	0.3100	10.094	0.1484	22.712	0.2737	22.712	0.0698
1.8927	0.2295	4.7318	0.4237	8.8326	0.3551	11.356	0.1847	23.974	0.3027	23.974	0.0771
2.2082	0.3048	5.0472	0.4765	9.4635	0.4023	12.618	0.2243	25.236	0.3322	25.236	0.0847
2.5226	0.3901	5.3627	0.5364	10.094	0.4542	13.879	0.2679	26.497	0.3658	26.497	0.1061
2.8361	0.4877	5.6781	0.5974	10.725	0.5090	15.141	0.3155	27.759	0.3993	31.545	0.1292
3.1545	0.5913	5.9936	0.6614	11.356	0.5669	16.403	0.3658	29.021	0.4328	34.699	0.1545
3.4700	0.7071	6.3090	0.7285	11.987	0.6279	17.665	0.4206	30.283	0.4694	37.854	0.1820
3.7854	0.8291	6.8326	0.8717	12.618	0.6919	18.927	0.4816	31.545	0.5050	41.008	0.2115
4.1009	0.9632	7.5708	1.0272	13.879	0.8291	20.188	0.5425	34.699	0.8065	44.163	0.2420
4.4163	1.1064	8.2017	1.1948	15.141	0.9784	21.450	0.6096	37.854	0.7132	47.317	0.2755
4.7318	1.2588	8.8326	1.3746	16.403	1.1400	22.712	0.6767	41.008	0.8321	50.472	0.3109
5.0472	1.4204	9.4635	1.5667	17.665	1.3105	23.974	0.7498	44.163	0.9540	53.626	0.3490
5.3627	1.5911	10.094	1.7709	18.927	1.4905	25.236	0.8291	47.317	1.0831	56.781	0.3871
5.6781	1.7739	10.725	1.9903	20.188	1.6794	26.497	0.9083	50.472	1.2253	59.935	0.4298
5.9936	1.9660	11.356	2.2189	21.450	1.8887	27.759	0.9888	53.626	1.3807	63.090	0.4755
6.3090	2.1671	11.987	2.4597	22.712	2.1092	29.021	1.0820	56.781	1.5392	69.399	0.5200
6.8326	2.5938	12.618	2.7127	23.974	2.3409	30.283	1.1735	59.935	1.7069	75.708	0.5706
7.5708	3.0480	13.879	3.2614	25.236	2.5817	31.545	1.2680	63.090	1.8806	82.017	0.7903
8.2017	3.5662	15.141	3.8405	26.497	2.8348	34.699	1.5179	69.399	2.2586	88.326	0.8992
8.8326	4.1148	16.403	4.4808	27.759	3.1090	37.854	1.7922	75.708	2.6700	94.635	1.0212
9.4635	4.6939	17.665	5.1511	29.021	3.3833	41.008	2.0940	82.017	3.1090	100.94	1.1643
10.094	5.3035	18.927	5.8522	30.283	3.6576	44.163	2.4171	88.326	3.5666	107.25	1.3076
10.725	5.9741	20.188	6.7055	31.545	3.9824	47.317	2.7584	94.635	4.1148	113.56	1.4600
11.356	6.6751	21.450	7.5580	34.699	4.7854	50.472	3.1151	100.94	4.6939	119.87	1.6185
11.987	7.3762	22.712	8.4430	37.854	5.6693	53.626	3.5052	107.25	5.2730	126.18	1.7561
12.618	8.1362	23.974	9.3574	41.008	6.6142	56.781	3.9319	113.56	5.9131	138.79	2.1397
13.879	9.8146	25.236	10.332	44.163	7.6200	59.935	4.3586	119.87	6.5837	151.41	2.5320
15.141	11.612	26.497	11.359	47.317	8.7173	63.090	4.8158	126.18	7.2542	164.03	2.9556
16.403	13.563	27.759	12.466	50.472	9.8755	69.399	5.7912	132.48	7.9858	176.65	3.4130
17.665	15.636	29.021	13.594	53.626	11.125	75.708	6.8580	138.79	8.7782	189.27	3.9014
18.927	17.830	30.283	14.782	56.781	12.435	82.017	8.0162	145.10	9.5707	201.88	4.4106
22.081	24.140	31.545	16.002	59.935	13.807	88.326	9.2659	151.41	10.424	214.50	4.9927
25.236	31.394	34.699	19.263	63.090	15.301	94.635	10.607	157.72	11.277	227.12	5.6053
28.390	39.624	37.854	22.789	69.399	18.440	100.94	12.039	164.03	12.161	239.74	6.2484
31.545	48.755	41.008	26.670	75.708	21.945	107.25	13.563	170.34	13.075	252.36	6.8885
34.699	58.825	44.163	30.784	82.017	25.894	113.56	15.148	176.65	14.051	263.90	8.6868
37.854	70.104	47.317	35.356	88.326	29.748	119.87	16.825	182.96	15.057	315.45	10.698
				94.635	34.137	126.18	18.592	189.27	16.093	346.99	12.954
										378.54	15.392



- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1.- Arrancador de combinación | 6.- Tanque de presión |
| 2.- Interruptor de presión | 7.- Medidor de agua |
| 3.- Medidor de presión | 8.- Válvula de alivio de presión |
| 4.- Conexión de manguera de hule | 9.- Control de nivel de agua Nu-Matic |
| 5.- Bomba y motor | |

Fig 19 . Sistema De Presión Hidroneumático Típico.

V.3. INSTALACIÓN SANITARIA

V.3.1 INTRODUCCIÓN

En cualquier edificio o construcción en el que labore personal, necesariamente se producirá un volumen de aguas de desecho. Estas pueden provenir de los procesos propios de elaboración de algún producto, de los laboratorios de investigación si existen o simplemente de las áreas de servicio como pueden ser el comedor y los sanitarios existentes en todos los pisos del edificio. Estas aguas contienen materias orgánicas en alto grado susceptibles a rápida descomposición. Así las cosas, entonces la función de la instalación de desagüe es colectar y retirar lo mas pronto posible estas aguas antes de que la descomposición de la materia orgánica pueda ser fuente de malos olores y hasta de una posible infección por gérmenes patógenos. A estas aguas se les conoce con el nombre de aguas negras.

Se utilizan tubos para esta instalación que dependiendo del sitio e instalación en el edificio pueden ser de materiales tales como el PVC, de fierro fundido, de cobre, y los comunes tubos de albañal que son una mezcla de cemento-arena. Estos tubos conducen el agua hasta el exterior del predio en donde se conectan a la red municipal de drenaje.

En dichos tubos se producen gases de descomposición que incluso pueden provenir de la red municipal de drenaje. Para evitar que tales gases penetren hasta el interior de las habitaciones a través de los muebles sanitarios, a éstos se les ha provisto de un sencillo dispositivo llamado SIFON. Este dispositivo es un tubo doblado que tiene forma de J en los lavabos, o bien forma de S en los excusados y mingitorios. Su funcionamiento consiste en retener un poco del agua de descarga del mueble. De esta manera se forma automáticamente un sello de agua que impide el paso de los gases al interior de la habitación.

En cada piso los tubos de descarga de los muebles sanitarios se conectan a un solo ramal, el que a su vez se conecta a tubos verticales (bajantes) que van a descargar sus aguas negras a un colector (tubo) horizontal instalado en el sótano.

Las repentinas y frecuentes rápidas descargas de agua en los bajantes podrían dar lugar a presiones y depresiones en el sistema las que a su vez podrían succionar el agua retenida en los sifones. Para evitar este fenómeno se proporciona una ventilación, que consiste en dejar abiertos los extremos superiores de los bajantes, de manera que se pueda introducir en ellos y en los ramales una cantidad suficiente de aire para equilibrar la presión, diluir los gases y reducir la corrosión en las partes metálicas del sistema.

Los colectores, los bajantes y los ramales deben tener un diámetro tal que puedan conducir sin problemas las aguas y materias a velocidades que eviten las obstrucciones o detenciones. El diámetro y longitud de los tubos de ventilación deben ser de acuerdo a las necesidades del colector o colectores, ramales y sifones. El diseño de los ramales conformados con los tubos de descarga, en alguna medida esta condicionado por la distribución arquitectónica de los muebles sanitarios. Sin embargo en todos los casos se deben buscar arreglos o combinaciones de tubos que hagan reducir el número y longitud total del ramal.

Las exigencias higiénicas deben prevalecer siempre. Los problemas de eficiencia, salubridad y economía de la red hidrosanitaria solo pueden resolverse con un completo conocimiento de los principios que los afectan (Hidráulica y Neumática).

V.3.2. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN TÍPICA

El reglamento vigente en el país asegura que este tipo de instalaciones debe responder a las exigencias de higiene, de economía y de eficiencia. En general una instalación para desagües consta de los siguientes elementos, independientemente del tamaño, destino o tipo de edificio:

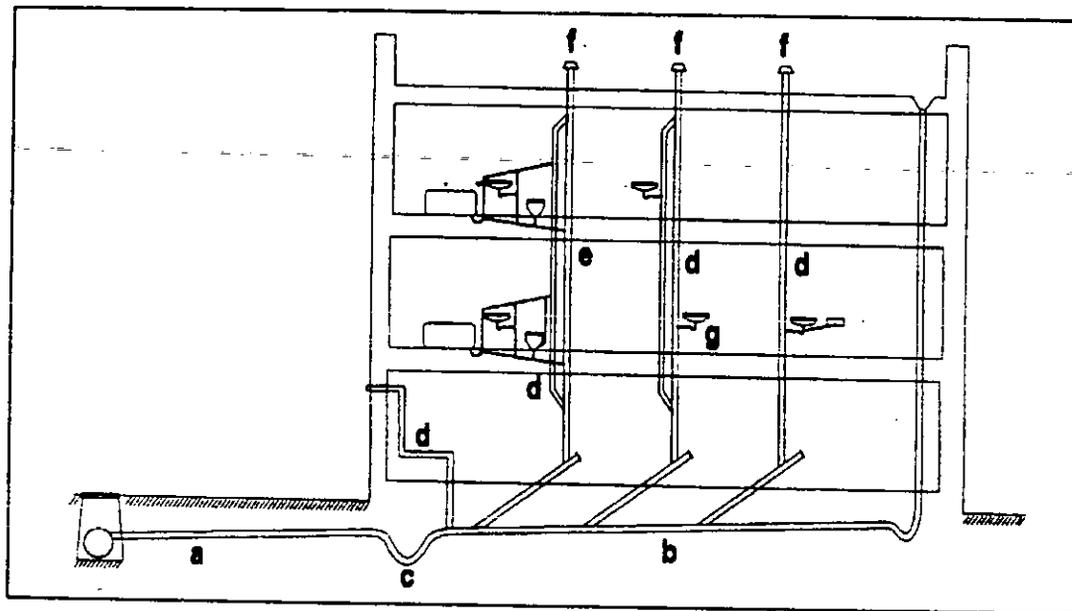


Figura 1. Instalación Típica De Evacuación De Aguas Residuales

- a) Acometida principal a la alcantarilla
- b) Colector
- c) Sifón general
- d) Conducto de ventilación
- e) Bajantes de aguas negras y servidas
- f) Chimeneas de ventilación
- g) Ramales de mueble
- h) Sifones

La acometida se extiende desde el drenaje de la red municipal bajo la calle hasta la pared del edificio y queda fuera del edificio. Inmediatamente al lado de la cara interior de la cimentación puede instalarse un sifón general conectado con el colector interior. El colector y los bajantes reciben las descargas de desagüe de los muebles sanitarios. Las tuberías de ventilación de los

muebles se conectan a un tubo principal de ventilación. El extremo final de este tubo forma la chimenea de ventilación. Cada mueble sanitario tiene su respectivo sifón pudiendo instalar otro en los ramales de desagüe.

ACOMETIDA. La canalización que une la red interior de un edificio con el drenaje municipal puede ser de tubos de mezcla de arena cernida y cemento o de fundición de hierro del tipo de enchufe y cordón (Figura 2). Actualmente se emplea con mucha frecuencia el tubo de PVC.

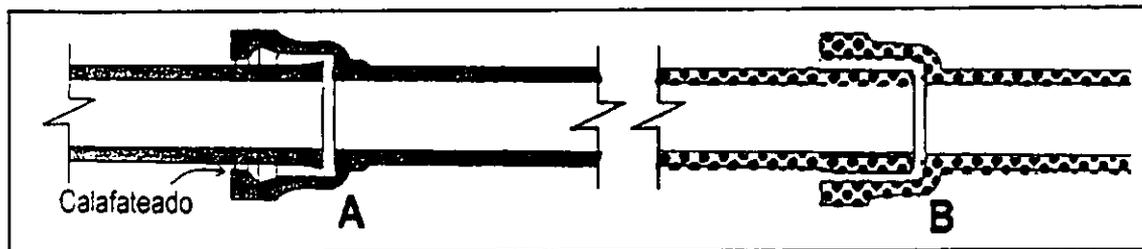


Figura 2. Juntas: A) Tubos De Fundición; B) Tubos De Arena-Cemento

El calafateado de los tubos de fundición se puede hacer con estopa saturada de lechada de cemento y se terminan de llenar con mortero. Esta junta no siempre es impermeable y tiene probabilidad de romperse cuando los tubos se asientan. Esto se puede evitar si el calafateo se hace a base de cuerda de estopa y un espesor de al menos una pulgada de plomo fundido. Las juntas porosas no se permiten por el potencial de contaminación que tienen las aguas negras. Frecuentemente, en las instalaciones hechas con tubos de arena-cemento, las acometidas se llegan a obstruir debido a la penetración de las raíces de árboles y arbustos a través del mortero que sella las juntas. Esta situación es poco frecuente en los tubos de fundición con juntas de plomo.

La acometida debe tener una pendiente de al menos 2% y no menos de 15 cm de diámetro si es de tubos de cemento arena, y un diámetro no menor de 10 cm si son de fundición. En edificios grandes se adopta el mismo diámetro que tiene el colector horizontal. Los tubos de arena-cemento se fabrican en longitudes de 60 cm y 90 cm y sus diámetros varían entre 4 y 36 pulgadas (10 cm a 90 cm). Si los tubos de la acometida han de canalizar también el agua de lluvia al mismo tiempo que las aguas negras, se deberá adaptar su diámetro para cumplir ambos servicios.

COLECTOR. Es el conducto horizontal en el cual desembocan todos los bajantes. Para este propósito deben emplearse de preferencia tubos de fundición extra-pesados con juntas de plomo, pues los tubos de cemento-arena no son recomendables para trabajos interiores. La pendiente necesaria también es del 2% mínimo y se empalma directamente a la acometida.

Al colector se le unen los ramales procedentes de los pies de los bajantes. A su vez otros ramales van desde los muebles sanitarios hasta los bajantes. La posición del colector depende de la profundidad a la cual se halla la red de drenaje municipal, ya que por lo general la mayoría de los edificios han de desaguar por gravedad en el alcantarillado. Cuando no sucede esto, y la profundidad de la red municipal obliga a elevar el colector, tenemos la alternativa de fijarlo en un muro del sótano o de plano suspenderlo de las vigas del techo por medio de soportes adecuados.

En edificios grandes con cimentaciones muy profundas y en donde la red municipal de drenaje queda por arriba del colector, entonces este descarga sus aguas en un pozo sumidero, y las aguas negras se elevan por medio de una bomba o extractor neumático controlado por flotador.

Para la limpieza del colector se proveen unas cajas de registro separadas por una distancia no mayor de 15 m a fin de que todo el recorrido horizontal sea accesible para esta tarea. El sifón general esta intercalado entre el colector y la acometida inmediatamente antes del registro.

En ocasiones, cuando debido a una intensa lluvia o por sobrecargas debido al crecimiento urbano, puede existir una inundación en la zona donde se ubica nuestro edificio. En esta situación existe el riesgo de que las aguas negras del alcantarillado municipal puedan penetrar a la instalación particular. El colector del edificio deberá de proveerse de válvulas de retención, las cuales tienen todas sus partes esenciales de latón y aseguran un cierre hermético del conducto.

SIFON GENERAL

Este sifón general lo impone el reglamento sanitario y su misión es oponer un cierre hidráulico a los gases que proceden del alcantarillado municipal. Por otra parte, otros reglamentos lo consideran innecesario y argumentan que dificulta la evacuación de las aguas negras y la circulación de aire en los colectores internos. Justifican su eliminación dado que los bajantes están abiertos al aire libre en su extremo superior y que además los muebles sanitarios también cuentan con tubos de ventilación individual. Cuando existe, el sifón general de una casa es del tipo "standard", instalado a nivel y provisto de un registro de limpieza. Desde luego que éste debe ser del mismo diámetro del colector.

TUBO DE VENTILACION. Su objetivo es permitir la entrada de aire al sistema de evacuación y así facilitar la circulación al mismo tiempo que facilita la salida de los gases que pudieran existir en la instalación. El extremo que queda abierto al aire libre se cubre con un capuchón cuando sobresale o bien con una rejilla de latón cuando queda al nivel de la losa de azotea.

BAJANTES. Por lo general son tubos extra pesados de hierro fundido. Se emplean también con mucha frecuencia los tubos de PVC para este propósito. Para edificios de mucha altura se consideran más prácticos los tubos de acero galvanizado, los cuales se sujetan en el muro por medio de abrazaderas y a intervalos de 3 m.

Los bajantes deben ser lo mas recto posible sin cambios bruscos de dirección. Las uniones con los ramales y con el colector horizontal deben realizarse con ángulos de 45°, nunca de 90°. Estos solo se permiten en los conductos de ventilación encima de los muebles mas elevados.

La circulación de aire a lo largo de los bajantes y del colector retarda la descomposición de las materias orgánicas, ya que las bacterias son incapaces de trabajar en presencia del oxígeno libre. También diluye los gases venenosos, retarda la corrosión de los tubos y equilibra con la atmósfera la presión en las distintas partes de la red. La entrada de aire a la red es tan importante

como el diseño propiamente dicho de la misma. Por razones de economía el número de bajantes de aguas negras debe ser lo mas reducido que se pueda.

MONTANTES DE VENTILACION. Son los que proporcionan la circulación de aire tan necesaria para el eficaz funcionamiento de la red. Se combinan con los bajantes con el fin de dar a estos mayor eficacia y reducir el costo de la instalación. Todos los sifones que estén expuestos a succión deben estar en comunicación con la atmósfera. La importancia de un buen diseño de la red queda de manifiesto cuando combinando bajantes y tubos de ventilación podemos reducir el número de tubos a emplear pues además de simplificar el diseño también se reduce su costo. La figura 1 muestra como un tubo que funciona como bajante de aguas negras, en su parte inferior, en su parte superior cumple la función de un tubo montante de ventilación.

RAMALES DE LOS MUEBLES. Son los que sirven de conexión entre los muebles y los bajantes. Pueden ser de fundición o de PVC. Se conectan al sifón de cada mueble y tienen una pendiente de 1% a 4%. Los ramales de los excusados, mingitorios, y vertederos quedan ocultos entre el piso y el plafón que esta debajo. Los ramales de los otros muebles pueden quedar dentro del piso o en un muro detrás de los muebles correspondientes.

Si el ramal es horizontal y de $\phi=1.25$ pulgadas, la longitud del ramal medida desde la vertical de entrada del sifón hasta el punto de ventilación, no debe pasar de 1.50 m. Para ramales de un diámetro mayor con una pendiente del 2% generalmente se aceptan las siguientes longitudes: ramales de 1.5 pulgadas, 1.80 m; ramales de 2 pulgadas, 2.40 m; ramales de 3 pulgadas, 3.60 m. La Figura 3 aclara como se deben medir las longitudes anteriores. La distancia a no debe ser menor que 2ϕ , ni mayor que 48ϕ . La distancia b no debe ser mayor que ϕ .

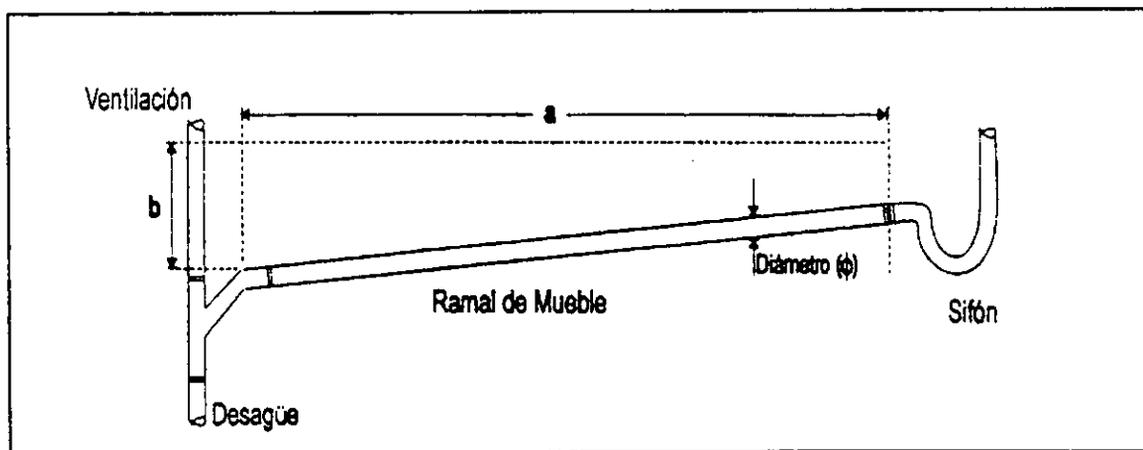


Figura 3. Determinación de la Longitud de Ramales

Los conductos de longitudes mayores no ventilados no son recomendables porque permiten depósitos debido a descargas pequeñas. También permiten la succión del agua del sifón cuando se producen descargas importantes, y además favorecen la corrosión por falta de movimiento del aire y por concentración de los gases.

Los ramales de ventilación llevan una pendiente con el objeto de que las condensaciones vuelvan al ramal del mueble. Siempre se debe buscar que las descargas de aguas negras no

invadan los tubos de ventilación para que no los obstruyan e impidan el paso del aire. Por esta razón no deben conectarse en la parte alta del sifón, o en algún punto del ramal que quede por debajo de la pendiente hidráulica. La Figura 4 muestra una instalación adecuada donde el conducto de ventilación no se cerrará.

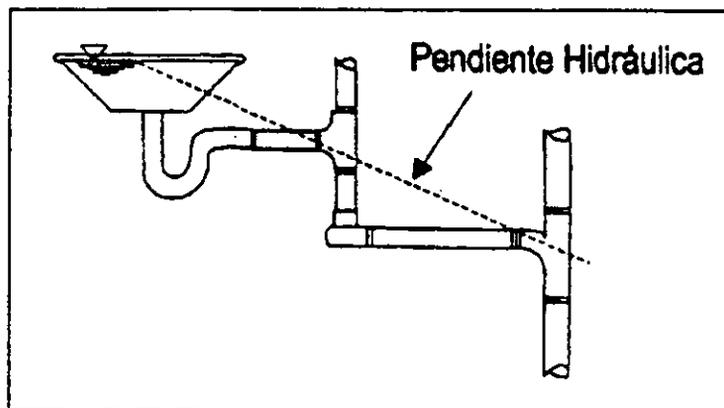


Figura 4. Conexión Al Bajante Y Ventilación

SIFONES. Como se anotó anteriormente, son dispositivos que sirven para instalar una barrera a los gases procedentes de los tubos de desagüe y así impedir que penetren a las habitaciones. En cuanto a su forma, los hay de los tipos Y, S, 3/4 S, 1/2 S, y P (Figura 5.). Pueden ser de acero, hierro colado o latón. Los sifones de los WC y los mingitorios vienen integrados al mueble y son de porcelana vitrificada.

Cuanto mayor es el volumen de agua retenida en el sifón, mayor resistencia opone a la succión, aunque por otro lado aumenta la superficie susceptible de taponarse por adherencia de la suciedad. Las dimensiones aceptables son de una profundidad mínima de 5 cm y máxima de 10 cm.

Los sifones se diseñan para que sean autolimpiables, es decir, capaces de arrastrar todo su contenido en cada descarga del mueble. Cuando se instalan accesibles, llevan un orificio de limpieza provisto de un tapón roscado. Los sifones comunes se emplean solamente en patios descubiertos y en los colectores horizontales y se les provee un registro para limpieza a mano.

Los tubos de ventilación se instalan a no menos de 15 cm del sifón. La ventilación de los WC y los mingitorios de porcelana se conectan en la curva del tubo debajo del aparato (Figura 6).

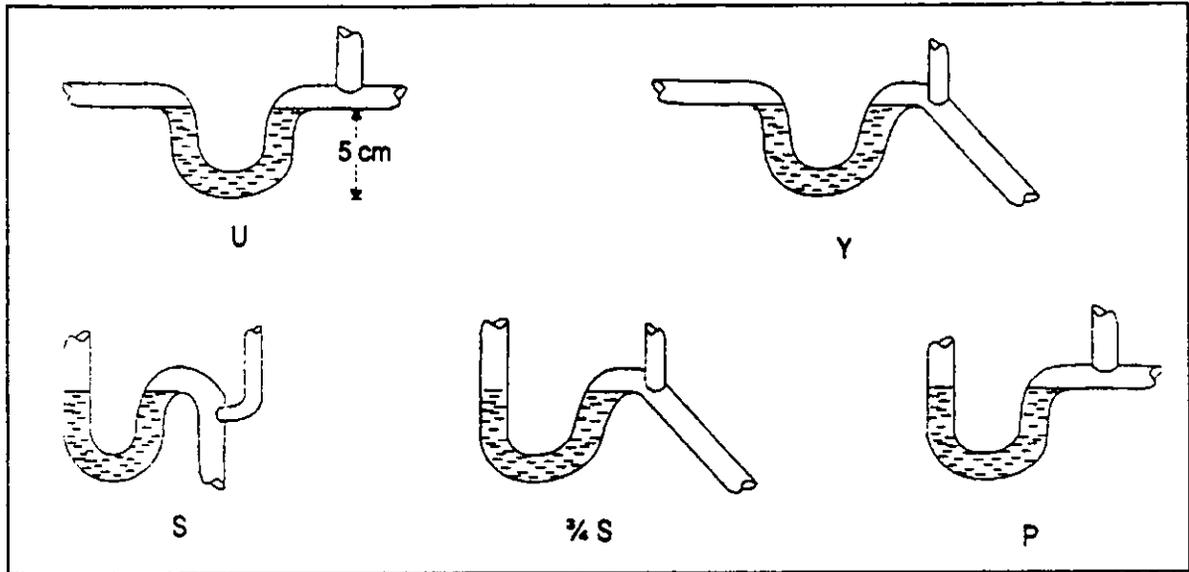


Figura 5. Formas De Sifones

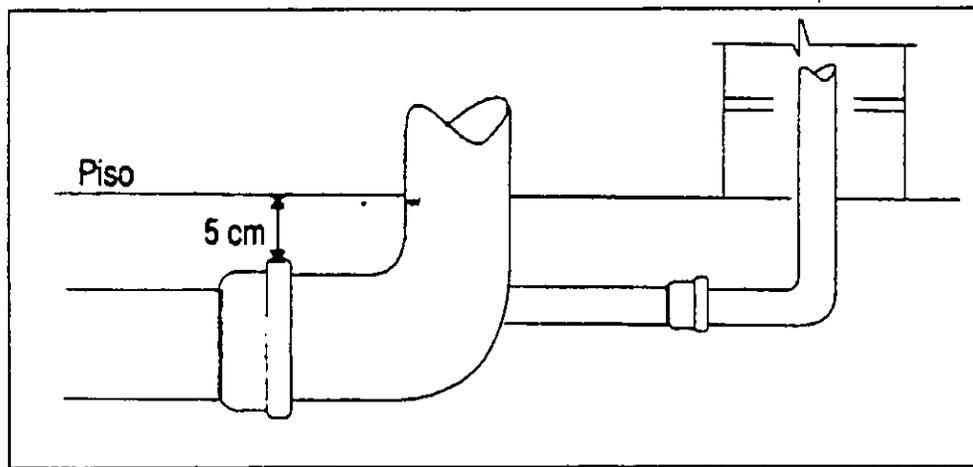


Figura 6. Desagüe de un WC

En los sifones comunes y en los del tipo S se produce efectos de succión cuando no tienen ventilación. Entonces el sello de agua será arrastrado y los gases malolientes penetrarán el edificio. La pérdida del sello hidráulico puede ser provocada por tres causas distintas:

- 1) Una contrapresión superior a la atmosférica, producida por las descargas de agua a lo largo del bajante por encima del sifón considerado. Esta presión interior es máxima en la base del bajante y aumenta con el volumen de la descarga.
- 2) Depresión causada por la succión debida al movimiento del agua en el bajante por debajo del sifón.

3) Autosucción causada en el propio sifón, debido a la descarga de un mueble.

Estas contrariedades se pueden evitar procurando una comunicación entre el bajante o el sifón y el aire libre por medio de un conducto de ventilación. En resumen todos los sifones deben protegerse contra la succión o contrapresión por un conducto de ventilación que mantenga la presión atmosférica.

V.3.3 BAJANTES DE AGUAS PLUVIALES (BAP)

Pueden instalarse dentro o fuera del muro exterior de un edificio. Están normalmente provistos de sifones en sus extremos inferiores antes de su conexión al colector. No deben utilizarse para evacuar aguas negras ni, ni como conductos de ventilación. En cuanto a su diseño se recomienda darles una sección de 1 cm^2 por cada 2 m^2 de superficie de azotea, considerando una lluvia de 200 mm en una hora. Esta es una lluvia muy intensa, casi extraordinaria, como las que han ocurrido últimamente en la ciudad de México. La Tabla 1 está basada en una precipitación de 100 mm por hora.

ϕ (pulgadas)	Superficie de Azotea (m^2)
2	50
2 ½	90
3	140
4	290
5	500
6	780
8	1620

Fuente: Memoria del U.S. Department of Commerce.

Los valores de la tabla deberán modificarse si las intensidades de lluvia fueran mayores o menores. Se recomienda que la separación máxima entre bajantes pluviales sea de 20 m. En edificios elevados por razones de economía se pueden reunir varias salidas para formar uno o más bajantes mayores. Generalmente debe instalarse entonces un colector independiente para las aguas de lluvia.

V.3.4. SEPARADOR DE GRASAS.

Es una estructura generalmente de mampostería muy importante en hoteles, restaurantes, y establecimientos donde el agua caliente del lavado arrastra grandes cantidades de aceite y grasas. Al solidificarse estas grasas en los tubos de desagüe, los obstruyen causando grandes problemas. Es conveniente por tanto eliminar las grasas antes de que entren en las tuberías. Esto se logra haciendo pasar el agua a un depósito situado cerca de sitio donde se producen las grasas,

y aquí se enfrían. La grasa se solidifica y flota, entonces se la separa periódicamente a mano. El agua ya exenta de grasa pasa de la parte inferior del depósito a la red del desagüe.

La capacidad del separador debe ser dos veces mayor que el volumen de aguas grasientas descargadas por hora. En una casa familiar se acostumbra instalar un separador siempre que ésta desagüe en una fosa séptica, debido a que la grasa podría obstaculizar su funcionamiento seriamente.

V.3.5. CARCAMO DE BOMBEO.

Siempre que los tubos de drenaje del subsuelo, o que ciertos aparatos u otras instalaciones sanitarias están situados a una cota mas baja que el nivel del alcantarillado municipal, se tiene que instalar un receptáculo herméticamente cerrado. Las aguas servidas desaguan en este depósito por gravedad y son elevadas después hasta la alcantarilla. La salida conecta a la acometida después del sifón. Por el lado de la entrada se instala un sifón y un tubo de ventilación de 10 cm. La elevación de las aguas servidas se efectúa mediante una bomba centrifuga la cual se pone en marcha por medio de un flotador que hay en el interior del depósito, el cual a su vez es accionado cuando las aguas alcanzan un determinado nivel.

Para facilitar el estudio y estimación del caudal de los muebles se han establecido unidades de descarga análogas a las unidades de consumo. La unidad más común es el lavabo, que con una salida de 1.25 pulgadas descarga unos 25 litros por minuto. Las descargas de los otros muebles se expresan entonces en función de esta unidad (vea la Tabla 2).

Tabla 2. Ejemplos de caudales de desagüe

Mueble	No. Unidades de Descarga	
	Particular	Publico
Lavabo	1	2
Water Closet	6	10
Bañera	2	4
Ducha	2	4
Mingitorio		5 a 10
Fregadero de Cocina	2	
Cuarto de Baño	8	
Cuarto de Baño con Ducha Independiente	10	
Combinación de lavadero y fregadero	3	
Dos o tres lavaderos, un sifón	3	

Las capacidades del colector y de los bajantes pueden determinarse con esta tabla por medio del número de muebles que han de servir. La cantidad de aguas residuales es función de la dotación de agua, así es que puede estar comprendida entre 200 y 450 litros por persona día dependiendo del tipo de edificio de que se trate. Las cantidades máximas horarias corresponderán

a determinados periodos del día, los que a su vez son función de la clase de construcción que se trate; como de 8 a 9 de la mañana en hoteles y residencias, y a las 9, 12, y 17 horas en edificios de oficinas. Del 25% al 50% del consumo diario queda comprendido en estos periodos.

La cantidad de agua sucia desaguada en estas horas de máxima demanda determinará por consiguiente el diámetro de los colectores. En una casa con pocos muebles sanitarios que pueden desaguar simultáneamente en el colector, éste tendrá que ser proporcionado a esta necesidad, pero en un edificio de varios pisos la frecuencia probable de descargas simultaneas es mucho más baja y los diámetros se ajustan de acuerdo con un criterio de probabilidad.

V.3.6. BAJANTES DE AGUAS SERVIDAS (BAN)

Sus diámetros varían según el número y la distribución de los muebles sanitarios que descargan en ellos, y deben tener por lo menos 3 pulgadas de diámetro, excepto los que no sirven de desagüe a ningún WC. La Tabla 3 presenta los diámetros que deben tener los BAN en función del número de unidades de descarga que deságuan en cada ramal y cada bajante. Se aplica especialmente a edificios de una a tres plantas.

Tabla 3. Tamaños de ramales y bajantes para edificios de una a tres plantas

ϕ (pulgadas)	Unidades de Descarga	
	Por Ramal	Por Bajante
1 ¼	1	2
1 ½	3	4
2	6	10
3 cocinas	32	48
3 aseos	20	30
4	160	240
5	360	540
6	640	960
8	1200	2240
10	1800	3780

Para el caso de los edificios que no están comprendidos en la Tabla 3, el Department of Commerce de los USA recomienda el uso de los valores en la Tabla 4.

Tabla 4. Número de unidades de descarga por bajante, para edificios de muchos pisos

ϕ Pulg.	Intervalos de Entronque										Unidades de Descarga/Baja nte
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1 ¼	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
1 ½	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8
2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	24
3	32	16	13	12	11	10	10	10	9	9	80
4	240	120	100	90	84	80	77	75	73	72	600
5	540	270	225	202	189	180	173	168	165	162	1500
6	960	480	400	360	336	320	308	300	293	288	2800
8	1800	900	750	675	630	600	578	562	550	540	5400
10	2700	1350	1125	1012	945	900	868	844	825	810	8000
12	4200	2100	1750	1575	1475	1400	1350	1312	1283	1260	14000

Con el propósito de restringir las sobrecargas locales en los bajantes sobre todo al nivel del suelo de los distintos pisos, se divide éste en secciones de 2.5 m llamadas “intervalos de entronque” dentro de los cuales queda limitado el número de aparatos o de ramales.

V.3.7. MONTANTE DE VENTILACION.

Su diámetro está en función con el de los bajantes a los cuales sirven, con el número de aparatos que desaguan en éstos y con las longitudes del bajante y el conducto de aire. En éstos es importante la capacidad de circulación del aire. A mayor diámetro del bajante corresponde mayor diámetro del conducto de ventilación. Al mismo tiempo, cuanto mayor sea este diámetro, tanto mayor podrá ser su longitud. La Tabla 5 presenta las longitudes admisibles de los conductos de ventilación de diferentes diámetros, de acuerdo con el de los bajantes al que sirven y con el número de unidades de descarga.

Los conductos de ventilación para bajantes de 1.5 pulgadas deben tener igual diámetro. Ningún conducto o ramal de ventilación debe tener un diámetro inferior a la mitad del diámetro del bajante servido.

Las longitudes admisibles para los conductos de ventilación para diferentes diámetros, de acuerdo con el diámetro de los bajantes y con el número de unidades de descarga quedan definidas por la Tabla 5.

Tabla 5. Diámetro y longitud de las tuberías de ventilación

Diámetro del Bajante (pulgadas)	Unidades de Descarga al Bajante	Diámetro de la Tubería de Ventilación (pulgadas)								
		1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	4	5	6	8
		Longitud Máxima (metros)								
1 ¼	2	22.85								
1 ½	8	21.35	45.70							
2	24	8.5	21.35	91.40						
3	40		6.10	24.40	79.25	198.10				
3	80		5.50	22.85	73.15	182.90				
4	310			9.15	28.095	73.15	305.00			
4	620			6.70	21.35	54.85	230.00			
5	750				8.50	21.35	97.50	305.00		
5	1500				6.10	15.25	73.15	230.00		
6	1440					6.10	28.95	73.15	305	
6	2880					5.50	21.35	55.00	230	
8	3100						9.15	24.40	105	335
8	6200						7.60	18.30	76	240

La longitud de un ramal de ventilación de cualquier diámetro no podrá exceder a la longitud del montante de igual diámetro del cual que se haya seleccionado (ver la Tabla 5).

Los ramales de desagüe a los bajantes quedan determinados por la Tabla 6. Las tinas de baño y los lavaderos van provistos por lo general, de ramales de 2 pulgadas para que se vacíen rápidamente.

Tabla 6. Capacidades de los ramales

Diámetro Del Tubo (pulgadas)	Ramales de Mueble	Número Máximo de Unidades de Descarga			
		Ramales que van del Pie de los Bajantes al Colector			
		Pendiente ½ %	Pendiente 1%	Pendiente 2%	Pendiente 4%
1 ¼	1			2	2
1 ½	3			5	7
2	6			21	26
3 cocinas	32		36	42	50
3 aseos	20		24	27	36
4	160		180	216	250
5	360	360	400	480	560
6	600	600	660	790	940
8	1200	1400	1600	1920	2240
10	1800	2400	2700	3240	3780
12	2800	3600	4200	5000	6000

V.3.8. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN SANITARIA

Tabla 7. Bajadas de aguas negras

Mueble	Carga Total por Desaguar		Total de U.D.
	Cantidad	Unidades de Descarga	
W.C. Fluxómetro	30	8	240
W.C. Tanque Bajo	8	4	32
Mingitorio Fluxómetro	12	8	96
Lavabo	26	1	26
Fregadero	4	2	8
Regadera	1	2	2
Coladeras	20	1	20
			424

De acuerdo con la Tabla 4 de capacidades para B.A.N. en edificios de mas de 3 niveles, una B.A.N. con diámetro de 4 pulgadas (100 mm) admite hasta 600 unidades de descarga.

Por lo tanto, la B.A.N. para este edificio en toda su longitud podría ser de 4 pulgadas de diámetro.

Se analizará la carga correspondiente en Unidades de Descarga (U.D.) por cada nivel, comenzando del más elevado hacia abajo.

V.3.8.1. CARGA A DESAGUAR POR CADA NIVEL

Nivel 3			
Mueble	Cantidad	Unidades de Descarga	Total de U.D.
W.C. Fluxómetro	6	8	48
W.C. Tanque Bajo	3	4	12
Mingitorio Fluxómetro	3	8	24
Lavabo	6	1	6
Coladeras	3	1	3
			93

El diámetro en este tramo de B.A.N. = 100 mm

Nivel 2

Mueble	Cantidad	Unidades de Descarga	Total de U.D.
W.C. Fluxómetro	6	8	48
W.C. Tanque Bajo	3	4	12
Mingitorio Fluxómetro	3	8	24
Lavabo	6	1	6
Coladeras	4	1	4
Regadera	1	2	2
			96
		Mas Nivel 3 =	93
		Suma	189

El diámetro en este tramo de B.A.N. = 100 mm

Nivel 1

Mueble	Cantidad	Unidades de Descarga	Total de U.D.
W.C. Fluxómetro	6	8	48
W.C. Tanque Bajo	1	4	4
Mingitorio Fluxómetro	2	8	16
Lavabo	5	1	5
Coladeras	3	1	3
			76
		Mas Nivel 3 y 2 =	189
			265

El diámetro en este tramo de B.A.N. = 100 mm

Nivel Mezzanine

Mueble	Cantidad	Unidades de Descarga	Total de U.D.
W.C. Fluxómetro	6	8	48
W.C. Tanque Bajo	1	4	4
Mingitorio Fluxómetro	2	8	16
Lavabo	5	1	5
Coladeras	3	1	3
			76
		Acumulado Anterior	265
		Acumulado Actual	341

El diámetro en este tramo de B.A.N. = 100 mm

Nivel Planta Baja			
Mueble	Cantidad	Unidades de Descarga	Total de U.D.
W.C. Fluxómetro	6	8	48
Lavabo	4	1	4
Mingitorio Fluxómetro	2	8	16
Fregadero	1	2	2
			70
		Acumulado Anterior	341
		Acumulado Actual	411

La conclusión del análisis anterior se reduce a que la bajada de aguas negras que recibe las aguas residuales de los núcleos de sanitarios de cada piso del edificio será de 100 mm de diámetro.

Los demás diámetros de tuberías para desagües interiores se darán por especificación tanto de código americano de plomería como por el Reglamento de Construcciones para el D.F., quedando como sigue:

MUEBLE	DIÁMETRO (mm)
W.C.	100
Lavabo	40
Mingitorio	50
Fregadero	50
Tarja	50
Coladera	50

El colector general en planta baja será combinado, es decir, recibirá carga de aguas residuales y de aguas pluviales por lo tanto el diámetro se determinará sumando ambas cargas o gastos.

Datos:	
Área de azotea (A)	710 m ²
Precipitación Pluvial (i)	150 mm/h
Suma de Unidades Mueble de Desagüe	425 U.D.

Entonces el Gasto Pluvial es: $Q_p = (A)(i) / 3600 = (710)(150) / 3600 = 29.58 \text{ L.P.S.}$

Gasto de Aguas Negras: $Q_{AN} = (\text{Suma de U.D.}) / 100 = 425 / 100 = 4.25 \text{ L.P.S.}$

Carga o Gasto Total: $Q_p + Q_{AN} = 29.58 + 4.25 = 33.83 \text{ L.P.S.}$

Diámetro Requerido con Pendiente del 1% = 250 mm

Este será el diámetro de la tubería del colector que conducirá tanto las aguas negras como las pluviales hasta el colector municipal.

V.3.8.2. BAJADA DE AGUAS PLUVIALES (B.A.P.)

El diámetro de la tubería para las B.A.P. se determinará en función del área de Azotea que reciba cada una y de acuerdo con las Tablas 1 y la establecida por la U.N.A.M., la que recomienda considerar una intensidad de precipitación pluvial (i) de 150 mm/h en virtud de que se ha comprobado por medio de registros pluviométricos por 16 años un promedio de $i = 139 \text{ mm/h}$.

Para el caso en cuestión el área de azotea por desaguar es de 710 m^2 , entonces se instalarán 3 B.A.P. con diámetro de 100 mm, que admiten 160 m^2 cada bajada y una con diámetro de 150 mm que admite hasta 471 m^2 . Con esto se tiene una capacidad para desaguar hasta de 951 m^2 de azotea.

V.4. INSTALACIONES MECÁNICAS

V.4.1. ASCENSOR

V.4.1.1 INTRODUCCIÓN.-

Es un mecanismo electromecánico que se instala en los edificios para el traslado vertical de personas u objetos de un piso a otro, en general consta de una caja o cabina enganchada al extremo de un cable metálico; un motor eléctrico acciona la polea motriz que, enrollando o desenrollando el cable, hace ascender o descender la cabina.

El ascensor se desliza por sólidos perfiles metálicos fijados a las paredes del recorrido. Gracias a la acción equilibradora del contrapeso y de adecuados amortiguadores de arranque y parada, el motor no sufre sacudidas de carga, y el movimiento de la cabina es siempre regular.

Un cuadro de pulsadores dentro de la cabina permite dirigir el motor así como también los dispositivos de emergencia. Un mecanismo de seguridad impedirá que el ascensor se precipite si se rompe el cable, su funcionamiento está dirigido por otro cable cuya tensión, en caso de caída bloquea la cabina.

Aunque su invención ocurrió a principios del siglo XIX, su uso se generalizó hasta principios del siglo XX con el desarrollo del ascensor eléctrico.

Entre las grandes urbes mundiales, Nueva York está considerada como la ciudad de los ascensores, por excelencia. Construida en una estrecha isla, sin espacio para extenderse más, la ciudad tuvo que crecer hacia arriba, en un hacinamiento de "rascacielos". Para cuando esto sucedió ya existían los ascensores.

V.4.1.2. TIPOS DE ASCENSORES

Los primeros ascensores eran accionados por una máquina de vapor con émbolo; todavía se emplea hoy en ciertos casos, como en algunas instalaciones mineras por ejemplo. Después aparecieron los elevadores hidráulicos, de los que se desarrollaron dos tipos; en el primero, la cabina se eleva por medio de un émbolo cuyo vástago se hundía en el suelo. Esta solución que precisaba de la excavación de un pozo tan profundo como el recorrido de elevación, se utilizó en los primeros rascacielos americanos, con recorridos de más de 100 m. La velocidad llegaba a los 3 m/seg. Y el vástago era tan esbelto que cuando la cabina estaba en el punto más alto, éste se curvaba apoyándose en las paredes del hueco. Un poco antes, por 1850 los edificios de tres o cuatro pisos ya tenían ascensores hidráulicos un tanto rudimentarios. Consistían éstos en una caja metálica colocada sobre el extremo superior de un largo émbolo montado en un cilindro. Para hacer subir el émbolo se inyectaba agua en el cilindro, para hacerlo descender el ascensorista accionaba una palanca que hacía salir el agua del cilindro, pasándola a un depósito del cual podía volverse a utilizar repetidas veces con el propósito indicado. Una variante de estos tipos de ascensores usada en edificios no muy altos, consiste en que el émbolo no está situado

directamente debajo de la plataforma o caja, sino a un lado de ésta, y va afianzado a una serie de poleas que son las que hacen subir o bajar el ascensor. Esta innovación le permitió aumentar en forma apreciable su velocidad.

El segundo tipo de ascensores tenía un cilindro hidráulico horizontal y el movimiento del émbolo hacia que se desplazaran los cables de los cuales estaba suspendida la cabina.

Este tipo de ascensores hidráulicos exigían una instalación de gran volumen y costo, por lo que se abandonaron rápidamente y casi por completo cuando, gracias al perfeccionamiento del motor eléctrico, se pudo utilizar esta energía para su accionamiento.

V.4.1.2.1 ASCENSORES ELECTRICOS

Este tipo de ascensores es apropiado para emplearse en edificios de “muchos pisos”. En los primeros modelos la jaula del ascensor pendía de un cable de acero que se enrollaba en el tambor de un malacate colocado en la parte más alta del pozo. Un motor eléctrico hacía funcionar el malacate.

De este tipo son los ascensores que todavía se usan hoy en trabajos de minas, donde se requiere que las jaulas suban con rapidez desde grandes profundidades. En modelos más recientes, se ha desechado el tambor para sustituirlo con una polea movida directamente por el motor. Por esta polea pasa el cable del que penden, en un extremo, la jaula del ascensor y en el otro un contrapeso.

V.4.1.3. PARTES CONSTITUTIVAS DE UN ASCENSOR

Una instalación de ascensor consta esencialmente de:

- una CABINA en la que se alojan las personas u objetos que hay que transportar,
- uno o más órganos flexibles (CABLES DE ACERO) para la elevación de la cabina,
- un MOTOR ELÉCTRICO de mando que acciona una polea o un
- TAMBOR sobre el que se enrolla el órgano flexible
- un FRENO que actúa sobre el eje del motor
- un sistema de GUIAS VERTICALES a lo largo del cual se desliza la cabina por medio de patines o correderas.
- un CIRCUITO ELECTRICO DE MANDO. Este circuito que puede ser muy complejo, garantiza la seguridad frente a las diversas maniobras erróneas que podría llevar a cabo un pasajero o un posible usuario situado en cualquier piso.
- un CONTRAPESO cuya función principal es facilitar el trabajo del motor al “balancear” las cargas en los extremos de los cables de acero.

El ascensor se instala en un hueco, generalmente de planta rectangular, construido de obra. En la parte inferior del hueco se construye una fosa de recorrido suplementario con una profundidad aproximada de 1.50 m; en la parte superior, por encima de la última parada, se deja un espacio de seguridad para impedir que la cabina por algún fallo, pueda chocar contra el techo

del hueco. La sala de máquinas generalmente está arriba, directamente encima del hueco y deber ser suficientemente amplia para poder alojar la maquinaria de elevación, el cuadro de maniobra y el resto de los aparatos necesarios, como el selector y el generador. Aunque esta maquinaria también se puede instalar en la parte inferior del hueco, técnicamente es preferible instalarla arriba porque da mayor vida a los cables y su rendimiento es mayor.

Enseguida se plasman algunas ideas básicas sobre el funcionamiento de las partes que conforman el ascensor.

La CABINA con su presentación y comodidad, su equipo de seguridad, sus muebles y su decorado, son elementos importantes del sistema, los únicos con que el público está familiarizado. Esencialmente la cabina es una caja de metal ligero sostenida por una estructura metálica resistente, en cuyo extremo superior se amarran los cables. Por medio de las zapatas acanaladas montadas en los lados de la cabina, que actúan contra las guías, queda fijada su posición en su trayecto vertical. La cabina está prevista de puertas de seguridad, mecanismos de maniobra, indicadores de niveles de piso, iluminación, puertas de auxilio, ventilación, zócalos y pasamanos. Deben ser proyectadas para larga vida, funcionamiento silencioso y poco gasto de conservación.

Los CABLES izan y bajan la cabina en su viaje por el hueco del ascensor. Por lo general se colocan de tres a ocho cables paralelos entre los cuales se distribuye el peso de la cabina de una manera uniforme. Estos cables se amarran a la parte superior de la cabina por medio de zapatas para cable, que aseguran un enganche perfecto. Luego se enrollan al tambor cilíndrico (con ranura helicoidal para el cable) del mecanismo tractor y vuelven a descender para amarrarse al contrapeso por medio de las zapatas. El recambio de cables es una de las partidas más caras en el mantenimiento de un ascensor.

El MECANISMO ELEVADOR hace dar vueltas al tambor, y éste a su vez, hace subir y bajar la cabina. Consiste en una estructura metálica robusta sobre la cual se hallan montados el tambor y el motor, los frenos y el engranaje (si lo hay) y algunos elementos auxiliares. El regulador de velocidad que evita que ésta llegue a ser peligrosa, está montado en el mecanismo elevador o cerca de él. En las más modernas instalaciones el motor recibe la energía de un grupo motor-generador independiente, que está en movimiento durante el periodo de servicio del ascensor. El grupo motor-generador es propiamente considerado una parte del mecanismo elevador aunque pueda colocarse a cierta distancia del mismo.

El EQUIPO DE MANIOBRA en su acepción general, es la combinación de pulsadores, contactos, relés, levas y dispositivos que funcionan manual o automáticamente para la maniobra de las puertas y para el arranque, aceleración, deceleración, ajuste de nivel y paro de la cabina. Estos elementos auxiliares están combinados entre sí de tal manera que los elementos principales funcionen con el máximo de seguridad, de comodidad y de conveniencia. Interruptores eléctricos detienen automáticamente la cabina para que no sobrepase los extremos de su recorrido. Los indicadores de la posición de la cabina, las luces piloto, los cuadros de pulsadores en la cabina, los botones de llamada en los pisos, los dispositivos de ajuste de nivel y las lámparas indicadoras de cuando la cabina sube o baja, son elementos constitutivos del equipo de maniobra.

El CONTRAPESO está formado por bloques rectangulares de fundición de acero, apilados en una armazón suspendida del extremo opuesto del cable con relación al extremo que está amarrado a la cabina. El contrapeso está, en relación con el peso de la cabina y su carga, en la proporción que convenga para reducir al máximo el consumo de energía de la instalación. En realidad, la energía consumida es importante durante los periodos de aceleración y deceleración solamente. El contrapeso tiene sus guías en la parte posterior del hueco del ascensor. No es necesario decir que el contrapeso se mueve en sentido inverso al de la cabina correspondiente.

El HUECO DE ASCENSOR es el paso vertical por el cual circulan la cabina y el contrapeso. Sobre sus paredes están montadas las guías, los bastidores de las puertas y algunos de los elementos mecánicos y eléctricos de los aparatos de mando. En el fondo del hueco del ascensor se hallan los parachoques de la cabina. En el extremo superior está la plataforma que sostiene la maquinaria.

Las GUIAS son las vías verticales que conducen la cabina y el contrapeso. Las guías de la cabina son de acero duro mecanizado, con ensambles en cola de milano, y deben estar cuidadosamente alineadas para asegurar el paso de las zapatas. Estas zapatas montadas a los flancos de la estructura de la cabina, tienen forma acanalada para que se ajuste a la forma saliente de la guía. La guía tiene perfil en T. Las guías del contrapeso son parecidas, pero menores. Todas las guías se fijan con pernos a la estructura resistente del edificio, la cual ya ha sido prevista especialmente en el hueco del ascensor, para recibir estas guías. Las guías de los ascensores modernos no se engrasan, ya que estos usan zapatas de rodillos de caucho.

El CUARTO DE MAQUINAS es el local colocado inmediatamente arriba del hueco del ascensor para servir de albergue al mecanismo elevador. Este local contiene el grupo motor-generador que suministra energía al ascensor, al cuadro de distribución y otros aparatos de maniobra. Todos los contactores y demás elementos de la maquinaria o del equipo de control que puedan ser causa de ruidos, deben ser construidos para funcionamiento silencioso.

V.4.1.4 DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

Los dispositivos de seguridad para evitar accidentes con que cuentan los ascensores actualmente son tan numerosos y perfeccionados que parece casi imposible que pueda registrarse el menor percance; algunos de estos dispositivos son: LA CAJA DE AMORTIGUACION NEUMATICA instalada en la parte inferior del pozo. A medida que la cabina del ascensor se aproxima al fondo, el ajuste de la plataforma va siendo cada vez mas preciso, lo que hace disminuir la cantidad de aire que escapa por los lados. En consecuencia se crea un amortiguador neumático que absorbe gradualmente el impacto de la caída.

Otro dispositivo es EL REGULADOR DE VELOCIDAD ideado para detener la caída del ascensor aún antes de que llegue a la caja de amortiguación. La cabina va equipada con unas zapatas, accionadas por un cable que pasa por la polea del regulador de velocidad instalado en la parte superior, que, de llegar a excederse la velocidad de descenso previamente fijada, aprietan fuertemente las guías.

A la altura de cada piso existen también unos RETENEDORES que la tensión del cable del ascensor mantiene fuera de la vía. En caso de romperse el cable, todos estos retenedores saltan y se colocan en posición para interrumpir la caída de la cabina.

Una medida de seguridad consiste en colocar el contrapeso de tal forma que llegue al fondo del pozo antes de que la jaula del ascensor pueda chocar contra la polea de arriba.

Algunos accidentes ocurren debido a que el ascensor se pone en movimiento antes de que todos los usuarios se encuentren ya en su interior. Este inconveniente se corrige impidiendo que pueda pasar la energía eléctrica al mecanismo que acciona al ascensor si no se encuentran cerradas debidamente las puertas de la cabina. Los ascensores modernos cuentan con todos o casi todos los dispositivos de seguridad y en tal virtud, si alguno falla los demás funcionan.

Debe tenerse en cuenta que los ascensores son instalaciones de larga duración (vida de 25 a 40 años), y por tanto deben proyectarse de manera que sigan cubriendo las necesidades crecientes al cabo de 10 o 20 años. Cuando no se toma en cuenta este aspecto, las modificaciones son generalmente demasiado caras o imposibles de hacer, debido al estrecho ajuste de la instalación con el edificio.

V.4.1.5. NECESIDADES DEL TRAFICO Y DEL SERVICIO

Para determinar el tipo y el número de elevadores que se deben instalar en un edificio se debe hacer antes un "ESTUDIO DE TRAFICO", que incluya aspectos tales como:

- a) Características del edificio; como número de pisos, altura de cada uno, distancia a recorrer.
- b) Necesidades del personal tanto para subir como para bajar.
- c) Tipo de trabajo al que se dedican los ocupantes.

En los edificios para oficinas la estimación del número de ocupantes se hace en base a la superficie total de la parte útil de todas sus plantas; otra opción es revisar como ha ido incrementándose el personal en los últimos 10 años y hacer una proyección para los próximos 10 años.

En un ascensor de 1ra. Clase el periodo o intervalo de espera debería ser de 20 a 30 segundos, el "intervalo" o "tiempo de espera" es el tiempo en segundos entre los momentos en que dos cabinas salen de una de las plantas terminales. En el caso de una batería de ascensores es el cociente del promedio de los tiempos que tardan las cabinas en hacer un viaje completo dividido por el número de cabinas que están funcionando.

Otro aspecto que permite evaluar la calidad de una instalación de ascensores es su capacidad de transporte, es decir, que tanto personal pueden llevar en una u otra dirección en un periodo de tiempo en que la demanda es máxima. Matemáticamente la capacidad de transporte se expresa como el tanto por ciento del número de ocupantes del edificio que pueden transportarse en 5 minutos. Este valor en instalaciones de gran calidad es aproximadamente de un 13%. Los

estudios de tráfico se basan generalmente en el período matinal de máximo tráfico ascendente, pues este es el momento de mayor necesidad de tomar el ascensor.

Un ascensor debería llevar en el período de máximo servicio una carga del 80% de la carga nominal. La carga de los ascensores se calcula en base a un promedio entre 65 y 70 Kg por persona. Así por ejemplo, un ascensor automático para 1,360 Kg de carga nominal tiene capacidad para 20 pasajeros; si lleva un operador (ascensorista), para 19. Todo ascensor para personas puede cargar aproximadamente del 20 al 25% por encima de su capacidad nominal, aunque el transporte más rápido del mayor número de personas se verificará con el 80%, de la capacidad nominal. En los ascensores de maniobra automática, las puertas se cierran y la cabina arranca a esta carga del 80% lo que se efectúa porque el piso del ascensor es la plataforma de una báscula.

Cuando ya se tiene elegido un tipo determinado de ascensor, entonces pueden calcularse el tiempo medio que tarda en hacer el recorrido, los tiempos de espera y el número de ascensores necesarios.

Las Tablas del 1 al 7 son empleadas para realizar estudios de tráfico y son de aplicación común al cálculo de ascensores.

Tabla 1. Número de ocupantes de diversas clases de edificios	
Oficinas De Tipos Diversos	m² / Persona
Grandes pisos interiores	8 a 9
Pisos superiores	9 a 12
Uso general	9
Casas destinadas a oficinas del mismo tipo	7 a 11
Hoteles	Personas por Dormitorio
Uso normal	1.3
Congresos	1.9
Hospitales	Visitantes por Cama
Generales particulares	1.5
Generales públicos (grandes salas)	3 a 4
Casas Para Vivienda	Personas Por Vivienda
Uno o dos pequeños dormitorios	2
De renta elevada	2 a 3
De renta media	2.8
De renta moderada	4.0

Tabla 2. Número de pasajeros por viaje

A Carga Nominal Del Ascensor Kg.	B Número Máximo De Pasajeros ¹	C Número De Pasajeros Por Viaje (Horas De Servicio Máximo Normal)
500	6	5
750	10	8
1000	14	11
1250	18	14
1500	22	18
1750	25	20
2000	29	23

¹NOTA: Sin incluir el ascensorista. Cuando el ascensor es automático los números de la columna B, puede aumentarse en 1. En las horas de máximo servicio el traslado de pasajeros resulta más rápido si las puertas de la cabina se cierran cuando ésta contiene el 80% de la carga. Esto es automático, ya que el suelo de la cabina (actuando como la plataforma de una báscula) pone en marcha el mecanismo de cierre de las puertas.

Tabla 3. Número medio de detenciones probables²

A	B	C	D	E	F	G
Número De Pisos Servidos	Número De Pasajeros Por Viaje					
	6	10	13	16	18	21
5	3.73	4.47	4.92	4.98	5.00	5.00
6	3.92	4.96	5.57	5.98	5.36	5.90
7	4.26	5.50	6.12	6.48	6.62	6.76
8	4.40	5.90	6.90	7.25	7.40	7.70
9	4.56	6.23	7.40	7.85	8.10	8.41
10	4.73	6.50	7.50	8.20	8.50	9.00
11	4.77	6.60	7.80	8.60	9.00	9.60
12	4.92	7.00	8.09	8.99	9.50	10.1
13	4.97	7.20	8.40	9.40	9.90	10.6
14	5.03	7.35	8.70	9.70	10.3	11.0
15	5.16	7.50	8.90	10.0	10.7	11.6
16	5.18	7.60	9.10	10.3	11.0	11.9
17	5.19	7.75	9.30	10.6	11.3	12.2
18	5.23	7.87	9.40	10.9	11.6	12.7
19	5.27	7.94	9.60	11.0	11.8	13.0
20	5.32	8.00	9.70	11.2	12.1	13.2
21	5.33	8.13	9.87	11.4	12.3	13.3
22	5.33	8.19	10.0	11.5	12.5	13.5

²NOTA: Estos son valores estadísticos resultado de datos recogidos en varias instalaciones. Por ejemplo una cabina que sirve a 17 pisos en servicio local empezando su recorrido con 16 pasajeros efectuará probablemente un promedio de 10.6 detenciones. Cuando alguno de los números no figure en las tablas se calculará el valor correspondiente por interpolación.

Tabla 4. Velocidades máximas alcanzadas por ascensores en edificios destinados a oficinas de tipo corriente

Recorridos Parciales Medios m	Máxima Velocidad Alcanzada m/seg.	Recorridos Parciales Medios m	Máxima Velocidad Alcanzada m/seg.
2.40	1.20	6.10	2.60
2.70	1.35	6.70	2.80
3.00	1.50	7.30	2.975
3.30	1.625	7.90	3.125
3.60	1.75	8.50	3.25
4.00	1.875	9.15	3.375
4.30	1.99	10.60	3.625
4.60	2.10	12.20	3.825
5.00	2.20	15.25	4.135
5.50	2.40		

Tabla 5. Tiempo de aceleración y frenado

Velocidad Alcanzada M/Seg	Tiempo Adicional Por Cada Detención Seg.	Velocidad Alcanzada M/Seg.	Tiempo Adicional Por Cada Detención Seg.
1.0	1.25	3.0	2.8
1.25	1.40	3.25	3.0
1.50	1.65	3.50	3.2
1.75	1.80	3.75	3.4
2.00	1.93	4.00	3.6
2.25	2.20	5.00	4.25
2.50	2.40	6.00	6.25
2.55	2.60		

Tabla 6. Tiempo necesario para entrada y salida de pasajeros en seg. por personal

Ancho De La Puerta M	Tiempo De Entrada Seg.	Tiempo De Salida Seg.	Tiempo Total Seg.
0.90		1.4	2.5
1.05	1.1	1.3	2.3
1.35	1.0	1.2	2.1
1.50	0.9	1.1	1.9
	0.8		

Tabla 7. Tiempos necesarios (seg.) para el funcionamiento de las puertas mecánicas accionadas por el conductor del ascensor

Ancho De La Puerta	Mecanismo De Gran Velocidad		
	Puertas Que Abren Hacia Un Lado Mecanismo A Dos Velocidades	Puertas Que Abren Desde El Centro Hacia Los Lados (Preferidas)	Puertas Que Abren Hacia El Centro Mecanismo A Dos Velocidades
0.90	2.4	1.9	
0.95	2.4	1.9	
1.00	2.5	2.0	
1.05	2.5	2.0	
1.10	2.6	2.1	
1.15	2.6	2.1	
1.20	2.7	2.2	
1.35	2.9	2.4	
1.50			2.4
1.65			2.6
2.80			2.7

V.4.1.6. CÁLCULO DEL ASCENSOR. EJEMPLO NUMÉRICO

Ahora aplicando estos conceptos al estudio de un problema típico de cálculo de ascensores. En este caso es para el edificio del corporativo Roshfrans, el cual estará destinado para oficinas del tipo normal en lo referente a la instalación y funcionamiento del ascensor; tiene 5 plantas denominadas: planta baja, mezzanine y plantas 1, 2 y 3, mediando un desnivel de 3.74 m. entre cada una de ellas, de tal manera que el recorrido será de 14.96 m.

El equipo de ascensor elegido para este edificio que será proporcionado e instalado por la compañía Melco de México, S.A. de C.V., tiene las características descritas en los párrafos siguientes.

Uso para pasajeros, capacidad 700 Kg para 10 usuarios, velocidades de 1 m/seg, conducción automática, ajuste automático de nivel, puertas accionadas automáticamente con apertura del centro hacia los lados, entrada de dimensiones 2.10 x 0.80 m número de paradas 5, recorrido de 14.96 m, altura total del cubo 20.67 m, interior de la cabina 1.40 x 1.25 m., amortiguadores de resorte, dimensiones de la plataforma 1.462 x 1.420 m.

El número de ocupantes estimado en el edificio es de 363, tomando en cuenta una superficie útil de 3269 m² y una proporción de 9 m² por persona, según la tabla 1. Supondremos que el máximo intervalo de espera deberá ser de 30 seg. y la capacidad de tráfico será del 13% del número de ocupantes en 5 min; éste valor es de 47 personas en 5 minutos.

Con estos datos, calcularemos el tiempo medio que tarda este ascensor en hacer el recorrido, el tiempo de espera y el número de ascensores necesarios.

La Tabla 8 presenta los diferentes conceptos para el cálculo de los tiempos de espera. Después de esto se amplían o se complementan cada uno de ellos, relacionándolos con la letra que encabeza cada fila.

Tabla 8. Secuencia de Cálculo de los Tiempos

A. Carga nominal	700 kg.
B. Velocidad	1 m/seg = 60 m/min.
C. No. probable de pasajeros por viaje (tabla 2)	8
D. No. de pisos servidos	5
E. No. de detenciones locales (tabla 3)	4.1
F. No. de detenciones a plena velocidad	1
No. total de detenciones (suma de E y F)	5.1
Recorrido en zona de servicio local	14.96 m.
G. Recorrido parcial medio	$14.96/4.1 = 3.64$ m.
H. Velocidad alcanzada (tabla 4)	1.76 m/seg.
Cálculo De Los Tiempos	
I. Tiempo para el recorrido local	$14.96 \text{ m} / 1.76 \text{ m/seg} = 8.50$ seg.
J. Tiempo de aceleración y frenado (tabla 5)	$4.1 \times 1.86 = 7.62$ seg.
K. Tiempo para ajuste de niveles	= 0.0 seg
L. Tiempo para el funcionamiento de las puertas (tabla 7)	$5.1 \times 1.9 = 9.69$ seg.
M. Tiempo para entrada y salida de pasajeros (tabla 6)	$8 \times 2.5 = 20.0$ seg.
N. Tiempo perdido por falsas detenciones	= 0 seg.
O. Tiempo perdido por espera en planta baja	= 0 seg.
P. Tiempo perdido adicional	$0.2 \times 4.1 = 0.82$ seg.
Suma	= 46.63 seg.
Duración de un viaje completo	= 46.63 seg.

Para determinar el número de ascensores que se requieren::

No. de pasajeros que transporta una cabina en 5 min. = $60 \times 5 \times$ no. de pasajeros por viaje / duración de un viaje completo (seg).

$$= \frac{60 \times 5 \times 8}{46.63} = 51.47$$

No. total de pasajeros a transportar en 5 min. = capacidad de tráfico en % x no. total de ocupantes en el edificio.

$$= 0.13 \times 363 = 47$$

No. de cabinas necesarias = $\frac{\text{Duración de un viaje completo}}{\text{No. de cabinas}} = 46.63 \text{ seg.}$

$$= 46.63 \text{ seg.}$$

Intervalo de Espera = $\frac{\text{Duración viaje completo}}{\text{No. de cabinas}} = \frac{46.63 \text{ seg.}}{1} = 46.63 \text{ seg.}$

De los cálculos anteriores, concluimos pues, que es suficiente con un ascensor con las características anotadas, para cubrir las necesidades de tráfico del edificio corporativo Roshfrans con la salvedad de que se rebasa en 16.63 seg. el máximo intervalo de espera propuesto al inicio que era de 30 seg. De ser muy importante este intervalo de espera y si se buscara reducirlo, la opción no sería incrementar la velocidad del ascensor, pues ésta para efectos de los cálculos no interviene.

Tampoco sería recomendable aumentar la carga nominal del ascensor a 1000 Kg por ejemplo, porque aunque éste puede transportar más pasajeros por viaje, por otra parte todos los tiempos que aparecen en la tabla se incrementan resultando un intervalo de espera de 56 seg. , y no es lo que se busca.

La alternativa podría ser bajar la carga nominal del ascensor a 500 Kg por ejemplo, esto nos bajaría la capacidad de pasajeros por viaje a 5, según la tabla 2, pero esto nos incrementaría la “velocidad alcanzada” a 1.96 m/s en todos los tiempos que aparecen en la tabla sumando al final un tiempo de 36.2 seg. como intervalo de espera; más aún si se aumenta el ancho de la entrada a 1.50 obtendríamos una ganancia de 3 seg. bajando el intervalo de espera a 33.2 seg. Desde luego que esta opción nos obligaría a instalar dos ascensores de este tipo (500 Kg).

La elección del sistema adecuado debe hacerse teniendo como base el costo inicial, los gastos que produce su funcionamiento, el espacio disponible, las condiciones de servicio, etc.

Ampliación de los conceptos que aparecen en la tabla 8:

- A. La carga nominal de un ascensor es un valor que depende de la superficie de su plataforma y que se calcula según se especifica en ASE (asociación standard safety code for elevators).
- B. Las velocidades nominales o de contrato varían entre 0.5 y 6 m/seg. Pueden escogerse distintas combinaciones de carga y velocidad.
- C. Con la expresión “número de pasajeros por viaje” se designa el número de pasajeros que normalmente llevará el ascensor. El número máximo de pasajeros se determina previamente dividiendo la carga nominal por 65 Kg y restando una unidad cuando existe ascensorista. El número de pasajeros por viaje se toma entonces como igual al 80% de este número máximo (tabla 2).
- D. El número de pisos servidos es el número de estos pisos situados encima de la parada terminal principal.
- E. El número de “detenciones locales” es un valor promedio que depende del número de pasajeros por viaje y del número de pisos servidos (tabla 3).
- F. El número de “detenciones a plena velocidad” (en un viaje completo), es de dos si hay una zona expreso, y de una si no la hay.
- G. Recorrido parcial medio es la distancia recorrida a la velocidad del ascensor en el trayecto local, dividida por el número de detenciones locales.
- H. La velocidad alcanzada en la zona de servicio local generalmente es menor que la velocidad nominal, debido a que la distancia recorrida entre dos detenciones es generalmente demasiado pequeña para que la cabina pueda acelerarse hasta la velocidad total. Por lo tanto depende de los recorridos parciales medios (tabla 4).
- I. El tiempo de marcha en servicio local, es el cociente entre la distancia recorrida en la zona local y la velocidad máxima alcanzada en dicha zona.
- J. El tiempo de marcha en servicio expreso es la distancia recorrida a la velocidad expreso o nominal, dividida por velocidad nominal.
- K. El tiempo de aceleración, que es el tiempo adicional necesario para la aceleración y el frenado en cada detención, aumenta cuando aumenta la velocidad máxima alcanzada. El tiempo total de aceleración y frenado se obtiene multiplicando el tiempo de cada detención por el número de detenciones (tabla 5).
- L. El tiempo invertido en el ajuste de nivel es prácticamente nulo en los modernos ascensores con ajuste de nivel automático. En los ascensores de maniobra manual puede variar de 15 a 4 segundos.

-
- M. El tiempo de funcionamiento de las puertas en los ascensores de regulación automática es solamente el necesario para cerrarlas. Esto es porque las puertas comienzan a abrirse cuando el ascensor se acerca a la parada y están totalmente abiertas cuando se detiene. El tiempo de apertura y el de frenado coinciden. El tiempo para el cierre depende del ancho de la abertura y del tipo de la puerta. Puede ser de 4 a 6 segundos para maniobra manual. El tiempo total para el funcionamiento de las puertas se obtiene multiplicando el correspondiente a cada parada por el número de ellas (tabla 7)
- N. El tiempo total para la entrada y salida de los pasajeros depende de la anchura de las puertas. Se obtiene multiplicando el valor correspondiente a cada pasajero por el número de pasajeros por viaje (tabla 6).
- O. El tiempo perdido por falsas detenciones y por la espera en la planta baja puede considerarse nulo para la mayoría de las instalaciones durante las horas de máximo servicio.
- P. Otro tiempo perdido se incluye como pequeña corrección. Vale 0.2 segundos multiplicado por el número de detenciones locales.

CAPÍTULO VI

PROCESO CONSTRUCTIVO

- VI.1. PROCESO CONSTRUCTIVO**
- VI.2. CIMENTACIÓN**
- VI.3. ESTRUCTURA**
- VI.4. FACHADAS**
- VI.5. INSTALACIONES**
- VI.6. ACABADOS**
- VI.7. ESPECIFICACIONES GENERALES**

VI.1 PROCESO CONSTRUCTIVO.

VI.1.1 DESPALME DEL TERRENO.

La excavación de la capa vegetal o despálme es la remoción de la capa expuesta de la superficie de la tierra en el área de construcción.

Esta operación involucra la ejecución de cualesquiera de las actividades siguientes:

- a) Tala o corte de los árboles y arbustos.
- b) Roza de la maleza, hierba, zacate y residuos de las siembras.
- c) Desenraice, o sea extraer los troncos o tocones con raíces, o cortándoles éstas.
- d) Limpia y quema, operación que consiste en retirar el producto del despálme hacia un lugar conveniente, estibar dicho producto y quemar lo que a criterio del Representante de obra, no sea utilizable, aunque sin embargo, será conveniente devolver la capa vegetal al final de la construcción para jardinería y sostenimiento de la vegetación durante el crecimiento, a fin de controlar la erosión.

Dado que la capa vegetal es la que sostiene el crecimiento de los árboles y otro tipo de vegetación, contiene más humedad que la inmediata inferior. A fin de que ésta capa inferior pueda perder humedad y sea más fácil moverla, es ventajoso despálmear tan pronto como sea posible.

VI.1.2 TRAZO Y NIVELACIÓN.

Para una correcta ubicación del edificio, se trazan en el terreno los ejes estructurales basándose en los planos existentes, permitiéndose por especificación una tolerancia máxima de 1 cm. en el trazo.

Asimismo, para la ubicación de pilas la tolerancia máxima entre el centro de ésta y su posición teórica, será de $0.02d$, donde d es el diámetro de la pila en cm.

Es importante mencionar que, a fin de garantizar que los niveles de proyecto para todas las estructuras sean los mismos que en campo, se requiere permanentemente de la presencia de una brigada de topografía con el equipo adecuado (tránsito, nivel, estadal, plomadas, etc.) para corroborar que tanto el trazo como la nivelación sean los correctos.

VI.2. CIMENTACIÓN

VI.2.1. EXCAVACIÓN.

A continuación se mencionan las principales características de cada una de las actividades que se siguieron para la construcción de la cimentación.

Se entiende por ésta la remoción y extracción de materiales para desplantar o alojar una estructura.

Usualmente es una operación relativamente simple determinar la cantidad de material que se va a excavar. Es mucho más difícil estimar la velocidad a la que va a ser manejada por obreros o por equipos de excavación. Existen muchos factores que afectan los rangos de producción. Estos factores pueden dividirse en dos grupos: de obra y de administración.

Los factores de obra involucran el tipo de material, la cantidad de agua presente, libertad de obreros y equipo para operar, tamaño de la obra, distancia de acarreo, condiciones del camino de acarreo, etc. Es difícil que el constructor pueda alterar las condiciones de la obra.

Los factores de la administración involucran la organización de la obra, el mantenimiento de un alto nivel de moral entre los obreros, selección y empleo de equipos, métodos adecuados, cuidado en el mantenimiento de los equipos, mantenimiento de registros de producción, adecuado control de estimaciones de obra para cobros de dinero, y otros. Estos factores están bajo el control del constructor.

Los métodos de excavación varían desde la que se hace a mano con pico y pala para obras pequeñas, hasta la que se hace con máquinas zanjadoras, palas mecánicas, máquinas perforadoras, dragas de arrastre, etc. Algunos materiales, como la roca, son tan duros que es necesario barrenarlos y aflojarlos con explosivos antes de excavarlos.

Cuando es necesario mover el material excavado a una cierta distancia para desecharlo o para rellenos, deberán emplearse equipos de transportes tales como carretillas, camiones, etc. El tamaño de la unidad de acarreo deberá equilibrarse con la producción del equipo de excavación, si esto es posible.

Cuando la tierra y la roca se aflojan durante la excavación, asumen un volumen mayor y una correspondiente reducción en peso por unidad de volumen. Este incremento de volumen se describe como **abundamiento** y usualmente se expresa como porcentaje del volumen original. Si la tierra se coloca en una terracería y se compacta con equipo mecánico, ocupará un volumen menor que en su estado original, lo cual se describe como **reducción** y se expresa como porcentaje del volumen original. La siguiente tabla indica el porcentaje de abundamiento para varios tipos de suelos:

MATERIAL	PORCENTAJE DE ABUNDAMIENTO
Arena ó grava	14-16
Lama	16-25
Tierra ordinaria	20-30
Arcilla densa	25-40
Roca sólida	50-75

La velocidad con la que un obrero puede excavar tierra varía con el tipo de ésta: si se tiene que aflojar, la altura a la que hay que levantarla y las condiciones climatológicas. Si fuera necesario aflojarla es necesario el empleo de un pico. El levantamiento usualmente se hace con una pala de punta redonda y mango largo. Si la tierra excavada se va a acarrear a distancias hasta de 30 m., con frecuencia se emplean carretillas.

Mientras que puede ser económico excavar secciones pequeñas de zanjas a mano, el empleo de una máquina zanjadora es más económico para grandes obras. Una vez que se transporta la máquina al sitio de la obra y que se pone en operación, el costo de excavación es considerablemente menor que el costo a mano. Para una obra dada, el ahorro en costos de excavación resultante del empleo de una máquina en comparación con la excavación a mano, deberá ser suficiente para compensar el costo de transporte de la máquina a la obra y su regreso al almacén una vez terminado el trabajo. De otra manera, la excavación a mano resultará más económica.

Las excavaciones poco profundas pueden hacerse sin sostener el material circunvecino si existe el espacio adecuado para construir taludes que puedan soportar el material. La inclinación de los taludes es función del tipo y carácter del suelo ó roca, de las condiciones climáticas, de la profundidad de excavación y del tiempo que ésta vaya a permanecer abierta. Como regla, los taludes se hacen tan parados como el material lo permita, porque la ocurrencia de pequeños derrumbes generalmente no tiene importancia. El costo de extraer el material afectado por los derrumbes puede ser considerablemente menor que el de la excavación adicional, necesaria para tener taludes menos inclinados.

VI.2.2. PILAS.

Cuando el suelo situado al nivel en que se desplantaría normalmente una zapata o una losa de cimentación es demasiado débil o compresible para proporcionar un soporte adecuado, las cargas se transmiten a material más adecuado a mayor profundidad por medio de pilas o pilotes.

Los pilotes son columnas esbeltas subterráneas con un área de sección transversal pequeña comparada con su longitud, y usualmente se instalan utilizando una piloteadora que tiene un martinete o vibrador. Cuando estos elementos tienen dimensiones grandes en su sección transversal (mayores que 60 cm.) y son capaces de transmitir toda la carga de una sola columna al estrato de apoyo, se denominan generalmente pilas.

Una pila es un miembro estructural subterráneo que tiene la función que cumple una zapata, es decir, transmite la carga a un estrato capaz de soportarla, sin peligro de que falle ni de que sufra un asentamiento excesivo. Sin embargo, en contraste con una zapata, la relación de la profundidad de la cimentación al ancho de la base de las pilas es usualmente mayor que cuatro, mientras que para las zapatas esta relación es comunmente menor que la unidad.

No existe una clara diferencia entre las pilas de cimentación y los pilotes. Los tubos de acero de gran diámetro que se hincan con el extremo inferior abierto, que se limpian después y se llenan de concreto, pueden en realidad considerarse como pilas o como pilotes. Los mismos tubos pueden considerarse como ademes o como cajones o cilindros de cimentación; la terminología a este respecto difiere mucho en las diferentes localidades.

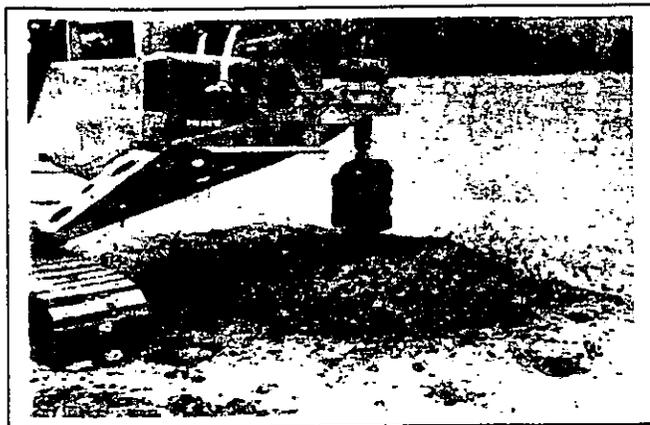
Los métodos para construir pilas se dividen en dos grupos principales:

En uno, se excava un agujero hasta el nivel de desplante de la cimentación y se construye la pila dentro del mismo. Usualmente, los lados de la excavación deben ademarse y apuntalarse para evitar el derrumbamiento. Estas perforaciones se dicen ademadas o entibadas, lo que depende de que el ademe se forme con forros metálicos cilíndricos o sea de tableros o de tablestacas. Algunas veces, se estabiliza la perforación por medio de un líquido espeso en vez de ademe. Si la superficie del terreno está debajo del agua, la estructura que encierra el terreno que va a ocupar la pila se llama ataguía; bajo la protección de la ataguía se hace la excavación hasta el nivel deseado y se construye la pila.

El otro método para construir pilas es utilizando **cajones**. Los cajones son cajas o cilindros que se hincan hasta su posición y constituyen la parte exterior de la pila de cimentación terminada. Para facilitar el hincado, el borde inferior del cajón está provisto de una cuchilla. El material que está dentro del cajón se extrae por dragado a través de la abertura en su extremo superior, o excavando a mano. El extremo inferior del cajón puede construirse formando una cámara hermética y llenarse con aire comprimido para expulsar el agua de un espacio en el que los obreros puedan trabajar. Este procedimiento se conoce con el nombre de método del aire comprimido, y permite quitar los obstáculos que quedan debajo de la cuchilla facilitando la limpieza del fondo de la excavación. Sin embargo, es un riesgo para la salud de los trabajadores y debe evitarse cuando sea posible.

En otro tiempo se usaron perforaciones excavadas a mano con ademe de madera y todavía pueden usarse con ventaja. El **método Chicago** es el más conocido y es particularmente adecuado para arcillas sin inclusiones de agua. En éste, se hace una perforación circular de cuando menos 1 m. de diámetro a mano, en una profundidad que varía de 0.5 a 2 m., lo que depende de la consistencia de la arcilla. Se ademan luego las paredes del agujero con tablas verticales, conocidas como forro; el forro se mantiene en su sitio por medio de dos anillos circulares de acero. Luego se continúa la excavación hasta que se instalan otras tablas de forro y anillos. Cuando el agujero llega al estrato en el que se van a apoyar las cimentaciones, puede ampliarse el fondo o acampanarse para aumentar el área de apoyo. Los anillos y las tablas del forro se dejan en su lugar cuando el agujero se llena de concreto.

En la actualidad la mayor parte de las pilas que pasan a través o penetran en suelos cohesivos, se excavan por medio de máquinas montadas en camiones o en orugas, equipadas con barrenas rotatorias o cangilones provistos de cuchillas. Por medio de este procedimiento se han hecho agujeros de 0.30 a 3.50 m. de diámetro, a profundidades que sobrepasan los 30 m.



Cuando las perforaciones se llenan directamente de concreto, se llaman **pilas coladas en el lugar sin molde**. La decisión de usar pilas coladas sin moldes requiere, en mucha mayor medida que la de usar zapatas o losas, un cuidadoso estudio de las condiciones existentes en el lugar donde se construirá.

El comportamiento de estas pilas está determinado tanto por el éxito con que se efectúen las operaciones de construcción, y por las características carga-asentamiento de los terrenos adyacentes y subyacentes.

Detalles como la presencia de cantos o boleos que interfieran con la perforación, la poca o nula cohesión del terreno para evitar el derrumbe de las paredes perforadas, o la concentración de filtraciones de agua en zonas permeables ocasionales, pueden tener un efecto decisivo en las posibilidades de formar una pila satisfactoria y económica.

El agua freática influye muy especialmente en la determinación de la dificultad y, por lo tanto, en el costo de construcción de la pila. Las filtraciones, aún en pequeñas cantidades, pueden requerir lodos de sostenimiento o ademes para permitir el avance de la perforación sin derrumbes; puede dificultar la preparación del fondo; puede producir dificultades en el colado y daños en el concreto fresco si se quita el ademe.

El tipo de suelo es mucho menos importante. En arcillas duras, en las arenas cementadas sobre el nivel freático, y en roca blanda, las perforaciones pueden ejecutarse rápidamente y esperar que sus paredes se sostengan sin apoyo hasta que se cuele el concreto. Las campanas pueden labrarse fácilmente. Sin embargo, en cualquier otra condición, deben tomarse medidas para estabilizar las paredes. Estas condiciones incluyen, en orden creciente de dificultad de construcción: suelos relativamente impermeables que contengan capas o lentes de material sin cohesión, con agua que tienda a fluir a la perforación; arcillas y limos que puedan fluir hacia la misma y la mayor parte de los materiales granulares húmedos con suficiente cohesión aparente para proporcionar apoyo a las paredes de la perforación, pero con acumulaciones de materiales gruesos menos cohesivos; finalmente, suelos sin cohesión, perfectamente secos situados arriba del nivel freático y suelos sin cohesión abajo del nivel del agua freática.

En todos los tipos de suelos, las condiciones para la estabilidad de las campanas son menos favorables que para los muros de la perforación.

El programa de exploración del subsuelo puede requerir varias etapas antes de completar el proyecto final de una cimentación con pilas. Los sondeos iniciales deben permitir hacer un estudio detallado de la estratigrafía, dando atención especial a la presencia de mantos sin cohesión o lentes de cantos, boleos, zonas cementadas, y a la posición del nivel freático. La entrada del agua freática a cualquier nivel en un sondeo que se estuviese desarrollando en seco, o el derrumbe de las paredes del agujero, merecen especial atención.

Los sondeos preliminares deben proporcionar suficiente información para poder decidir si resulta adecuada la construcción de las pilas, y para determinar su profundidad y dimensiones probables. Las condiciones del agua freática cerca de la base de las pilas, o en la vecindad de las campanas propuestas, deben explorarse cuidadosamente, utilizando técnicas como la de llenar con agua los agujeros cuando llegan a profundidades críticas, y observar la rapidez con que baja su nivel. Cuando menos algunos de los sondeos deben convertirse en pozos de observación.

En algunos casos el terreno puede convertirse, de material potencialmente inestable, a estable, ya sea desaguándolo o inyectándolo. Si, por ejemplo, la inestabilidad de las paredes se debe a zonas permeables sin cohesión, puede ser posible drenar todo el emplazamiento de la obra haciendo descender el nivel del agua freática a uno inferior al del fondo de las perforaciones. Luego éstas pueden excavar en seco y el ademe puede ya no ser necesario. Si solamente hay unas cuantas de éstas zonas y sus posiciones están bien definidas, algunas veces pueden estabilizarse con inyecciones antes de perforar, aunque la posibilidad de que las inyecciones resulten incompletas introduce gran incertidumbre en el procedimiento.

Con mucho, el método más usado para perforar cuerpos de pila que de otra manera serían inestables, consiste en el uso de lodos semejantes al de perforación. El líquido espeso impide la entrada del agua y de los materiales adyacentes.

No debe intentarse formar campanas para la ampliación de la base de las pilas, a menos que el suelo sea lo suficientemente cohesivo para permitir que el techo no se desplome durante el

tiempo que transcurre entre la excavación, la limpieza del fondo y el colado con concreto dentro de la propia campana. Por la dificultad de satisfacer esta condición, en muchos lugares es preferible prolongar la pila recta hasta encajarla suficientemente en los materiales firmes para que pueda soportar la carga por fricción lateral.

Las campanas generalmente se forman conectando un cucharón especial a la cabeza giratoria, en lugar de la barrena helicoidal para perforación. Este cucharón consta de un cilindro con dos cuchillas articuladas en el extremo superior, que se cierran dentro del cilindro cuando se hace descender el cucharón por la perforación; cuando el cucharón llega al fondo de la perforación, se sacan las hojas por unas ranuras verticales del mismo; se hace girar el cucharón y el suelo que cortan las cuchillas cae dentro de él. Después de unas cuantas revoluciones, las cuchillas se retraen, el cucharón se eleva y se vacía. El procedimiento se repite tantas veces como sea necesario.

En comparación con el tiempo requerido para la perforación, el de la formación de la campana es bastante largo. Como la tendencia en cualquier excavación sin apoyo es licuarse o caerse con el tiempo, las condiciones del suelo para formar un agujero con campana deben ser generalmente más favorables que cuando solamente se hace la perforación.

Para el colado en seco, normalmente se deja caer libremente el concreto desde la superficie del terreno. Puede ocurrir una segregación perjudicial del cemento y los agregados si el concreto cae contra los lados de la excavación; por lo tanto, si el diámetro es pequeño, usualmente se coloca un tubo vertical corto como guía en el centro de la perforación donde se introduce el concreto.

Generalmente, sólo se requiere vibración en los 2 o 3 m. superiores de la perforación, en los que el impacto del concreto al caer es inefectivo. El refuerzo puede introducirse dándole la forma de una armadura cilíndrica por la cual puede caer el concreto libremente.

El revenimiento del concreto depende de las dimensiones de la pila, de que haya ademe, de que sea necesario o no extraerlo y del refuerzo. En la mayor parte de los casos resulta adecuado un revenimiento de 15 cm., pero pueden usarse mayores en las pilas muy reforzadas y en las de diámetro pequeño, en las que haya que extraer el ademe.

La presencia de unos centímetros de agua en el fondo de la perforación de la campana, excepto que esté localizada en un pequeño sumidero, puede reducir apreciablemente la resistencia del concreto. Algunas veces se colocan sacos de cemento en el fondo para que absorban el exceso de agua antes de colar el concreto. Más de 5 cm. de agua pueden causar la segregación del concreto; el agua sube arriba del concreto y el resto del mismo debe atravesarla. Es probable que ocurra una separación casi completa del cemento y los agregados cuando la profundidad del agua sea de 15 cm. o más. Por lo tanto, si es posible deberán taparse todas las fuentes del agua que puedan entrar.

Si no puede impedirse la entrada de agua, pero si el agua no sube más de 6 mm/min, puede excavarce cerca del centro un cárcamo de pequeña sección transversal comparada con la base, y achicarse el agua por bombeo. Con el concreto listo, se saca la bomba tan rápidamente como sea posible y se introduce en la perforación una cantidad sustancial de concreto.

Si las filtraciones son demasiado grandes para que se pueda colar en seco, puede permitirse que el nivel del agua suba libremente hasta que llegue al equilibrio, siempre que el agua no transporte una cantidad perjudicial de material suelto a la perforación.

Después de que se han tapado las filtraciones, el concreto debe colarse con trompa de elefante (Tremie), cuyo extremo debe quedar inicialmente a una distancia no mayor de 30 cm. del fondo de la perforación. El embudo se va subiendo conforme se va colando el concreto, pero su extremo debe permanecer siempre 30 cm. dentro del mismo.

Con este sistema, el concreto puede colarse también bajo el agua, en las pilas sin ademe llenas de lodo, pero en este caso deben emplearse técnicas refinadas y contratistas especialistas experimentados.

Como el ademe es costoso, frecuentemente se saca conforme se va colando el concreto. Este procedimiento, a menos que se controle con mucho cuidado, conduce a serios defectos en las pilas coladas. No debe intentarse si el concreto se coló con trompa de elefante. Algunos de los defectos más importantes de las cimentaciones en estos últimos años se han debido a los intentos para recuperar ademes durante el colado, especialmente en las pilas profundas. A menos que las condiciones sean razonablemente favorables y que la supervisión y control sean los mejores, la técnica debe evitarse. El costo del ademe puede resultar insignificante en relación con el costo del daño que puede hacerse con una pila defectuosa.

Debido a que los detalles en el proceso de construcción tienen una influencia decisiva en el comportamiento de las pilas coladas sin molde, la inspección y supervisión tienen un papel extraordinariamente importante, especialmente si las pilas son profundas, o si no pueden perforarse y colarse en seco.

Durante la excavación, el supervisor debe asegurarse que los cuerpos de las pilas estén dentro de las tolerancias de verticalidad y de dimensiones, que las paredes de la perforación no se hayan derrumbado, que el fondo se haya limpiado adecuadamente, que la campana esté correctamente formada e intacta, que la naturaleza de los materiales en la base de las pilas corresponda con la que se consideró en el proyecto, y que el agua subterránea esté correctamente controlada.

VI.2.2.1 ESPECIFICACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN DE PILAS

El concreto para la construcción de las pilas tendrá las siguientes propiedades:

Resistencia del concreto a la compresión

$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad del concreto	$E_c = 8,000 \text{ kg/cm}^2$
Tamaño máximo del agregado grueso	5 cm. (2")
Revenimiento mínimo	15 cm.
Revenimiento máximo	20 cm.

La sección circular de las pilas P-1, P-2, P-3, P-4, será de 80 cm. de diámetro distribuidas según plano anexo ES-101, y con dimensiones de campana especificadas en cada caso. El NDP (nivel de desplante de pila) será hasta 19.30 m. de profundidad en general.

VI.2.2.2 ARMADO Y COLADO DE PILAS.

- 1.- Se habilitará el armado de cada pila según se indica en planos.
- 2.- El recubrimiento mínimo será de 7 cm., y para garantizarlo, se deberán utilizar silletas y separadores de plástico colocados en un número de 6 por sección circular de la pila y separados longitudinalmente a cada 2 m.
- 3.- Se colocará el armado en las perforaciones utilizando centradores. La jaula del armado se rigidizará con varillas para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación.
- 4.- Las pilas se colarán desde el nivel actual de pavimento con el procedimiento tradicional de tubo Tremie. Se deberá garantizar que la tubería quede embebida en el concreto por lo menos una longitud de 1.0 m., y se utilizará un tapón deslizante que evite la segregación del concreto. Al inicio del colado la tubería se colocará 20 cm. por encima del nivel de desplante.
- 5.- Las pilas se deberán colar 1 m. por encima del lecho inferior de las trabes de liga.
- 6.- Una vez realizada la excavación se demolerá hasta el nivel del lecho inferior de las trabes de liga; la demolición se efectuará con martillo neumático empezando en la periferia y por la cabeza de la pila, y así sucesivamente hasta llegar al núcleo y en forma ascendente; los últimos 20 cm. serán demolidos con maceta y cincel.
- 7.- El refuerzo de la pila se suspenderá en capas de forma que en ningún caso se suspenda más del 25% del refuerzo en una sola sección.
- 8.- La distancia mínima entre secciones de recorte de varillas no será menor a 50 cm.
- 9.- El refuerzo deberá suspenderse siempre en forma simétrica respecto a un eje que pase por el centro de la pila, o lo más aproximado a la simetría cuando esto no sea estrictamente posible.



VI.3. ESTRUCTURA

VI.3.1. DADOS SOBRE PILAS.

Como se ha mencionado, para transmitir la carga del Edificio a las pilas se requieren elementos intermedios que sean capaces de resistir las altas concentraciones de cargas impuestas por los pilas y las columnas. Estos elementos son los dados que ligan a las contratraves mismas con las pilas.

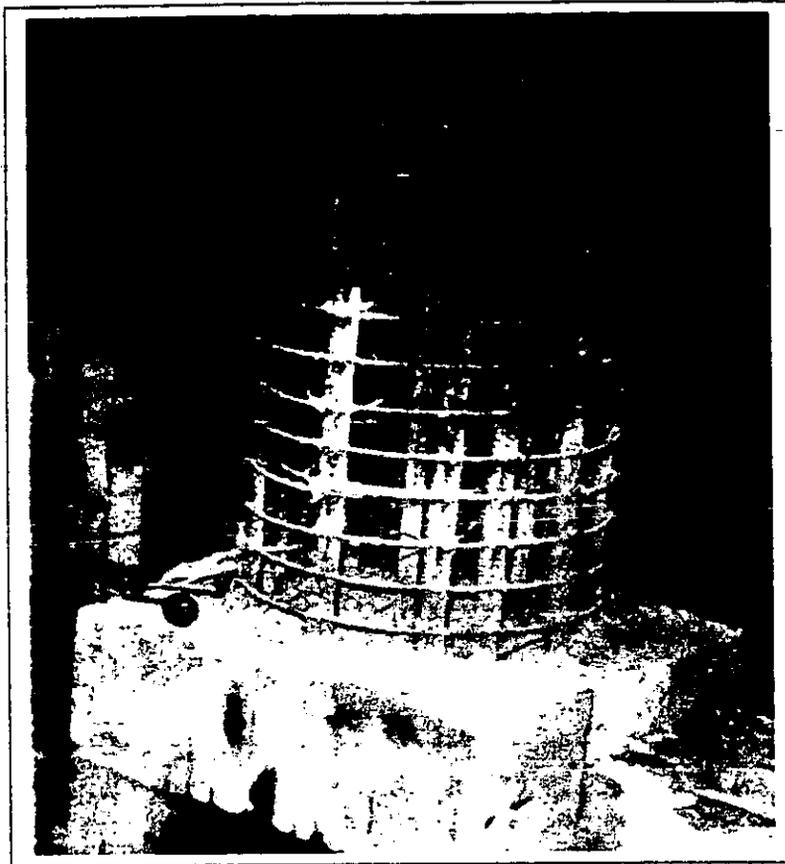
Para lograr una adecuada continuidad es necesario que las cabezas de las pilas queden ancladas dentro del dado o zapata. Es recomendable que la pila sobresalga al menos 15 cm. del lecho bajo del dado y quede ahogado dentro de éste. En pilas de concreto reforzado es práctica acostumbrada demoler el concreto de la pila en la zona en que quedará embebido dentro del dado, y así anclar el refuerzo descubierto al colar el concreto del dado

Las pilas se distribuyen bajo el dado o zapata respetando los requisitos de espaciamiento y separación mínima del borde. Es siempre conveniente que, bajo las cargas de servicio, el centro de aplicación de la carga coincida con el centroide de las pilas. Cuando el número de pilas bajo una zapata es alto, las cargas que éstos transmiten se asemejan a una presión uniforme y el diseño de la zapata es idéntico al que se realiza cuando ésta se apoya directamente sobre el suelo. Cuando se trata de pocas pilas, su efecto sobre la zapata debe considerarse como el de cargas

concentradas y debe realizarse el diseño por flexión, por cortante de viga y por cortante de punzonamiento.

Por su notable peralte y por las altas cargas concentradas que tienen que transmitir, es común que los dados o zapatas sobre pilas se refuercen en ambos lechos y con estribos, colocando además refuerzo en lechos intermedios para cumplir con los requisitos por cambios volumétricos.

Para efectos de anteproyecto, las dimensiones del dado suelen sobresalir por lo menos 5 cm. a cada lado de la columna, y es recomendable colar una plantilla de concreto pobre $f'c = 100$ kg/cm² de 5 cm. de espesor sobre el área donde se desplantará el dado.



Las secciones y armados de los dados se muestran en plano anexo ES-108.

Otras funciones del dado son el tomar momentos debido a excentricidades de la carga, y proporcionar protección adicional contra la corrosión del refuerzo de la columna en estructuras sumergidas o en contacto con suelos saturados. Así mismo el recubrimiento libre indicado entre las varillas y el concreto, será de 4 cm. Los estribos deberán ser cerrados y de una sola pieza (tipo jaula), rematando en una esquina con dobleces de 135 grados seguidos de tramos rectos, localizando el remate del estribo alternado entre uno y otro.

VI.3.2 TRABES DE LIGA.

Las traves de liga irán empotradas a los dados de concreto ubicados en la base de las columnas.

Sus funciones son las siguientes:

- 1.- Toma momentos de volteo por excentricidad de la carga.
- 2.- Absorbe asentamientos diferenciales.
- 3.- Restringe movimientos horizontales en la cimentación.
- 4.- Proporciona apoyo a muros divisorios o estructurales, transmitiendo las cargas a las zapatas.

El peralte de las traves de liga se puede considerar como la décima parte del claro mayor entre columnas.

Sin embargo, para obtener un empotramiento de columnas casi perfecto, la sección de la trabe de liga debe proporcionar una rigidez de por lo menos 10 veces la de la columna en el sentido de análisis.

Otros criterios recomiendan diseñar tales elementos para resistir al menos el 10% de la mayor de las cargas verticales, transmitidas por las columnas adyacentes.

Las secciones y armados de las traves de liga TL-1 hasta TL-32 se muestran en los planos anexos ES-106 y ES-107.

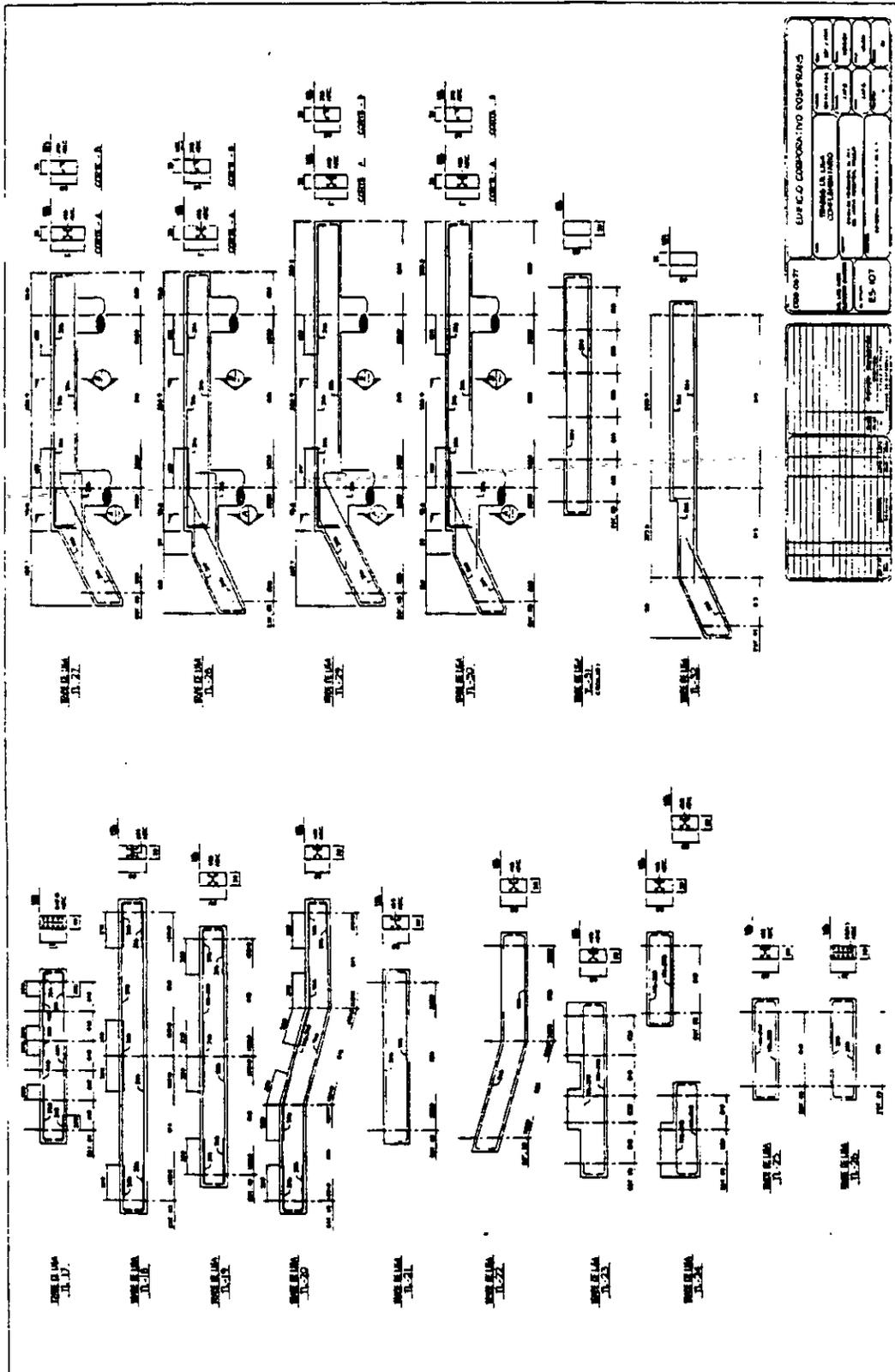
Así mismo el recubrimiento libre indicado entre las varillas y el concreto, será de 3 cm. El esfuerzo de fluencia para varillas del No.3 y mayores será de $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

VI.3.3 MUROS.

El muro puede tener 3 funciones: cargar, aislar y separar, pudiendo desde luego mencionar otra clasificación:

- a) Por su trabajo mecánico, en muros de carga y muros de contención o retención.
- b) Por su posición, en muros interiores y muros exteriores.
- c) Por su construcción, en muros opacos, translúcidos o transparentes.
- d) Por su posición dinámica, en muros fijos o móviles.

MUROS DE CARGA. Su función primordial es la de cargar o soportar, y por lo tanto será un elemento sujeto siempre a compresión. El material por lo tanto, debe estar condicionado para esta característica que le pedimos, es decir resistencia y desde luego economía y constructibilidad, por lo que la piedra, el tabique y el concreto serán los materiales que más ventajas reporten.



MUROS DE TABIQUE. Es este material en sus diversas formas y variedades, probablemente el más usado para muros de carga tanto interiores como exteriores. Hay tabiques compactos, perforados y huecos con objeto de llenar las diversas necesidades y proporcionar a los muros características tales como la de impermeabilidad, aislamiento térmico y acústico, mejor adherencia al mortero, mayor ligereza, etc. Casi todos ellos son, o bien fabricados en medidas múltiplos de 7, o en múltiplos de 5, y todos ellos pueden colocarse en diversos cuatrapeos. Cuando se usan tabiques huecos, el muro puede hacerse en diversos espesores, según el número de paredes resistentes y cámaras de aire que se quiera tener. A mayor número de ellas, mayor aislamiento acústico tendrá este elemento.

El tabique en muchos casos se emplea para la hechura de columnas, donde se debe seguir exactamente el mismo criterio que para muros en lo que respecta a juntas y cuatrapeos.

Todos los muros, independientemente de que estén fabricados de barro o de cemento y en lugares donde exista humedad o salitre, deberán ser impermeabilizados y aislados del terreno en su desplante, mediante cualquier procedimiento de impermeabilización, evitando así que el salitre invada los muros.

JUNTAS. Es el elemento probablemente más importante en lo que respecta el procedimiento constructivo de muros de carga a base de tabiques, ya que otras características tales como las de verticalidad o plomo en los paramentos, horizontalidad en las hiladas y trabazón entre sí de las piezas, son obvias en construcción. Las juntas para que sean perfectas, pueden ser hechas en forma de "V", redondas o cuadradas, y su espesor máximo aceptable es de 1.5 cm., pues en caso de que exceda a esta medida significará que la cantidad de mortero empleado es muy grande, lo cual irá en detrimento de la resistencia a la compresión y al flambeo del muro.

La fatiga a la compresión de un muro debe calcularse de acuerdo con el elemento de menor resistencia, bien sea éste el material usado, o bien el mortero. Los morteros más empleados son hechos a base de una mezcla de cal y arena en proporciones de 1 a 5 ó 1 a 6, empleándose en la actualidad cales sometidas previamente a su hidratación, y en muy raras ocasiones cales vivas apagadas. Cuando se usan morteros a base de cemento y arena, se usan en proporciones de 1 a 6 ó de 1 a 8.

Es muy importante hacer notar que el trabajo del muro depende en gran parte de sus juntas, y por lo tanto, en un muro las verticales no deben coincidir por ningún motivo, sino que debe haber trabazón entre las piezas con objeto de romper esa continuidad

REFUERZOS EN MUROS. Es costumbre en México, en la construcción de muros de tabique, usar elementos de concreto como refuerzo para los mismos, los cuales reportan a la estructura diferentes ventajas. Estos refuerzos se hacen, por lo general, del espesor del muro y con varillas de secciones ligeras.

REFUERZOS VERTICALES. Se les conoce comunmente con el nombre de “castillos”, y cumplen varias funciones según la forma en que estén colocados:

- a) En muros largos ayudan a evitar el flambeo; caso típico de esto es la construcción de bardas y muros largos, en los que no se tienen muros normales a ellos que puedan ayudarlos.
- b) Colocados en esquinas sirven para proteger las mismas contra el rozamiento y el desgaste.
- c) Ubicados a distancias relativamente cortas, entre 1 a 2 m., sirven para aumentar la capacidad de carga del muro. Ya que la sección del castillo depende lógicamente del ancho o espesor del muro, su resistencia como columna es muy reducida, por lo que para poder soportar cargas relativamente grandes, hay que acercarlos a las distancias ya mencionadas.

Desde luego, el refuerzo vertical presenta también desventajas de tipo constructivo, ya que al quedar el concreto formando parte integral de un muro de tabique, ambos materiales tienen distintos módulos de elasticidad, distintos coeficientes de dilatación y distintas resistencias a la compresión, lo que origina que frecuentemente aparezcan grietas en la línea de unión entre los castillos y el tabique propiamente dicho.

REFUERZOS HORIZONTALES. Estos elementos son comunmente conocidos con el nombre de “cadenas” ó “daldas”, que reportan, desde luego, mayores ventajas que los refuerzos verticales, por lo que, en casos en los que se quiera economizar, es preferible usar los elementos horizontales y prescindir de los verticales, pues las funciones específicas de estos elementos son realmente ventajosas.

a) **EN CIMENTACIONES.** Colocados al nivel del cimiento funcionan propiamente como contratrabes o cadenas de repartición, con lo que se obtiene que las cargas estén mejor repartidas por una parte, y por otra, en caso de que por fallas del terreno pueda sufrir la cimentación en algún punto, la cadena servirá para llevar las cargas a las zonas en que no existan estos defectos; sus secciones pueden variar, pero es recomendable construirlas de un tamaño mínimo de 20 x 20 cm.

b) **EN LA ESTRUCTURA PROPIAMENTE.** Este tipo de elementos deben correrse preferiblemente a un mismo nivel en toda la construcción, y de preferencia al nivel de cerramientos de puertas y ventanas de ser posible. En esta forma se logrará amarrar entre sí todos los muros. Por otra parte, estos elementos reducen la altura de los muros sujeta al flambeo al apoyarse en los muros laterales y, en caso de que pueda haber asentamientos desiguales, presentarán resistencia oponiéndose a que esto suceda.

CUARTEADURAS EN MUROS. La clasificación más simple de cuarteaduras en muros de tabique o piedra es la siguiente:

a) **CUARTEADURAS VERTICALES.** Estas pueden obedecer a diversas causas, siendo las más comunes el enjutamiento de muros debido a cambios de temperatura., el fraguado desigual de sus diversos materiales, o bien por la existencia de tuberías o elementos de diversas instalaciones embutidas dentro de ellos, y que para su colocación, en un principio se hicieron ranuras que destruyeron la unidad del muro. Es muy frecuente, por lo tanto, encontrar este tipo de grietas en las líneas de unión de refuerzos verticales de concreto y muros de tabique. Este tipo de grietas casi nunca tienen importancia y una vez aparecidas, el defecto puede resanarse en forma normal casi siempre sin peligro de que vuelvan a aparecer.

b) **CUARTEADURAS INCLINADAS.** Este tipo de grietas se deben a deformaciones producidas por asentamientos desiguales en una construcción, y se puede decir que una línea perpendicular a la cuarteadura indicará casi exactamente el lugar del asentamiento. La forma de evitar que estas cuarteaduras sigan apareciendo, será la de investigar la causa de este asentamiento que, si se debe a fallas de terreno, podrá ser corregido ampliando la cimentación en ese punto; pero si es debido a la vecindad de construcciones sumamente pesadas que han "jalado", por decirlo así, a las construcciones ligeras colindantes, es casi imposible proceder a su reparación. Es por esto una buena práctica, desligar las construcciones una de otra, dejando una junta de deslizamiento mínima de 5 a 10 cm. para evitar en esta forma daños mayores.

En general este tipo de grietas no son de peligro, salvo que sean muy exageradas, y la mejor manera de repararlas consistirá en introducir cuñas de piedra a presión por ambos lados del muro, pegadas con cemento, que tendrán por objeto hacer que la parte superior del muro vuelva a apoyarse sobre la inferior comprimiendo ambas partes que, desde luego estarán flojas, y naturalmente, llenar el hueco consecuencia de la grieta.

c) **CUARTEADURAS HORIZONTALES.** Estas pueden localizarse en diversas partes del muro, como se detalla a continuación:

En la **parte superior** se deben por lo general a dilataciones de la cubierta y el muro; se producen con frecuencia donde los techos están muy expuestos al sol, y son de difícil compostura pero casi nunca de peligro. Para prevenirlas basta ligar el techo con castillos a la cadena o refuerzo horizontal al nivel de cerramientos. Ocurren también debido al flambeo de las losas, lo que origina una grieta exactamente entre el apoyo de la losa y el muro; cuando este flambeo no es de importancia, y por lo general la grieta tampoco, una vez ocurrida ésta puede repararse mediante el relleno de la misma.

Las cuarteaduras a la **mitad del muro** suelen ser las de más peligro, pues aparecen cuando el muro corre el riesgo de desplomarse por flambeo. Su arreglo desde luego es radical, pues es necesario cambiar el muro y aumentar el espesor del mismo, haciendo previamente los apuntalamientos correspondientes del entepiso o techo.

En la **parte inferior** las cuarteaduras son poco frecuentes y sumamente peligrosas; casi siempre ocurren en casas ligeras donde el muro ha sufrido un desalojamiento horizontal en su parte inferior, consecuencia casi siempre de la dilatación de los polines o vigas de madera que

sostienen el entrepiso, los cuales erróneamente no fueron dejados separados del muro como ya se ha indicado. Lógicamente, la viga o polín al mojarse o estar sujeto a una atmósfera muy húmeda, tenderá a hincharse y empujará por los extremos.

MUROS DE CONCRETO. Estos muros presenta grandes ventajas desde todos los puntos de vista, ya que aparte de poder resistir esfuerzos de compresión, pueden estar sujetos asimismo a flexiones y empujes horizontales. Su empleo, por lo general, es en aquellas partes de la construcción en que se necesita dar a la estructura un elemento rígido capaz de soportar empujes laterales, como en el caso de los muros de contención, o bien cuando se usan como elementos para tomar los esfuerzos de los temblores

ARMADOS. Los muros de concreto pueden ser armados en diversas formas: si se encuentran sujetos en su parte superior e inferior, el acero de refuerzo vertical será el único que trabaje y que tome todo el esfuerzo; pero si están sujetos por sus cuatro lados, trabajará tanto el acero horizontal como el vertical. La suma del acero de refuerzo transversal y vertical no debe ser menor del 0.5% del volumen del muro, y las varillas que ayuden a la resistencia del mismo, deben tener una separación no menor de 2.5 veces el espesor del muro. Se debe siempre usar acero por temperatura: en el sentido vertical no deberá ser menor del 0.2%, y en el horizontal deberá ser entre el 0.2% y el 0.4%.

Cuando se encuentran estos muros apoyados en sus cuatro lados, su armado es similar al de las losas perimetrales, es decir, espaciando más el acero en los cuartos extremos de las losas que en el centro.

Cuando este tipo de muros va a llevar algún recubrimiento como piedra u otros materiales, es conveniente dejar anclas durante su colado; generalmente se usan alambrones para sujetar posteriormente el recubrimiento al mismo y evitar en esta forma su desprendimiento.

Las secciones y armados de los muros de concreto se muestran en los planos anexos ES-111 y ES-112.

CIMBRADO. La cimbra es un sistema integrado por formas de madera o metal y sus soportes, cuya función es la de contener el concreto hasta que éste haya alcanzado su fraguado final y, consecuentemente, la resistencia necesaria para autosoportarse. El costo de la cimbra para una obra de concreto puede representar entre el 35 y 60% del costo total por concepto de concreto, por lo que el diseño y construcción de cimbras demanda buen juicio y una adecuada planeación que garanticen economía y seguridad.

Para reunir estos requisitos, **una cimbra debe poseer las siguientes propiedades:**

- Tener la geometría del concreto.
- No deformarse más allá de las tolerancias del concreto.
- No permitir la pérdida de lechada
- Facilitar el llenado.

Características de la cimbra:

- | | | |
|---|------------------------------|----------------------|
| - | Resistente. | Fácil de armar. |
| - | Durable. | Fácil de descimbrar. |
| - | Indeformable. | Fácil de limpiar. |
| - | Textura adecuada al acabado. | Económica. |
| - | Hermética. | |

Las cimbras deben diseñarse tomando muy en cuenta los esfuerzos por un lado, y la resistencia de los materiales empleados en su construcción. En términos generales, una cimbra se integra fundamentalmente por dos estructuras:

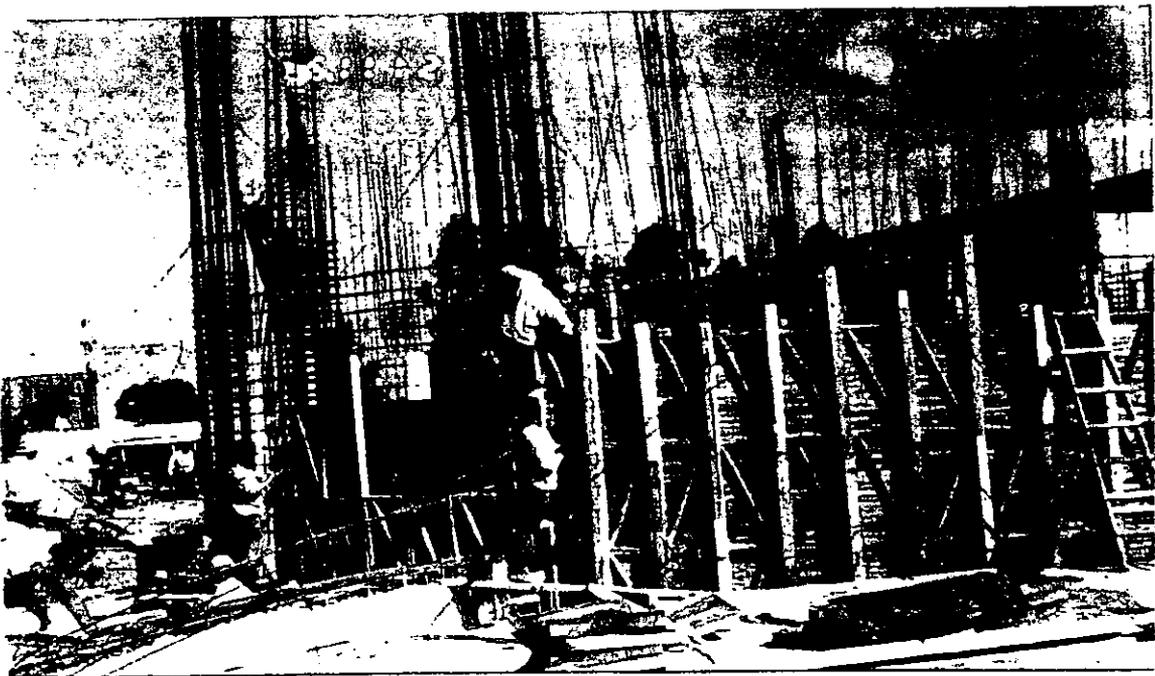
a) cimbra de contacto.

b) obra falsa.

Cimbra de contacto es la que se encuentra directamente en contacto con el concreto, y cuya función primordial es contener y configurar al concreto de acuerdo con el diseño de la estructura; se compone principalmente por paneles, tarimas, moldes prefabricados, etc.

Obra falsa es la constituida por elementos que trabajan estructuralmente soportando a la cimbra de contacto; los elementos más comunmente usados en la obra falsa son vigas maderas, pies derechos, contravientos, etc.

Los materiales de las cimbras pueden ser establecidos por la economía, la necesidad, o por una combinación de los dos factores. Entre los materiales más comunes se encuentran la madera, el triplay y el acero, ya sea separadamente o en combinación. Sin embargo, si las cimbras pueden fabricarse en tableros o en otras formas que permiten utilizarlas muchas veces, el mayor número de usos puede hacer más bajo el costo por cada operación.



Las cimbras o moldes se ejecutan comunmente de madera por ser un material que adopta con relativa facilidad diferentes formas y cuyo costo era, pues ha dejado de serlo ya, relativamente bajo.

Una cimbra de madera en contacto directo con el concreto y en la cual se ha empleado una buena mano de obra, puede ser usada de 4 a 6 veces. Si el elemento no está en contacto directo con el concreto, como sucede en el caso de puntales, postes, refuerzos de tarimas, largueros, madrinas, contraventeos, etc., su vida útil comunmente se calcula de 10 a 12 usos.

MUROS DIVISORIOS. Su función primordial es la de separar o aislar, por lo que se requiere que posean diversas características, tales como la de ser acústicos, aislantes, impermeables, térmicos, o bien que tengan una determinada resistencia a la fricción o a los golpes, etc. Hay pocos materiales que por sí solos reúnan todas estas condiciones, y de aquí el por qué en la actualidad se empleen los recubrimientos para satisfacer las características especiales pedidas.

MUROS DE CONTENCIÓN. El esfuerzo a que estos muros estarán sujetos será el de flexión, ya que su función primordial es la de soportar empujes horizontales. Podemos clasificarlos en muros para contener tierra, agua y aire; los materiales que más se conjugan con esta función son probablemente la piedra y el concreto para los dos primeros, y algunas estructuras metálicas y materiales ligeros pero resistentes para los últimos.

En el caso que nos ocupa, los muros de concreto armado adquieren demasiada importancia por que además de ser de carga están resistiendo los efectos de torsión que se presentan debido a la forma irregular que se tiene en la estructura del edificio.

VI.3.4. COLUMNAS.

Las columnas son elementos estructurales que sirven para transmitir las cargas de la estructura al cimiento. Las formas, los armados y las especificaciones de las columnas estarán en razón directa al tipo de esfuerzos a que estén expuestas.

Su construcción en cuanto a la forma que tendrá es muy variada; existen redondas, cuadradas, rectangulares, cónicas, etc., y pueden elaborarse con materiales como madera, tabique, piedra, acero, concreto, etc., siendo estos dos últimos materiales los más usados por su nobleza, resistencia y adaptabilidad.

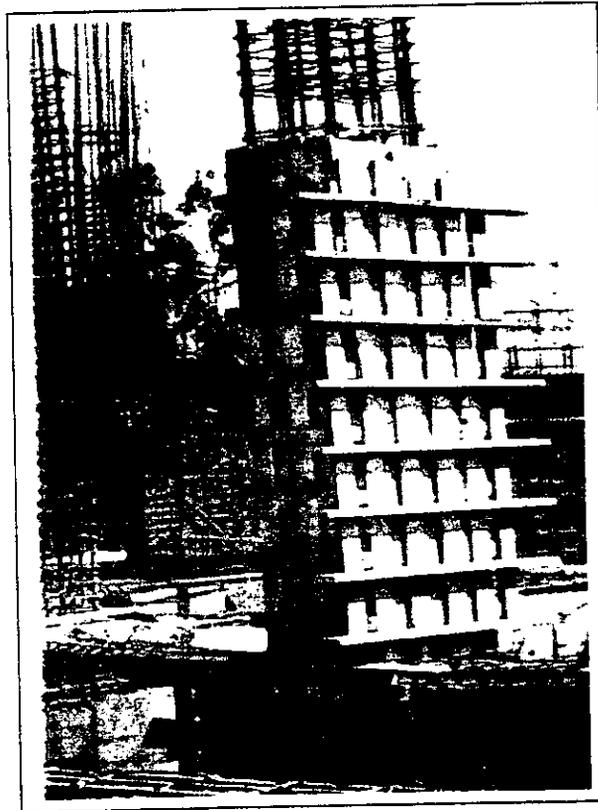
Cuando se trata de columnas de concreto armado, la cimbra se mojará y lavará previamente, sujetándola y aplomándola convenientemente por sus cuatro lados; posteriormente deberá colarse de una sola vez cualquiera que sea su altura. Cuando ésta sea excesiva, se deberán tomar las providencias necesarias de picado, vibrado, etc., para que el colado quede correctamente desde la base. Adicionalmente, deben rectificarse plomos y niveles continuamente por los cuatro lados de la columna.

Las varillas longitudinales se colocarán en los vértices y por el interior de los anillos siendo del número 5 o 6 según sea el caso, amarradas con alambre recocido del número 18, y los anillos o estribos con varilla del número 3 a cada 20 cm. de separación.

El diámetro efectivo del capitel de una columna no deberá ser menor de $0.20 L$, donde L es la longitud del claro en losas cuadradas o el promedio de la longitud de los lados en losas rectangulares. En columnas exteriores las ménsulas pueden substituirse por capiteles, siempre que la cara inclinada de la ménsula forme un ángulo no mayor de 45° con la cara de la columna y no sea de menor anchura que la columna.

Las secciones y armados de las columnas de concreto se muestran en el plano anexo ES-109. Para cimbrar una columna de sección cuadrada o rectangular, se procede a construir cuatro costados iguales a las dimensiones laterales de la pieza a colar, en los cuales el triplay o madera de contacto se clava permanentemente sobre travesaños colocados a 40 ó 50 cm. de separación y cuya longitud excede en 40 cm. aproximadamente el ancho del costado. Estos travesaños se colocan de canto en tal forma que al hacerse la caja de la columna, los correspondientes a dos caras opuestas monten exactamente sobre los de las caras laterales.

En esta forma se obtiene en las esquinas, una serie de ángulos rectos formados por las salientes de los travesaños en los cuales se puede colocar cuatro polines que servirán para amacizar entre sí por medio de sargentos metálicos o de madera, la cimbra completa. La caja así formada, se plomea por medio de cuatro puntales inclinados apoyados en cuñas empotradas en la losa o en el terreno.



En esta forma se logra la construcción de una pieza cuyo descimbrado es sencillo, rápido, y sobre todo, sin destruir la madera o triplay de contacto. Para evitar que se pegue al concreto a la vez que aumentar su duración, es conveniente engrasarla usando cualquiera de los productos usuales, como aceite lubricante quemado, grasa amarilla, aceite de linaza o algún otro tipo de grasa especial a base de petróleo y parafina.

Es muy conveniente colocar chaflanes de madera de 1" en las esquinas de las cimbras de columnas cuadradas, con objeto de evitar que al descimbrar puedan romperse las aristas vivas.

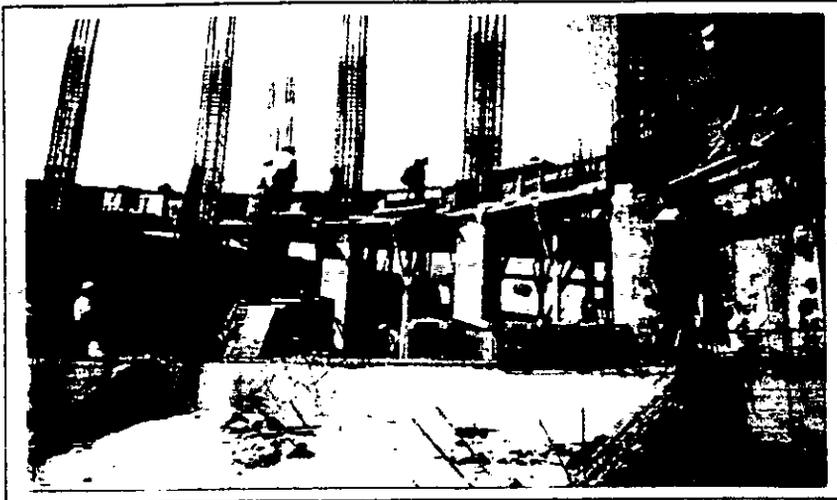
Para columnas redondas el procedimiento normalmente usado es el uso de cerchas, las cuales se hacen generalmente de tablón de 1 ½" ó 2", en los cuales se cala media circunferencia, cuyo diámetro es igual al diámetro de la columna, más dos veces el ancho de la tira que se use. La mano de obra para este tipo de cimbras es sumamente laboriosa y su costo muy elevado. Las técnicas de construcción han propiciado que se empleen otros sistemas para el colado de estas piezas, como el empleo de tubos de asbesto-cemento, tubos de cartón (sonotubos), o bien el empleo de lámina metálica del No. 12 al 18.



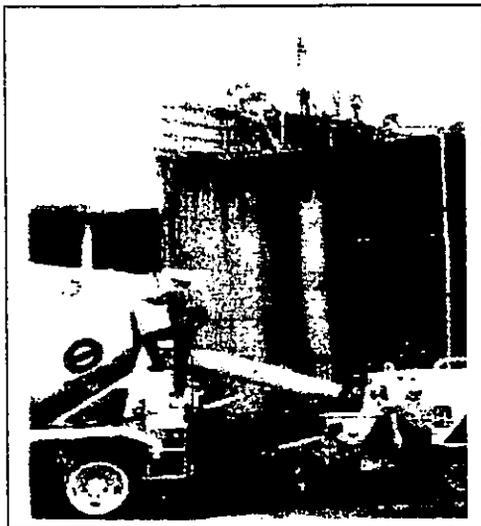
VI.3.5 ELEMENTOS HORIZONTALES

VI.3.5.1 TRABES DE CONCRETO ARMADO

Habiendo colado las columnas de concreto armado en el área de auditorio, se procedió a colocar la cimbra que a la vez sirve de base para soportar el acero de refuerzo que formará la trabe del siguiente nivel.



Concluyendo posteriormente con la colocación de la cimbra lateral que servirá de soporte para el colado de la pieza. La mayor parte de la obra se llevó a cabo utilizando concreto premezclado el cual era recibido con intervalos de 30 minutos. En esta etapa de la obra.



Para salvar las distancias tanto horizontales como verticales en lo que se refiere al traslado del concreto, se utilizaron bombas de concreto que recibían el producto al pie del camión y lo bombeaban hasta el lugar en que era necesario colocarlo.

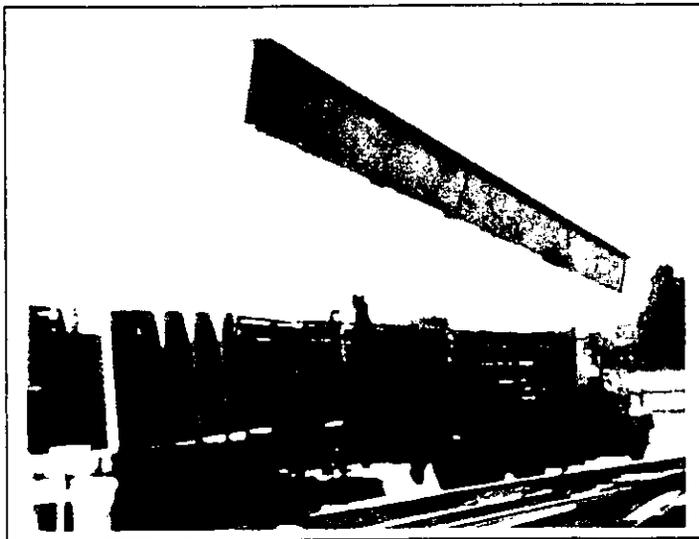
Con objeto de aprovechar las ollas completas de concreto premezclado se fueron preparando el armado y cimbrado de varias traveses a la vez.

En todos los casos se hicieron cilindros de prueba. Durante los colados se llevó un control del tiempo de vibrado con objeto de estar dentro de las especificaciones.

VI.3.5.2 VIGAS DE ACERO PRINCIPALES Y SECUNDARIAS

La totalidad de las vigas de acero laminado, tanto las principales como las secundarias, fueron fabricadas en taller y llevadas en transportes especiales hasta el sitio de la obra.

La colocación de cada una de ellas en su sitio correspondiente se fue llevando a cabo con el auxilio de una grúa de pluma que se colocó ex profeso en un lugar estratégico que permitiera el acceso a cualquier punto de la obra

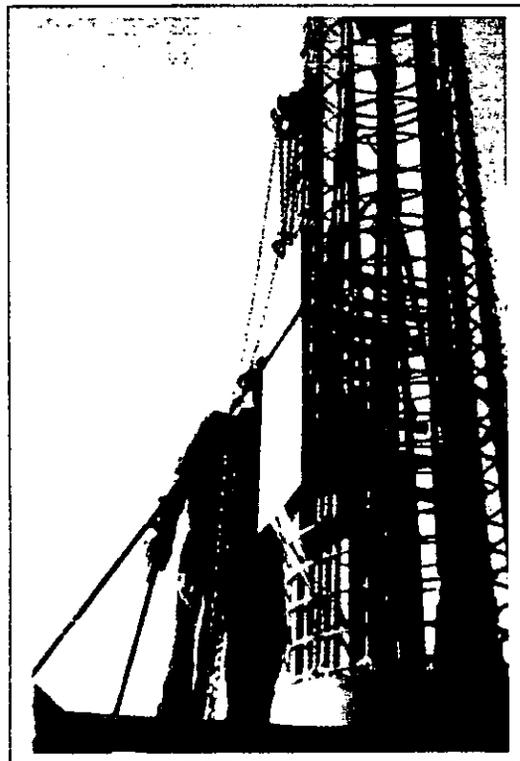


Como se observa en la siguiente fotografía, el momento flexionante de la viga se transmite a la placa por medio de otras placas que se colocan por encima y por debajo de los patines de la viga.

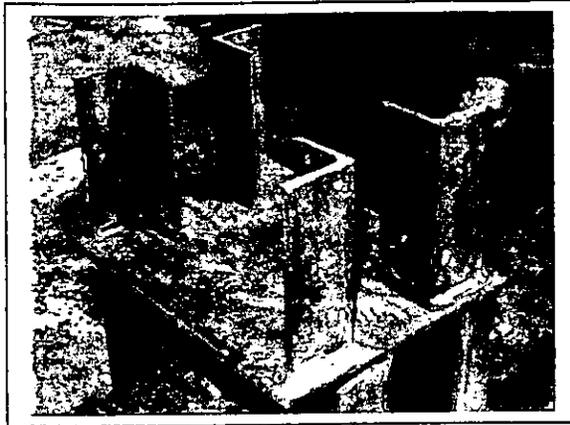


VI.3.5.3. ELEMENTOS DE ANCLAJE

La liga entre el elemento horizontal, en éste caso la viga de hierro y la columna de concreto armado, se hizo por medio de soldadura a través de unas placas de acero que se anclaron al concreto de la columna por medio de unas barras, también de acero, como se ilustra en la siguiente fotografía

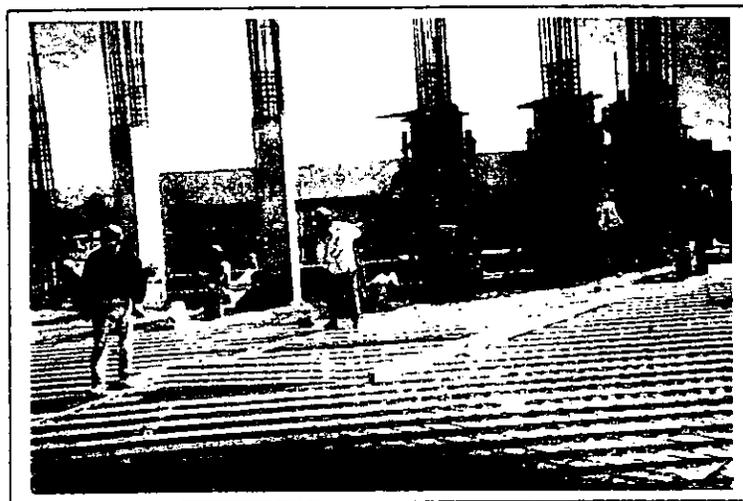


Para ligar las viguetas a los muros de concreto armado, también se usaron placas de acero que tienen unidos unos de perfiles de acero, que funcionan como anclas y que fueron ahogadas en el concreto.

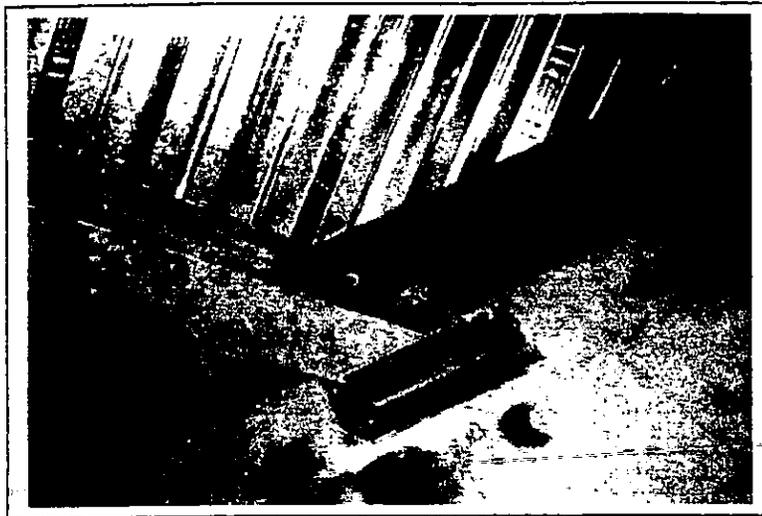


VI.3.5.4 LOSA ACERO (LOSACERO)

Las losas de entrepiso así como las losas tapa, fueron resueltas con losacero, procedimiento que permite abatir los tiempos de construcción y a la vez, cierto ahorro en la cimbra, ya que la misma losacero funciona como cimbra perdida.

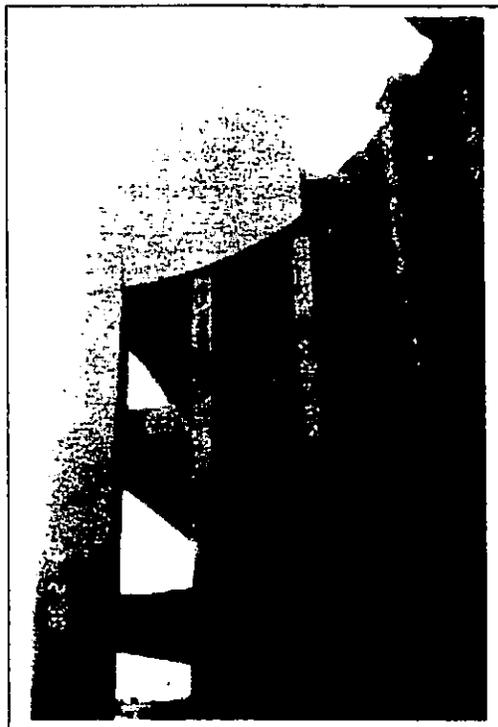
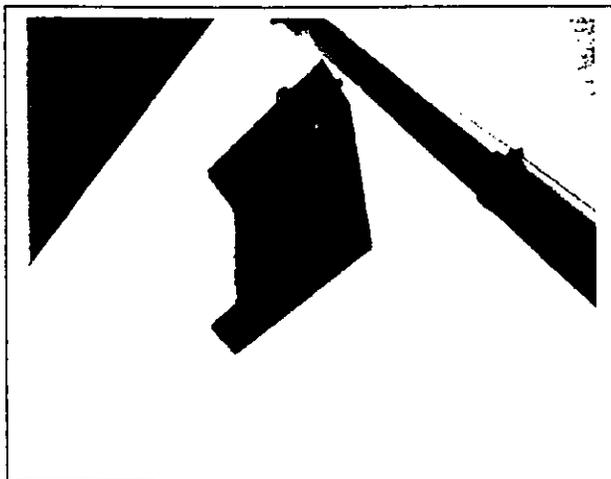


En las uniones de muro con losacero se colocaron unos perfiles de acero que soportan en parte el peso de la losa y que trasmiten al muro la misma carga.



VI.4 FACHADAS

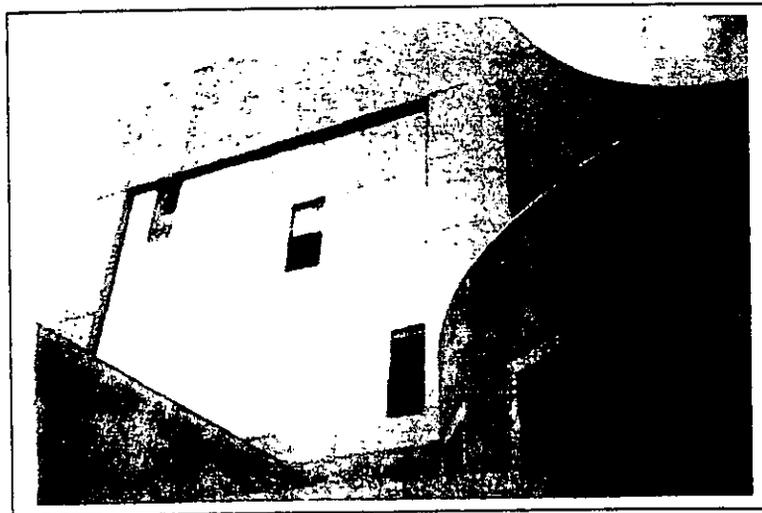
Las fachadas interiores fueron resueltas con elementos prefabricados en taller y colocados en su sitio con ayuda de maquinaria que permitió su elevación, en algunas ocasiones con malacate y en otras con ayuda de grúa.



Los elementos modulares que componen la fachada, fueron ligados a las traves principales de la estructura a través de perfiles PTR soldados a la misma trabe.



Posteriormente a la colocación de los módulos que componen la fachada, se colocó la herrería de aluminio que soportaría al resto de la fachada que se compone de módulos de cristal espejo de 6 mm



VI.5 INSTALACIONES

Habiendo concluido la obra negra, se procedió a la instalación de ductos para resolver la parte del proyecto que corresponde a instalaciones sanitarias e hidráulicas.

Tanto en los patios como en el interior del inmueble se hicieron las cepas necesarias para alojar los ductos que permiten la descarga de aguas negras y pluviales.

Posteriormente se pasó a hacer el ramaleo correspondiente a cada nivel en lo que se refiere a la parte hidráulica y sanitaria.

El sistema contra incendios se resolvió a través del correspondiente ramaleo que corre por los ductos de ventilación a lo largo de todos los pisos, habiendo hecho una distribución conveniente desde el acceso al predio con la toma siamesa, pasando por la cisterna hasta llegar a las salidas ubicadas en cada piso.

En lo que se refiere al elevador, el cubo del mismo se fue construyendo conforme a las especificaciones que previamente había entregado el fabricante del equipo.

Conforme se iba construyendo el cubo del elevador, se fueron colocando las traveses que soportan todos los mecanismos y guías que permiten el funcionamiento del equipo, garantizando hasta la máxima aproximación las dimensiones del proyecto, proporcionando adecuadamente las prolongaciones requeridas para los sobre pasos, tanto en el extremo inferior hasta la fosa, como en el superior o límite del cuarto de máquinas.

Se proporcionaron elementos de soporte que permitieron la fijación con ménsulas de rieles para la cabina y el contrapeso con viguetas tipo "I" soldadas en sus extremos.

En la azotea del edificio se construyó el cuarto de máquinas que contiene todos los mecanismos del elevador incluyendo motores y tableros de control. Desde luego se previó la resistencia estructural de la losa de piso del cuarto de máquinas del elevador, habiendo dejado las aberturas que permiten el paso de las partes móviles del mecanismo.

La energía eléctrica se resolvió con ductos de tubería rígida metálica del tipo roscado de pared gruesa y delgada, según las necesidades y también con tubo de PVC con los diámetros correspondientes para cumplir con las especificaciones. Dicha tubería debe ser continua y solamente registrable en cajas de conexiones en tramos no mayores a 20 m cuando sean rectos y de 3 m cuando se presentan curvas de 90°. El radio de las curvas no deberá ser inferior a 6 veces el diámetro del tubo.

Las tuberías alojadas entre losa y plafón se fijaron con abrazaderas de uña y en algunos casos con taquete de balazo.

Describiremos brevemente la instalación eléctrica por partes.

1.- Sistema de Alta Tensión, Subestación y Tableros de Baja Tensión.

En lo que se refiere a la instalación eléctrica, ésta se inicia con la toma de corriente de alto voltaje desde el exterior, por medio de cable subterráneo que es proporcionada por la Compañía de Luz, por medio de una acometida de alimentación de 23 KV. Esta corriente se recibe en una caseta destinada exclusivamente a albergar los equipos de medición, los transformadores y los correspondientes tableros de control, que se ubica en el lado izquierdo del acceso al terreno. En el sótano se ubicó el cuarto de tableros generales que recibe la corriente en baja tensión normal y de emergencia.

La subestación es de tipo compacta para servicio interior, construida en lámina de acero del # 14 y estructura de fierro y está compuesta de:

*Gabinete para recibir la acometida de la Compañía de Luz y Fuerza, aloja en su interior un juego de cuchillas, desconectores sin carga, de operación en grupo desde el exterior provista de ventila, portacandado y tres apartarrayos para sistema de 23 KV con neutro solamente aterrizado para concentración de corriente de descarga de 10 KV mínimo.

*Gabinete para alojar en su interior un interruptor en aire de tipo automático marca Dalle, acondicionado con tres relevadores de sobrecarga y tres apartarrayos con tres fusibles del tipo FLR, con una capacidad interruptiva de 100,000 KS y una corriente nominal de 10 A, con dispositivo para desconectar las tres fases al dispararse cualquiera de los fusibles. De éste interruptor se alimenta un transformador de 300 KVA que alimenta al interruptor general del edificio.

*Gabinete para alojar el equipo de medición en alta tensión, para los servicios generales del edificio, provisto también de puerta con mirilla.

*Acoplamiento para el transformador de servicios generales del edificio.

*Transformador para los servicios generales del edificio tipo "OA", sumergido en aceite, marca Mecsa, de 300 KVA, con primario de 23 KV de voltaje nominal, con cuatro derivaciones de 2 ½ del voltaje nominal, 2 arriba y 2 abajo, con cambiador de derivaciones para operar sin tensión, conexión delta y secundario para 220 volts, conexión estrella con neutro fuera del tanque para operar al nivel de la ciudad de México, con indicador de nivel y temperatura y con los aditamentos indicados según normas ASSA y NEMA.

*Tablero general de baja tensión para servicio normal que aloja en su interior el interruptor general tipo termomagnético de 700 amperes de capacidad, operación manual, montaje fijo de 100,000 amperes, asimétricos de capacidad interruptiva a 240 volts, con 15 interruptores derivados tipo termomagnéticos de 3 polos.

*Tablero general de baja tensión para servicio de emergencia que aloja en su interior el interruptor general tipo termomagnético de 300 amperes, operación manual, montaje fijo de

100,000 amperes asimétricos de capacidad interruptiva a 240 volts, con 17 interruptores derivados de 1,2 y 3 polos.

2.- Sistema de baja tensión.

Dentro del edificio solo se tiene una sola tensión entre fases a 220 volts.

El sistema eléctrico para alimentaciones de los servicios comunes del edificio:

TABLERO	POTENCIA (Kw)	CORRIENTE (AMP)	LONGITUD DESDE TABLERO GENERAL (m)	INTERRUPTORES (AMP)	CALIBRE DEL CONDUCTOR CON TIPO DE AISLAMIENTO THW	OPERA EN EMERGENCIA
A	11.71	34.19	18	3 x 30	8	NO
B	12.63	35.80	30	3 x 30	6	NO
C	4.68	13.66	37	3 x 20	8	NO
D	6.05	17.66	22	3 x 30	8	NO
E	11.91	34.76	34	3 x 50	6	NO
F	9.66	28.20	26	3 x 40	8	NO
H	10.00	29.19	30	3 x 40	8	NO
I	8.18	23.88	42	3 x 30	8	NO
J	10.00	29.19	34	3 x 40	8	NO
K	5.81	16.96	46	3 x 30	8	NO
S	11.97	39.94	19	3 x 30	8	NO
AA	13.00	43.79	70	3 x 60	6	NO
CARCAMO	3.68	10.74	18	3 x 20	10	NO
AE	2.70	13.64	18	2 x 20	8	SI
BE	3.10	25.76	30	2 x 40		SI
CE	3.40	17.17	37	2 x 30	8	SI
DE	4.40	22.22	22	2 x 30	8	SI
FE	9.30	27.15	26	3 x 40	8	SI
GE	13.60	43.97	38	3 x 70	6	SI
HE	10.30	30.07	30	3 x 40	8	SI
IE	7.20	21.02	42	3 x 30	8	SI
JE	6.70	19.36	34	3 x 30	8	SI
KE	0.90	7.87	46	1 x 20	8	SI
SE	2.90	14.65	18	2 x 20	8	SI
LE	0.96	4.85	76	2 x 20	8	SI
ELEVADO R	12.86	37.54	30	3 x 100	2	SI
BOMBA C.I.	8.67	25.31	26	3 x 70	8	SI
HIDRONEUMÁTICO	3.68	10.74	30	3 x 20	10	SI

Sistema de operación de emergencia.-

En el caso en que falle el suministro de energía o que exista un desbalanceo en la tensión por parte de la Compañía de Luz, el edificio cuenta con un generador trifásico para 100 KW de operación continua y 125 KW para operación breve de 20 minutos como máximo, trabajando a un factor de potencia de 0.80. Dicho generador cuenta con un extractor a base de rectificadores y de semiconductores integrados en el motor y en el regulador de voltaje y será del tipo estrella con conexión para el neutro en la caja de conexiones..

Este generador estará acoplado directamente a un motor de combustión interna a base de diesel de 6 cilindros, con aspiración turbocargada, regulador automático de velocidad, enfriamiento por agua a través de un radiador y lubricación con bomba. La planta cuenta también con un tanque de almacenamiento de combustible de 300 litros, silenciador tipo hospital, con base estructural montada sobre base antivibratoria.

La operación de la planta será automática por medio de un tablero de transferencia que actúa al presentarse la falla de energía, mandando una señal de arranque. Al llegar a la velocidad de generación, abre el interruptor de servicio normal y cierra el de emergencia. Al restablecer el servicio, realiza la operación contraria aproximadamente en 60 segundos después y mantiene trabajando el motor en vacío otros 60 segundos.

La planta está provista también de un sistema de desconexión por baja presión y sobre temperatura de agua, así como con indicadores de falla de arranque, voltímetro, amperómetro y frecuenciómetro. Cuenta también con un programador de arranque de prueba de 30 minutos a la semana, con indicación si ésta falla al arranque. El encendido del motor será eléctrico por medio de batería y cuenta con un cargador de la misma. Tiene también un sistema calefactor que tiene por objeto, mantener el agua del motor a una temperatura que facilite el arranque y pueda tomar carga lo más rápido posible.

Esta unidad generadora alimentará al tablero general de emergencia marca Squared El cual contiene un interruptor general tipo termomagnético de 3 polos y con capacidad para 300 amperes.

Todos los alimentadores que parten del tablero general de distribución hasta los demás tableros derivados, irán confinados en un ducto cuadrado embisagrado, marca Squared o bien con tubería conduit galvanizada de pared delgada.

Para alumbrado, también se utilizará tubería conduit galvanizada de pared delgada así como tubería PVC de servicio pesado para contactos.; se está incluyendo en cada trayectoria de éstas canalizaciones, un conductor desnudo conectado a tierra. Esta es una forma de proteger al usuario en tanto que todas las placas de apagadores, contactos y lámparas, estarán directamente conectadas a tierra y no existirá la posibilidad de que quede electrificado algún elemento de la instalación sin que se declare el corto circuito y se desconecte esa parte del sistema.

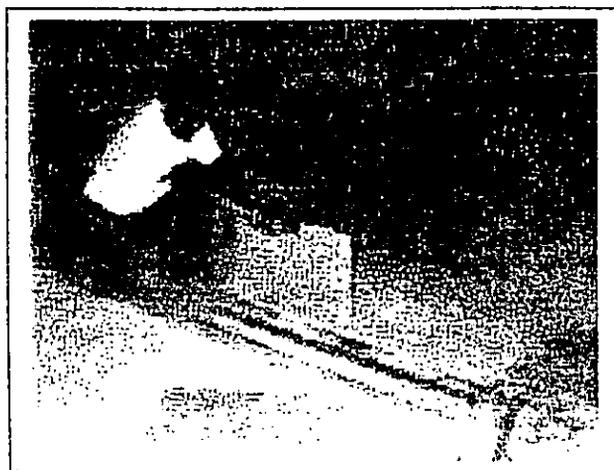
Los registros a utilizar serán de lámina galvanizada, troquelada calibre # 22.

Se deberá tomar en cuenta que la caída de tensión para circuitos derivados, de alumbrado y contactos, no deberá exceder del 2 % y para alimentadores principales a tableros, no deberá exceder del 3 %

En el edificio que cuenta con seis niveles incluyendo el cuarto de máquinas del elevador, se instalaron tableros de distribución para cada zona, tanto en sistema normal como en emergencia.

De dicha caseta se condujeron líneas hasta el área de tableros que se encuentra en el interior del edificio. A partir de éste punto se distribuyeron las líneas de conductores tanto al cuarto de regulación de energía, como al resto del edificio, aprovechando los ductos de paso que ex profeso se habían dejado para eso.

Es de hacer notar que la instalación eléctrica en lo que se refiere a contactos e instalaciones correspondientes a voz y datos, se resolvieron por medio de un sistema de ductos de piso o trincheras que se abrieron a lo largo de todos los niveles. Estas trincheras se hicieron de 40 cm. de ancho y 7 cm. de profundidad y para cubrirlas se ideó un sistema de placas de acero de $\frac{1}{4}$ " de espesor por 60 cm de largo apoyadas en perfiles de ángulo en sus dos lados, permitiendo así el apoyo suficiente para soportar las cargas tanto de alfombras como de muebles y personas.



Para permitir el acceso a cualquier punto del sistema de trincheras se colocó alfombra modular, la cual permitirá fácilmente, ser levantada en caso de necesidad.

El sistema de enfriamiento de aire se inicia en la azotea en la que se ubica una máquina enfriadora de agua, la cual manda su producto a través de una tubería de cobre forrada de material térmico que tiene por objetivo conservar la temperatura del líquido.

Dicha tubería distribuye el agua fría a todos y cada uno de los equipos que forman el sistema, los cuales se encargan de recircular el aire enfriado.

Cada máquina se encarga de retomar el aire del medio ambiente y pasarlo a través de un serpentín para enfriarlo nuevamente; después es canalizado nuevamente por medio de ductos a cada una de las áreas en las que es requerido.

El sistema está integrado por unidades refrigeradoras individuales las cuales se controlan en forma independiente; esto permite una gran flexibilidad tanto en la operación de los equipos como en el control de los consumos de energía eléctrica y mantenimiento de los mismos.

El sistema de pararrayos consiste en una punta de varilla (colocada en la parte más alta de la construcción), de fabricación especial, generalmente de berilio y que contiene un dipolo con radio de 71° y electrodo, con un soporte de duraluminio de 12 m de largo, con cable THW antillama del número 12 aislado, buscando siempre una colocación lo más recta posible y sin uniones; terminando en dos varillas bimetálicas de alma de hierro y periferia de cobre, ahogadas en el producto químico de puesta a tierra.

VI.6 ACABADOS

El proyecto arquitectónico está resuelto en lo que se refiere a fachadas en dos frentes. La fachada frontal presenta dos planos, uno que apunta ligeramente al norte y el otro que tiene una orientación noroeste; en ella resaltan dos columnas ubicadas en los dos extremos de la fachada, con una altura aproximada de 10.50 m, recubiertas de alucobón (recubrimiento de aluminio anodizado); complementan la fachada módulos prefabricados de concreto armado con acabados en concreto natural martelinado; enmarcando unos tableros de cristal espejo de 6 mm de grosor, del tipo solar grey.

La ventanería fue resuelta utilizando aluminio estructural con perfiles mixtos y acabado anodizado; el espesor mínimo típico para todas las secciones es de 1.59 mm (0.063"). Las juntas en las esquinas de ensamble de canceles fueron selladas con productos que garantizan uniones estancadas. Como previsión para compensar los movimientos debidos a cambios de temperatura en la cancelería, se dejó una holgura o junta de dilatación suficiente para absorber éstos desplazamientos.

La superficie de los tableros frontales es de 91.48 y 78.89 m² y están compuestos de 32 y 24 piezas de cristal respectivamente. El área de los tableros posteriores que componen la fachada

es de 106.40, 120.30 m² y la superficie circular es de 160.80 m² y se componen de 40, 28 y 24 piezas de cristal respectivamente.

En el área de escalera se instaló un cancel circular compuesto por 88 piezas de cristal.

La fachada posterior también está resuelta en dos planos que ligeramente apuntan al sureste, divididos por una parte de fachada circular.

En total la superficie cubierta de fachadas es 2,121.72 m² incluyendo módulos prefabricados, tableros de cristal y áreas de aplanados.

Los pisos fueron resueltos en mármol Santo Tomás, en lo que corresponde a las áreas de mayor circulación y el resto se cubrió con alfombra modular, para facilitar el acceso a las trincheras que contienen el sistema de cableado de voz y datos, así como contactos de todo el inmueble.

Los aplanados interiores se hicieron en pasta rayada en su mayor parte y en yeso a regla y plomo en parte. Se usaron pinturas vinílicas en muros y plafones.

Las puertas se hicieron de tambor doble de pino con acabados en laca. Se instaló cerrajería de buena calidad del país.

En sanitarios se colocaron muebles de color de fabricación nacional.

Se colocaron plafones lisos de tabla roca en su mayor parte y también se colocó plafón modular en áreas estratégicas para permitir el acceso al equipo de aire acondicionado; en ocasiones de que haya necesidad de mantenimiento. En planta baja se hizo un diseño de plafones, simulando un movimiento de gajos con iluminación indirecta en los cajillos.

El proyecto de iluminación se hizo en todos los pisos con spots, iluminación indirecta en cajillos e iluminación difusa a través de regiligth. Se colocaron aproximadamente 560 unidades de iluminación en todo el edificio.

En sanitarios se colocó lambrín de cerámica a media altura rematada con moldura de madera de pino y acabados en color nogal.

La escalera principal, hecha de concreto armado, se forró de mármol Santo Tomás y se colocaron pasamanos hechos de tubo de acero soportados por postes formados por perfiles de hierro laminado.

Como parte del proyecto arquitectónico, se colocó en el acceso al edificio una estructura tridimensional hecha a base de perfiles prefabricados que soportan una cubierta de cristal esmerilado. Todo este conjunto está soportado en cuatro columnas circulares de concreto armado

con acabados martelinados. Bajo la misma estructura tridimensional se construyó una escalinata de concreto armado con escalones forrados en recinto natural.

Como detalle de la fachada frontal, parte de ella se recubrió con placas de mármol y cal en verde oscuro que terminan en dos jardineras ubicadas en los extremos de las fachadas. Los patios fueron recubiertos en piedra natural, adopasto en parte y el resto con concreto asfáltico.

VI.7 ESPECIFICACIONES GENERALES DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

CONCRETO.

Para esta obra se usará concreto de clase 1, con una $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.

En la fabricación de los concretos de clase 1 se empleará cualquier tipo de cemento Portland que sea congruente con la finalidad y características de las estructuras y que cumpla con los requisitos especificados en la Norma 1.

La calidad y proporciones de los materiales componentes del concreto serán tales que se logren la resistencia, deformabilidad y durabilidad necesarias.

El agua de mezclado para morteros y concretos deberá ser limpia y cumplir con los requisitos de la Norma NOM C 122. No deberá emplearse si contiene sustancias en solución o suspensión que la enturbien o le produzcan olor o sabor fuera de lo común.

La calidad de los materiales componentes deberá verificarse al inicio de la obra, y también cuando exista sospecha o cambio de las fuentes de suministro. La verificación de la calidad de los materiales componentes se realizará antes de usarlos, partiendo de muestras tomadas del sitio de suministro o almacén de donde se suministren para la fabricación del concreto.

Los materiales pétreos (grava y arena), deberán cumplir con los requisitos de la Norma NOM C 111, y las características siguientes para el concreto clase 1:

PROPIEDAD	CONCRETO CLASE 1
Coefficiente volumétrico de la grava, mínimo	0.20
Material más fino que la malla No.200 en la arena. Porcentaje máximo en peso	15
Contracción lineal de los finos de los agregados (arena + grava) que pasan la malla No. 40 a partir del límite líquido. Porcentaje máximo	2

Al concreto fresco se le harán pruebas de revenimiento y peso volumétrico, con la frecuencia siguiente:

PRUEBA	FRECUENCIA	
	PREMEZCLADO	HECHO EN OBRA
Revenimiento del concreto muestreado en obra.	Una vez por cada entrega de concreto	Una vez cada 5 revolturas
Peso volumétrico del concreto fresco muestreado en obra	Una vez por cada día de colado, pero no menos de una por cada 20 m ³	Una vez por día de colado

El revenimiento será el requerido para que el concreto fluya a través del acero de refuerzo o para que pueda ser bombeado en su caso, así como para lograr en aspecto satisfactorio.

Los concretos que se compacten por medio de vibración tendrán un revenimiento nominal de 10 cm. Los concretos que se compacten por cualquier otro medio diferente al de vibración o se coloquen por medio de bomba tendrán un revenimiento nominal máximo de 12 cm. Para incrementar los revenimientos antes señalados y facilitar aún mas la colocación del concreto, se podrá admitir el uso de aditivo superfluidificante.

Esta prueba deberá efectuarse de acuerdo con la norma NOM C 156 y el valor determinado deberá concordar con el especificado con las siguientes tolerancias:

Revenimiento en cm.	Tolerancia en cm.
Menor de 5	+ - 1.5
5 a 10	+ - 2.5
Mayor de 10	+ - 3.5

El peso volumétrico del concreto fresco se determinará de acuerdo con la norma NOM C 1622, y el peso volumétrico del concreto clase 1 será superior a 2,200 kg/m³.

La calidad del concreto endurecido se verificará mediante pruebas de resistencia a compresión en cilindros fabricados, curados y probados de acuerdo con las normas NOM C 159 y NOM C 83 en un laboratorio acreditado por el sistema nacional de acreditamiento de laboratorios de pruebas (SINALP).

Cuando la mezcla de concreto se diseña para obtener la resistencia especificada a 14 días, las pruebas anteriores se efectuarán a esta edad, de lo contrario, las pruebas deberán ser a los 28 días de edad.

Para verificar la resistencia a compresión de concreto con las mismas características y nivel de resistencia, se tomará como mínimo una muestra por cada día de colado, pero al menos una por cada cuarenta metros cúbicos de concreto; de cada muestra se fabricará y ensayará una pareja de cilindros.

Para el concreto clase 1, se admitirá que la resistencia del concreto cumple con la resistencia especificada f'_c a la compresión, si ninguna pareja de cilindros da una resistencia media inferior a $f'_c = 35 \text{ kg/cm}^2$ y además si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres parejas consecutivas pertenecientes o no al mismo día de colado, no son menores que f'_c .

Cuando el concreto no cumpla con el requisito de resistencia, se permitirá extraer y ensayar corazones de acuerdo con la norma NOM C 169 de concreto en la zona presentada por los cilindros que no cumplieron. Se probarán tres corazones por cada incumplimiento con la calidad especificada. La humedad de los corazones al probarse deberá ser representativa de la que tenga la estructura en condiciones de servicio.

El concreto representado por los corazones se considerará adecuado si el promedio de las resistencias de los tres corazones es mayor o igual que $0.8 f'_c$ y si la resistencia de ningún corazón es menor que $0.7 f'_c$. Para comprobar que los especímenes se extrajeron y ensayaron correctamente, se permite probar nuevos corazones en las zonas representadas por aquellos que hayan dado resistencias erráticas; si la resistencia de los corazones ensayados no cumple con el criterio de aceptación que se ha descrito, el proyectista estructural puede ordenar la realización de pruebas de carga o tomar otras medidas que juzgue adecuadas.

Previamente al suministro de concreto y cuando haya sospecha de cambio en las características de los materiales componentes, o cambio en las fuentes de suministro de ellos, se verificará que el concreto que se pretende utilizar cumple con las características de módulo de elasticidad, contracción por secado y deformación diferida especificadas a continuación:

Concreto	Módulo de elasticidad a 28 días de edad. Kg/cm ² . $f'c$ min	Contracción por secado después de 28 días de curado húmedo y 28 días de secado estándar, máx.	Coefficiente de deformación diferida después de 28 días de curado y de 28 días de carga en condiciones de secado estándar, al 40% de su resistencia máxima.
Clase 1	14,000 $\sqrt{f'c}$	0.0005	1
Clase 2	8,000 $\sqrt{f'c}$	0.0008	1.5

TRANSPORTE. Los métodos que se empleen para transportar el concreto serán tales que eviten la segregación o pérdida de sus ingredientes. La descarga total del concreto en la obra se debe realizar dentro de la hora y media posterior a la introducción inicial del agua de mezclado, por lo que se deberá verificar el tiempo de traslado de las ollas desde su planta concretera y no aceptar ningún concreto que sobrepase el tiempo antes mencionado.

COLOCACIÓN. Antes de iniciar un colado las superficies de contacto se limpiarán y saturarán con agua, verificando además la transportación y el lugar donde se va a depositar el concreto.

Una losa de concreto deberá apuntalarse provisionalmente en los niveles inferiores hasta que el concreto tenga por lo menos el 65% de su resistencia de diseño cuando el sistema de piso se componga de lámina acanalada (losacero) apoyada en viguetas o joist que trabajen en sección compuesta con la losa de concreto mediante conectores soldados.

Los procedimientos de colocación y compactación serán tales que aseguren una densidad uniforme del concreto y eviten la formación de huecos y segregación de materiales.

El concreto se vaciará en la zona del molde donde vaya a quedar en definitiva y se compactará con picado, vibrado o apisonado; no se permitirá trasladar el concreto mediante el vibrado.

Cuando la temperatura ambiente durante el colado o poco después sea inferior a 5 grados centígrados, se tomarán las precauciones especiales tendientes a contrarrestar el descenso en resistencia y el retardo en endurecimiento, verificando que estas características no hayan sido desfavorablemente afectadas.

El concreto debe mantenerse en un ambiente húmedo por lo menos durante 7 días en el caso de cemento normal y 3 días si se empleó cemento de resistencia rápida; estos lapsos se aumentarían adecuadamente si la temperatura desciende a menos de 5 grados centígrados.

Para acelerar la obtención de resistencia y reducir el tiempo de curado, puede usarse el curado con vapor a alta presión, vapor a presión atmosférica, calor o humedad o algún otro

proceso que sea aceptado. El proceso de curado que se aplique debe producir concreto cuya durabilidad sea por lo menos equivalente a la obtenida con curado en ambiente húmedo mencionado en el párrafo anterior.

ACERO DE REFUERZO.

Como refuerzo ordinario para concreto pueden usarse barras de acero y/o malla electrosoldada de alambre. Las barras serán corrugadas, con la salvedad que se indica adelante y deben cumplir con las normas NOM B6 o NOM B294 o B457, tomando en cuenta las restricciones al uso de algunos aceros. La malla cumplirá con la norma NOMB290.

No se permite el uso de alambón o varilla lisa del No. 2 para estribos, salvo para castillos y dadas y como conectores de elementos compuestos, así como refuerzo para fuerza cortante por fricción.

Para elementos secundarios y losas apoyadas en su perímetro, se permite el uso de barras que cumplan con las normas B18, B32 y B72.

El módulo de elasticidad del acero de refuerzo ordinario (E_c) se supondrá igual a 2,000,000 kg/cm².

Inmediatamente antes de su colocación se revisará que el acero no haya sufrido daño alguno, en especial después de un largo período de almacenamiento; si se juzga necesario, se realizarán ensayos en el acero dudoso.

Al efectuar el colado debe estar exento de grasas, aceites, pinturas, polvo, tierra, oxidación excesiva y cualquier otra sustancia que reduzca su adherencia con el concreto.

No deben doblarse barras parcialmente ahogadas en el concreto, a menos que se tomen las medidas para evitar que se dañe el concreto vecino; todos los dobleces se hacen en frío.

El acero debe sujetarse en un sitio con amarres de alambre, silletas y separadores de resistencia en número suficiente para impedir movimientos durante el colado.

Antes de colar debe comprobarse que todo el acero se ha colocado en un sitio de acuerdo con los planos estructurales y que se encuentra correctamente sujeto.

Las barras longitudinales pueden agruparse formando paquetes con un máximo de 2 barras cada uno en columnas y 3 en vigas. La sección donde se corte una barra de un paquete en el claro de una viga no distará de la sección de corte de otra barra menos de 40 veces el diámetro de la más gruesa de las 2; los paquetes se usarán solo cuando queden alojados en un ángulo de los estribos. Para determinar la separación mínima entre los paquetes, cada uno se tratará como una barra simple de igual área transversal que la del paquete; para calcular la separación del refuerzo

transversal, rige el diámetro de la barra más delgada del paquete; los paquetes de barras deberán amarrarse firmemente con alambre.

El radio interior de un dobléz no será menor que $f_y / 60 f'_c$ multiplicado por el diámetro de la barra doblada, a menos que dicha barra quede doblada alrededor de otra de diámetro no menor que el de ella, o se confine adecuadamente el concreto, por ejemplo, mediante refuerzo perpendicular al plano de la barra; además, el radio de dobléz no será menor que el de marca la respectiva norma NOM.

En todo dobléz o cambio de dirección del acero longitudinal debe colocarse refuerzo transversal capaz de equilibrar el resultante de las tensiones o compresiones desarrolladas en las barras a menos que el concreto en sí sea capaz de ello.

Las varillas de refuerzo pueden unirse mediante traslapes o estableciendo continuidad por medio de soldadura o dispositivos mecánicos en varillas del No. 8 en adelante. Las especificaciones y detalles dimensionales de las uniones deben mostrarse en los planos. Toda unión soldada o con dispositivo mecánico debe ser capaz de transferir por lo menos 1.25 veces la fuerza de fluencia de tensión de las barras sin necesidad de exceder la resistencia máxima de éstas.

Cuando se une por traslape más de la mitad de las barras en un tramo de 40 diámetros o cuando las uniones se hacen en secciones de esfuerzo máximo, deben tomarse precauciones especiales consistentes por ejemplo en aumentar la longitud de traslape o en utilizar hélices o estribos muy próximos en el tramo donde se efectúa la unión.

La longitud de un traslape no será menor que 1.33 veces la longitud de desarrollo L_d calculada. Si se usan uniones soldadas o mecánicas deberá comprobarse experimentalmente su eficacia.

En una misma sección transversal no deben unirse con soldadura o dispositivos mecánicos más del 33% del refuerzo. Las secciones de unión distarán entre sí no menos de 20 diámetros, sin embargo cuando por motivos del procedimiento de construcción sea necesario unir más refuerzo del señalado se admitirá hacerlo con tal que se garantice una supervisión estricta en la ejecución de las uniones.

En lo posible deben evitarse uniones por traslape en secciones donde el esfuerzo en los alambres bajo cargas de diseño sea mayor que $0.5f_y$. Cuando haya la necesidad de usar traslapes en las secciones mencionadas, deben hacerse de modo que el traslape medido entre los alambres transversales extremos de las hojas que se unen no sea menor que la separación entre alambres transversales más 5 cm.

Los estribos deben rematar en una esquina con dobleces de 135 grados seguidos de tramos rectos de no menos de 10 diámetros de largo; en cada esquina del estribo debe quedar por lo menos una varilla longitudinal.

Se supondrá que un alambre puede desarrollar su esfuerzo de fluencia en una sección, si a cada lado de ésta se ahogan en el concreto cuando menos 2 alambres perpendiculares al primero distando el más próximo no menos de 5 cm. de la sección considerada. Si sólo se ahoga un alambre perpendicular, a no menos de 5 cm de la sección considerada.

Cuando el sistema de piso se componga de lámina acanalada apoyada en viguetas o joist que trabajen en sección compuesta con la losa de concreto mediante conectores soldados, el recubrimiento libre de la malla o refuerzo será de 1 cm., por lo cual se deberán de colocar silletas que garanticen su posición durante el colado.

En elementos no expuestos a la intemperie, el recubrimiento libre de toda varilla de refuerzo será de 5 cm., y en elementos que no son de fachada será de 2.5 cm.; en losas de 1.5 cm. y en concretos de fachadas con grano expuesto cincelado será de 5 cm.

Si las barras forman paquetes, el recubrimiento libre no será menor que 1.5 veces el diámetro de la barra más gruesa del paquete.

En elementos estructurales colados contra el suelo, el recubrimiento libre mínimo será de 5 cm. si no se usa plantilla, y de 3 cm. si se usa plantilla.

CIMBRA.

Toda cimbra se construirá de manera que resista las acciones a que pueda estar sujeta durante la construcción, incluyendo las fuerzas causadas por la compactación y vibrado del concreto; además debe ser lo suficientemente rígida para evitar movimientos y deformaciones excesivas; en su geometría se incluirán las contraflechas prescritas en el proyecto.

Inmediatamente antes del colado deben limpiarse los moldes cuidadosamente; si es necesario se dejen registros en la cimbra para facilitar su limpieza. La cimbra de madera o de algún otro material absorbente debe estar húmeda durante un período mínimo de 2 horas antes del colado; se recomienda cubrir los moldes con algún lubricante para protegerlos y facilitar el descimbrado. Todos los elementos estructurales deben permanecer cimbrados el tiempo necesario para que el concreto alcance la resistencia suficiente para soportar su peso propio y otras cargas que actúen durante la construcción, así como para evitar que las deflexiones sobrepasen los valores fijados.

CONTRAFLECHAS. Las contraflechas que se le darán a las trabes y losas serán:

- para elementos apoyados en sus extremos $L/360$

- para elementos en voladizo $L/100$,

siendo "L" el claro entre apoyos o la distancia del extremo en voladizo al apoyo.

TOLERANCIAS. Las tolerancias que a continuación se señalan rigen con respecto a planos constructivos del proyecto:

Las dimensiones de la sección transversal de un miembro no excederán de las de proyecto en más de $1 \text{ cm} + 0.05t$ siendo "t" la dimensión en la dirección en que se considera la tolerancia ni serán menores que las de proyecto en más de $0.3 \text{ cm} + 0.03t$.

El espesor de zapatas, losas y muros no excederán al de proyecto en más de $0.5 \text{ cm} + 0.05h$ siendo "h" el espesor de proyecto, ni será menor que éste en más de $0.3 \text{ cm} + 0.03h$.

En cada planta se trazaran los ejes de acuerdo con el proyecto ajustado con tolerancia de un centímetro. Toda columna quedará desplantada de tal manera que su eje no diste del que se ha trazado más de un centímetro + 2% de la dimensión transversal de la columna paralela a la desviación. Además, no deberá exceder esta cantidad en la desviación del eje de la columna con respecto al de la columna inmediata inferior.

La tolerancia de desplome de una columna será de $0.5 \text{ cm} + 2\%$ de la dimensión de la sección transversal de la columna paralela a la desviación.

El eje centroidal de una columna no deberá distar de la recta que une los centroides de las secciones extremas más de $0.5 \text{ cm} + 1\%$ de la dimensión de la columna paralela a la desviación.

La posición de los ejes de vigas con respecto a los de las columnas donde apoyan no deberá diferir de la del proyecto en más de $1 \text{ cm} + 2\%$ de la dimensión de la columna paralela a la desviación, ni más de $1 \text{ cm} + 2\%$ del ancho de la viga.

En ningún punto la distancia medida verticalmente entre losas de pisos consecutivos diferirá de la de proyecto más de 3 cm., ni la inclinación de una losa respecto a la de proyecto más de 1%.

La posición del refuerzo de losas, zapatas, muros y vigas será tal que no reduzca el peralte efectivo "d" en más de $0.3 \text{ cm} + 0.03d$, ni reduzca el recubrimiento en más de 0.5 cm. En columnas rige la misma tolerancia, pero referida a la mínima dimensión de la sección transversal en vez de al peralte efectivo. La separación entre barras no diferirá de la de proyecto más de $1 \text{ cm} + 10\%$ de dicha separación, pero en todo caso respetando el número de barras y su diámetro de tal manera que permita pasar al agregado grueso.

Las dimensiones del refuerzo transversal de vigas y columnas medidas según el eje de dicho refuerzo, no excederá a las de proyecto en más de $1 \text{ cm} + 0.05t$ siendo "t" la dimensión en la dirección en que se considera la tolerancia, ni serán menores que las de proyecto en más $0.3 \text{ cm} + 0.03t$.

La separación del refuerzo transversal de vigas y columnas no diferirá de la de proyecto más de $1 \text{ cm} + 10\%$ de dicha separación respetando el número de elementos de refuerzo y su diámetro.

CAPÍTULO VII

PRESUPUESTACIÓN Y PROGRAMACIÓN

- VII.1. INTRODUCCIÓN**
- VII.2. PLANEACIÓN**
- VII.3. PRESUPUESTO**
- VII.4. PROGRAMACIÓN**
- VII.5. CONTROL**

VII.1 INTRODUCCION

Es importante llevar una buena administración para evitar fallas de mantenimiento, presupuesto y planeación.

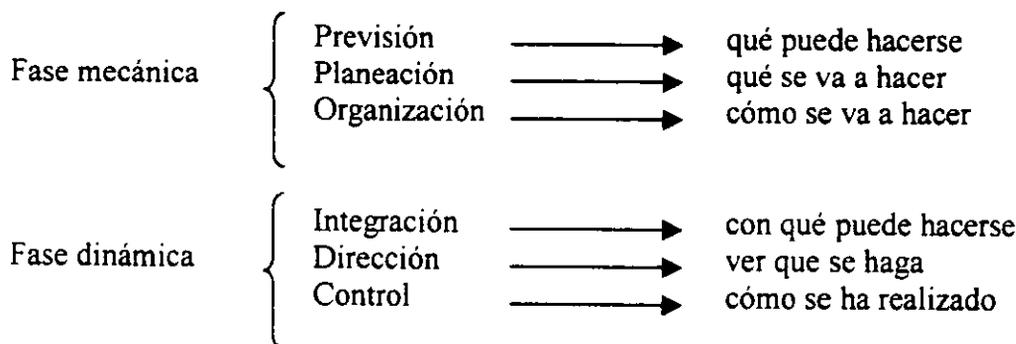
La administración se fundamenta en acciones básicas:

- ✓ Planear
- ✓ Organizar
- ✓ Dirigir
- ✓ Controlar

con la finalidad de alcanzar un objetivo de la manera más económica y en el menor tiempo posible.

En el campo de la construcción, se necesita una administración sumamente técnica, siendo la parte fundamental para un proyecto.

El proceso administrativo consta de dos fases.



El éxito de un proyecto depende de la correcta aplicación de todas y cada una de las etapas que componen el proceso.

En la actualidad, la realidad económica de nuestro país nos obliga a poner más énfasis en la administración para mejorar las condiciones de calidad, trabajo y bienestar.

Como se mencionó ampliamente en el capítulo I, ante la apertura comercial se necesita un soporte de infraestructura más sólido, lo cual se puede lograr mejorando lo ya existente.

VII.2 PLANEACIÓN.-

En la aplicación racional de los conocimientos humanos cuando se trata de tomar decisiones, el establecimiento de relaciones entre medios y objetivos se hace con el propósito de alcanzar estos últimos por medio del uso eficaz de los primeros, o sea: "La planeación es todo un proceso para alcanzar metas a través de medios óptimos, formulados con base a recursos, tiempo y economía disponibles."

En la industria de la construcción, la planeación ocupa un papel de primordial importancia, ya que con base en ésta se plantean las bases del proyecto, se engloban todos los conceptos que pudieran intervenir en el mismo, tales como: recursos económicos y materiales, mano de obra disponible o necesaria, maquinaria, procesos de construcción; así mismo, se tendrán que prever en la mayor medida posible, todos aquellos obstáculos que pudieran impedir o retrasar las actividades, por tal razón se dice que la planeación es pronosticar, imaginar y registrar.

En la etapa de planeación, se establecerá con precisión lo que tendrá que hacerse, fijando la ruta que habrá de seguirse, estableciendo las reglas que la sustentarán y orientarán hacia el objetivo deseado. Se fijarán los tiempos y unidades necesarios, dependiendo de las condiciones del proyecto.

Podemos resumir las etapas de que consta la planeación, aplicada en éste caso al proyecto que nos ocupa:

- ✓ Elaborar un diagnóstico de la situación actual o del problema por resolver con la idea de preparar un pronóstico de lo que puede suceder.
- ✓ Fijar objetivos y metas que se pretenden alcanzar.
- ✓ Definir los medios para alcanzar los objetivos y metas, así como las diferentes alternativas para lograrlo.
- ✓ Establecer los recursos necesarios en cantidad, donde y cuando se necesiten y cuántos hay disponibles.
- ✓ Evaluar las opciones y medir cuál permite lograr los objetivos con el menor número de recursos y/o al menor tiempo.
- ✓ Toma de decisiones y ordenación o programación de actividades, es decir, ordenarlas en espacio y tiempo.
- ✓ Llevar un control y supervisión de los programas y un seguimiento de los objetivos y metas realmente alcanzados.
- ✓ Las condiciones en las que deberá realizarse la obra.

-
- ✓ Elaborar una relación de los conceptos de trabajo con volúmenes, así como la relación de precios unitarios que determinen el monto de la obra.
 - ✓ Una relación detallada del tabulador de salarios, lista de precios, costo de hora-máquina y un desglose de indirectos.
 - ✓ Especificaciones generales propias para la construcción.
 - ✓ Juego de planos en los que se muestre la totalidad del proyecto (incluyendo planos de detalle de partes importantes de la obra, así como de acabados).

En ocasiones se presenta la situación de que la empresa que hace el proyecto no es la misma que lleva a cabo la construcción. En este caso, la constructora deberá empezar a elaborar sus alternativas de solución para que en la etapa de decisiones elija aquella que más convenga, tanto a sus intereses como a la empresa contratante.

Existen dos maneras de tomar una decisión, intuitivamente y analíticamente; la primera se basa principalmente en la experiencia adquirida de lo que le ha sucedido en el pasado y en intuir lo que sucederá en el futuro; la toma de decisión analítica se basa en un estudio de las diferentes alternativas, a través de una evaluación cuantitativa del pasado y del futuro para poder así elegir entre éstas la más adecuada a los fines que se persiguen.

Es importante recordar que cada una de las diferentes alternativas está constituida por una serie de etapas o subprogramas y que éstas a su vez involucran una serie de actividades que la constructora debe desarrollar. Por tal razón es importante el contemplar todas las variables posibles que intervengan en nuestras diferentes alternativas y la relación que tengan éstas entre sí, ya que en muchas ocasiones nuestra alternativa seleccionada contempla una gran cantidad de actividades y eventos que están estrechamente relacionados entre sí y que en un momento dado por retraso de alguna de ellas, se trastorna o paraliza parcialmente el desarrollo de las actividades o eventos siguientes.

Siempre será necesario conocer todas las variables o al menos las más importantes, así como su interrelación con las demás para prever su influencia en el resultado final.

Las variables pueden ser de dos tipos:

- ✓ Controlables: las que podemos hacer variar a nuestra voluntad.

Por ejemplo aumentar o disminuir el número de elementos que componen una cuadrilla, ó cambiar el procedimiento constructivo (abrir una cepa a mano con pico y pala o realizar ésta actividad con maquinaria).

- ✓ No controlables.- las que no podemos modificar e influyen directamente en el proceso, como son los días de lluvia, ó algún imprevisto que se presente en la obra (que no se esperan, pero que ocurren) y que influyen directamente en el tiempo de la actividad programada.

El constructor deberá elegir la ruta más adecuada considerando las posibles opciones de acción de que dispone y sus posibles consecuencias.

Un factor muy importante para la toma de decisiones es de tipo económico, el cual no es otra cosa que adecuar un costo en base a la satisfacción de una necesidad.

Es el caso del proyecto que nos ocupa, ya que en base a lograr un incentivo fiscal vigente para un periodo determinado, originó la toma de decisión del procedimiento constructivo. Es decir, se disponía de un determinado lapso de tiempo para hacer una inversión que pudiese ser deducible y para lograr esto era necesario llevar a cabo un procedimiento constructivo que nos permitiese un avance lo más rápido posible.

Esto se logró concibiendo una estructura de tipo mixto en base a columnas y muros de concreto armado y elementos horizontales de hierro a base de travesaños armados en taller y ligados a los elementos de concreto armado con auxilio de anclas ahogadas en el concreto, soldadas a placas que permitiesen las ligas con las viguetas.

Las losas de concreto armado se resolvieron con un sistema constructivo que permite el ahorro de la cimbra, ya que la lámina trabaja como refuerzo principal de la misma losa y a la vez funciona como cimbra perdida.

Todo este sistema constructivo estructural permitió un considerable ahorro tanto en tiempo de mano de obra como en costo de cimbra y en sí significó un considerable ahorro en el tiempo total de ejecución de la obra negra.

Otros factores importantes que influyen en el desarrollo de la planeación y programación de la obra son las condiciones en que son tomadas las decisiones.

Existen tres tipos de condiciones al tomar una decisión:

1. Decisión bajo certeza.- Se conocen todas las alternativas y sus consecuencias; a cada alternativa le corresponde un estado futuro.
2. Decisión bajo riesgo.- A cada alternativa le corresponden varios estados futuros y se conocen las consecuencias de cada uno.
3. Decisión bajo incertidumbre.- No se conoce la consecuencia de las variables que intervienen en la toma de decisión, o sea, se desconoce su probabilidad de ocurrencia.

Debemos tomar en cuenta que todas nuestras decisiones estarán sometidas a restricciones externas e internas. Debido a que el número de variables por alternativa es significativo, se torna complejo elaborar un plan que englobe el conjunto de los factores que inciden en el proceso, por tal razón la planeación se compone de un plan general y éste a su vez de varios planes de trabajo.

Estos planes de trabajo deben ordenarse de acuerdo a su importancia y al tiempo en que deben ser ejecutados. Por tal motivo es importante detectar qué actividades deben realizarse antes de la ejecución de algunos de ellos, cuáles se deben ejecutar inmediatamente después de éstas y cuáles pueden realizarse simultáneamente.

Una vez que se hayan estudiado (evaluado) las diferentes alternativas y elegido aquella que se considere ser la óptima, entonces se tendrá que planear un control que permita revisar si lo que se ha planeado se está llevando a cabo.

Es importante señalar que siempre existirán variaciones que lleguen a modificar alguno de los programas planeados y que por consiguiente obligarán a una replaneación, de aquí se establece que la planeación de una obra es una actividad continua y que está presente durante todo el proceso de ejecución de la obra.

Una autoridad sin responsabilidad trastorna la organización, pero es peor la responsabilidad sin autoridad, ya que la persona debe estar dotada de autoridad para poder decidir en aquello que se le ha encomendado como responsabilidad.

VII.3. PRESUPUESTO

Siempre que se quiere realizar cualquier proyecto surgen las siguientes preguntas:

¿En qué tiempo se realizará?

¿Cuánto costará?

El factor tiempo que incide directamente en las dos preguntas anteriores depende de los recursos humanos y materiales de que se disponga.

“Un presupuesto es un pronóstico o suposición de valor de un producto en un momento dado, es decir, se debe situar en el tiempo”.

“Es el cálculo previo del costo de una construcción”.

En principio se maneja un presupuesto preliminar que se elabora con los datos del anteproyecto y solo sirve para dar una idea aproximada del costo que tendrá el proyecto definitivo. Posteriormente, después de que ha sido aprobado el proyecto definitivo, entonces se lleva a cabo el presupuesto completo y detallado, el cual incluye absolutamente todos los conceptos por pequeños que sean. Junto a éste presupuesto se integra el de las instalaciones especiales, el cual es apoyado normalmente por empresas que se subcontratan para cada especialidad (elevadores, aire acondicionado, etc.).

Además sirve para planear, coordinar y controlar las funciones y operaciones de un programa con el objetivo de alcanzar un máximo rendimiento con un esfuerzo mínimo y a la vez nos sirve de comparación para interpretar resultados durante su ejecución y tomar las decisiones adecuadas.

Durante la realización de una obra surgen diferentes detalles constructivos que si no están considerados en el presupuesto, los debemos considerar como imprevistos y deben ser evitados a toda costa ya que al no considerarlos desde un principio, su costo es generalmente muy elevado y mientras no estén detallados en los planos y especificaciones, no serán incluidos en el presupuesto. A mayor detalle, mayor acercamiento al valor real.

Dado lo anterior observamos que un buen presupuesto parte de un proyecto muy bien realizado, basado en estudios preliminares completos (planos de detalle, planos de acabados, etc.) hasta llegar al proyecto definitivo y aunque el tiempo para su elaboración se extienda, al final se gana en su realización.

Los presupuestos se realizan a precios actuales, los cuales van variando a través del tiempo; motivo por el cual es conveniente planear y ejecutar con la mayor rapidez posible.

Un presupuesto se divide en diferentes partidas que no son otra cosa que la agrupación de conceptos que engloban las diferentes etapas de una obra, haciéndola más comprensible y fácil de entender.

Para la elaboración de un presupuesto partimos de la idea de que se cuenta con un proyecto definitivo, en el cual se desglosarán las actividades, se seguirá un orden y podrá ser tan exitoso como se desee.

Dependiendo del tipo de construcción que va a realizar, se requieren procedimientos diferentes para el cálculo del presupuesto de obra, sin embargo, en todos los casos debe contener los siguientes elementos:

Partida.- Se refiere al nombre de la actividad que agrupa los trabajos que se realizan de una especialidad indicando a continuación en secuencia listada cada una de las actividades que la componen.

Concepto.- Es el nombre específico con que se conoce cada trabajo, y puesto que en él intervienen diferentes obreros especializados, de allí la necesidad de agrupar los conceptos por especialidades; éstos es: albañilería, obras sanitarias, etc.

Para evitar la omisión de algún concepto, se recomienda tener a mano Guías en las que se tengan anotados el mayor número de ellos, seleccionándolos de acuerdo con los detalles del proyecto. Estas guías son muy útiles, pero es imposible que en ellas estén asentados absolutamente todos los conceptos existentes, por lo que deben estudiarse cuidadosamente los planos y las especificaciones para no dejar de incluir ningún detalle por pequeño que sea.

Cantidad de obra.- Es la cantidad que reporta la medición directa y el cálculo de cada uno de los conceptos que se especifica en los planos del proyecto arquitectónico, así como en los planos estructurales. Se obtendrá la cantidad total de cada actividad debiendo cumplir desde luego con las especificaciones. Esto es lo que se llama cuantificación de la obra.

Unidades.- Es la correspondiente a cada actividad, por lo que se anotará a continuación de ellas. Estas unidades pueden ser: metro (m), metro cuadrado (m²), para una misma especie (pza), para un conjunto (lote), etc.

Costo unitario.- Es el costo de cada unidad de obra. En su cálculo intervienen seis costos parciales, cada uno de los cuales es afectado por diferentes factores, lo que hace relativamente compleja su determinación. Explicaremos brevemente cada uno de ellos:

1.- Costo del material.- Varía para cada región y depende fundamentalmente de la oferta y la demanda en el lugar de la obra.

2.- Costo de la mano de obra.- Depende del tipo de contratación, de la localización de la obra, del clima, de las comunicaciones, etc.

3.- Gasto de equipo.- Considerando que éste puede ser usado en más de una obra, se calcula la depreciación del mismo considerando desde luego la vida útil. Se hará una lista de todo el equipo disponible y comparando los precios de compra con los de renta, se podrá así elegir los más bajos.

4.- Imprevistos.- Su importe se fija como un porcentaje de la suma de los tres primeros. Es un costo que debe incluirse para equilibrar el costo calculado con el costo real, ya que la elaboración del presupuesto está subordinada a diferentes factores aleatorios, los cuales provocan una serie de errores y casos fortuitos que es indispensable absorber.

5.- Honorarios.- Se acostumbra calcularlos en base a un porcentaje de la suma de los cuatro anteriores costos; es variable dependiendo del tipo de obra de que se trate, condiciones de pago, riesgos y dificultades de ejecución, etc.

6.- Gastos generales.- Se calcula como un porcentaje de los cuatro primeros, y son los que toman en cuenta todos los gastos que ocurren desde la iniciación de la obra hasta la entrega de la misma, pasando por la organización, construcciones preliminares, gastos administrativos como son pagos de seguros, fianzas, gastos de despacho, salarios del personal de oficina (ayudantes, choferes, proyectistas, dibujantes, etc.)

El precio por unidad de cada actividad se llamará P.U., el cual se define como “la remuneración que se hace al contratista por los trabajos realizados y los materiales utilizados en la ejecución de una obra determinada, de acuerdo a especificaciones previamente establecidas”; dicho precio está integrado de la siguiente manera:

$$\text{Precio unitario} = \text{Costo Directo} + \text{Costo Indirecto} + \text{Utilidad}$$

Y que multiplicado por los volúmenes de obra nos dará el importe por el concepto y que sumados al resto de los conceptos de su grupo arrojarán el importe de cada partida. Todos los importes por partida se suman para integrar el importe total del presupuesto.

El costo directo con todas las erogaciones por concepto de maquinaria, mano de obra, materiales, herramientas y patentes que se hacen para la realización de un trabajo.

El precio de los materiales abarca desde su transportación a la obra hasta sus acarreo internos al sitio de su colocación que multiplicados por la cantidad de obra nos arroja el cargo unitario por concepto de materiales. Los pagos de salarios al personal que interviene exclusiva y directamente en la ejecución del concepto de trabajo (cuadrillas de trabajo) divididos entre su rendimiento será el costo unitario por obra de mano.

Los rendimientos están sujetos a diferentes factores, como son: medio geográfico, el soporte técnico con que se cuenta, la disponibilidad que se tenga, los sindicatos, el medio socio-económico del lugar, etc. No olvidar que el salario que se utiliza para la obtención del P.U. es el salario real y no el salario base.

El cargo por herramienta se considera como un % del cargo de mano de obra y varía de un 2% al 5%. El cargo por maquinaria se obtiene dividiendo el costo horario directo entre el rendimiento de la maquinaria. Es conveniente revisar el rendimiento que proporciona el fabricante, ya que éste se ve afectado por factores de tipo mecánico, operativo o físico geográficos.

El costo indirecto es los gastos técnico - administrativos necesarios para llevar a cabo la correcta ejecución del proceso constructivo. Se dividen en:

$$\text{Costo indirecto de operación} = \frac{\sum \text{Gastos Técnicos Admos}}{\text{Vol. Anual de Obra, Honorarios e Impuestos}}$$

$$\text{Costo indirecto de obra} = \frac{\sum \text{Gastos Técnicos Admos}}{\text{Costo Directo de Obra}}$$

Al aumentar el tiempo de ejecución de la obra aumentan también los gastos técnico - administrativos y por lo tanto el costo indirecto y no necesariamente el costo directo de la obra.

La suma de los 2 costos será el costo indirecto total.

La utilidad es el objetivo y la razón que se busca al realizar cualquier proceso constructivo y se representa como un % del costo unitario que varía del 10% al 15%.

Ejemplo:

Costo Directo	\$100.00
Costo Indirecto	\$ <u>24.56</u>
Costo unitario	\$ 124.56
Utilidad 10%	\$ <u>12.45</u>
Total	\$ 137.02

Se tiene que el costo Indirecto + Utilidad = \$ 37.02.

No debemos olvidar que el I.S.R. queda incluido dentro de la utilidad.

A continuación se presenta una parte del presupuesto de la obra, que corresponde a los acabados y simplemente se menciona como muestra de lo que se analizó en los párrafos anteriores, en él se incluyen solamente algunas de las partidas y conceptos que intervinieron en la obra.

PRESUPUESTO DE PARTE DE LA OBRA				
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Mármoles y Canteras				
Piso de mármol gris tepeaca de 60 x 60 cm asentado con cemento crest, incluye suministro colocación, pulido y brillado	m ²	750.73	558.18	419,042.47
Piso de mármol blanco guerrero o similar en loseta de 30 x 30 cm asentado con cemento crest, incluye suministro colocación, pulido y brillado	m ²	321.98	350.28	112,783.15
Piso de mármol blanco guerrero o similar en loseta de 30 x 30 cm asentado con cemento crest, incluye suministro colocación, pulido y brillado. En muros.	m ²	346.68	350.28	121,435.07
Escalera de mármol gris tepeaca o similar, acabado al ácido con nariz de 4 cm y peralte de 17 cm acabado brillante, pieza de 1.20 m de largo por 0.35 m de huella	pza	100.00	469.20	46,920.00
Tapete de mármol rojo breccia y cenefa de gris de gris tepeaca o similar, asentado con cemento crest, incluye: suministro, colocación pulido y brillado	lote	1.00	10,140.48	10,148.00
Placa de mármol gris tepeaca de 1.70 x 0.60 m con faldón de 20 cm en el frente y un lateral y zoclo de 10 cm, incluye apertura para dos ovalines, suministro y colocación	pza	10.00	2,013.78	20,137.80
Cantera laminada de 60 x 40 cm, en color blanco cancún o blanco luxor asentada con mortero cemento arena en proporción 1:5, incluye suministro y colocación	m ²	231.09	396.90	91,719.62
Escalinata de cantera, incluye huella y peralte forrados	m	82.20	327.60	26,928.72
Escalinata de mármol blanco, incluye: huella y peralte forrados, nariz de 4 cm.	m	23.30	408.00	9,506.40

Cantera laminada de 60 x 40 cm, en color naranja mexicano, asentada con mortero cemento arena en proporción 1:5 , incluye suministro y colocación.	m ²	200.96	396.96	74,347.16
Placa de mármol gris tepeaca de 1.00 x 0.60 m con zoclo de 10 cm en el frente y un lateral con apertura para dos ovalines; incluye suministro y colocación.	Pza	2.00	1,575.00	3,150.00
Placa de mármol gris tepeaca de 1.60 x 0.60 m con zoclo de 10 cm en el frente y un lateral con apertura para dos ovalines; incluye suministro y colocación	pza	1.00	1,845.90	1,845.90
Placa de mármol gris tepeaca de 1.20 x 0.60 m con zoclo de 10 cm en el frente y un lateral con apertura para dos ovalines; incluye suministro y colocación	pza	2.00	1,750.00	3,500.00
Placa de mármol gris tepeaca de 0.80 x 0.60 m con zoclo de 10 cm en el frente y un lateral con apertura para dos ovalines; incluye suministro y colocación	pza	3.00	1,1469.00	4,407.00
Subtotal				945,863.78
Yesería				
Aplanado de yeso de 2 cm de espesor en muros acabado a regla y plomo.	m ²	2,245.20	28.98	65,065.90
Emboquillado	m	1,147.34	14.49	16,624.96
Emboquillado de cajas y chalupas eléctricas	pza	200.00	7.94	1,588.00
Subtotal				83,278.85
Pintura				
Pintura vinílica vinimex a dos manos a dos manos en muros y plafones de yeso o tablaroca; incluye sellador y preparación de superficie	m ²	9,566.22	31.12	297,700.77
Pintura de esmalte comex 100 en tubos metálicos de 4" de diámetro, incluye suministro, aplicación y preparación de la superficie.	m	50.65	22.68	1,148.74
Pintura vinílica vinimex a dos manos, aplicada en muros aplanados en mezcla tipo rústico, incluye sellador y preparación de la superficie.	m ²	686.60	35.65	24,477.29
Pintura vinílica vinimex a dos manos, aplicada en muros aplanados en mezcla tipo fino, incluye sellador y preparación de la superficie	m ²	400.84	31.12	12,474.14
Barniz marino transparente en elementos de				

madera como son muros, puertas, muebles, etc. incluye suministro y aplicación.	m ²	275.50	171.36	47,209.68
Pintura de esmalte comex 100 en superficies metálicas, incluye suministro y aplicación así como la preparación de la superficie.	m ²	66.48	35.28	2,345.41
Pintura de esmalte automotiva aplicada con pistola de aire en superficies metálicas, incluye suministro y aplicación así como la preparación de la superficie	m ²	23.50	94.50	2,220.75
Subtotal				387,576.78
Albañilería				
Forjado de escalones de concreto f'c= 150 kg/cm ² incluye: cimbrado, descimbrado, colado.	m	382.71	36.22	13,861.80
Martelinado en superficies de concreto	m ²	19.65	37.80	742.77
Firme de 5 cm de concreto f'c= 150 kg/cm ² acabado con plana para recibir acabados.	m ²	1,435.39	56.47	81,056.47
Falso plafón a base de canaletas y metal desplegado, acabado con mortero cemento arena en proporción 1:5 acabado fino	m ²	31.50	171.26	5,394.69
Forjado de meseta de concreto para recibir placa de mármol	pza	10.00	859.00	8,590.00
Picado de estructura para recibir acabados	m ²	3,592.96	14.00	50,301.44
Limpieza y rebabeo de muros en fachada, incluye resanes.	m ²	819.06	18.66	15,283.66
Limpieza de muros de concreto, incluye retiro de moños y rebabeo de alambres	m ²	3,592.96	8.64	31,043.17
Repellado a plomo y regla para recibir cerámica o mármol.	m ²	325.80	39.40	12,836.52
Base de 1.00 x 0.60 x 0.20 m a base de tabique, relleno de escombros y firme de 5 cm, acabado pulido para recibir tocador de madera	pza	2.00	189.51	379.02
Base de 1.60 x 0.60 x 0.20 m a base de tabique, relleno de escombros y firme de 5 cm, acabado pulido para recibir tocador de madera	pza	1.00	189.51	189.51
Base de 1.20 x 0.60 x 0.20 m a base de tabique, relleno de escombros y firme de 5 cm, acabado pulido para recibir tocador de madera	pza	2.00	189.51	379.02
Base de 0.80 x 0.60 x 0.20 m a base de tabique, relleno de escombros y firme de 5 cm, acabado pulido para recibir tocador de madera	pza	3.00	189.51	568.53
Entortado de 5 cm de espesor con mortero para recibir impermeabilización	m ²	821.67	34.89	28,668.07
Enladrillado e azotea con ladrillo de barro rojo				

asentado con mortero cemento arena en proporción 1:5 incluye lechareado	m ²	619.43	51.51	31,906.84
Relleno de tezontle en azoteas para dar pendientes	m ³	341.11	145.69	49,696.32
Pretil de concreto armado de 10 cm de ancho por 80 cm de altura, incluye cimbrado, armado y colado.	m	85.00	196.94	16,739.90
Chaflán de 10 cm de mortero cemento, arena, cal, en proporción 1:1:8	m	220.60	9.82	2,166.29
Firme de 7 cm de espesor con concreto simple f'c= 150 kg/cm ² acabado pulido integral	m ²	413.76	76.23	31,540.92
Piso de concreto blanco a base de grano de mármol blanco san Luis	m ²	19.64	238.59	4,685.91
Cisterna de 2.5 x 2.5 x 2 m de profundidad de concreto armado	lote	1.00	20,979.00	20,979.00
Demolición de muro de block	m ²	61.50	5.71	351.17
Cadena de concreto armado de 15 x 20 cm	m	41.00	88.44	3,626.04
Forjado de ojo de buey	pza	7.00	364.90	2,554.30
Boquilla de mortero	m	227.89	16.60	3,782.97
Forjado de entre calle de 5 x 1 cm	m	322.00	84.70	20,833.40
Ducto de instalaciones a base de muro de tabique y castillos de concreto	pza	10.00	5,668.97	56,689.70
Subtotal				494,847.44
Selladores e impermeabilizantes				
Sellador life guard en cantera aplicada con brocha o rodillo	m ²	432.05	18.98	8,200.31
Sellador elástico de 1 x 1 cm incluye respaldo de papel, marca sonneborn o similar	m	462.18	18.20	8,411.68
Impermeabilizante uniplas arenado de 4 cm de espesor, incluye suministro y colocación	m ²	821.67	65.52	53,835.82
Sistema de impermeabilización en jardineras a base de sellador, tres capas de emulsión asfáltica y dos capas de refuerzo con membrana de fibra de vidrio, incluye suministro y colocación.	m ²	47.85	49.88	2,386.76
Subtotal				72,834.56
Herrería				
Tubo de acero de 4" de diámetro cédula 40 con vagueta de ¾" soldada a modo de portavidrio de 2.10 m de altura, incluye suministro y colocación.	pza	9.00	371.70	3,345.30
Bastidor a base de ángulos para recibir acabado prefabricado, incluye suministro y colocación.	m ²	278.11	112.14	31,187.26

Puerta metálica de 1.50 x 2.40 m en dos hojas, incluye chapa, suministro y colocación.	pza	1.00	1,512.00	1,512.00
Puerta metálica de 2.00 x 2.40 m en dos hojas, incluye chapa, suministro y colocación	pza	1.00	2,268.00	2,268.00
Mampara tipo porcell con panel de madera, acabado laminado, fijo de 0.70 x 1.50 m	pza	1.00	1,973.27	1,973.27
Mampara tipo porcell con panel de madera, acabado laminado, fijo de 0.80 x 1.50 m	pza	1.00	1,973.27	1,973.27
Mampara tipo porcell con panel de madera, acabado laminado, fijo de 0.90 x 1.50 m	pza	1.00	1,973.27	1,973.27
Mampara tipo porcell con panel de madera, acabado laminado, fijo de 1.90 x 1.50 m	pza	1.00	2,389.92	2,389.92
Mampara tipo porcell con panel de madera, acabado laminado, fijo de 1.30 x 1.50 m	pza	1.00	2,312.22	2,312.22
Puerta de acero inoxidable acabado espejo de 0.60 x 1.50 m incluye suministro y colocación.	pza	5.00	2,220.19	10,100.95
Puerta de 0.80 x 0.80 m de lámina, paso de hombre en cisterna	pza	1.00	385.00	385.00
Puerta de 1.00 x 2.10 m de lámina lisa calibre 18 con bastidor metálico.	pza	10.00	3,024.00	3,024.00
Tapa juntas de lámina galvanizada en calibre 18	m	162.00	144.90	23,473.80
Subtotal				113,035.26
Jardinería				
Tierra composta, capa de 30 cm de espesor	m ³	50.21	86.68	4,352.20
Triple 17 incluye suministro y colocación	m ²	143.45	5.25	753.11
Azufre agrícola, incluye suministro y colocación	m ²	143.45	3.29	471.95
Jardinería ornamental a base de plantas pequeñas y medianas, incluye suministro y colocación	m ²	143.45	99.28	14,241.72
Abrir cajete para plantar árbol	pza	12.00	56.70	680.40
Árbol grande, incluye suministro y plantación	pza	12.00	1,071.00	12,852.00
Acarreo en carretilla 1ª estación de 20 m. Tierra de jardinería	m ³	50.21	12.87	646.20
Acarreo en carretilla, estaciones subsecuentes. Tierra de jardinería.	m ³	150.63	8.60	1,295.42
Relleno a volteo y extensión de tierra de jardinería	m ³	50.21	16.08	807.38
Subtotal				36,100.38
Accesorios				
Tarja de acero inoxidable de 40 x 40 cm, incluye suministro y colocación	pza	6.00	819.00	4,914.00
Llave mezcladora economizadora de agua, marca helvex o similar, incluye suministro y				

colocación	pza	10.00	1,323.00	13,230.00
Cespol cromado para desagüe de lavabos, incluye suministro y colocación	pza	10.00	81.90	819.00
Cespol de plomo para tarja, incluye suministro y colocación	pza	6.00	46.36	278.16
Llave de nariz con acabado cromo, incluye suministro y colocación	pza	6.00	31.88	191.28
Subtotal				19,432.44
Alfombras				
Alfombra de rizo completo, marca luxor o similar.	m ²	45.00	151.20	6,804.00
Alfombra modular, de importación	m ²	36.00	239.40	8,618.40
Subtotal				15,422.40
Carpintería				
Muro de madera formado con bastidor de 2" x 4" en madera de pino de 2ª, triplay de ceiba de 16 mm acabado con chapa de caoba formando tableros.	m ²	31.51	3,339.00	105,211.89
Lambrín de madera formado con bastidor de madera de pino de 2ª, triplay de ceiba de 16 mm acabado con chapa de caoba formando tableros	m ²	23.80	1,083.6	25,789.68
Piso de duela de encino americano sobre bastidor de madera de pino de 2ª, incluye suministro y colocación	m ²	36.30	325.80	11,826.54
Mueble de madera para recibir placa de mármol de baño de 1.00 x 0.60 m	pza	2.00	1,127.70	2,255.40
Mueble de madera para recibir placa de mármol de baño de 1.20 x 0.60 m	pza	2.00	1,191.00	2,382.00
Mueble de madera para recibir placa de mármol de baño de 1.60 x 0.60 m	pza	1.00	1,827.00	1,827.00
Mueble de madera para recibir placa de mármol de baño de 0.80 x 0.60 m	pza	3.00	1,045.80	3,137.40
Mueble de madera en recepción de PB en madera de encino americano	pza	1.00	45,158.40	45,158.40
Puerta de madera de 1.00 x 2.10 m con forro de triplay de caobilla de 6 mm, marco de caoba o encino americano, incluye suministro y colocación.	pza	50.00	2,205.00	110,250.00
Subtotal				307,838.31
Tablaroca				
Plafón de tablaroca con suspensión oculta, hasta				

una altura de 3.20 m, incluye suministro y colocación.	m ²	3,566.02	83.78	298,761.16
Cajillo de dos caras de 40 cm, incluye suministro y colocación.	m	60.00	107.12	6,427.20
Faldón de 40 cm	m	60.00	48.07	2,884.20
Refuerzo de madera en vanos de puerta y cortineros de pino de 2 ^a .	m	215.00	25.20	5,418.00
Muro de tablaroca tipo TB13-TB13-fibra-TB13	m ²	618.70	197.77	122,360.30
Muro de tablaroca tipo TB13-TB13-fibra	m ²	262.88	155.19	40,796.35
Lambrín de durorock	m ²	256.25	54.18	13,833.63
Esquinero metálico	m	145.00	19.22	2,786.90
Antepecho de tablaroca en puertas	pza	50.00	123.61	6,180.50
Subtotal				499,498.23
Aluminio y Cristal				
Cancelería de aluminio anodizado en color oro viejo, incluye suministro, colocación y sellados	m ²	1,043.12	1,143.45	1,192,755.56
Alucobond en color verde como recubrimiento de columnas circulares y núcleo de escaleras, incluye suministro y colocación.	m ²	287.11	1,827.00	508,106.97
Cristal filtrasol de 6 mm , incluye suministro y colocación.	m ²	925.30	414.72	383,740.42
Cristal claro de 6 mm, incluye suministro y colocación.	m ²	117.82	183.56	21,627.04
Cristal claro de 9 mm, templado, incluye suministro y colocación	m ²	36.80	579.60	21,329.28
Puerta tipo casma con bisagra hidráulica empotrada en el piso	pza	2.00	9,909.90	19,819.80
Luna clara de 6 mm pegada al muro, incluye cantos pulidos, suministro y colocación.	m ²	42.50	511.56	21,741.30
Subtotal				2,169,120.37
Cerámicas				
Cerámica nacional de 20 x 20 cm asentada con cemento crest, incluye cortes y lechareada con cemento blanco en piso	m ²	217.61	266.36	57,962.60
Cerámica nacional de 20 x 20 cm asentada con cemento crest, incluye cortes y lechareada con cemento blanco en muros	m ²	33.55	266.36	8,936.38
Cerámica nacional de 30 x 30 cm asentada con cemento crest, incluye cortes y lechareada con cemento blanco en pisos	m ²	32.46	285.26	9,259.54
Boquillas de cerámica incluye cortes a 45°	m	14.98	28.98	434.12
Subtotal				76,592.64

Cerrajería				
Cerradura marca Yale	pza	50.00	148.82	7,441.00
Total de esta parte del presupuesto				5,228,882.56

Con el mismo formato se fueron presentando por parte de la constructora los presupuestos del resto de los conceptos que integran la obra, de los cuales únicamente se presentan los concentrados de algunos de ellos:

Cimentación		1,073,146.00
Estructura de concreto		3,692,534.66
Estructura metálica		2,750,000.00
Fachada prefabricada		544,000.00
Instalación hidrosanitaria		771,607.45
Instalación eléctrica		1,581,034.36
Plafones		2,317,938.50
Aluminio y cristal		1,468,905.68
Alucobon		239,451.32
Aluminio y cristal (adicional)		38,591.00
Carpintería		483,750.00
Banquetas, estacionamiento, áreas verdes, caseta de espera		694,818.36
Caseta de vigilancia		272,040.73
Estructura tridimensional		158,500.00
Alfombra auditorio		11,250.00
Loseta vinílica en auditorio		25,500.00
Limpieza y escombro		229,820.62
Butacas		285,732.82
Ducto de basura		33,848.81
Elevador		340,000.00
Cocina		135,778.52
Aire acondicionado		1,500,000.00
Planta de emergencia		248,428.87
Suma		18,896,677.70

Posteriormente el propietario aceptó que se le presentaran algunos presupuestos que se tomaron en cuenta como extraordinarios:

Excedentes de obra en cimentación		261,453.25
Presupuesto extraordinario 1		1,335,896.55
Presupuesto extraordinario 2		795,785.46
Presupuesto extraordinario 3		120,680.00
	Suma	2,513,815.26
	Suma total	26,639,375.52

El conocimiento detallado del presupuesto permite establecer con suficiente precisión el costo total de la obra y con base en él establecer los calendarios de financiamiento.

VII.4 PROGRAMACIÓN

La programación consiste en mostrar de una manera gráfica la información de un determinado plan a seguir, donde se establecen en tiempo y espacio, las actividades a realizar de una manera ordenada y cronológica, pero siempre en función del volumen a ejecutar tomando en cuenta los recursos disponibles con la finalidad de llevar información del tiempo y costo.

Se entiende que la programación es una actividad posterior a la etapa de planeación, siendo actualmente los programas o sistemas de control más conocidos los siguientes:

- Método de Gantt
- Método de Ruta Crítica (CPM)
- Programa de Evaluación y Revisión Técnica (PERT)
- Programa y Planeación de Proyectos (PPS)

De ellos, el método de la ruta crítica es una técnica que a la fecha es un apoyo inmejorable para la planeación y la dirección de todo tipo de proyectos. Consiste en la representación del plan de un proyecto a través de un diagrama esquemático o red que muestra tanto la secuencia como la interrelación de todas las partes componentes de un proyecto.

Es un método muy adecuado para la industria de la construcción, aunque es aplicable a una infinidad de campos tales como programas de investigación, mantenimiento, ventas y en general cualquier tipo de actividad que implique el manejo de una cantidad considerable de conceptos en forma organizada.

El método de GANNT que se basa en el uso de gráficas de barras formaba en el pasado una herramienta inmejorable para la planeación y control en la construcción. Sin embargo el método de la ruta crítica, como se maneja actualmente permite la evaluación pronta y la comparación de programas opcionales de trabajo, de métodos de construcción y de tipos de equipo. El diagrama de ruta crítica indica con claridad las operaciones de campo que controlan la ejecución en secuencia de todas las tareas.

A medida que avanza la construcción, el diagrama permite ver gráficamente la información precisa acerca de los efectos de cada variación o retraso en el plan adoptado, lo que permite identificar que operación requiere atención inmediata.

El método de PERT (técnica de evaluación y revisión de programa) se basa en un estudio de probabilidades tomando en cuenta el factor tiempo desde el punto de vista: optimista, pesimista y el más probable. Originalmente éste método no consideraba el costo como una variable, pero posteriormente al tomarlo en cuenta, da origen a lo que se conoce como PERTCO. Únicamente haremos mención que éste método conlleva un enfoque probabilístico en cuanto al manejo de los problemas que se presentan en la planeación y control de proyectos y son más adecuados para los trabajos en los cuales se manejan grandes niveles de incertidumbre.

El método PPS (planeación y programación de proyectos) requiere de estimaciones realistas de costo y tiempo y es por tanto un método más definitivo que abarca el diseño, la construcción y el trabajo de mantenimiento requerido para tareas grandes y complejas. Este método ha ido evolucionando hasta llegar al método de la ruta crítica. A pesar de que pueden existir algunas incertidumbres en cualquier proyecto de construcción, el costo y el tiempo requeridos para cada operación implicada pueden estimarse de manera razonable, permitiendo así revisar todas las operaciones por método de la ruta crítica.

VII.4.1 RUTA CRÍTICA.-

Para analizar o revisar un proyecto, independientemente del método que se use, es necesario como primer paso, preparar un diagrama en forma de red esquemática que muestre todas las operaciones individuales y sus relaciones entre ellas mismas.

Cada operación se representa por una flecha entre dos círculos. Cualquier proyecto de construcción se divide con facilidad en un número de procesos u operaciones, cada uno de los cuales puede realizarse mediante diferentes combinaciones de los métodos de construcción, del equipo, de los tamaños de las cuadrillas de trabajadores y las horas de trabajo. Los factores más importantes que dominan la selección de la mejor combinación es el costo, el tiempo, o ambos.

La primera impresión es que el costo directo de cada operación deba predominar con el fin de lograr las tareas con el costo más bajo; pero el costo total del proyecto incluye todas las cargas indirectas y los gastos generales asociados con la completa ejecución de los trabajos. Recordemos que los costos indirectos son proporcionales al tiempo y la planeación para obtener sólo el costo directo más bajo puede no ser la mejor solución.

La solución del problema tiempo-costo no es simple. Todos los costos varían con el tiempo; los costos directos tienden a disminuir si hay más tiempo disponible para una operación, pero los costos indirectos y los generales aumentan con el tiempo. El equilibrio correcto entre tiempo y costo total, es lo que da la solución óptima.

En la actualidad los métodos de ruta crítica pueden brindar procedimientos sistemáticos para controlar los efectos que en un proceso tienen el costo y el tiempo con objeto de acercarse a la solución óptima para cada problema. La solución se presenta como un diagrama o modelo visible de red en el que aparecen todos los datos esenciales de cada operación.

El uso de métodos de ruta crítica en la industria de la construcción, ha llevado a disminuir hasta en 20 % el tiempo de realización de un proyecto. Esto ha sido posible porque un diagrama de red muestra con claridad los procesos cuyos tiempos de terminación son responsables de la determinación de la duración total del proyecto completo. Estas *operaciones críticas* deben mantenerse en observación continua. En su conjunto forman un camino conectado de operaciones a lo largo de la red, esta es la que se conoce como *ruta crítica* a lo largo del proyecto. Todas las demás operaciones tienen alguna tolerancia en sus fechas de iniciación o terminación y pueden ajustarse (dentro de ciertos límites) para armonizar los requerimientos de trabajo y equipo.

El uso del método de la ruta crítica permite la planeación más económica de todas las operaciones para cumplir con las fechas de terminación deseables. Sustituye al juicio basado en la mal llamada experiencia (o método de prueba y error o tanteo) antes utilizado para seleccionar los tiempos de operación, el tamaño de las cuadrillas de obreros, los equipos, etc.; con el método de la ruta crítica es posible determinar con certeza la fecha de terminación del proyecto. Y por último proporciona un medio para evaluar el efecto de todas las variaciones como son las órdenes de cambio, los trabajos extras, o las deducciones sobre el tiempo de terminación y el costo de los trabajos. En el pasado no se contaba con la base racional para calcular dichos efectos, lo cual condujo a muchas discusiones desagradables.

Para aplicar el método de la ruta crítica en la planeación de la construcción y en los problemas relacionados con la misma, es necesario, en primer lugar, contar con una estimación precisa del tiempo y costo de cada una de las operaciones que comprende el proyecto. Esto significa que las estimaciones comunes de costo directo se preparan en la forma habitual.

La descomposición del proyecto en sus operaciones individuales puede ser tan simple o tan detallada como se desee. Lo único que se necesita es que el costo directo de cada operación se estime por separado. Después de haber hecho la estimación del costo directo, se calcula el tiempo normal para terminar cada operación, a partir del total de horas-hombre o de horas planta requeridas o ambas.

Posteriormente de completar y enumerar los costos normales y los datos de tiempo para cada operación podemos enumerar los costos bajo situaciones distintas de lo normal.

De esta manera, los datos de costo y tiempo se preparan teniendo en cuenta variaciones como las más horas de trabajo, el cambio de turnos, los tamaños y composición de las cuadrillas de trabajadores, el uso de equipos opcionales, los cambios en los métodos de construcción o cualesquiera otras variaciones o recursos que puedan ser aplicables al proyecto.

El número de variaciones viables a investigar será diferente para cada proyecto y algunas de ellas podrán rechazarse después de analizar los tiempos y costos que arrojen. Por último, cada una de las variaciones que se consideran adecuadas se revisarán en diagramas separados de

red de ruta crítica para encontrar cual de ellos brinda la solución óptima para los problemas de tiempo-costos del proyecto. De esta forma se determina con gran confiabilidad el método general más económico para realizar el trabajo. A este procedimiento se le conoce como análisis de la red.

VII.4.1.1 PROCEDIMIENTO.-

Para llevar a cabo el empleo de los métodos de ruta crítica, se debe seguir una cierta cantidad de procedimientos lógicos. Estos pueden agruparse de manera conveniente en procedimientos de planeación y de programación.

En este caso entendemos como *planeación* el proceso de seleccionar el método y el orden de trabajo que vamos a adoptar para llevar a cabo el proyecto. Es decir, la secuencia de las etapas requeridas para lograr el resultado óptimo es el plan adecuado de los trabajos y se puede representar esquemáticamente en el diagrama de red del método de la ruta crítica.

La *programación* es la determinación de tiempos para las operaciones que abarcan el proyecto; la suma de los tiempos constituye el tiempo total de terminación y solo puede ser realizada después de haber definido el plan particular para el proyecto y de que éste se haya modelado de tal forma que pueda expresarse en el papel como un diagrama de red.

El primer paso en la planeación de un trabajo consiste en descomponerlo en las operaciones individuales o procesos necesarios para su elaboración. A cada una de estas operaciones o procesos separados se le llama *actividad* y la terminación de una actividad constituye un *evento*.

Debemos hacer notar que las actividades consumen tiempo y los eventos no. Los eventos están separados entre sí por las actividades.

Cuando se ha preparado una lista de todas las actividades de un proyecto, el paso siguiente consiste en determinar la relación que existe entre dichas actividades. Aun cuando muchas de ellas pueden tener lugar en forma concurrente, ciertas actividades deben estar restringidas según una secuencia determinada como en una cadena. Por ejemplo: el colado de concreto presupone la elección de la cimbra y la colocación del acero de refuerzo o en la colocación de una tubería se presupone por su parte la entrega de los tubos. Estos ejemplos indican las *restricciones físicas* que en ocasiones es necesario aplicar a alguna actividad. Por tal motivo es necesario someter a cada actividad a las preguntas siguientes:

- ¿Qué actividades *deben preceder* a esta actividad?
- ¿Qué actividades *pueden realizarse* al mismo tiempo que ésta actividad?
- ¿Qué actividades *deben seguir* a esta actividad?

Se examina pues la secuencia de cada actividad. Cada actividad tiene por lo tanto un evento definido que marca su comienzo posible; este evento puede ser principio o la terminación de una actividad precedente.

El final de una actividad señala el principio de otra actividad dependiente relacionada con ella. En consecuencia en un diagrama en cada actividad u operación es una entidad, las operaciones superpuestas están prohibidas. Si estas ocurren, deben dividirse en dos o más actividades que representen aquellas partes de la operación que *deberán* terminarse antes de que otras actividades *puedan* iniciarse.

La sobreposición del trabajo como aparece en los programas de construcción comunes por medio de diagramas de barras, resulta imposible con el método de la ruta crítica. Esta es otra razón por la cual el método ofrece un mayor grado de control sobre todas las operaciones que se llevan a cabo en el campo.

Además del las *restricciones físicas*, se deben tomar en cuenta las *de seguridad*, las *de recursos*, las *de mano de obra* y también *administrativas*. Todos estos aspectos deben estudiarse de manera cuidadosa al hacer la descomposición del proyecto en las actividades esenciales y al considerar las varias cadenas de actividades que se presentan. En la medida en que el proyecto pueda representarse mediante un diagrama, el mismo representa el proyecto buscando siempre que satisfaga todos los requerimientos impuestos por las restricciones antes citadas.

En la *red orientada a las actividades o diagrama de flechas*, cada línea o flecha representa una actividad y la relación entre actividades se representa mediante la relación de una flecha con las demás. Cada círculo (nodo) representa un evento. El largo de la flecha no tiene significado (aunque en algunos programas se dibujan a escala y por lo tanto adoptan el formato de un diagrama de barras) solo representa el paso del tiempo en dirección de la flecha. Cada actividad individual se representa mediante una línea separada o flecha y el inicio de todas las actividades que parten de un nodo dependen de la terminación de todas las actividades que llegan al nodo. Por ello, el evento que representa cualquier nodo no se logra hasta que todas las actividades que llegan a dicho nodo han terminado. Este tipo de logro se denomina *tiempo del evento* y constituye un concepto de gran importancia en el método de la ruta crítica.

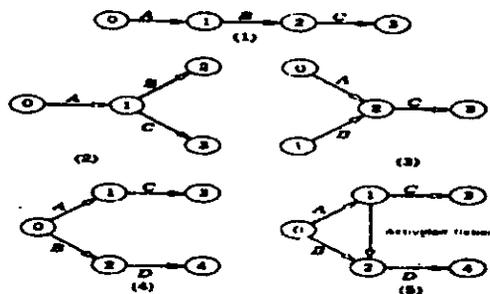


Figura 1. Diagrama De Flechas.

Los diagramas de red de la figura 1 ilustran algunos de los procedimientos lógicos adoptados por los métodos de la ruta crítica. En el inciso (1) es obvio que A debe preceder a B, y que B debe preceder a C. En el inciso (2) A debe preceder tanto a B como a C. En (3), A y B deben preceder a C. En (4), A debe preceder a C y B debe preceder a D. En (5), A debe preceder a C y D, y B debe preceder a D; para esto se requiere utilizar una flecha de conexión llamada actividad ficticia o de liga, para mantener la secuencia lógica de hechos entre A y D. Las actividades ficticias tienen un costo nulo y no requieren tiempo de ejecución y aparecen representadas mediante flechas punteadas.

Los eventos y las actividades se enumeran para su identificación en la red. El orden de numeración carece por completo de significado pero por convención y por varias razones, el número en la cabeza de la flecha es siempre mayor que el número en su cola. El proyecto debe por lo tanto comenzar en el primer evento y proceder evento por evento hasta la terminación de los trabajos.

Por definición un diagrama de red es la representación esquemática de un proyecto, en la que aparecen todas las actividades relevantes y los eventos en yuxtaposición correcta, indicando los tiempos requeridos para su terminación.

Para cada actividad hay un costo correspondiente que en forma habitual se aplica sólo en el momento específico de terminación que se indica para cada actividad. Si el tiempo se varía, puede esperarse que el costo varíe también. En consecuencia, en el análisis final de una red, es necesario conocer el efecto del costo debido a un cambio en el tiempo.

Los datos que muestran este efecto pueden también aparecer indicados en una red para cualquier actividad. Cuando esto sucede la representación esquemática del proyecto se conoce como modelo de red.

El primer enfoque a la planeación y programación lógica de un proyecto consiste en encontrar la ruta crítica para la solución normal, es decir, construir la red con los datos intermedios utilizando los tiempos correspondientes al costo directo más bajo de cada una de las actividades.

Para la construcción de la ruta crítica, partimos de la premisa de que se han terminado los siguientes pasos.

1. El proyecto se ha descompuesto en las actividades viables únicas.
2. Se han enumerado todas las actividades del proyecto.
3. Se han tomado en cuenta todas las restricciones.
4. El diagrama de red preliminar se ha trazado y se han enumerado todos los eventos así como nombrado todas las actividades.

5. Se han analizado los datos de tiempo-costo correspondientes a cada actividad.
6. Se ha asignado un tiempo a cada actividad de la red.

El primer trazo de la red se vería como se indica en la Figura 2(a). La asignación de los tiempos correspondientes a la solución normal se indican sobre las flechas que marcan la actividad como aparece en (b). Junto a cada flecha se ha escrito el tiempo en las unidades que se requieren sean homogéneas, para completar el trabajo correspondiente a esta actividad; a esto se denomina *duración de una actividad*.

Procediendo a lo largo de los eventos en orden numérico, a partir del inicio, una simple suma dará el tiempo más próximo posible en el que todas las actividades que lleguen a cada evento puedan terminar, éste es el tiempo más próximo de terminación (TPT) del evento.

El tiempo más próximo de cada evento se anota al lado izquierdo del óvalo adyacente a cada hecho. Continuando hacia la derecha a través de la red se deriva el tiempo más próximo de terminación del último evento.; este es el tiempo más próximo posible de terminación del proyecto y es la suma de las duraciones de la ruta más larga posible a través de la red desde el inicio hasta la terminación. La Figura 2(b) indica que este tiempo es de 63 días. Si este periodo se acepta como duración del proyecto que no debe alargarse.

El paso siguiente consiste en retroceder desde el evento final, restando la duración de cada actividad; así se obtiene el tiempo más remoto de terminación (TRT). Este tiempo más remoto es permisible para cada evento si el proyecto debe terminarse al tiempo más próximo de terminación del evento final. El tiempo de terminación más remoto está controlado por todas las actividades, a partir del evento en cuestión y es la cifra mínima así obtenida. Si el evento no se logra antes de su tiempo más remoto de terminación el proyecto se retrasará. El valor del tiempo más remoto de terminación se coloca al lado derecho del óvalo adyacente a cada evento como se indica en la Figura 2 (c)

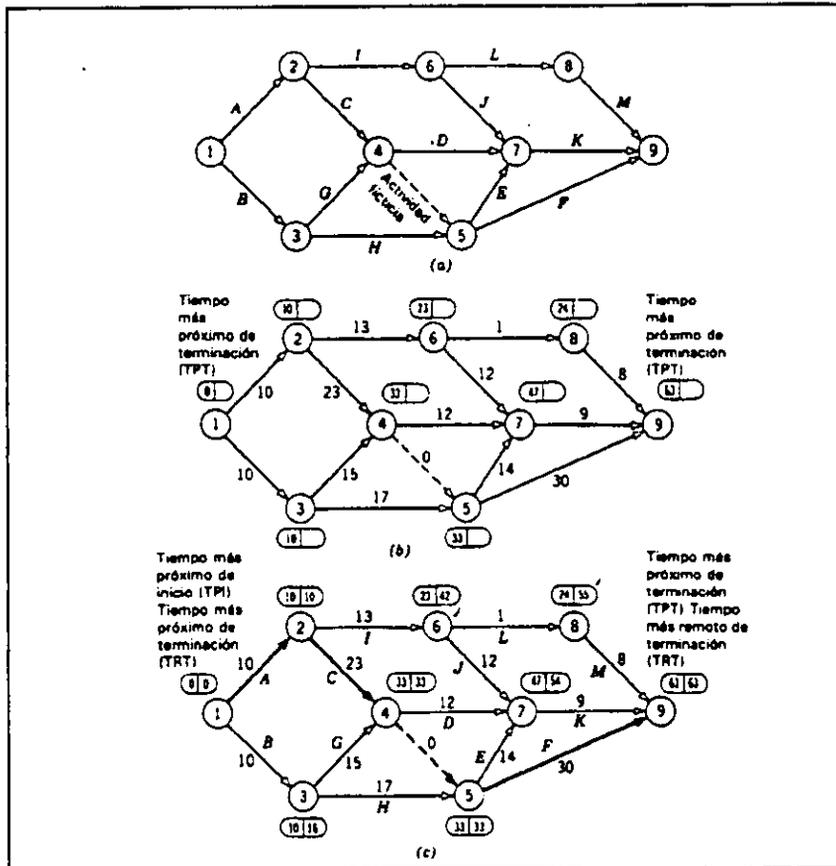


Fig. 2. Pasos En La Determinación De La Ruta Crítica Para Una Red. a). Primer Bosquejo Del Diagrama De Red. b). Determinación De Los Tiempos Del Primer Bosquejo. c). Ruta Crítica Para Una Duración Correspondiente A La Solución Normal

Ahora tenemos dos cifras en cada óvalo que dan el tiempo más próximo y el tiempo más remoto de terminación de cada evento; la diferencia entre ambos es la holgura disponible para retrasos o para ajustes de tiempo y se denomina *tiempo flotante*. Para algunos eventos aparece la misma cifra en ambos lados de la casilla, lo que indica el mismo tiempo para las terminaciones próximas y remotas; en estos casos no hay tiempo flotante alguno. Estos son los hechos críticos que deben realizarse de acuerdo con el programa si es que ha de acabarse el proyecto en el tiempo mínimo total.

La ruta que une estos eventos críticos es lo que se conoce como *ruta crítica para esta red en las condiciones en las que se trazó*. Se muestra en las líneas gruesas en la Figura 2.c, y pasa a través de los eventos 1,2,4,5 y 9.

Cuando se ha establecido la ruta crítica a través de una red, puede resultar deseable comprobar el efecto de otro método de construcción para una actividad de la red en su conjunto. En este caso se dibujan otros diagramas en que aparece la nueva duración correspondiente a esta actividad. Por ejemplo, en el caso del proyecto hipotético que representamos en la Figura 2, si la

actividad F (que aparece con una duración de 30 días) pudiese realizarse en 20 días utilizando un método o equipo distinto (sin pensar en este caso en el costo), el tiempo más próximo de terminación del evento 9 se reduciría a 53 días a través de la actividad F. Serían sin embargo, 56 días a través de la actividad K, como se muestra en la Figura 3

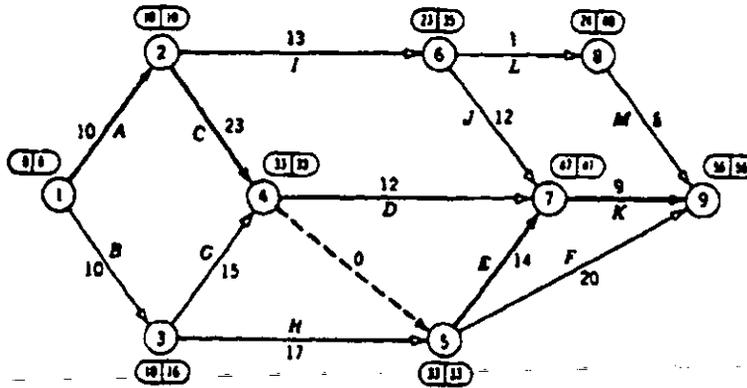


Figura 3. Rutas Críticas Opcionales Según Formas Diferentes Para Llevar A Cabo La Actividad

La duración total del proyecto se reduce así a 56 días, la actividad F deja de ser crítica y en este caso las actividades E y K se convierten en críticas, y la ruta crítica del proyecto cambia a 1 – 2 – 4 – 5 – 7 – 9. El que este sea un método más económico para realizar el trabajo o no, no fue tomado en cuenta en este momento, ya que únicamente se busca mostrar en el ejemplo que al cambiar una actividad que tiene disponible cierta holgura provoca un cambio de plan en el final del proyecto. Debe también observarse cómo el tiempo flotante de los eventos no críticos son afectados por esta propuesta opcional que manejamos para la actividad F.

Una vez que se han obtenido los tiempos más próximos de terminación y los más remotos para todos los eventos del proyecto, el siguiente paso consiste en encontrar todos los tiempos de actividad y los tiempos flotantes.

En la Figura 2.c la actividad 6-8 tiene una duración de un solo día. Resulta también evidente que el evento 6 pudo ocurrir tan pronto como el día 23, mientras que el evento 8 podría ser tan remoto como el día 55, de manera que puede haber 32 días disponibles en los que pudo realizarse esta operación de un solo día. Esta actividad tiene por lo tanto un margen total o tiempo flotante de 31 días y no es por lo tanto crítica. Por otra parte la actividad 2-4 es crítica ya que no dispone de ninguna holgura.

El tiempo flotante puede aprovecharse de varias maneras. La cantidad total de tiempo en que puede demorarse la iniciación de una actividad sin ocasionar que el proyecto se demore se denomina *tiempo flotante total* (TFT). Este retraso puede ocasionar otros retrasos en algunas de las actividades que le siguen, pero no retardarán el proyecto. Es evidente que una actividad crítica tiene un tiempo flotante total nulo. El *tiempo flotante libre* (TFL) de una actividad es la cantidad de tiempo por el cual puede demorarse el comienzo de una actividad sin interferir con el de las

actividades que la suceden. De esto se sigue que el tiempo flotante libre no puede ser mayor que el tiempo flotante total. El *tiempo flotante interferente* (TFI) es la diferencia entre el tiempo flotante total y el tiempo flotante libre de una actividad. Cualquier retraso en la iniciación que supone consume de algo de tiempo del flotante interferente necesitará el retardo de algunas actividades que la siguen, pero no retardará el tiempo total del proyecto. La duración del proyecto no puede prolongarse a menos que tengan lugar retrasos por encima del flotante total.

Para determinar los flotantes disponibles para cada actividad, es necesario en primer lugar, calcular sus tiempos más próximos y más remotos de iniciación (TPI y TRI) así como sus tiempos de terminación más próximos y más remotos (TPT y TRT). El tiempo más próximo de iniciación es el tiempo en que puede comenzar una actividad y el tiempo más remoto de iniciación es aquel en que debe comenzar para no perder la duración mínima del proyecto. Los tiempos de terminación son simplemente los tiempos de iniciación aprobados más la duración de la actividad.

Programación de actividades para el ejemplo hipotético (ver Figura 2 c)

Elemento	Flecha	Duración	TPI	TRI	TPT	TRT	TFT	TFL	TFI	Observaciones
A	1-2	10	0	0	10	10	0	0	0	Crítica
B	1-3	10	0	6	10	16	6	0	6	---
C	2-4	23	10	10	33	33	0	0	0	Crítica
I	2-6	13	10	29	23	42	19	0	19	---
G	3-4	15	10	18	25	33	8	8	0	---
H	3-5	17	10	16	27	33	6	6	0	---
Ficticia	4-5	0	33	33	33	33	0	0	0	Crítica
D	4-7	12	33	42	45	54	9	2	7	---
E	5-7	14	33	40	47	54	7	0	7	---
F	5-9	30	33	33	63	63	0	0	0	Crítica
J	6-7	12	23	42	35	54	19	12	7	---
L	6-8	1	23	54	24	55	31	0	31	---
K	7-9	9	47	54	56	63	7	7	0	---
M	8-9	8	24	55	32	63	31	31	0	---

La tabla muestra los resultados de todos los cálculos de tiempo y tiempos flotantes correspondientes a la red de la Figura 2 c .

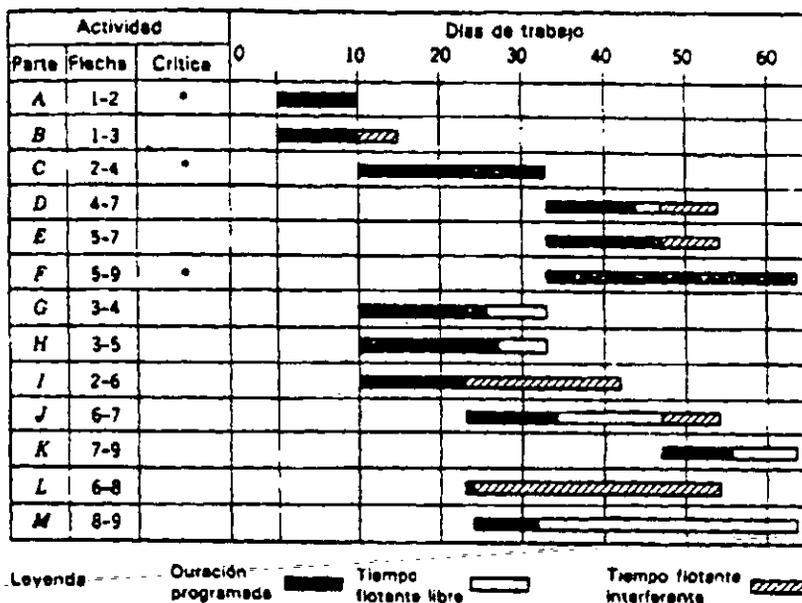


Figura 4. Diagrama De Barras De La Ruta Critica Del Programa De Construcción Correspondiente A La Red Que Aparece En La Figura 2

El diagrama de barras del método de la ruta crítica que aparece en la Figura 4. puede servir como ayuda visual. Se nota la semejanza que se tiene con el diagrama de barras de un programa común, pero muestra además las actividades críticas y la información esencial acerca de los tiempos flotantes.

Es conveniente hacer notar que el tiempo flotante es por lo tanto un margen de seguridad que puede utilizarse para compensar retrasos imprevistos o deliberados en las actividades a lo largo de las rutas no críticas. El conocimiento del tiempo flotante disponible permite el desplazamiento de las actividades no críticas dentro del proyecto, siempre dentro de sus límites de tiempo flotante.

Esta es otra de las ventajas importantes que la industria de la construcción ha encontrado en el uso del método de la ruta crítica. La manipulación inteligente de los tiempos flotantes libres e interferentes permite realizar de manera lógica y matemática un plan de construcción con menos imprevistos, sin exceder el tiempo total del proyecto.

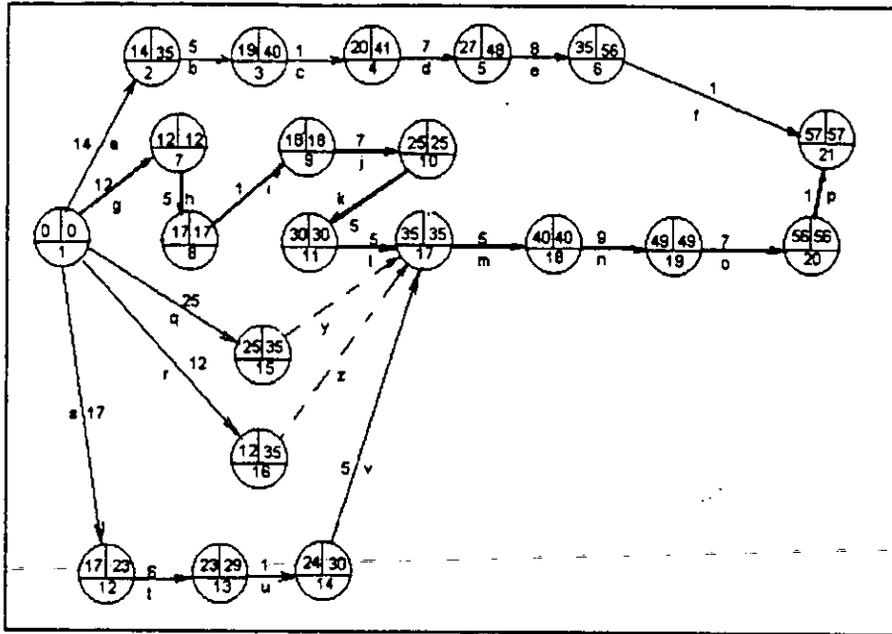
Después de esta manipulación de las actividades no críticas, se reprograma el arreglo revisado con fechas determinadas para que el programa final del proyecto corresponda a la duración específica requerida.

Ningún plan es perfecto en el papel, pero el método de la ruta crítica brinda un cuadro mucho más preciso que el de todos los métodos anteriores de planeación que se basan en buena medida en el juicio o en la experiencia del constructor.

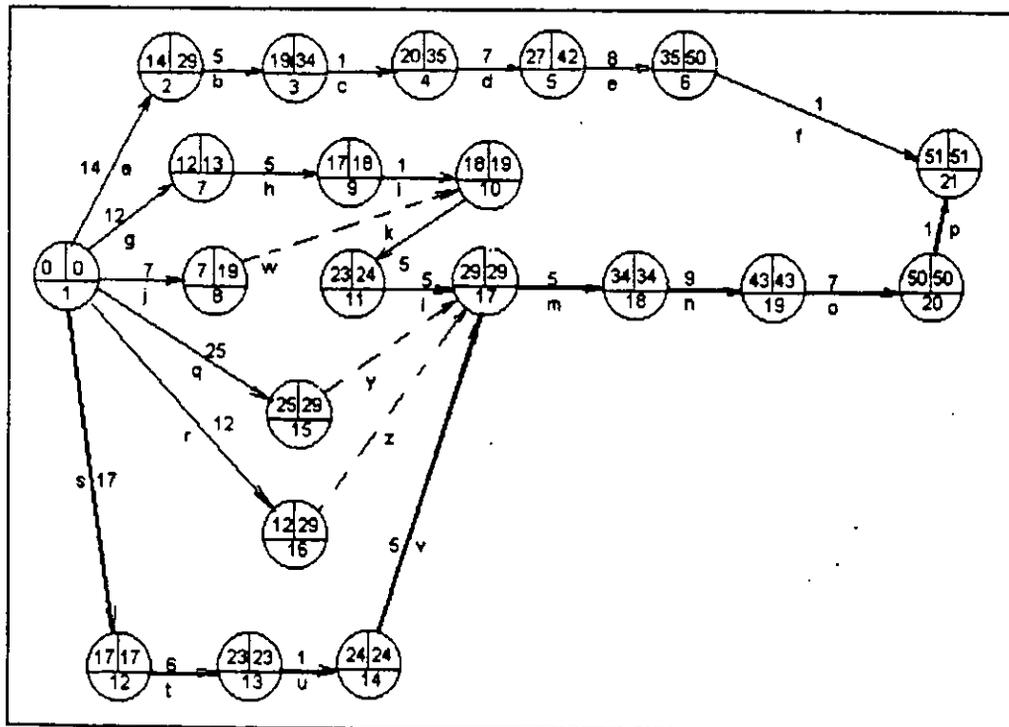
Para efectos del presente trabajo, y con objeto de no hacer una exposición demasiado extensa, analizaremos a través del método de la ruta crítica el tramo de construcción comprendido de la iniciación de las trabes de liga hasta el momento de colocación de la primera losa de entrepiso. El resto del proceso es repetitivo para la construcción del edificio.

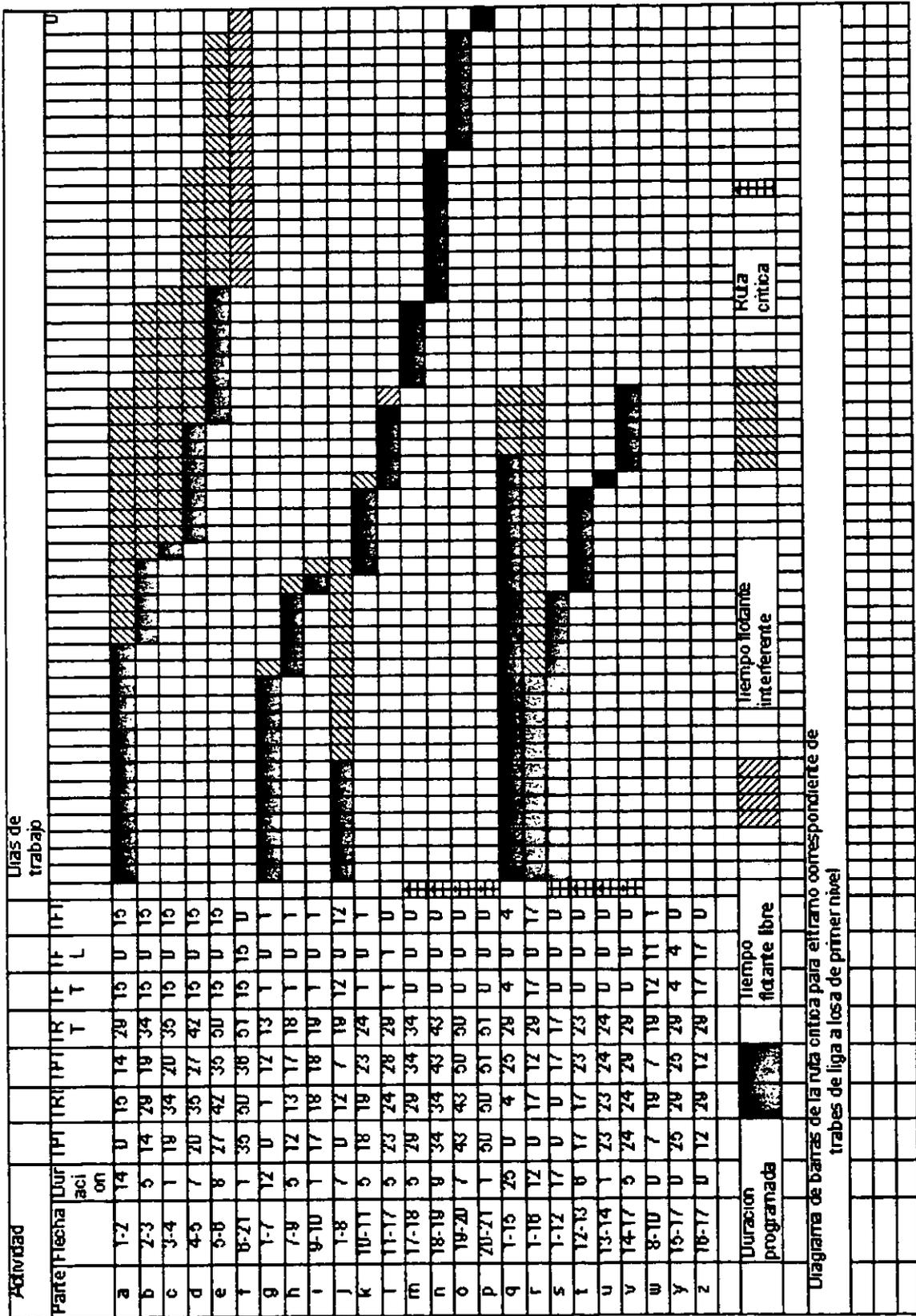
Parte	Actividad	Tiempo (en días)
A	Acero en trabes de liga	14
B	Cimbra en trabes de liga	5
C	Colado en trabes de liga	1
D	Relleno y nivelación	7
E	Acero en piso	8
F	Colado de piso	1
G	Acero en columnas	12
H	Cimbra en columnas	5
I	Colado en columnas	1
J	Habilitación de acero en placas de conexión	7
K	Colocación de placas de conexión	5
L	Remate de columnas	5
Q	Habilitación y fabricación de trabes metálicas	25
M	Montaje de trabes principales de fierro.	5
N	Montaje de trabes de hierro secundarias.	9
O	Montaje de lámina Romsa y colocación de pernos	7
P	Colado de losa	1
R	Montaje e instalación de la grúa	12
S	Habilitación de acero en muros	17
T	Cimbra en muros	6
U	Colado de muros	1
V	Placas de conexión	5

Y la representación gráfica de la Ruta Crítica es la siguiente:



La siguiente versión de la Ruta Crítica se determinó moviendo la actividad “J” al inicio de las actividades; se refiere al habilitado de placas de conexión. Se consideró que se puede ejecutar ésta actividad sin esperar a que el avance de la obra llegue hasta el colado de las columnas a nivel de placa. (Ver lista de actividades y el Diagrama de Ruta Crítica anterior).





VII.5 CONTROL

Como se pretende manejar una cantidad considerable de variables, así como su relación entre sí, con todas las limitaciones que se presentan, no podemos esperar hasta el término de la obra para saber si nuestro objetivo se cumplió; por lo cual es necesario revisar constantemente durante nuestro proceso, el cumplimiento de estos.

Los elementos a controlar son:

- Recursos
- Tiempo
- Calidad
- Cantidad

Esto se realiza por medio de controles que nos permiten medir los resultados actuales y los pasados, para compararlos con los esperados, ya sea de manera parcial o total con la finalidad de corregir, mejorar y formular nuevos planes que nos permitan cumplir con los plazos y objetivos prefijados.

Para que exista un control es necesaria la existencia de estándares fijados previamente, los cuales incrementarán su eficiencia y precisión. Los estándares en la construcción son muy la condición de que proporcione una visibilidad periódica de los avances.

El llevar un control implica un costo y se requiere que éste sea mínimo, tomando en cuenta la gran cantidad de variables que se pueden presentar, como son desde un presupuesto hasta una diversidad de programas de actividades como las siguientes:

Programa de obra
Programa de Suministro de Materiales
Programa de Personal
Programa de Financiamiento

Estos estándares se van adecuando en base a la experiencia acumulada, por lo que se pueden realizar programas con un rango de seguridad mayor y más apegados a la realidad, según los tiempos de ejecución que se tienen disponibles para el proyecto.

Se basan en la regla de que un control debe ser proporcional al beneficio, siempre y cuando se justifiquen los gastos y el trabajo de realizarlo.

Es recomendable puntualizar un control en los casos en que no se está logrando lo previsto. Conviene precisar que el control total es incosteable, por lo que es necesario controlar sólo aquellos objetivos que se consideren más importantes.

Dentro de un proyecto, los factores más importantes a medir son:

-
- ◆ Volumen de obra (m^2 y m^3 construidos).
 - ◆ Costo indirecto de la obra
 - ◆ Costo indirecto de operación
 - ◆ Rendimiento de la obra de mano, materiales y equipos
 - ◆ Horas extra, horas máquina
 - ◆ Toneladas de acero colocadas
 - ◆ m^3 de concreto colocados, etc.

Siempre se alcanzarán los objetivos previstos de acuerdo al tipo de control que se establezca.

El principio básico de un manejo de elementos dentro de un proceso de control radica en analizarlos y utilizarlos, estableciendo estrategias que nos permitan tener un panorama más amplio para poder tomar una decisión.

Con los datos obtenidos del control y con nuevas suposiciones se realizarán proyecciones que nos permitan: planear, programar, organizar y controlar nuestras actividades. Actualmente dicha planeación involucra a otras personas con otros niveles y responsabilidades, que nos ayudarán tanto a elaborar un presupuesto, negociar un contrato, determinar gastos, cumplir programas; así como controlar costos que nos permiten determinar mejoras en la producción y eficiencia, asegurando así el margen de utilidad establecido previamente.

Además, la administración deber ser equitativa para lograr el respeto y la lealtad de las personas que integran la organización y así avanzar de manera conjunta a un objetivo que debe ser común para todos.

A continuación se presenta una muestra de cómo se llevó el control de la obra en lo que se refiere a financiamiento, se expone una parte del programa que permitió ir llevando un registro de las erogaciones que se fueron realizando a lo largo de la construcción de edificio.

Posteriormente se presenta el programa de obra que permitió en un principio llevar el control de la misma, sin embargo se fueron haciendo ajustes al mismo con objeto de tomar en cuenta las variaciones de tiempos de ejecución que se fueron presentando.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES

- VII.1. TERMINACIÓN DE LA OBRA**
- VII.2. CONSIDERACIONES FINALES**

VIII.1. TERMINACIÓN DE LA OBRA

El costo total del proyecto es de \$ 26,639,400.00 y se calculó haciendo la suma de todas las partidas que fueron autorizadas por el propietario. La diferencia con el presupuesto original es debida a que se fueron dando a lo largo de la construcción una serie de cambios que en principio no estaban contemplados. Algunos equipos de las instalaciones especiales tuvieron que pagarse en dólares y algunos conceptos que en principio no fueron cubiertos correctamente, dieron lugar a la presentación de los llamados "presupuestos extraordinarios".

Antes de proceder a hacer la entrega del edificio, se hace una revisión total de ésta. Esto se lleva a cabo con la idea de verificar todos y cada uno de los trabajos realizados, principalmente los que conciernen a instalación eléctrica, instalación sanitaria, todas las instalaciones que se consideran especiales como son el aire acondicionado, elevador, planta de emergencia, etc. así como puertas, chapas, pisos, pintura, etc.

Es conveniente formular un programa para llevar a cabo la revisión, basado en el presupuesto y en los cambios realizados. Cuando se encuentran puntos de conflicto, es conveniente contratar los servicios de especialistas para que den su veredicto.

Una vez formulado dicho programa, se recorre la obra junto con el responsable y el interesado.

Se levanta un acta y se procede a dar aviso de terminación de obra a las autoridades correspondientes, todo ello con el objeto de que liberen la autorización de uso.

Es conveniente hacer una comparación entre el costo real del edificio y el presupuestado, llegándose a conclusiones muy interesantes; desde luego se logrará un acervo de datos que se utilizarán el día de mañana. A la fecha podemos decir que existen muy pocas empresas que realizan éste trabajo post-obra, sin embargo, aquellas que lo hacen cuentan con mayores posibilidades de abatir costos en sus proyectos futuros y por ende ser más competitivos.

Al escribir éste trabajo, los autores han tenido especial interés en presentar un material de apoyo a los profesionistas que se inician en ésta difícil carrera, buscando puntualizar los problemas que se presentan cuando se lleva a cabo una obra sin contar desde un principio con el "Proyecto Ejecutivo".

Durante la etapa de preparación que representa el cursar una carrera, la mayoría de los problemas que se plantean y resuelven cuentan con abundancia de datos, lo cual permite obtener soluciones únicas y exactas. Pero en el ejercicio de la profesión los datos son escasos, y se puede decir, con toda certeza, que cuando se logra un buen planteamiento del problema, la solución es fácil; todo esto se logra con experiencia y estudio constante. En muchos casos se adoptan soluciones que son las más económicas o convenientes en ese momento, pero a la larga pueden ser las más caras.

VIII.2. Algunas consideraciones finales:

Al llevar a cabo este proyecto se distinguen varias ventajas desde el punto de vista de confort, tanto para el usuario, como para el personal de mantenimiento, ya que se ha buscado en él un mayor control centralizado sobre algunas zonas del edificio, ahorro de energía eléctrica debido a las características propias del mismo, así como una mayor seguridad y calidad tomando en cuenta la posibilidad de crecimiento futuro. La implementación de sistemas de control permitirá, en un futuro, convertirlo en un edificio inteligente.

No está por demás el hacer algunas consideraciones para tratar de entender el porqué a un edificio se le puede considerar inteligente.

Se considera un edificio inteligente aquel que tiene resueltas en forma automatizada los siguientes conceptos:

- Ahorro energía
- Seguridad
- Detección de siniestros
- Control accesos
- Mantenimiento preventivo y correctivo
- Centrales automatizadas de alumbrado y temperatura
- Control de sismos
- Monitoreo bombas de agua y alarmas
- Control de elevadores
- Sensores de humos para incendios
- Sensores analógicos de temperatura (Se basa en él la resistividad que tienen los materiales como el níquel y el platino)
- Sensores de sismos (a través de contactos de mercurio, se basa en la teoría de que las ondas primarias viajan al doble de la velocidad de las ondas secundarias que son las destructivas.)
- Sensores de movimiento en pasillos.
- Sensores fotoeléctricos en puertas.

Para implementar todas éstas condiciones, es necesario hacer el diseño de sistemas de control y monitoreo:

- ✓ Controladores programables
- ✓ Elección y descripción de todos los equipos periféricos necesarios
 - sensores de campo
 - accionadores
 - monitores
 - transductores
 - contactores

Por lo que se refiere a las ventajas en confort, control y mantenimiento resulta demasiado complejo evaluar en términos económicos los resultados, ya que este proyecto tiende a considerarse con tendencias de "Proyecto de Vanguardia", concretándonos en decir que sus características de una u otra manera elevan la calidad del edificio, lo cual a futuro se podrá ver reflejado en un aumento en la rentabilidad por m^2 de oficina.

El proyecto fue concebido de su origen para convertirlo en un futuro corto a edificio inteligente, por lo cual analizaremos brevemente las tendencias de diseño que se tomaron en cuenta:

Orientación del edificio.- Este punto representa un factor importante ya que se buscó el aprovechamiento al máximo de la energía solar para calentar el inmueble, ahorrando energía en calefacción (o viceversa, si el lugar es caliente se buscó diseñar el proyecto de tal manera que el sol caliente lo menos posible el edificio).

Materiales de construcción.- Si hablamos de transferencia de calor, el edificio deberá ser construido con materiales que ayuden a mantener o a permear la temperatura del lugar.

∴ Resulta importante que exista la menor transferencia de calor entre el exterior y el interior, debiendo utilizarse materiales con alta resistencia térmica o provocando espacios entre fachada y estructura que logren el mismo efecto. Si se busca aprovechar la energía solar para calentar alguna zona del edificio, la resistencia térmica en esa zona deberá ser baja al contrario del primer caso.

Diseño de espacios y lugares adecuados.- Es muy importante dentro del proyecto, cuidar los lugares en donde se precisa instalar los equipos electrónicos tanto de control como de servicio interno, de manera que los niveles de humedad y temperatura no se excedan para evitar afectación de los equipos, cuidando además las dimensiones recomendadas por los fabricantes.

Diseño de ventanas e iluminación.- Resulta sumamente importante que el diseño propio de los espacios dedicados a ventanales permitan aprovechar al máximo la iluminación natural del lugar, buscando la utilización menor de la iluminación artificial y ∴ reduciendo la cantidad de $watts/m^2$ para mantener una iluminación adecuada.

Tipo de iluminación.- Siempre será importante la correcta elección de los sistemas de iluminación que se coloquen en cualquier edificio tratando de ahorrar energía, utilizando iluminación suficiente colocada en lugares estratégicos para su mayor aprovechamiento. En algunos casos, los sistemas de iluminación deberán alternarse con sistemas de control automatizado pero siempre sin perder el objetivo de ahorro de energía.

Cableado estructurado.- Esta idea representa ahora uno de los conceptos indispensables para un edificio, donde se tiene la necesidad de llevar de un lado a otro cables para diversos sistemas como telefonía, fibra óptica, redes de cómputo, sistemas de control y cableados para la distribución de fuerza. El cableado estructurado obliga a tener una plena identificación en ambos lados de cualquier tipo de cable o fibra, utilizando etiquetas con códigos estandarizados de

colores y nomenclaturas, además deben existir ductos con compartimentos para los diferentes tipos de cables. Todo apoyado por medio de placas de identificación para el edificio completo.

Otros sistemas.- Existen otras tecnologías que se pueden englobar con un edificio inteligente como son: circuitos cerrados de T.V., sistemas de seguridad por tarjeta y códigos de barras, sensores de cantidad de personas por calor, sistema inteligente de aire acondicionado, etc.

Diseño flexible.- Desde que se comenzó la concepción del edificio se proyectó como inteligente, iniciando con bosquejos y terminando con la construcción del mismo como tal; es seguro que debido a la rapidez del avance tecnológico, ya hayan surgido nuevos equipos, ideas y formas que permitan dar mayores ventajas al edificio.

El hecho de poder acoplarse fácilmente a las nuevas tecnologías es en sí, la principal característica que debe tener un edificio inteligente; todo depende de la imaginación y creatividad del diseñador, por lo cual resulta prácticamente imposible agotar todas las posibilidades.

A futuro se tienen ya las ideas de diseño para su automatización, control y monitoreo; sin embargo, concluimos que el éxito de llevar a cabo un edificio inteligente radica en la concepción desde un principio del esquema inteligente, esto representa un trabajo multidisciplinario en el cual debemos hacer coincidir y coordinar las ramas de ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica, civil y ambiental dentro de la propia arquitectura.