

31  
204



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

RESTAURACION DEL EX-HOSPITAL  
DE BETLEMITAS

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
EDGAR GUERRERO PUENTE  
HECTOR EDUARDO MURGUIA MORALES



DIRECTOR DE TESIS: ING. MARCOS TREJO HERNANDEZ

MEXICO, D. F.

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

263433



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  
60-1-108/97

Señores

**EDGAR GUERRERO PUENTE**  
**HECTOR EDUARDO MURGUIA MORALES**  
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**.

**"RESTAURACION DEL EX-HOSPITAL DE BETLEMITAS"**

- INTRODUCCION**
- I. ANTECEDENTES**
  - II. ESTUDIOS PRELIMINARES A LA RESTAURACION**
  - III. ALCANCES DEL PROYECTO**
  - IV. INSTRUMENTACION Y CONTROL REQUERIDOS DURANTE LA RESTAURACION**
  - V. PROGRAMACION DE LOS TRABAJOS**
  - VI. COSTO DE LAS OBRAS DE RESTAURACION**
  - VII. CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

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.

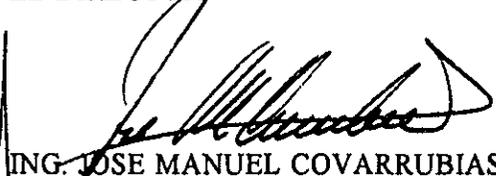
Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria a 31 de octubre de 1997.

EL DIRECTOR



ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP\*lmf

Dedico esta Tesis profesional:

Con todo mi amor y admiración,  
a ti Mamá.

Con el cariño y la ternura que en ellas encuentro,  
a Cris y a Regina.

Con el mas profundo respeto,  
a la memoria del Ing. Carlos Morales Pérez de León.

Agradezco a:

La Facultad de Ingeniería, que me abrió sus puertas  
para desarrollarme como Ingeniero.

El Ing. Marcos Trejo Hernández,  
por su ayuda para desarrollar este trabajo  
profesional.

El Lic. Emilio Gutiérrez Moller,  
por el apoyo que siempre me ha brindado.

El Lic. Francisco Moreno y Gutiérrez,  
por su amistad y confianza.

El Ing. Juan Manuel Begovich Garfias,  
por su amistad y por los invaluable consejos  
que de él he recibido.

*DEDICATORIAS  
ESPECIALES.*

*Ing. Héctor E. Murguía Morales.  
Junio, 1998*

**INDICE**

	<b>pág</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I ANTECEDENTES</b>	7
Antecedentes Históricos	8
Fundación de los Betlemitas en México	8
Cronología de la utilización del Inmueble	10
Ubicación y Dimensionamiento del predio	16
<b>CAPÍTULO II ESTUDIOS PRELIMINARES A LA RESTAURACIÓN</b>	21
Estado en que se recibió el inmueble previo a la restauración	22
Descripción Arquitectónica	23
Descripción Estructural	26
Estudios realizados para determinar las condiciones actuales del Inmueble	31
Estudios de Geotécnia	31
Exploración y Muestreo	32
Estratigrafía	35
Mecánica de Suelos	42
<b>CAPÍTULO III ALCANCES DE PROYECTO</b>	55
Evaluación de necesidades y requerimientos para la elaboración del proyecto	56
Estructura Organizacional del proyecto	62
Proyecto Estructural y Procedimientos Constructivos	65
Instalaciones	92
Instalación Hidráulica	93
Instalación Sanitaria	103

Instalación Eléctrica	111
Instalación de Aire Acondicionado	117
<b>CAPÍTULO IV INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL REQUERIDOS DURANTE LA RESTAURACIÓN</b>	<b>122</b>
Instrumentación en el Subsuelo	126
Pozos de Observación	127
Piezómetros	130
Inclinómetros	137
Instrumentación en Elementos Estructurales	142
Juntímetro Triaxial	143
Extensómetro	145
<b>CAPÍTULO V PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS</b>	<b>151</b>
Fundamentos Generales de la Programación	153
Programación de los Trabajos de Restauración	157
<b>CAPÍTULO VI COSTO DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN</b>	<b>171</b>
Panorama General de la Teoría de Costos en Construcción	175
Obtención de los Costos Aproximados de los Trabajos de Restauración	194
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>198</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>202</b>

# INTRODUCCIÓN



*Edificio de Betlemitas: costado que daba a la calle de San Andrés (hoy Tacuba).*

*Litografía de Pedro Gualdi (detalle), c.a. 1855*

*Foto Arturo Chapa.*

## INTRODUCCIÓN.

Las transformaciones que sufren las ciudades, radican en la evolución de su historia, la cual se encuentra enmarcada por una serie de sucesos económicos, sociales, culturales y políticos. Por lo general, las características que esconden las diversas épocas, son perceptibles en las valiosas y antiguas edificaciones, las cuales manifiestan en su arquitectura, parte de la invaluable cultura, base y origen del hombre. Tal es el caso del Centro Histórico de la Ciudad de México, patrimonio de nuestra humanidad, el cual alberga a infinidad de monumentos históricos, entre los cuales destaca uno de los inmuebles mas valiosos, “El Ex-Hospital de Betlemitas”; resaltado debido a la importancia de su arquitectura, obra del Arquitecto Lorenzo Rodríguez, autor entre otras obras del Sagrario Metropolitano, por lo que sobra mencionar la calidad que manifiesta en el manejo de proporciones, espacios, y estilos.

Este majestuoso recinto fue abandonado dos veces, la primera ocasión en 1821, en que fueron suprimidos los betlemitas por decreto de las cortes españolas, junto con las otras órdenes mendicantes y castrenses. Posteriormente el convento fue dado a las monjas de la Enseñanza Nueva, quienes tras la orden de exclaustación juarista, fueron desalojadas quedando el inmueble a disposición del Gobierno, quien le dio diversos usos.

A mediados del siglo XIX, el inmenso Convento, que se ubica en la esquina de las actuales calles de Tacuba y Bolívar, fue dividido y vendido a particulares. En el lado de Bolívar se adaptó para hotel; el que está sobre Tacuba se convirtió en vecindades y comercios.

Tras incesantes procedimientos el Banco de México logró adquirir la inmensa construcción en 1989, teniendo como objetivo el restituirle al edificio su imagen original, rescatando para la Ciudad de México un monumento arquitectónico de primer orden en su género, así como adaptarlo al uso contemporáneo, destinándole diversos usos. Específicamente, en los antiguos claustros se creará el Museo de la Numismática, con la magnífica colección de la Institución. También alojará una biblioteca especializada en economía, una hemeroteca sobre la materia y un archivo histórico; así el inmueble estará abierto al público para que pueda contemplar el contenido del mismo, y consultar la información requerida en materias de economía y numismática.

El criterio de las restauraciones y adaptaciones que se efectuarán en el inmueble, claramente se orientan a rescatar las características arquitectónicas originales del mismo, así como adaptar su funcionamiento a la mas moderna tecnología, para lo cual es necesario llevar a cabo una serie de estudios iniciales e intervenciones por el cambio de uso.

Las etapas o procedimientos para lograr los objetivos planteados por el Banco de México, requieren inevitablemente la participación de diversas áreas de servicio en materia de restauración y adaptación al uso contemporáneo, tales como la Ingeniería, Arquitectura y Arqueología, así como la intervención de las autoridades como el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y el Departamento del Distrito Federal (DDF), las cuales vigilan la ejecución de los trabajos en función a La Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas y al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, respectivamente, por lo que resulta de vital importancia estructurar una participación especializada en cada uno de los trabajos a realizar. Lo anterior con la finalidad de cubrir los requerimientos de la obra y dar un seguimiento adecuado a las etapas de restauración con la seguridad y especificaciones necesarias.

En lo que a la participación de la Ingeniería en materia de restauración estructural y funcionamiento de las instalaciones compete, es necesario implantar una serie de estudios iniciales con la finalidad de determinar el estado actual de la edificación, seguido de un completo programa de trabajos a ejecutar definiendo las soluciones y los alcances de los procedimientos constructivos que sean necesarios, asimismo, deberá vigilarse periódicamente el comportamiento del inmueble debido a la adición y sustracción de

cargas, ya que en función de esto, podremos asegurar la continuidad de los trabajos sin desviarnos de la proyección original. Referente a las instalaciones, será necesario determinar los requerimientos actuales, en función de los cuales se deberá proveer al inmueble, estudiando las posibles alternativas y soluciones partiendo de la premisa de mantener las características arquitectónicas del lugar.

Esta investigación pretende visualizar la problemática que representa llevar a cabo cada uno de los componentes que integran la restauración de un Inmueble de esta magnitud. He ahí la importancia de desarrollar un proyecto con las características mencionadas, ya que se pretenden ligar casi mas de dos siglos de historia, utilizando los medios con que cuentan actualmente la ciencia y la tecnología moderna.

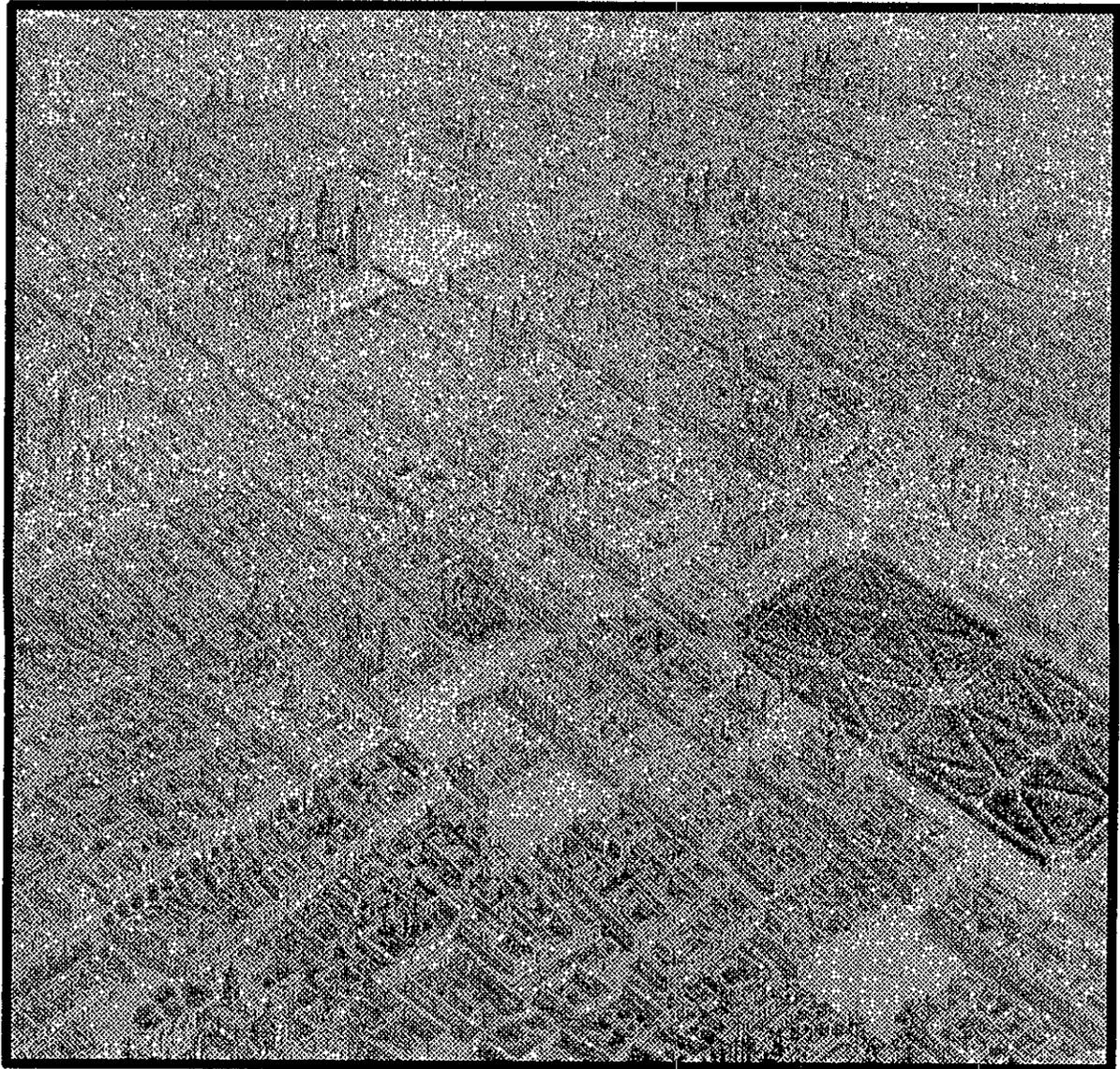
Ante la imperiosa necesidad de mantener lo restante de nuestro patrimonio y el beneficio económico que rige sobre los intereses culturales y sociales, es necesario implantar soluciones que concilien ambos intereses, es por esto que en el caso del Ex-Hospital de Betlemitas fue necesario equilibrar su calidad como monumento artístico y su valor como bien raíz, debiendo tomar la decisión que garantice la operatividad del inmueble en lo referente a su mantenimiento y funcionalidad en los usos anteriormente descritos, preservando el carácter que lo identifica como monumento histórico. “Hoy día no nos podemos permitir la

destrucción de nuestro pasado cercano pretextando la modernización, que conlleva un afán especulativo, exhibicionista, falso y destructor de nuestro ámbito urbano<sup>1</sup> ”.

---

<sup>1</sup>Arnal, Luis “Reglamento de Construcción Para el Distrito Federal.”, edit. Trillas, México, D.F., 1996.

# ANTECEDENTES.



*México, 1858 (detalle). Grabado de Casimiro Castro.  
Manuel Orozco y Berra. SAGAR.  
Foto Jesús Sánchez Uribe.*

## CAPÍTULO I

### ANTECEDENTES.

#### I.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

##### *I.1.1.-La fundación de los Betlemitas en México.*

El origen de las ordenes hospitalarias en la Nueva España data del siglo XIV, generándose a partir de la necesidad de dar atención tanto a enfermos, desamparados o viajeros, teniendo como fundamento los estatutos cristianos y como objetivo primordial el brindar hospitalidad y educación. Estas agrupaciones religiosas, se fueron extendiendo a todo lo largo del territorio novohispano, llegando por igual a Filipinas, Nuevo México o Nicaragua.

Dentro de las principales ordenes de este género que existieron en la Nueva España, encontramos entre otras, a la orden de los Hipólitos (1560), dedicada a la atención de dementes y retrasados mentales, la de los Juaninos u hospitalarios de San Juan de Dios (1603), dedicada a atender a los infantes abandonados, así como a los enfermos de cualquier casta, la de los Antoninos (1628), dedicada a la atención de leprosos, y la de los Betlemitas (1652), dedicados a proporcionar alivio a los enfermos convalecientes de toda condición.

La Orden de los Betlemitas fue fundada en la ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, tomando su nombre del antiguo

hospital de Nuestra Señora de Belén, establecido por el Beato Pedro de Betancourt, el cual a sus 23 años, partió de Santa Cruz de Tenerife hacia la Habana el 18 de septiembre de 1649, de donde posteriormente se trasladaría hacia Guatemala llegando en el año de 1651. Fue ahí donde comenzó su vocación de servicio, alfabetizando niños y participando en la construcción de diversas iglesias de la Orden Franciscana, en la cual al incorporarse y aprender los cuidados que se le daban a los enfermos convalecientes, definió los conceptos que tomó como bases para la fundación de su hospital.

Debido a la difusión de la existencia y éxito del hospital del Beato Pedro de Betancourt, Fray Payo Enríquez de Rivera, Obispo de Guatemala, conoció y se interesó por la obra del Hermano, dejando aquella ciudad para ocupar la sede episcopal en la actual ciudad de México. Una vez establecido, escribió al aquél entonces hermano mayor de convalecientes, Fray Francisco de la Trinidad, una carta para solicitar el traslado de algunos de sus hermanos de hábito, en el carácter de fundadores del primer hospital de la orden en la ciudad, y no fue hasta el año de 1673 cuando se envió al primer grupo, conformado por, Fray Francisco del Rosario, Fray Francisco de San Miguel, Fray Gabriel de la Santa Cruz y Juan de la Madre de Dios, los cuales a su llegada, fueron instalados en el Hospital del Amor de Dios (posteriormente sede de la Academia de San Carlos), una Institución episcopal fundada por Fray Juan de Zumárraga, en donde permanecieron por dos años, hasta que en el

año de 1675 gracias al voto del Corregidor, Don Diego Maldonado y Espejo, les fue donada una casa hospitalaria que se encontraba en desuso. El Corregidor impuso como condición única para lograr su permanencia en el inmueble, que tuviesen como advocación la imagen de San Francisco de Javier, al cuál tendrían que adoptar como patrono, debido a que el beato con anterioridad, le había dado al inmueble un uso hospitalario.

Finalmente, la orden se instaló en el inmueble donado, abriendo sus puertas el 31 de marzo de 1675 bajo el nombre de “Hospital de Betlemitas”, funcionando en su inicio con tres salas o enfermerías, una para españoles, otra para indios, negros y mulatos, y una última para sacerdotes.

### *1.1.2.- Cronología de la utilización del Inmueble.*

Posterior a la apertura del Hospital de la Orden de los Betlemitas en el año de 1675 (en la actual esquina que forman las calles de Tacuba y Filomeno Mata), se presentó la necesidad de construir una nueva capilla, la cual sería financiada por un rico hacendado de origen sevillano.

A mediados del siglo XVIII, adquirieron mediante una donación la mitad de la cuadra situada sobre la calle de San Andrés (hoy en día Tacuba) y parte de algunos predios ubicados en la calle de Vergara

(hoy en día Bolívar), pertenecientes al mayorazgo de Urrutia y Vergara. Fue entonces cuando en estos terrenos decidieron proyectar el nuevo claustro conventual y el noviciado, respetando la construcción anterior para uso de enfermerías y la escuela de primeras letras. La obra correría a cargo del Maestro en Arquitectura Don Lorenzo Rodríguez.

La construcción proyectada, constaría de sesenta y una varas ( una vara es equivalente a 838 milímetros en México) en su lado norte y noventa y cinco en su lado oriente, definiendo tres áreas principales: el convento, el noviciado y dieciséis accesorias de taza y plato (cuartos aislados, habilitados con dos niveles comunicados por una escalera única) en la fachada.

Para fines del siglo XVIII, el conjunto contaba, además de las áreas anteriormente mencionadas, con una adición de casas donadas, abarcando la totalidad de la cuadra comprendida entre las calles de Vergara (Bolívar), San Andrés (Tacuba), Villerías (Filomeno Mata) y San Francisco (Cinco de Mayo). Para entonces estaba integrado por: las enfermerías, el templo de Nuestra Señora de Belén, el Convento y el Noviciado, las accesorias, los jardines y algunas huertas.

A principios del siglo XIX, a raíz de la invasión de las tropas Napoleónicas a España, se suscitaría la pérdida del poder de los virreinos, quedando estos a cargo de las Cortes Liberales de

Cádiz. En el caso de la Nueva España, la cual se encontraba en una constante lucha interna entre autonomistas y metropolistas, repercutió en la supresión de las ordenes hospitalarias, provocando el traspaso de sus propiedades al ayuntamiento local.

La orden de los Betlemitas no fue la excepción, ya que al consumarse la independencia en 1821, se extinguió por completo, quedando el conjunto hospitalario totalmente abandonado, por lo cual el ayuntamiento destinó su uso a diversas funciones.

Entre los diversos usos que tuvo la edificación, posterior a la Independencia de nuestra Nación, encontramos los siguientes:

1. La escuela para niñas indígenas de las monjas de la Nueva Enseñanza,
2. La Sociedad Lancasetriana de México, y su escuela mutua normal "Filantropía" (1823),
3. La primera sede del Colegio Militar (1828-1834),
4. La Escuela de Medicina (1834-1838),
5. El Teatro Santa Anna (Teatro Nacional),
6. Arsenal de las Tropas Francesas en tiempos de Maximiliano de Habsburgo y
7. La Biblioteca de la Secretaría de Hacienda.

Posteriormente, el pequeño atrio lateral con que contaba el Inmueble, fue vendido a Filomeno Mata a finales del siglo, el cual fundó el "Diario del Hogar". Respecto a la parte que comprendía

el Hospital, fue lotificada para su venta entre particulares; la zona de Tacuba y Bolívar se transformó en locales de comercios y servicios, mientras que el área comprendida anteriormente por el noviciado se vendió, edificándose un hotel con características europeas de la época. En cuanto a los altos del claustro principal, se convirtieron en departamentos para clase media, modificando dramáticamente el interior y exterior del edificio, ya que la adaptación pretendía corresponder a una ciudad con aspiraciones hacia la creación de un edificio moderno, bajo el contexto de la época porfiriana.

El hotel y las viviendas fueron sufriendo un grave proceso de deterioro a partir del 1920, debido al abandono de las familias con recursos, esto, aunado a la congelación de rentas impuesta en 1942, transformó las áreas anteriormente mencionadas, en vecindad y hotel de ínfima calidad, respectivamente.

Conjuntando los sucesos anteriores, se obtuvo que para el año de 1950, el edificio en la parte comprendida entre Tacuba y Bolívar, presentaba un deterioro bastante considerable.

No siendo suficiente la decadencia del inmueble en los cincuentas, para la década de los ochentas y en particular a raíz del sismo del ochenta y cinco, junto con la proliferación de los centros comerciales de la zona, se ponía en grave riesgo la integridad

física del Ex-Convento y Noviciado, pudiendo detectar exclusivamente en el patio central la originalidad del Inmueble.

Finalmente en el año de 1989, el Banco de México, tras la búsqueda de la integración de los Inmuebles de su propiedad, adquirió el Ex-Hospital, para convertirlo en una sede cultural, en la que se creará un acervo de información en materia de economía y numismática, teniendo como objetivo Restituir la imagen que daría su creador, Don Lorenzo Rodríguez, y adaptándolo al uso contemporáneo para proporcionarle el funcionamiento de los edificios modernos de los noventas.

En la página siguiente se muestran dos fotografías:

*1.-Esquina sur-poniente de las calles  
de Tacuba y Bolívar en los años  
veinte. Fototeca del INAH.*

*2.-Esquina sur-poniente de las calles  
de Tacuba y Bolívar en los años  
setenta. Fototeca del INAH.*

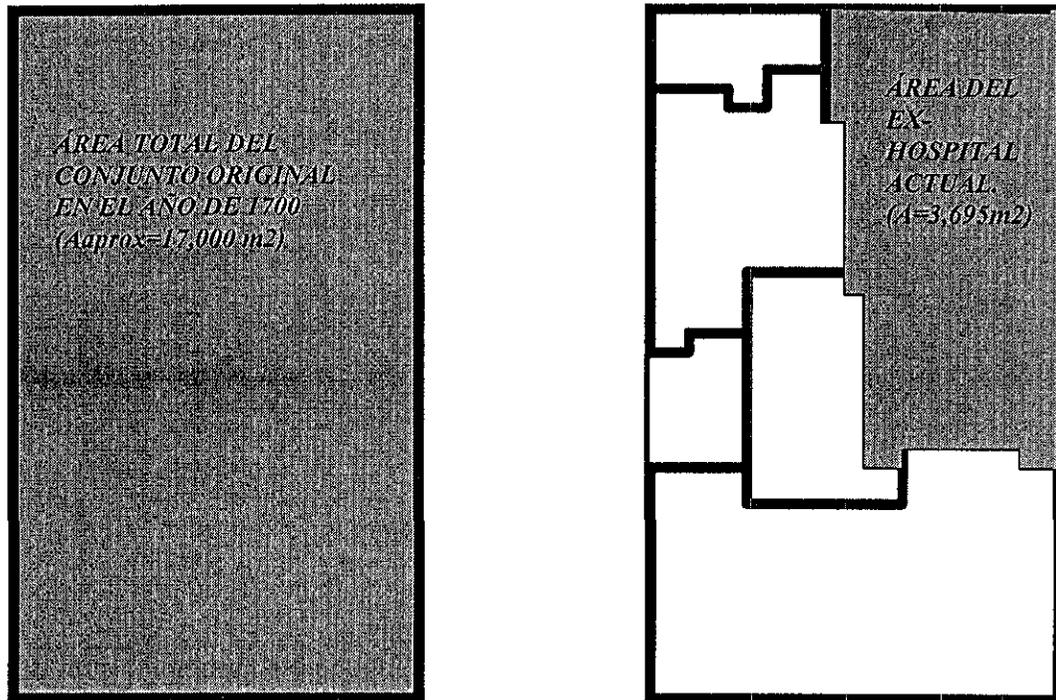


## **I.2 UBICACIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DEL PREDIO.**

La ubicación del predio actual del Ex-Hospital de Betlemitas, se remonta según la historia, a una parte del terreno que ocupaban las orillas del islote central de México Tenochtitlan, localizado a un costado de la Calzada de Tacuba, la cual se integra al conjunto de las tres grandes vías de comunicación del centro del islote con tierra firme.

Posterior a la conquista en el año de 1521, el terreno permaneció sin construcción alguna hasta el año de 1675, en el que se inició la ampliación del Hospital de Betlemitas, llegando a ocupar la totalidad de la cuadra delimitada por las calles de Vergara, San Andrés, Villerías (posteriormente llamada Betlemitas) y San Francisco.

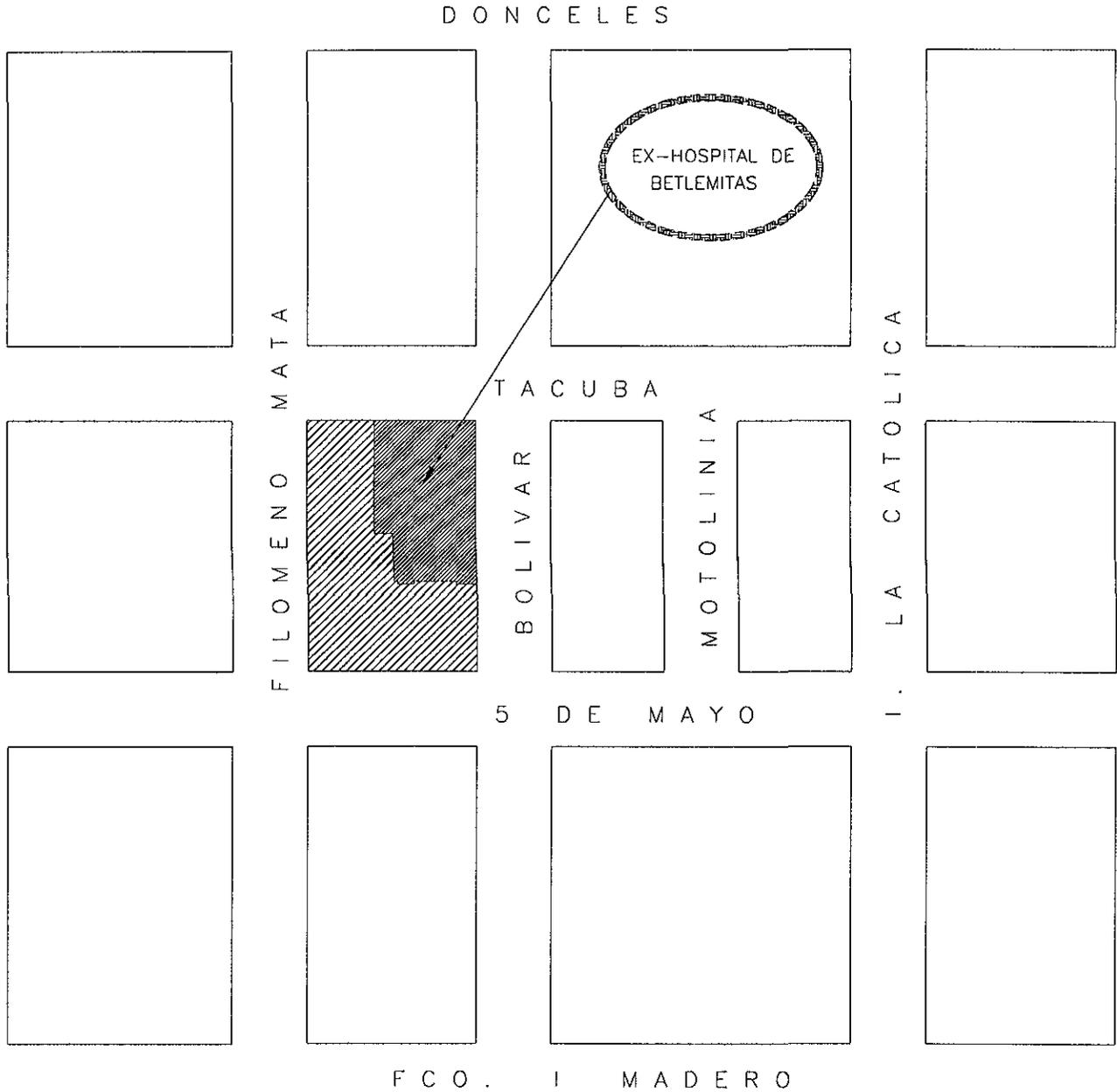
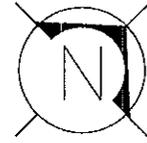
Aunque actualmente la ubicación del Ex-Hospital no ha cambiado, posterior a las modificaciones y adaptaciones sufridas por los cambios de uso, se encuentra reducido aproximadamente a la cuarta parte del conjunto original, tal como se muestra en la siguiente figura, en donde se hace referencia a su dimensionamiento y ubicación, tanto en el México antiguo como en el de hoy.



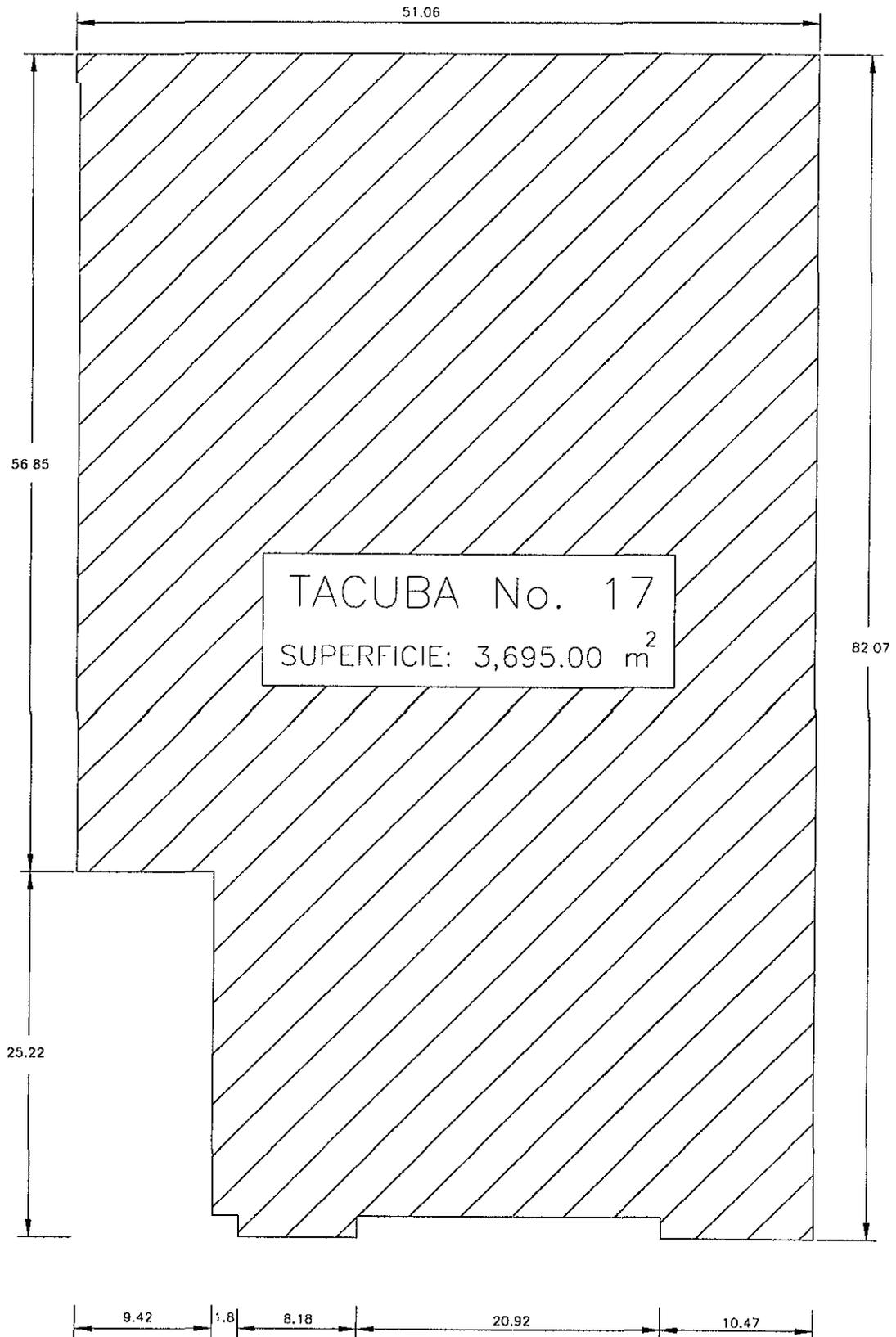
A continuación se muestra, como documento antiguo, un plano del perímetro central de la Ciudad de México directorio comercial formado por Julio Popper Perry detalle, 1883. Mapoteca Manuel Orozco y Berra.



UBICACIÓN DEL PREDIO EN LA TRAZA ACTUAL DEL PRIMER CUADRO DE LA CIUDAD



DIMENSIONAMIENTO DEL PREDIO ACTUAL



# ESTUDIOS PRELIMINARES.



*Arcada interior del Patio Central del  
Ex-Hospital de Betlemitas.  
feb, 93.*

## CAPÍTULO II

### ESTUDIOS PRELIMINARES A LA RESTAURACIÓN.

#### II.1.- ESTADO EN QUE SE RECIBIÓ EL INMUEBLE PREVIO A LA RESTAURACIÓN.

La restauración del Ex-Hospital de Betlemitas tiene como objetivo primordial el devolver al inmueble su imagen original, adaptándolo al uso contemporáneo. Cabe mencionar, que debido al tiempo que tiene la edificación y a las modificaciones de las que ha sido objeto, es necesario llevar a cabo previo a cualquier intento de intervención al mismo, una inspección y levantamiento del estado arquitectónico, estructural y funcional que guarda la edificación, con el propósito de visualizar la problemática a la que se enfrenta dicha restauración.

En si, para poder determinar el estado en el que se encontró el inmueble, se requiere de la realización de algunos estudios preliminares, los cuales permitan de este modo, definir así los trabajos que serán necesarios durante la ejecución del proyecto. Por esto se pretende dar un panorama general, haciendo una descripción arquitectónica y una estructural, del mismo, para así entonces encaminar, mediante una directriz bien definida, los trabajos de restauración del monumento histórico.

### *II.1.1.- Descripción arquitectónica*

Al llevar acabo el levantamiento arquitectónico del inmueble, se encontraron adaptaciones necesarias para alojar una vecindad, un hotel, y diversos comercios, cuyo estado era deplorable.

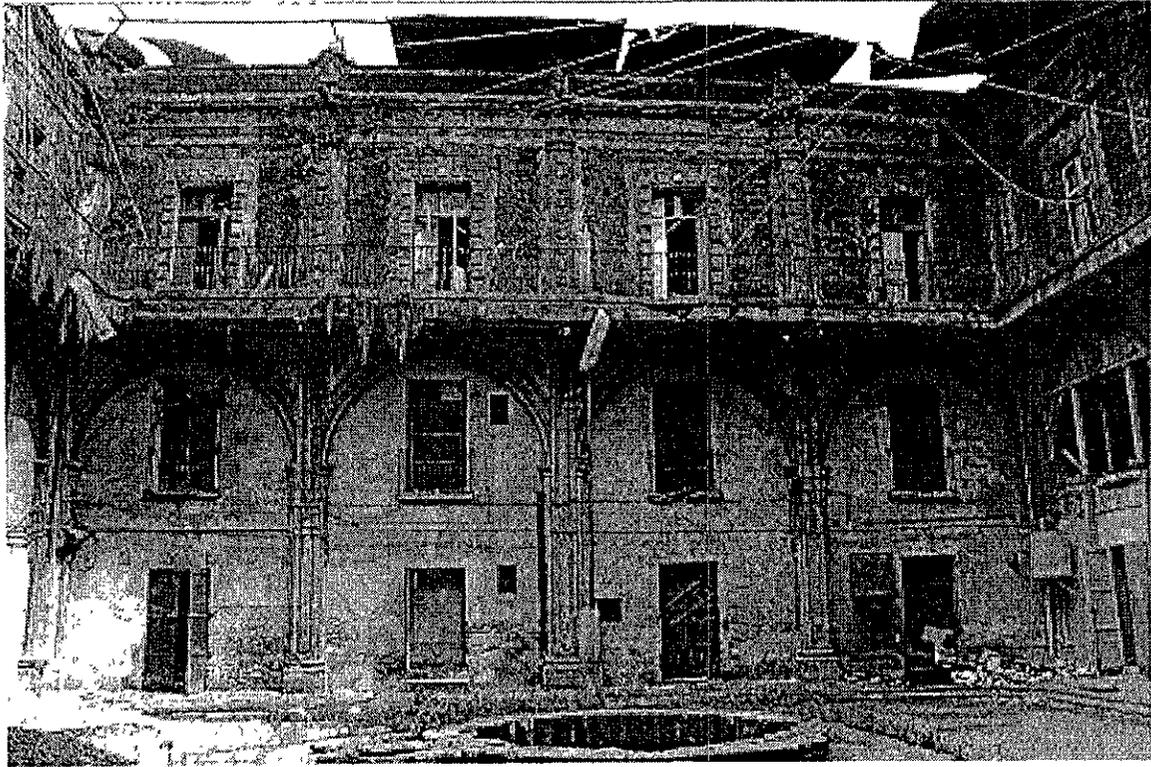
En lo que a la planta baja se refiere, se encontró el nivel de piso original aproximadamente un metro debajo del existente, debido a los hundimientos de la zona. En la parte exterior del inmueble todas las fachadas estaban adaptadas a comercios, por lo que el estilo arquitectónico original de la época se perdió y alteró, cambiando con esto muros de tezontle y marcos de cantera de puertas y ventanas por grandes crujiás de concreto con ventanales y cortinas metálicas. El patio central de la vecindad, correspondiente al antiguo patio principal del Ex-Convento, se encontró como área de servicios para los habitantes y propietarios de los comercios circundantes de la edificación, así como un acceso directo desde la calle. El patio del hotel, correspondiente al Antiguo Noviciado, se halló adaptado como distribuidor a las habitaciones del mismo y sanitarios pertenecientes a una rosticería.

Respecto al primer nivel, las fachadas sobre Tacuba y Bolívar se encontraron habilitadas con balcones, algunos originales del siglo XVIII, y otros adaptados en el siglo pasado. Las fachadas

interiores, correspondientes al patio central, se hallaron con puertas de acceso a las habitaciones del hotel sin indicio alguno de la construcción original y arcadas de cantera tapiadas por crujiás de concreto reforzado realizadas en las intervenciones posteriores.

El segundo nivel se caracterizó por presentar una mayor altura respecto a al primero, en el cual se alojó la mayor parte de la vecindad, a la que se accedía por una escalera original de cantera, seguida de un corredor que comunicaba al pasillo perimetra del patio central, mismo que daba acceso a cada una de las viviendas, divididas en interiores y exteriores debido a su ubicación alejada y cercana de las fachadas respectivamente. La parte correspondiente al hotel, seguía con una distribución parecida a la del primer nivel, excepto por la dimensión de sus habitaciones, las cuales eran mayores.

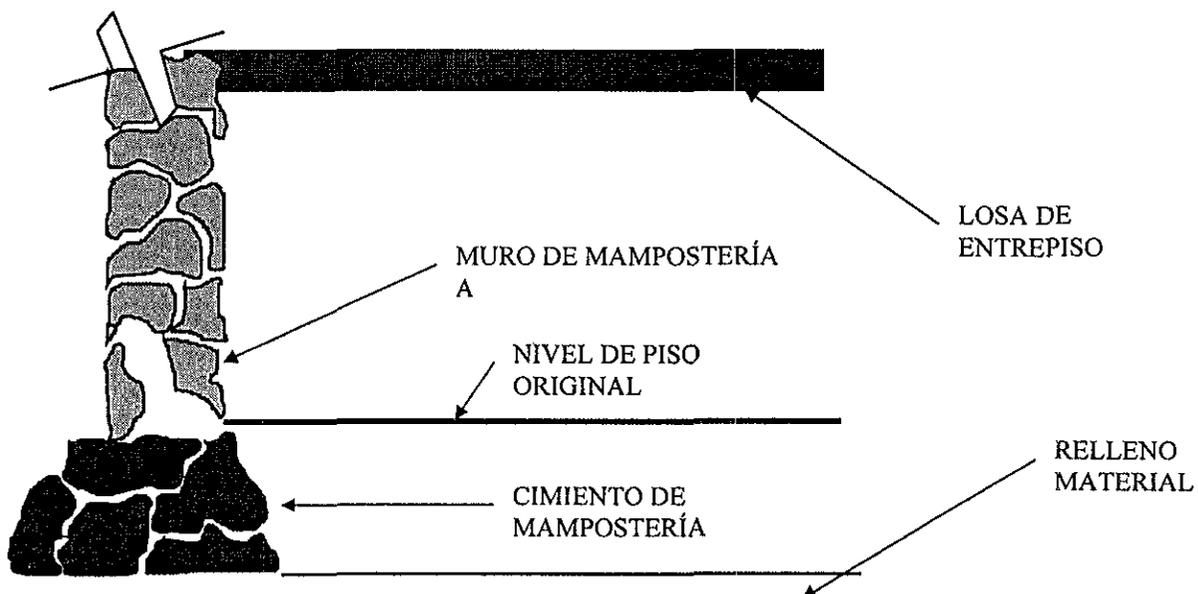
A continuación se muestra la fachada interior del Patio Central, obtenida de un reporte fotográfico de Marzo de 1993.



### II.1.2.- Descripción estructural.

De la inspección realizada, se puede manifestar que el inmueble presenta afectaciones en su estructura, como son degradaciones en cubiertas y entrepisos con caídos parciales, disgregación en mamposterías de muros y deformaciones en la geometría original de todos sus elementos.

La estructura del edificio está constituida por muros de mampostería de piedra y arcos de cantera, cuyo arranque coincide con el nivel de corona de la cimentación, el cual se localizó a una profundidad de 80 cm con respecto al nivel de banqueta en la parte norte, el cual aumenta hasta 1.5 m en la crujía sur. Los sistemas de piso se hallaron conformados por vigas de madera que soportaban enladrillado y terrado de espesores variables entre los 10 y 40 cm, rematado con un firme como acabado final.



Las causas que originaron el deterioro de los elementos estructurales del inmueble, se pueden clasificar en tres grupos:

1. Hundimientos diferenciales,
2. Intervenciones por el cambio de uso y
3. Falta de mantenimiento.

#### 1. Hundimientos diferenciales

Respecto a los hundimientos regional y local, se estima que se presentaron desde la construcción inicial, y que con el paso del tiempo se han ido colocando rellenos de tierra y otros materiales en casi todo el edificio, para evitar escalonamientos entre el piso de la calle y el interior, así como evitar encharcamientos. “Tres años llevaba apenas de concluida la obra de su convento, cuando la vieron desperfeccionarse, hundiéndose media vara, que fue lo que el nivel exigió que se levantara en aquel pavimento, teniendo ello que terraplenar hasta es altura entrepatios, piezas bajas e iglesia, una superficie de mil ochocientas cuarenta y un varas cuadradas”<sup>2</sup>. Actualmente el hundimiento regional de la ciudad, debido principalmente a la extracción de agua del subsuelo, se ha manifestado de manera importante en el edificio provocando inclinaciones considerables.

## 2. Intervenciones por el cambio de uso

En cuanto al cambio de uso, se reflejan varias intervenciones llevadas a cabo por los ocupantes a lo largo de las diferentes épocas, en las que se observan las modificaciones al trabajo estructural concebido originalmente, teniendo entre otros cambios la inclusión de entresijos, muros de cerramiento sobre las arcadas, apuntalamientos metálicos, firmes de concreto y clausura de vanos.

## 3. Falta de Mantenimiento

Como se mencionó con anterioridad, la tercera causa que originó el deterioro excesivo del inmueble fue la falta de mantenimiento, la cual nunca se apejó a las disposiciones establecidas en el Capítulo Único del Título Octavo del Reglamento de Construcciones para el D.F., referente al uso y conservación de predios y edificaciones, por lo que al realizar los diversos cambios de uso sin contemplar previo a la ejecución de cualquier trabajo, una revisión tanto estructural como funcional, el inmueble se vio seriamente afectado en sus condiciones de estabilidad, higiene y servicio.

En lo que respecta a la cimentación del edificio, se encontró del tipo superficial basándose en *zapatas corridas de mampostería*,

---

<sup>2</sup> Marroquí, José María. "La Ciudad de México". Tomo 1.

muy propia de los inmuebles de la época. El nivel de desplante de los cimientos se extiende mas allá de una profundidad de 2.5 m, respecto al nivel de piso encontrado, siendo mayor la profundidad de desplante hacia el sur. Cabe mencionar, que de acuerdo a la información proporcionada por el INAH, la cimentación de la esquina noroeste se encontraba apoyada sobre una cimentación más robusta, también de mampostería, la cual consistía en hincar parcialmente, según los procedimientos constructivos de la época, un tupido de estacas de madera que se confinaban con piedras, de donde posteriormente sobre esta cama se procedía a la construcción del cimiento.

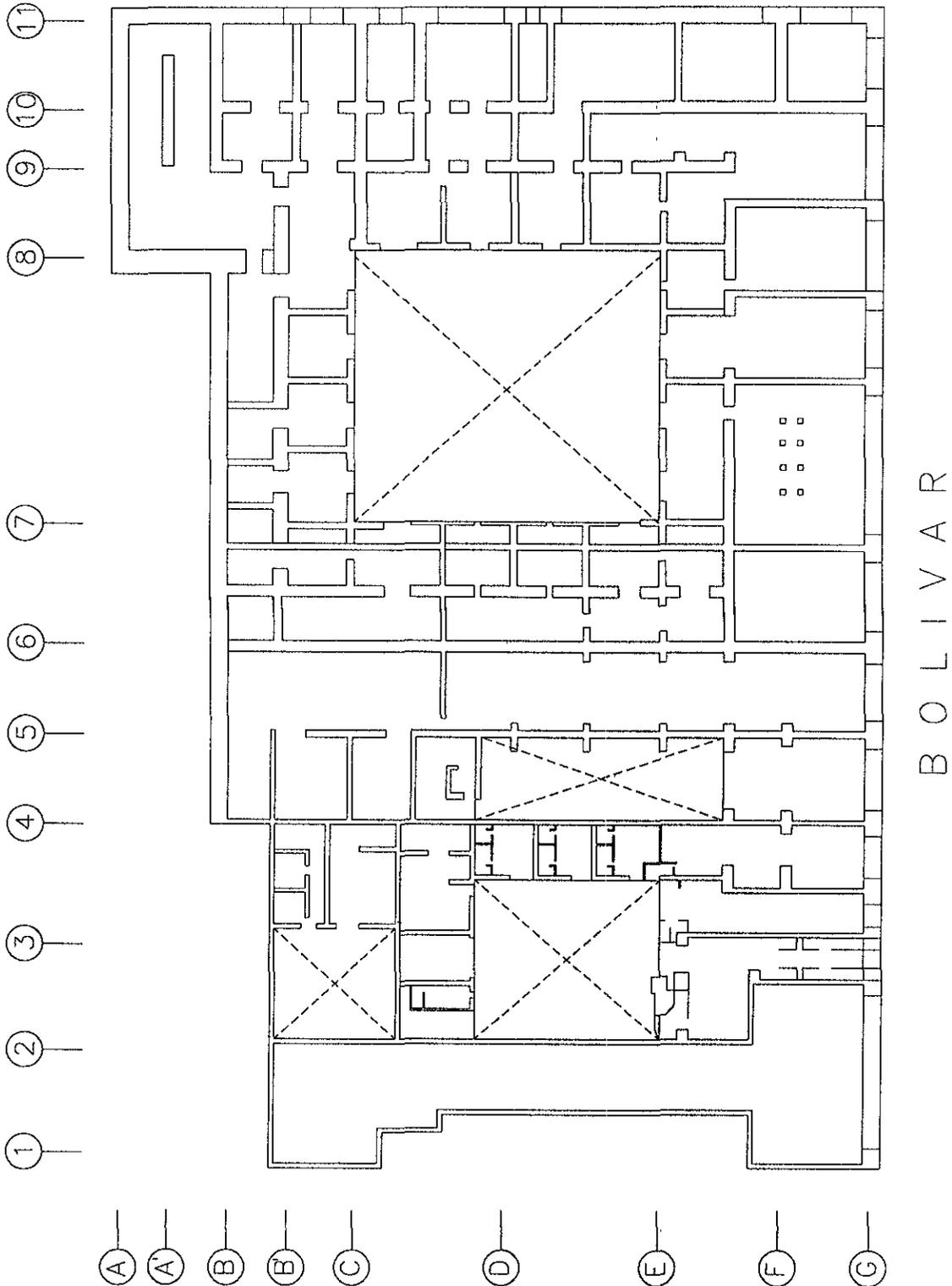
A continuación se muestra la planta Estructural del estado en que se halló el Ex-Hospital de Betlemitas.



# PIANTA ESTRUCTURAL

SIN ESCALA

## T A C U B A



## II.2.- ESTUDIOS REALIZADOS PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES ACTUALES DEL INMUEBLE.

El Ex-Hospital de Betlemitas es uno de los edificios de alto valor histórico-artístico del Centro Histórico de la ciudad de México, y es por esto que nace la necesidad de realizar estudios para determinar las características de la zona en la que se sitúa dicho inmueble, tomando en cuenta las principales propiedades del suelo en donde está cimentado, para así entonces tomar una decisión acertada en el proceso de restauración que se llevará a cabo en la adecuación del inmueble, al uso contemporáneo.

De esta forma con la realización de los estudios de Geotécnia, los cuales abarquen desde la exploración y muestreo, hasta un estudio detallado de la Mecánica de suelos, podremos concluir el estado en el que se encuentra el inmueble, por lo que se procede de la siguiente manera:

### *II.2.1.- Estudios de Geotécnia.*

La Geotécnia forma parte de la geología y se encarga de estudiar la disposición de los materiales de la corteza terrestre, de donde se desprende la necesidad de establecer una serie de parámetros mediante la utilización de un programa de exploración y muestreo

del subsuelo para poder conocer la estratigrafía y determinar las propiedades mecánicas de los estratos, tales como la resistencia, deformabilidad y permeabilidad.

### *II.2.1.1.- Exploración y Muestreo.*

Debido a la necesidad de contar con datos firmes y seguros en donde se desplanta una edificación, es importante la realización de un programa de exploración y muestreo de donde se obtengan resultados que permitan obtener la clasificación del subsuelo de acuerdo a su granulometría y límites de plasticidad, así como las características de deformación y resistencia a los esfuerzos en que se encuentra sometido el mismo, para lo cual es necesario como parte de dicho programa llevar a cabo sondeos preliminares tales como exploración de pozos a cielo abierto, métodos de lavado, penetración estándar, penetración cónica y perforaciones en boleos y gravas.

En particular y con la finalidad de determinar los datos mencionados con anterioridad, se planteó la necesidad de llevar a cabo una exploración consistente para poder correlacionar con mayor precisión la resistencia y posición que tienen las diferentes capas que forman el subsuelo, por esta razón se propusieron sondeos del tipo de cono eléctrico y mixtos.

Para la ubicación de los sondeos a realizar, se tomó como punto de análisis la necesidad de cubrir la mayor área del inmueble. Para tales fines se realizaron sondeos en la parte sur debido a la extracción de agua que se llevó a cabo para sembrar la cimentación del edificio colindante, así como en la parte central y norte cercana a las calles de Bolívar y Tacuba respectivamente.

Los sondeos de cono eléctrico consisten en el hincado de una punta cilindro-cónica de acero de  $60^\circ$  de ángulo de ataque y área transversal conocida, equipada con deformímetros eléctricos. Dicha punta penetra con ayuda de una máquina perforadora convencional a una velocidad constante de 1 cm/seg. En dicho proceso se toma un registro de lecturas relacionadas con la resistencia que presenta el suelo a la penetración del cono a cada 10 cm de profundidad, con estas lecturas se obtienen las respectivas resistencias de punta para obtener la gráfica de punta-profundidad.

Conjuntamente a los resultados obtenidos del método anteriormente mencionado, se<sup>1</sup> llevaron a cabo sondeos mixtos selectivos, extrayéndose muestras alteradas e inalteradas de los estratos más representativos del subsuelo, para determinar la compacidad y la estratigrafía, así como las propiedades índice y de resistencia de los materiales extraídos.

Para esto es importante identificar que una muestra alterada, permite obtener fácilmente en el laboratorio:

1. El contenido de agua
2. El límite de consistencia
3. Densidad de sólidos

de las muestras, ya que como su nombre lo indica estas muestras se obtienen directamente en el campo. Por otra parte las muestras inalteradas, conservan teóricamente las características del suelo en su estado natural, por lo que se utilizan para:

1. Calcular las propiedades índice
2. Realizar pruebas mecánicas.

Las muestras inalteradas se obtuvieron mediante el hincado a presión de tubo de acero de pared delgada conocido como Shelby de 10 cm de diámetro a través del sistema hidráulico de la máquina perforadora, a una velocidad entre los 15 y 30 cm/seg en una longitud de 75 cm en el caso de tubo de 1 m para dejar 25 cm libres, donde se aloja el azolve que pudiera quedar con el lavado previo de la perforación. Para asegurar que la muestra permanezca inalterada se deja estática durante un minuto permitiendo su expansión y adherencia. Posteriormente se gira el muestreador para cortar la base del tubo y se saca al exterior donde se debe

limpiar clasificar y proteger debidamente con manta del cielo y cera derretida.

Las muestras alteradas se obtuvieron mediante técnica de penetración estándar, a través de un tubo de acero de doble caña de 5 cm de diámetro exterior y de 3.8 cm interior. El tubo es hincado mediante un martillo de 63 kg. de peso a una altura libre de 70 cm. Para dicho proceso se debe llevar a cabo un registro del número de golpes que se requieren para penetrar 60 cm dividiéndose en tres etapas de conteo, la primera de 15 cm, la segunda de 30 cm y la final de 15 cm, tomándose los datos de la segunda etapa para correlacionar el número de golpes con la resistencia a la penetración y la consistencia para el caso de limos y arcillas.

### ***II.2.1.2.- Estratigrafía.***

La estratigrafía forma parte de la Geología, que trata de la definición o interpretación de las capas que forman el subsuelo de la corteza terrestre, especialmente su litología, es decir la textura y composición de las rocas, así como su sucesión, distribución y correlación.

Previo a un estudio de estratigrafía es necesario conocer la Geología de la zona en estudio, que en particular la del Ex-

Hospital de Betlemitas se encuentra ubicado en la planicie lacustre de la ciudad de México, que forma parte de una serie de fosas tectónicas que se desarrollaron a lo largo de la faja volcánica; es por estas razones que se tiene una zonificación geotécnica de la cuenca de México, que está en función de los espesores de sedimentos lacustres y las zonas altas o de lomas, así como su correspondiente transición entre ambas, las cuales han sido estudiadas por especialistas en el área de Mecánica de suelos “tales como Marsal y Mazari, mismos que dividieron la ciudad de México en tres grandes áreas atendiendo a un punto de vista estratigráfico”<sup>3</sup>.

Esta zonificación se muestra a continuación:

---

<sup>3</sup> Juárez Badillo. “Mecánica de Suelos” Tomo II, cap. 12.



La primera zona conocida con el nombre de lomas está constituida por terrenos compactos, areno-limosos, con alto contenido de grava y tobas, así como derrames basálticos, en donde se presentan cavernas que con anterioridad fueron minas, que en la mayoría de las veces fueron rellenas con materiales arenosos sueltos.

En la zona II, conocida como de transición, aparecen depósitos superficiales arcillosos o limosos, que cubren arcillas volcánicas compresibles de espesores muy variables.

La zona III o del lago, correspondiente a los terrenos que constituyeron el antiguo Lago de Texcoco, presenta diferentes características, tales como depósitos areno-arcillosos con espesores mayores a 10 m, arcillas de origen volcánico altamente compresibles con intercalaciones de lentes de arena que llegan a profundidades hasta de 33m.

En particular, el predio en estudio se sitúa en la zona del lago y particularmente en la subzona centro II, donde se presenta una costra superficial de espesores considerables debido a la presencia de restos arqueológicos prehispánicos y coloniales, así como materiales de limo y arena que utilizaron los indígenas aztecas para el secado del antiguo lago de México. “Este depósito se conoce con el nombre de Tacubaya”<sup>4</sup>; debajo de esta capa

---

<sup>4</sup> Zeevaert, “Sismo-Geodinámica del suelo”. Cap. 2. , secc. A.

superficial se tiene un depósito de arcilla de alta plasticidad de origen lacustre, la cual presenta lentes y horizontes de arena, vidrio volcánico y limo arenosos, típicos de la zona III, los cuales dan lugar a la concentración y precipitación de sales y carbonatos de calcio, existiendo un estrato de partículas cementadas conocidos como primera capa dura, que divide la formación arcillosa superior de la inferior,"<sup>4</sup> .

Con estas observaciones y como ya se planteó con anterioridad, se desarrollo el programa de exploración y muestreo utilizando sondeos del tipo cónico, de donde se definieron seis estratos del predio en estudio, como se mencionó en la exploración y muestreo, en donde se obtuvieron los siguientes resultados, tal y como se muestran en la tabla anexa:

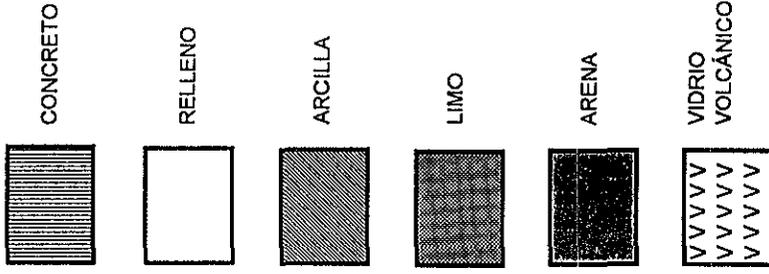
---

<sup>4</sup> Zeevaert, "Sismo-Geodinámica del suelo". Cap. 2. , secc. A.

# ESTRATIGRAFÍA DEL SUBSUELO

## DATOS OBTENIDOS DE LOS SONDEOS DE CONO

### SIMBOLOGÍA



**N.A.F.** NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS

**NOTA:** VER EN PLANTA ESTRUCTURAL LA LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS CÓNICOS.(SC)

PROFUNDIDAD (m)	SC-01		SC-02		SC-03	
	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )	ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN	RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )	ESTRATIGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
-1	24	PISO CONCRETO	PISO CONCRETO	0	PISO CONCRETO	PISO CONCRETO
-2	55	N.A.F. - 2.81 m.	RELLENO CON RESTOS MATERIAL PREHISPÁNICO	27	N.A.F. - 2.83 m.	RELLENO CON RESTOS MATERIAL PREHISPÁNICO
-3	30			22		LIMO ARENOSO DE CONSISTENCIA VARIABLE
-4	20			23		DE MEDIA A DURA CON LENTES DE ARCILLA Y ARENA.
-5	18		LIMO ARENOSO DE CONSISTENCIA VARIABLE	28		
-6	20			12		
-7	15			12		
-8	20			25		
-9	85			50		
-10	57			22		
-11	9			12		
-12	15			12		
-13	15			12		
-14	15			22		
-15	15			12		
-16	15			15		
-17	15			13		
-18	23			13		
-19	18			38		ARCILLA VOLCÁNICA LACUSTRE DE CONSISTENCIA BLANDA CON LENTES DE VIDRIO VOLCÁNICO Y ARENA.
-20	18			13		
-21	19			12		
-22	22			12		
-23	26			13		
-24	7			14		
-25	30			30		
-26				15		
-27				27		
-28				21		
-29				22		
-30				21		
-31				26		
-32				>100		
-33						LIMO ARENOSO COMPACTO

En base a los resultados de la tabla, se pudieron diferenciar los siguientes estratos del predio en estudio:

1. ***Relleno Artificial***, constituido por fragmentos de tabique, tezontle, tepetate, tepalcate en estado limoso-arenoso, el cual varía de 1.8 m a 3.5 m de espesor.
2. ***Manto Superficial***, formado por un limo-arenoso de consistencia variable de media a compacta (MH) de color gris verdoso con humedad inferior al 100 %, el cual presenta un lente de arcilla blanda, y con un espesor entre los 10 y 10.5 m.
3. ***Formación Arcillosa Superior***, constituida por arcilla volcánica gris y café de consistencia blanda a media y alta plasticidad (CH), con lentes intercalados por pequeños estratos de arena y limo-arenosos de consistencia blanda a compacta, en donde el contenido de agua varía de 100 a 320%. Esta formación está bien definida entre los 8.5 y 32 m de profundidad.
4. ***Primera Capa Dura***, constituida por una mezcla de limo-arenoso (MH) y arena limosa (SM) de color gris oscuro de consistencia dura.
5. ***Formación Arcillosa Inferior*** de origen volcánico de alta plasticidad (CH) y consistencia blanda, con lentes de arena y limo-arenoso la cual permanece hasta los 46 m aproximadamente debajo de la capa dura.

6. *Depósitos Profundos* que están formados por una arena limosa de muy alta compacidad, con gravas aisladas.

Es importante remarcar que durante la exploración realizada se encontró el nivel de aguas freáticas (NAF) aproximadamente a 2.8 m a partir del nivel del terreno natural, lo cual es importante para poder plantear en base a estos resultados, un programa de control en donde se recomienda utilizar pozos de observación y piezómetros, para tener resultados de los posibles hundimientos, que se puedan presentar en el inmueble, durante la ejecución de los trabajos.

### *II.2.1.3.- Mecánica de Suelos.*

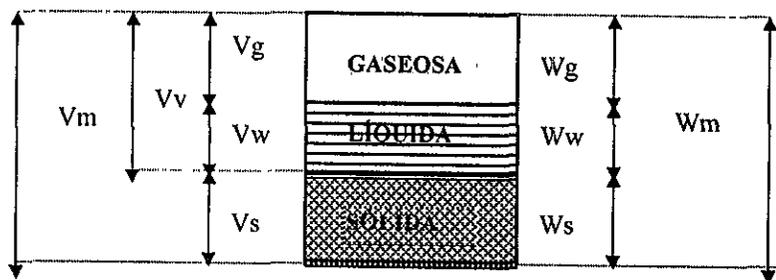
La Mecánica de Suelos es la rama de la Ingeniería que estudia el comportamiento de los suelos desde el punto de vista:

1. Físico
2. Cualitativo
3. Cuantitativo

de donde se pueden determinar sus propiedades índice, hidráulicas y mecánicas como son las de deformación, compresibilidad, plasticidad y resistencia al esfuerzo cortante.

Estas características son importantes, ya que a partir de ellas se pueden determinar las condiciones del suelo en que se encuentran desplantadas las edificaciones.

El principio de estos estudios comienza con la determinación de las propiedades volumétricas y gravimétricas de los suelos, las cuales se basan en relacionar volúmenes y pesos de una muestra, bajo el principio de que todo el suelo esta formado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa, como se muestra en la figura:



Donde:

$V_m$  = volumen de la muestra.

$V_v$  = volumen de vacíos.

$V_g$  = volumen de gases (aire).

$V_w$  = volumen de líquidos (agua).

$V_s$  = volumen de sólidos.

$W_g$  = Peso de gases (nulo).

$W_w$  = Peso de líquidos.

$W_s$  = Peso de sólidos.

$W_m$  = Peso de la muestra.

En donde se pueden obtener las siguientes relaciones:

a) Relación de vacíos (  $e$  ): Es la relación entre volumen de vacíos y volumen de sólidos en un suelo.

$$e = ( V_v / V_s )$$

b) Porosidad (  $n \%$  ): Es la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa.

$$n ( \% ) = ( V_v / V_m ) * 100$$

c) Grado de Saturación (  $G_w$  ): Es la relación entre el volumen de agua de un suelo y su volumen de vacíos.

$$G_w = ( V_w / V_v )$$

d) Contenido de Agua (  $W \%$  ): Es la relación del peso del agua entre el peso de la fase sólida de una muestra de suelo.

$$W ( \% ) = ( W_w / W_s ) * 100$$

e) Peso volumétrico húmedo ( p.v.h. ): Es la relación del peso total de la muestra entre el volumen de la misma.

$$p.v.h. = ( Wm / Vm )$$

f) Peso volumétrico seco ( p.v.s. ): Es la relación del peso de los sólidos entre el peso total de la muestra.

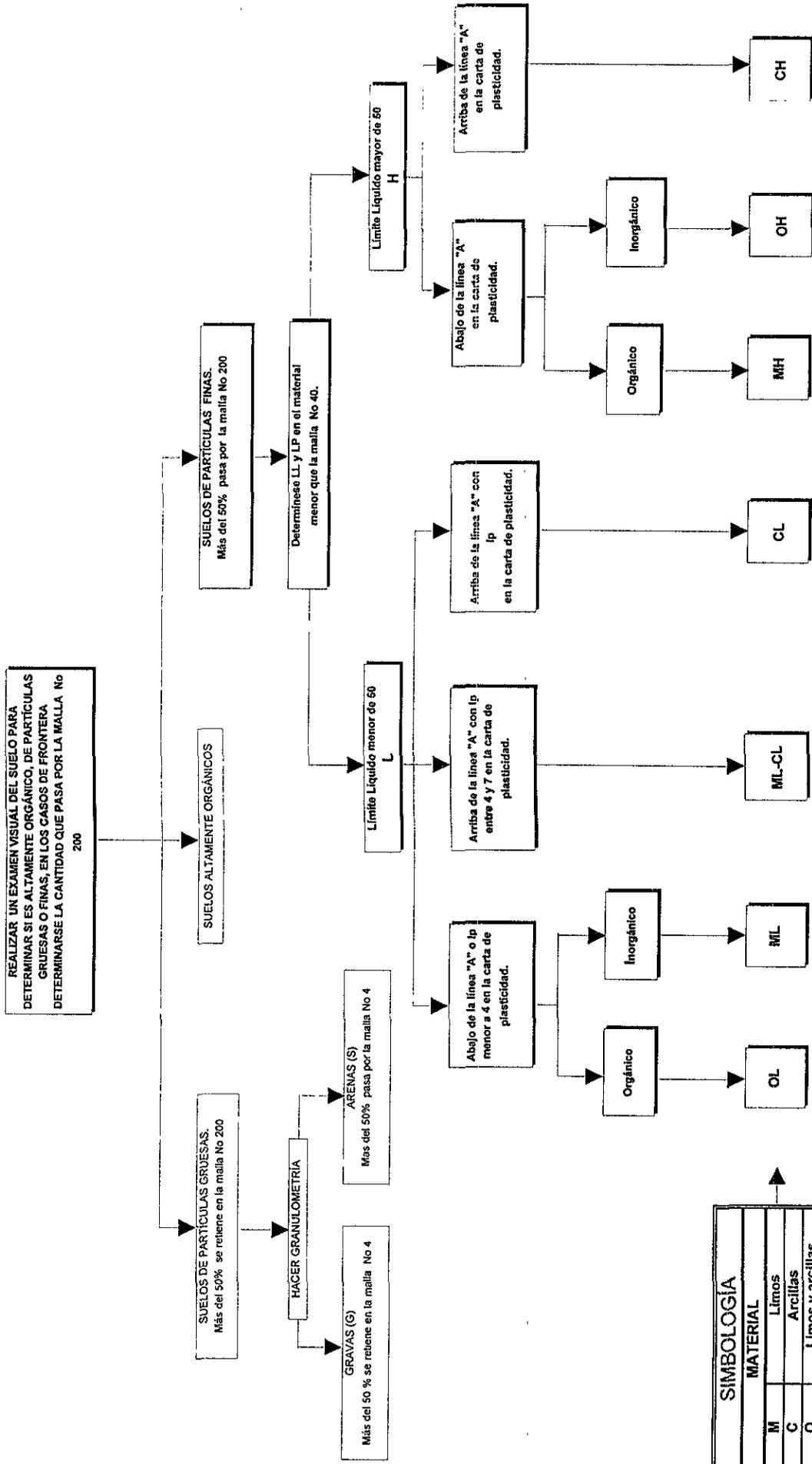
$$p.v.s. = ( Ws / Vm )$$

Además de las propiedades anteriormente mencionadas se pueden obtener algunas características como la compacidad, útil en métodos de sondeo como la penetración estándar, la cual representa de acuerdo a los diferentes grados de compactación de un suelo, tendencias a ser más grande mientras dicho suelo sea mas compacto.

Para complementar las propiedades obtenidas se recurre a la determinación de la granulometría de los suelos, la cual se obtiene mediante el uso de mallas graduadas para clasificarlos en suelos gruesos y finos utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, auxiliado con la carta de plasticidad propuesta por Casagrande, para el caso específico de suelos finos, en donde

también es indispensable el uso del hidrómetro para finalmente mediante el uso de modelos en el laboratorio obtener las propiedades mecánicas de los suelos a través de las pruebas de compresión axial y triaxial. A continuación se muestra el procedimiento que debe seguirse para la clasificación de los suelos:

# PROCEDIMIENTO PARA LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN EL LABORATORIO S.U.C.S.



EX-HOSPITAL DE BETLEMITAS

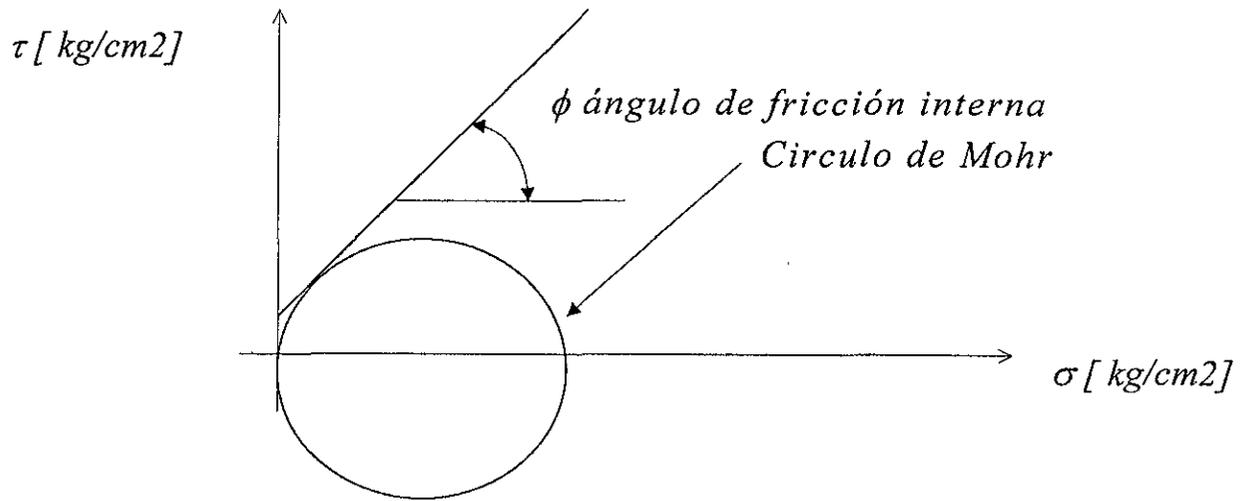
SIMBOLOGÍA	
MATERIAL	
M	Limos
C	Arcillas
O	Limos y arcillas
COMPRESIBILIDAD	

La prueba de compresión axial consiste en cargar la muestra, provocando un aumento en el esfuerzo aplicado, obteniendo deformaciones hasta lograr la falla. Al obtener la gráfica esfuerzo-deformación de la muestra, se determina su resistencia "qu", y el módulo de elasticidad E.

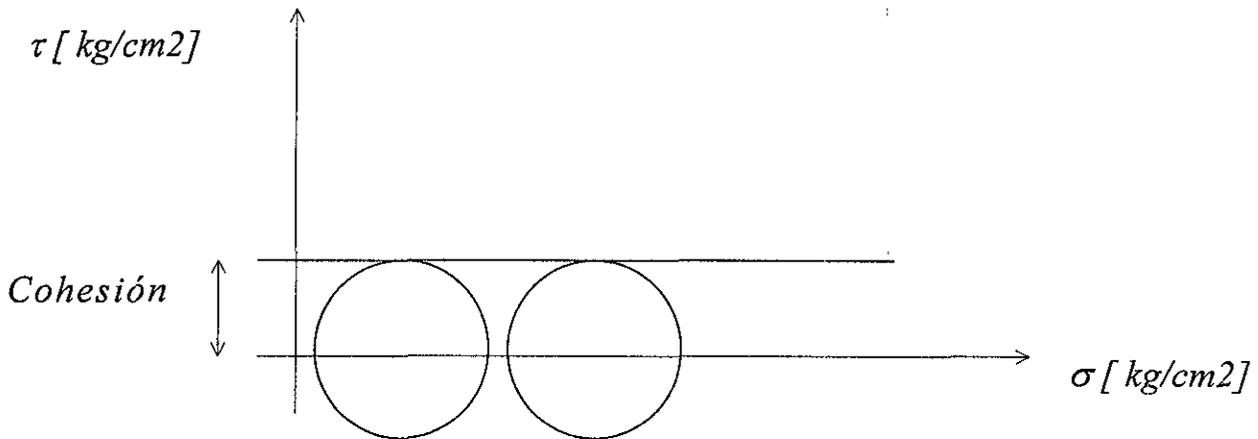
Para la prueba triaxial, encontramos tres modalidades para realizarla, ya sea C.D. (consolidada-drenada), C.U. (consolidada-no drenada) y U.U. (no consolidada-no drenada), las cuales se diferencian por permitir la salida de agua de la muestra y someterla a una consolidación inicial. Al comienzo de los ensayos se satura el sistema de medición de presión de poro y la probeta queda protegida con una membrana de hule. Se aplica una carga axial y la presión confinante se incrementa gradualmente hasta su nivel de trabajo; entonces la presión de poro se mide en ambos extremos. El sistema de contrapresión se cierra y la probeta se carga progresivamente con una velocidad de aplicación de carga que debe quedar entre 5 y 10 kg/cm<sup>2</sup>.

Para analizar los resultados de los ensayos de compresión deben trazarse los círculos de falla de Mohr. Para el caso de la prueba axial los círculos son tangentes al eje de las ordenadas, mientras que para las triaxiales se localizan a una distancia de este eje a una distancia igual al esfuerzo confinante efectivo, como puede apreciarse en las gráficas siguientes:

Para la prueba axial se tiene la siguiente gráfica:



Para la prueba triaxial la gráfica sería de la siguiente forma:



Para el caso en particular del predio en estudio, se determinó que para las muestras inalteradas provenientes de los sondeos mixtos realizados, se inició con una clasificación macroscópica visual y tacto de cada muestra, tomando en cuenta la textura, color, resistencia en estado seco (tenacidad) y movilidad del agua por agitado (dilatancia). Una vez que los materiales se clasificaron, se procedió a determinar el contenido de agua de todas las muestras con el propósito de ratificar la homogeneidad del material en cada fragmento de las muestras provenientes de los tubos Shelby, para programar los ensayos correspondientes en la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante y módulos de deformación volumétrica tanto en carga como descarga. Asimismo, se determinaron los índices de plasticidad, consistencia relativa, densidad de sólidos, relación de vacíos y grados de saturación, así como análisis por vía húmeda para conocer el porcentaje de partículas finas, gruesas y poder correlacionar algunas propiedades hidráulicas del subsuelo. En particular la densidad de sólidos se determinó en la mayoría de las muestras inalteradas, para calcular la relación de vacíos, tomando en cuenta además otros índices como el contenido de agua y peso específico seco, siendo la relación de vacíos uno de los indicadores más importantes que interesa conocer para establecer la compresibilidad de los resultados obtenidos en los sondeos que se realizaron en las zonas representativas del Ex-Hospital de Betlemitas.

Para evaluar las propiedades mecánicas, que es necesario conocer para llevar a cabo el análisis geotécnico para el estudio del subsuelo y de las condiciones de servicio del conjunto, las cuales están registradas fundamentalmente por las deformaciones volumétricas de los materiales, se realizaron ensayos ordinarios de compresión axial inconfiada, compresión axial inconfiada con rebote elástico y compresión triaxial UU (no consolidada - no drenada), mismas que determinan la resistencia al esfuerzo cortante del suelo. Para complementar las anteriores pruebas, se agregaron pruebas de consolidación unidimensional con el ciclo de histéresis para determinar el módulo de deformación volumétrica en condiciones de carga y descarga, atendiendo a las condiciones de compensación que se presentan.

Con la finalidad de visualizar los resultados de las pruebas descritas se recurrió a concentrar la información por medio de una tabla, la cual se muestra a continuación:

# PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO. DATOS OBTENIDOS DE LOS SONDEOS MIXTOS SMC-01 Y SMC-02.

SMC-01	PROPIEDADES INDICE										PRUEBA AXIAL			PRUEBA TRIAXIAL			CLASIFICACIÓN				DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
	PROFUNDIDAD (m)	W (%)	Ss	e	Gw (%)	p.v.h. (Kg/m <sup>3</sup> )	p.v.s. (Kg/m <sup>3</sup> )	qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	σ	SUCS	% F	% A	% G						
																qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	% F	% A	
8.40	65.00	2.31	1.45	100.00	1,556.00	943.00	1.99	114.00	-	-	-	MH	96.00	4.00	-	LIMO GRIS VERDOSO					
12.00	289.00	2.06	5.88	100.00	1,168.00	300.00	0.88	46.00	0.71	4.50	CH	99.00	1.00	-	ARCILLA CAFÉ VERDOSA						
16.80	228.00	2.10	4.68	100.00	1,210.00	369.00	1.37	49.00	0.62	12.00	SC	47.00	53.00	-	ARENA ARCILLOSA GRIS OSCURA						
21.60	161.00	2.11	3.30	100.00	1,281.00	491.00	1.46	48.00	0.72	3.50	CH	85.00	15.00	-	ARCILLA GRIS OSCURA C/ENTES ARENA						
25.20	2.24	2.14	4.70	100.00	1,217.00	376.00	1.41	62.00	0.54	13.50	CH	100.00	-	-	ARCILLA CAFÉ CLARO Y GRIS OSCURO						
32.40	2.36	2.16	4.93	100.00	1,224.00	384.00	2.09	171.00	0.75	13.50	CH	100.00	-	-	ARCILLA CAFÉ ROJIZO Y GRIS VERDOSO						

SMC-02	PROPIEDADES INDICE										PRUEBA AXIAL			PRUEBA TRIAXIAL			CLASIFICACIÓN				DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
	PROFUNDIDAD (m)	W (%)	Ss	e	Gw (%)	p.v.h. (Kg/m <sup>3</sup> )	p.v.s. (Kg/m <sup>3</sup> )	qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	σ	SUCS	% F	% A	% G						
																qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	c (Kg/cm <sup>2</sup> )	% F	% A	
4.80	54.00	2.25	1.16	100.00	1,604.00	1,042.00	0.91	28.00	0.51	12.50	MH	97.00	2.00	1.00	LIMO GRIS OSCURO CON MATERIA ORGÁNICA						
8.40	148.00	2.40	3.82	93.00	1,232.00	497.00	0.33	20.00	-	-	MH	97.00	3.00	-	LIMO GRIS VERDOSO C/ENTES DE ARENA						
12.00	318.00	2.25	7.00	100.00	1,173.00	281.00	0.66	17.00	0.36	4.00	CH	100.00	-	-	ARCILLA GRIS VERDOSO						
18.00	318.00	2.20	6.61	100.00	1,206.00	289.00	1.05	51.00	0.53	8.00	CH	100.00	-	-	ARCILLA CAFÉ VERDOSO						
22.80	158.00	2.20	3.41	100.00	1,286.00	498.00	1.04	44.00	0.81	3.00	CH	86.00	14.00	-	ARCILLA ARENOSA GRIS OSCURO						
25.20	254.00	2.19	5.51	100.00	1,190.00	336.00	2.04	71.00	1.15	3.00	CH	100.00	-	-	ARCILLA GRIS OSCURO						
31.80	235.00	2.28	5.29	100.00	1,211.00	361.00	2.36	131.00	1.19	10.50	CH	100.00	-	-	ARCILLA GRIS OSCURO						

NOMENCLATURA									
W%	CONTENIDO DE AGUA	p.v.s	PESO VOLUMETRICO SECO	c	COHESIÓN				
Ss	DENSIDAD DE SOLIDOS	p.v.h.	PESO VOLUMETRICO HUMEDO	σ	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA				
e	RELACION DE VACIOS	qu	RESISTENCIA A LA COMPRESION						
Gw	GRADO DE SATURACION	E	MODULO DE ELASTICIDAD						
	SUCS	SISTEMA UNICO DE CLASIFICACION DE SUELOS							
	% F	PORCENTAJE DE FINOS DE LA MUESTRA							
	% A	PORCENTAJE DE ARENAS DE LA MUESTRA							
	% G	PORCENTAJE DE GRAVA DE LA MUESTRA							

NOTA: VER LA LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS MIXTOS (SMC) EN LA PLANTA ESTRUCTURAL.



# PLANTA ESTRUCTURAL

## T A C U B A

SIMBOLOGIA:

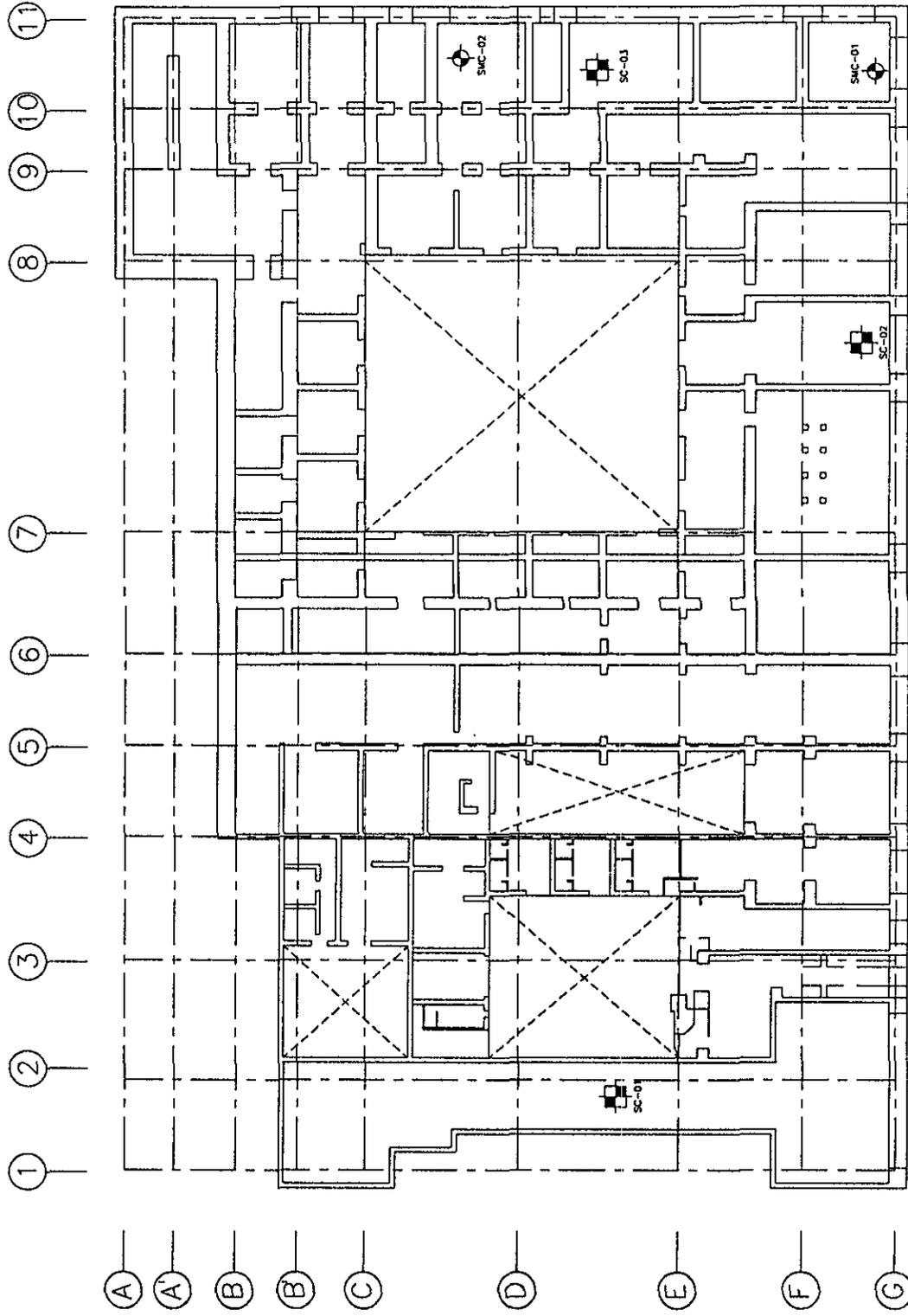


SONDEOS MIXTOS



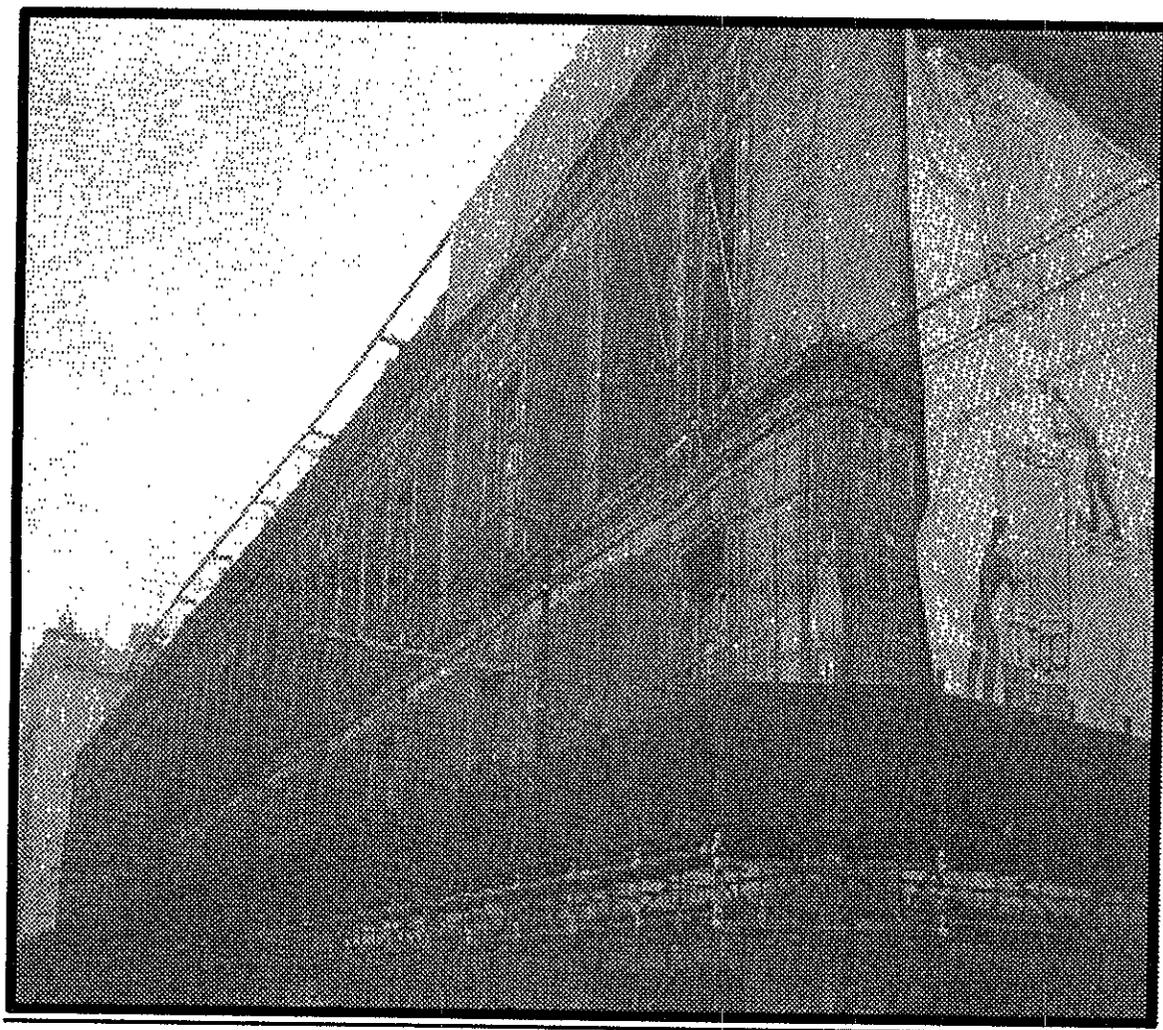
SONDEOS DE COMO ELECTRICO

SIN ESCALA



Finalmente, se puede concluir de los estudios preliminares realizados, que de acuerdo a las características geotécnicas del subsuelo del predio en estudio, nos enfrentamos ante una zona con grandes problemas de asentamientos y hundimientos, así como expansiones del suelo, por lo que es necesario llevar a cabo una restauración gradual y paulatina, para lo cual, partiendo de que las cargas a las que se encuentra sometido el inmueble deben ser sustentables por la capacidad de carga del suelo, y con esto plantear la mejor solución para reestructurar los elementos dañados, dar los acabados deseados y equipar al inmueble, lo que induce a establecer los alcances de proyecto a los que se desea llegar, utilizando procedimientos constructivos factibles y económicos, acompañados de un programa de instrumentación en donde se controle el comportamiento de la edificación.

# ALCANCES DE PROYECTO.



*Esquina de Bolivar y Tacuba*

## CAPÍTULO III.

### ALCANCES DE PROYECTO.

#### III.1.- EVALUACIÓN DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.

“En Ingeniería entendemos como *proyecto*, al conjunto de antecedentes: planos, especificaciones, programa de instalaciones, procedimientos de operación, etc., que hacen factible el montaje, la construcción y el funcionamiento de una obra o de una unidad de ciertos bienes o servicios”<sup>5</sup>

Las necesidades que se presentan en este proyecto, radican en restituir al inmueble su imagen original, así como habilitarlo para su uso como museo numismático, biblioteca, archivo histórico y áreas de usos múltiples.

En cuanto a las reglamentaciones a las que quedará sujeto el proyecto para el establecimiento de un edificio de este tipo, se encuentran el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF), el Plan de Desarrollo Urbano del D.F. y las disposiciones en materia de restauración impuestas por el Instituto

---

<sup>5</sup> Díaz Díaz Daniel, “Gestión de Empresas Constructoras”, CNIC, México, D.F. pág.35.

Nacional de Antropología e Historia (INAH), debido al carácter de Monumento Histórico que guarda el Inmueble.

Particularmente, “El RCDF contiene las disposiciones requeridas para la ejecución de las obras de construcción, instalación, modificación, reparación y demolición, así como el uso y destino de las edificaciones y predios de la ciudad de México; se complementa su acción con lo ordenado en la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.”<sup>6</sup>

Para efectos propios de este proyecto, se realizó un análisis de los capítulos del RCDF que afectan directamente a las necesidades y requerimientos del mismo, encontrando que los puntos más importantes a considerar en materia de legislación son los siguientes:

1. - En función a la clasificación de construcciones del Título primero, el inmueble en cuestión, cumple con la disposición bajo el género de Centro de información para el cual se establece una Magnitud de intensidad de ocupación de más de 500 m<sup>2</sup>.
2. - De acuerdo al Título segundo, se requiere autorización para construir instalaciones provisionales tales como las

---

<sup>6</sup> Díaz Infante L., “Curso de Edificación”, trillas, México, D.F. pág. 14.

protecciones peatonales que se requieren para la rehabilitación de las fachadas.

3. - Para la obtención de la Licencia de construcción, previamente además de obtener el visto bueno del Instituto Nacional de Antropología e Historia, se deberá obtener la Licencia de Uso de suelo según lo dispuesto en el Art. 53., debido a que el inmueble está ubicado en zonas del patrimonio histórico artístico y arqueológico del Distrito Federal, según la zonificación de Programas Parciales de Desarrollo Urbano y Protección Ecológica,.

4.-De acuerdo al Título quinto, referente al proyecto arquitectónico, se deberá cumplir con la densidad de habitantes por hectárea, que para el caso del área en la que está emplazado el Ex-Hospital de Betlemitas se halla calificada como H4S (400 habs/Ha., incluyendo servicios), lo que hace viable la adaptación del inmueble al uso contemporáneo.

5.-En cuanto a los requerimientos de higiene, servicios y acondicionamiento ambiental, se deberá vigilar que:

- 5.1 La dotación de agua por habitantes por día sea adecuada.
  - 5.2 Que el número de muebles sanitarios sea el establecido para oficinas y uso público.
  - 5.3 Que se tenga una ventilación adecuada, ya sea del tipo natural o artificial.
  - 5.4 Que la iluminación diurna y artificial sea la mínima necesaria para el uso de oficinas.
- 6.- En cuanto a los requerimientos de comunicación y prevención de emergencias se deberá cumplir con los estándares mínimos de dimensionamiento y provisión de circulaciones, escaleras, salidas de emergencia, equipos contra incendio (cisterna), dispositivos de seguridad y servicios médicos.
- 7.- En lo que a la adaptación al contexto urbano se refiere, la edificación se sujetará a lo dictado por el INAH debido al carácter de patrimonio artístico cultural.
- 8.- Para el diseño de las instalaciones se deberá cumplir para la Instalación Hidráulica y Sanitaria lo establecido en el Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativo a Edificios y para la Instalación Eléctrica las disposiciones del Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas

Paralelo a la elaboración del proyecto de adaptación al uso contemporáneo, es necesario tomar en cuenta el programa de restauración del edificio propuesto por el INAH, el cual comprende como objetivo primordial los siguientes puntos:

- 1.- Recuperar las proporciones arquitectónicas con que fue concebido originalmente el inmueble.
- 2.- Restituir los elementos arquitectónicos desaparecidos.
- 3.- Restaurar la pintura mural.
- 4.- Suprimir los elementos superpuestos en épocas posteriores.

Basándonos en las reglamentaciones anteriormente mencionadas, las limitantes para la adaptación de los espacios requeridos se presentan en gran magnitud, afectando la posibilidad de incluir en el proyecto alguna solución no permitida por las autoridades respectivas.

Para cubrir las necesidades del proyecto de adaptación y restauración del Ex-Hospital de Betlemitas, se debe contar, además de los requisitos anteriormente descritos, con la siguiente información:

- 1.-Proyecto arquitectónico.
- 2.-Proyecto estructural
- 3.-Memorias de Cálculo basadas en los procedimientos planteados.
- 4.-Definición de procedimientos constructivos que cumplan con las disposiciones del INAH.
- 5.-Proyectos de Instalaciones de acuerdo a las necesidades del uso que tendrá el inmueble como museo numismático, biblioteca, archivo histórico y áreas de usos múltiples.
- 6.-Elaboración de las especificaciones y los catálogos de conceptos.
- 7.-Elaboración del programa de obra.

Para contar con toda esta información se requiere integrar un grupo interdisciplinario de profesionales en diversas especialidades que actuando conjuntamente bajo un mismo fin, proporcionarán la solución al problema planteado, tales como:

1. Ingeniería
2. Arquitectura
3. Antropología
4. Historia
5. Administración

Para lograr la correcta interacción de dichas especialidades en la ejecución global del proyecto, es necesario establecer una estructura organizacional que permita lograr un desarrollo continuo y no frenar de manera individual las partes que lo integran.

### **III.2.- ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL PROYECTO.**

Como se mencionó anteriormente, es necesario estructurar una organización que permita llevar a cabo las partes que integren el proyecto, para lo cual la promoción de la obra, requiere contar con la participación del Sector Público y la Iniciativa Privada.

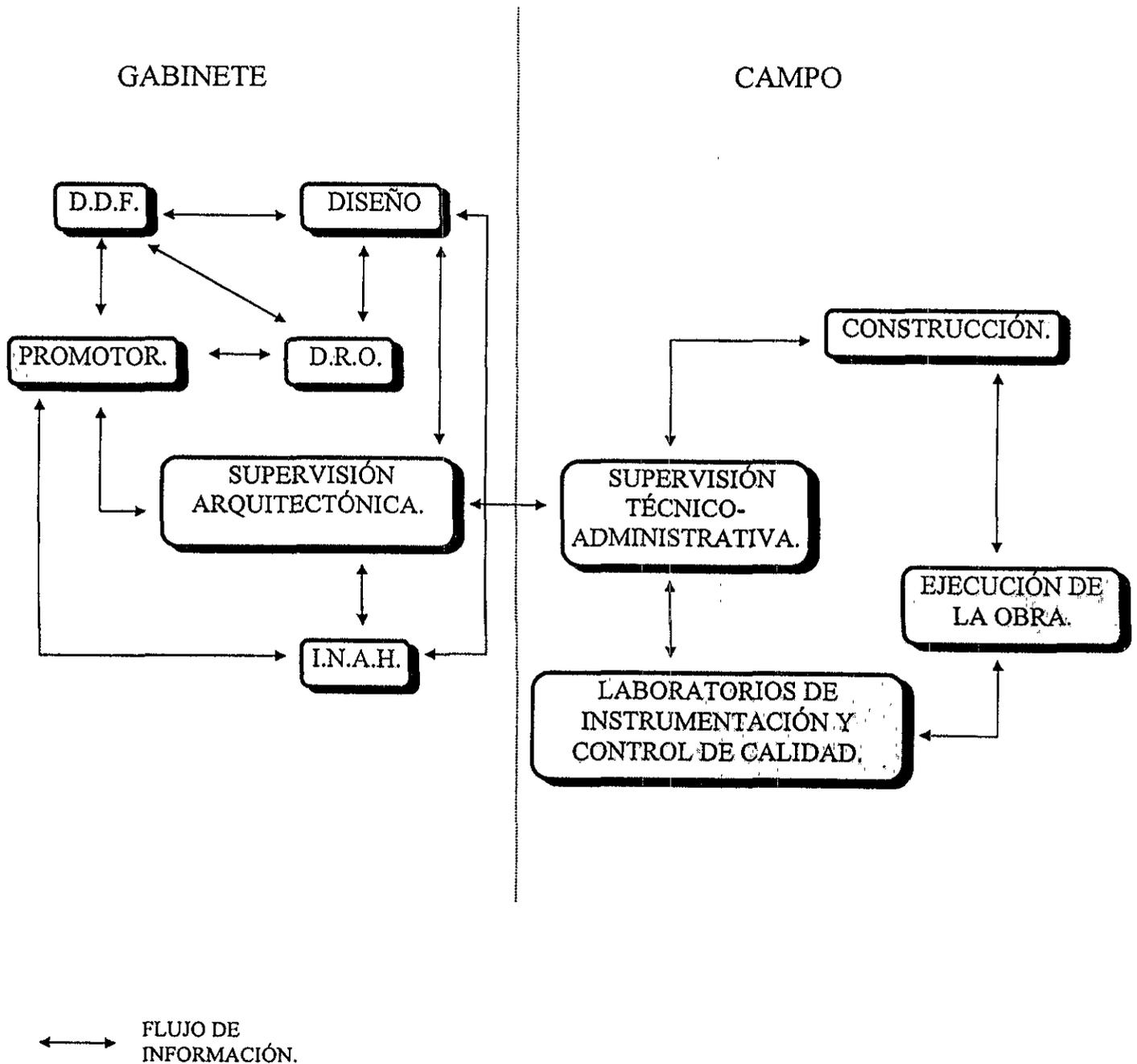
En cuanto al Sector Público, nos referimos a la vigilancia de las autoridades en materia de reglamentación y cumplimiento con las disposiciones establecidas por el Reglamento de Construcción para el D.F. y el Instituto Nacional de Antropología e Historia, ya que ambos organismos cuentan con la facultad de ejercer legalmente el poder que les fue concedido por el Gobierno Federal para adecuar las propuestas establecidas por particulares, en la ejecución de cualquier etapa del proyecto, a los estatutos establecidos.

En lo que a Iniciativa Privada se refiere, es necesario contar con la participación de empresas o Instituciones en las siguientes especialidades:

1. Diseño y Proyecto de Ingenierías.
2. Dirección Responsable de Obra (DRO).
3. Supervisión Técnico Administrativa.
4. Supervisión Arquitectónica.
5. Construcción.
6. Laboratorios de control y calidad de materiales.
7. Laboratorio de Instrumentación y Control.

La estructura organizacional que requiere el proyecto, demanda un flujo de información entre las especialidades mencionadas, para lo cual es conveniente diseñar un esquema de interacción , que permita tener un acceso racional y directo en los casos que así lo demande, como lo muestra el siguiente esquema:

### ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL PROYECTO



### III.3.- PROYECTO ESTRUCTURAL Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

Para la elaboración del proyecto estructural, es necesario contar con la aprobación del Instituto Nacional de Antropología e Historia, ya que se requiere definir el alcance de las alteraciones y/o ampliaciones, de tal manera que la obra original no quede segregada del contexto urbano o en su defecto pierda los atributos de su época.

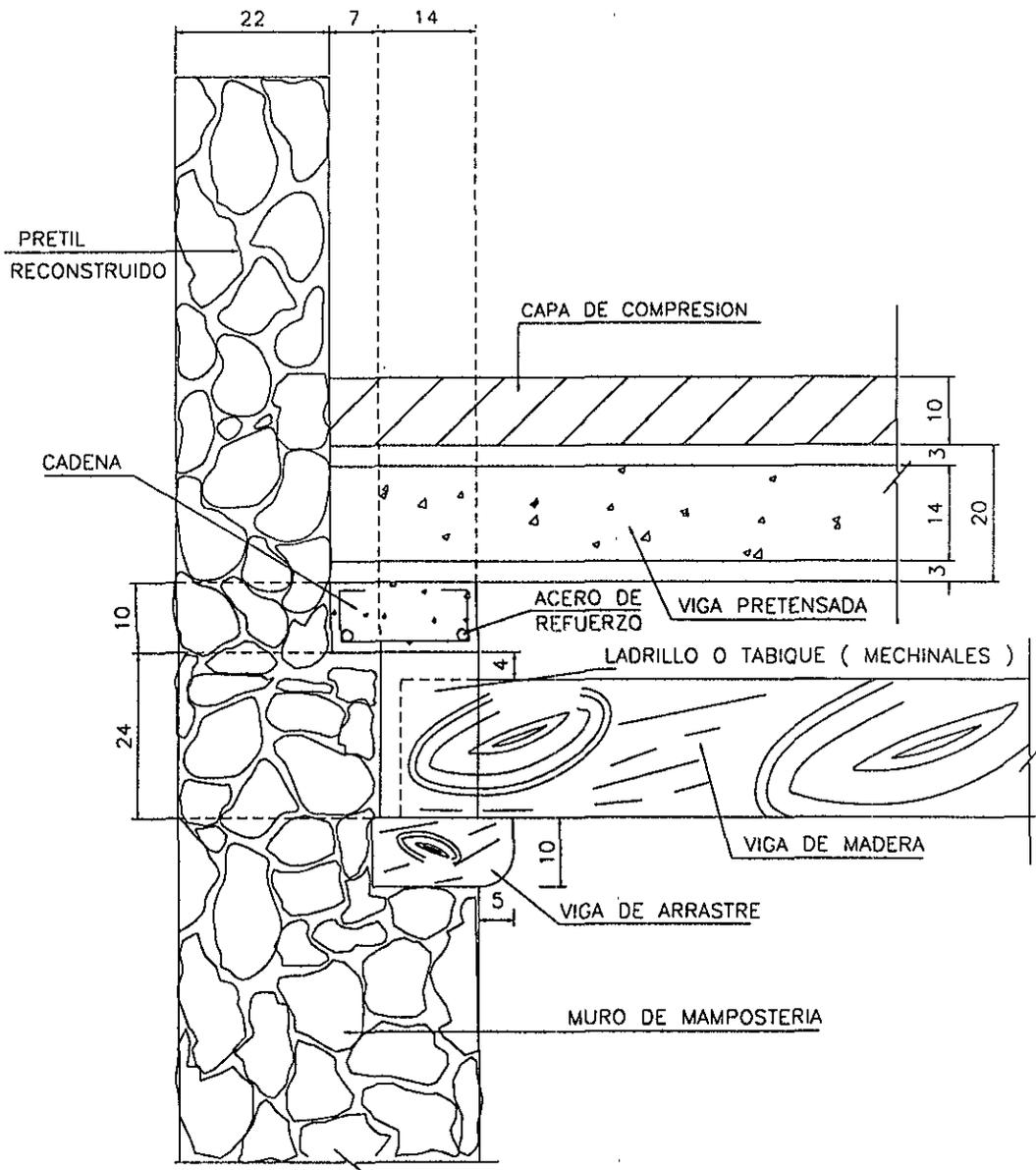
El proyecto estructural supone la reconstrucción de elementos estructurales que han sido demolidos o derribados debido a los cambios de uso que ha tenido a lo largo de su historia ocupacional. Algunos elementos han sido sustituidos causando una alteración en su comportamiento, tales como marcos de acero estructural que sustituyeron muros de carga, los cuales se pretenden eliminar para reconstruir los muros originales de la época.

Conociendo estas características del inmueble y la solicitud de restaurar el edificio de manera que conserve la arquitectura original, se pretenden emplear elementos estructurales modernos que permitan soportar las condiciones de carga de diseño y conservar algunos elementos estructurales como aparentes, tales como las vigas de madera originales que servían como elementos resistentes de apoyo a los sistemas de piso, y colocando como

elementos resistentes actuales traveses de concreto presforzado o traveses de acero estructural.

Para soportar los claros de los pisos, se utilizarán vigas pretensadas, apoyadas sobre una cadena de repartición de concreto armado, que a su vez descansará sobre una dala de mampostería conocida con el nombre de mechinal, mismo en el que se empotrarán vigas de madera que darán el acabado del nivel inferior de la losa. Posteriormente los mechinales, se apoyan sobre una viga de arrastre de madera original, desplantada sobre el muro de mampostería, tal como se muestra en la siguiente figura:

# APOYO PARA VIGAS PRETENSADAS



COTAS EN CENTIMETROS

Para conservar el funcionamiento estructural original del edificio, la cadena de repartición que se pretende apoyar sobre el muro y los mechinales deberán seccionarse en tramos cortos menores a 1.5 m. de largo, para eliminar la posibilidad de crear elementos continuos en la estructura ocasionando que cambie la idealización del comportamiento estructural basándose en muros de carga.

Asimismo, se pretende rescatar el sistema de piso original formado por enladrillado y terrado a través de dos propuestas escogidas en base a la economía y funcionalidad de la estructura. Estos sistemas son:

1. Sistema de vigueta y bovedilla.
2. Sistema de piso formado con traves de acero estructural y losacero.

### 1. - Sistema de vigueta y bovedilla

El conjunto de vigueta y Bovedilla esta integrado por tres partes:

1. - La vigueta, el cual es un elemento estructural de concreto reforzado o presforzado con la función principal de aportar una carga de servicio.

2. - Las Bovedillas, que tienen la función de cubrir los claros que demande la edificación en estudio, ya sean placas de barro, madera o concreto, casetones de concreto vibrocomprimido o bloques de poliuretano expandido.
3. - El firme Armado, el cual une todos los elementos y soporta los esfuerzos de compresión con un espesor mínimo de 5 cm.

Para el caso particular del Ex-Hospital de Betlemitas, las viguetas empleadas deberán ser de concreto presforzado, debido a los claros que es necesario cubrir.

El concreto presforzado, se caracteriza por utilizar una estructura interior acero de alta resistencia, llamado acero de presfuerzo, el cual se puede definir como un artificio mediante el cual se puede incrementar la capacidad de carga a un elemento ante solicitaciones principalmente de fuerza cortante y momento flexionante, dándole una compresión previa sin que se excedan los esfuerzos de compresión admisibles que marca el RCDF-93 en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.

Existen dos métodos para la absorción de esta fuerza, el primero llamado pretensado, que consiste en tensar los cables de

presfuerzo antes del colado del elemento y soltarlos después del endurecimiento del concreto. En este las transferencias del presfuerzo se realizan básicamente por la adherencia entre el concreto y el acero de presfuerzo. El segundo método se le conoce como postensado, en el cual se aloja el acero de presfuerzo dentro de un ducto generalmente de acero ahogado o engargolado en el concreto. En este método, a comparación del primero, el acero pasa por el aire evitando que en el endurecimiento del concreto los cables se adhieran a él, permitiendo ser tensados y anclados cuando el concreto alcance una resistencia establecida por el proyectista.

Para garantizar un buen comportamiento en los elementos presforzados, la calidad del concreto deberá cubrir la resistencia a la compresión y a la tensión especificadas en las Normas Técnicas Complementarias referentes al concreto presforzado.

El concreto a utilizar será de alta resistencia, variando entre los  $350 \text{ kg/cm}^2$  y los  $850 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que la resistencia del acero de presfuerzo deberá ser de  $18,000 \text{ kg/cm}^2$ .

El punto básico para el diseño de un elemento presforzado parte de la aplicación de una fuerza inicial de tensión, la cual es efectuada por medio de Gatos Hidráulicos que se colocan en los extremos del

elemento a presforzar, provocando con esto pérdidas instantáneas o a largo plazo.

Las pérdidas instantáneas son las que ocurren durante la construcción del elemento, teniendo un valor alrededor del 12%, ocasionadas por fricción del cable en el ducto, deslizamiento de la cuña al anclarse o por acortamiento elástico en el concreto, que ocurre al no existir simultaneidad del tensado de los cables.

Las pérdidas diferidas o de largo plazo pueden ser ocasionadas por contracción del concreto, que ocurre por la deformación que sufre por la pérdida de agua después de haberse colado, por flujo plástico del concreto, ocasionado en la aplicación permanente de carga o esfuerzo y por relajación del acero de presfuerzo, la cual esta en función de la calidad del acero y se estima en un 20%.

Dada la importancia que requiere el llevar un control en los elementos presforzados, es necesario cumplir con los parámetros básicos para el diseño señalados en el Título sexto del RCDF, como se muestran a continuación:

### *Parámetros básicos para el diseño de elementos presforzados*

#### VIGUETAS

Resistencia del concreto	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia del acero de presfuerzo	$F_y = 18,000 \text{ kg/cm}^2$

#### FACTORES DE CARGA

Para carga muerta	1.40
Para carga viva	1.70

#### FACTORES DE RESISTENCIA

Flexión	0.90
Cortante	0.85

### 2. - Sistema de piso formado con traves de acero estructural y losacero.

El acero proviene de una aleación de Hierro, Carbón y otros minerales, y es considerado como uno de los materiales 100% elásticos.

La resistencia del acero es variable dependiendo de la cantidad de carbón que contenga, por lo que se pueden definir diferentes tipos

de acero entre los cuales los más frecuentes son el A-36, A-50, A-307, A-501, entre otros.

Para el proyecto en particular se define la necesidad de utilizar perfiles comerciales de acero estructural ASTM-36 el cual deberá cumplir con las siguientes características:

1. Límite de fluencia mínimo:  $2530 \text{ kg/cm}^2$
2. Resistencia última a la tensión:  $4060 - 5600 \text{ kg/cm}^2$
3. Alargamiento mínimo:  $21 \text{ mm / metro de longitud calibrada}$
4. Factores de diseño
  - a) A la flexión:  $0.60F_y$
  - b) Al cortante  $0.40F_y$

A partir de los resultados obtenidos en la proyección estructural, se procederá a definir los procedimientos constructivos bajo la condicionante de cumplir con la finalidad de restaurar el inmueble devolviéndole su imagen original.

Entre los procedimientos constructivos mas importantes requeridos en la restauración del Ex-Hospital de Betlemitas se encuentran los siguientes:

- 1.- Los apuntalamientos de elementos estructurales originales
- 2.- La restitución de los entrepisos
- 3.- La inyección en grietas de muros
- 4.- La restitución de mampostería en muros
- 5.- El suministro y colocación de cantera
- 6.- El sistema de apagado de cal para el aplanado de muros.

### *1.- Apuntalamiento de elementos estructurales.*

El apuntalamiento consiste en la colocación de elementos auxiliares soportantes en muros, pisos, arcos o elementos estructurales aislados, con la finalidad de evitar posibles daños, derrumbes o fallas tanto en la estructura original de la obra en estudio como en las construcciones colindantes.

Para poder definir los sitios en donde se llevará a cabo el apuntalamiento del inmueble, será necesario tomar en cuenta el tipo de terreno en donde se asienta la estructura, los asentamientos, las fallas y deformaciones existentes en los elementos estructurales.

Para poder llevar a cabo un buen apuntalamiento, es necesario contar con información histórica fotográfica del comportamiento de la estructura y del proceso que se planea llevar a cabo en la ejecución de la obra, así como con un programa de

instrumentación y control del inmueble, para definir los movimientos y deformaciones de la estructura, los cuales generalmente se presentan debido a la falta o escasez de cimientos, pobreza y heterogeneidad en los materiales de construcción, escasez de secciones constructivas, acción de cargas permanentes gravitacionales, acción de fuerzas eventuales horizontales y verticales, las cuales son causadas principalmente por viento, sismo o vibraciones.

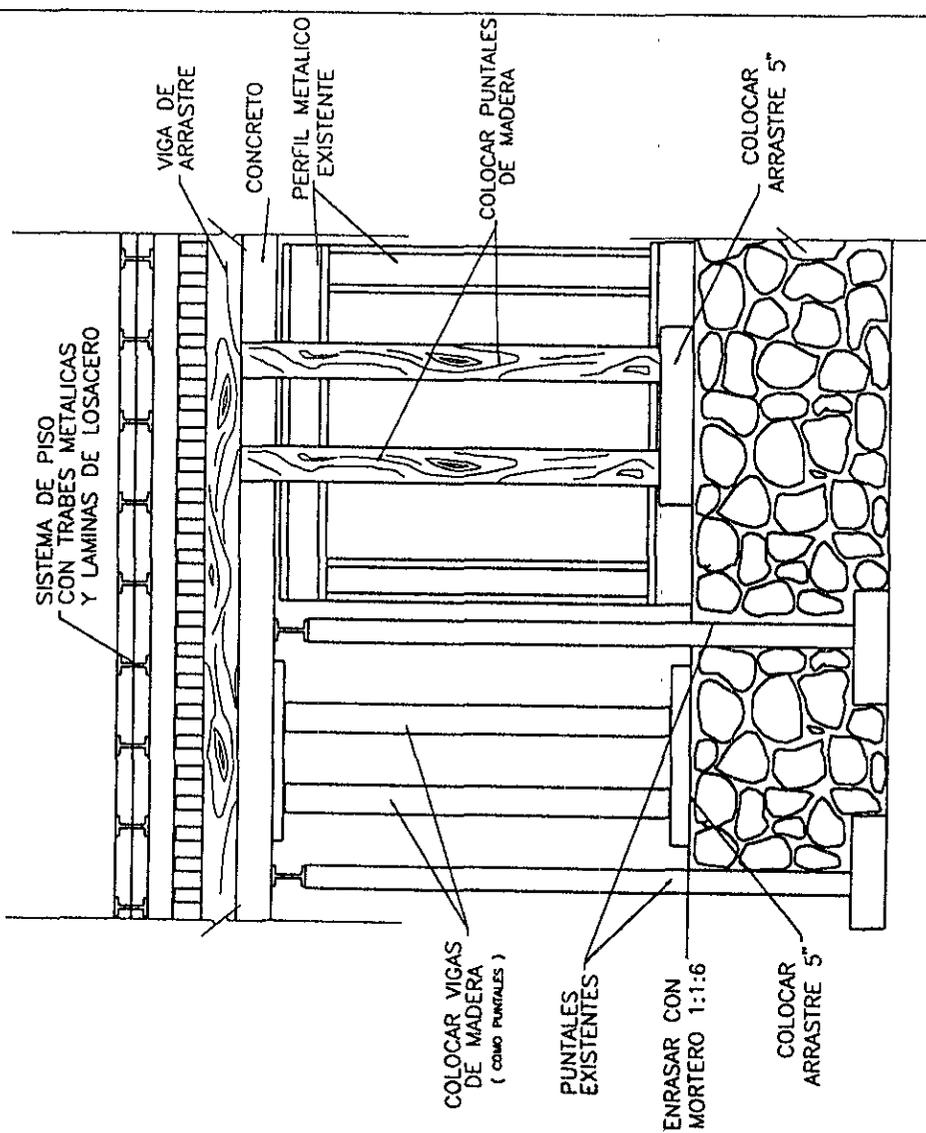
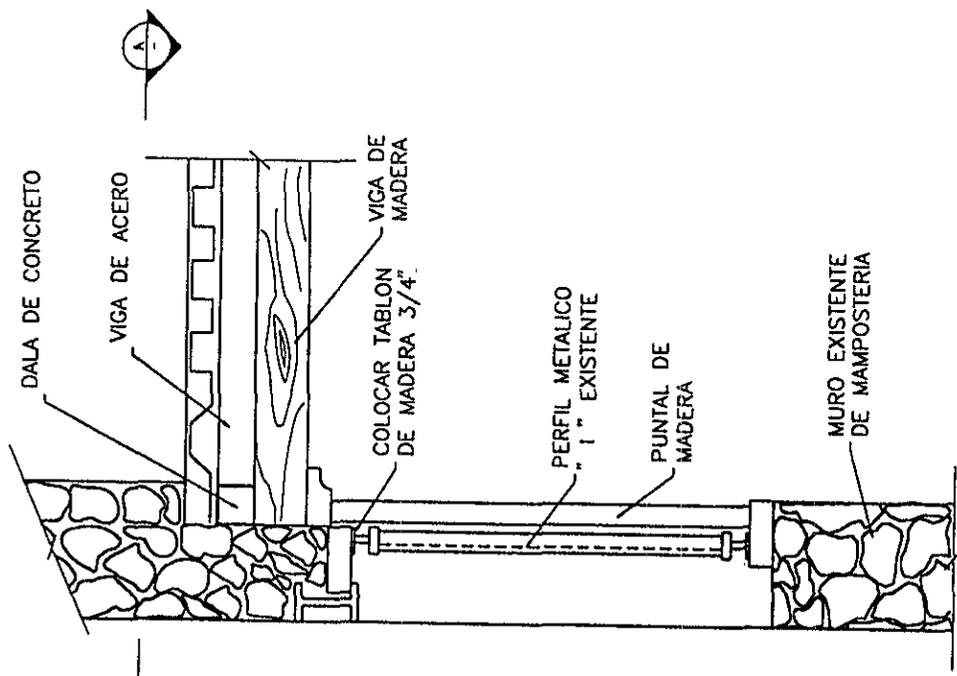
Posterior a la determinación de las causas que originan las diferentes fallas en el inmueble, se procede a reforzar la estructura con puntales, los cuales serán colocados en muros, reestructuración de techumbres y de elementos aislados, dependiendo del elemento en el que se desee trabajar.

Los puntales podrán ser de madera, metálicos o de concreto. Esto dependerá del grado de rigidez que se requiera dar a la estructura o al elemento aislado.

El procedimiento que se recomienda en el apuntalamiento de elementos estructurales para evitar que se presenten daños en los mismos consiste primeramente en desmontar o demoler elementos peligrosos, posteriormente apuntalar y fijar rápidamente los elementos que se pretenden conservar, como son el caso de las vigas de madera originales, y finalmente reemplazar los elementos

que fallaron a causa de estar contruidos con material de poca resistencia, lo cual para mantener un equilibrio de la estructura original, se recomienda no apuntalar niveles completos, es decir procurar trabajar por ejes y de manera escalonada para proporcionar firmeza en los apoyos, así como una rigidez en muros y columnas, logrando por último la confinación de techumbres y entrepisos.

Estas recomendaciones se muestran con mayor claridad en las siguientes figuras:

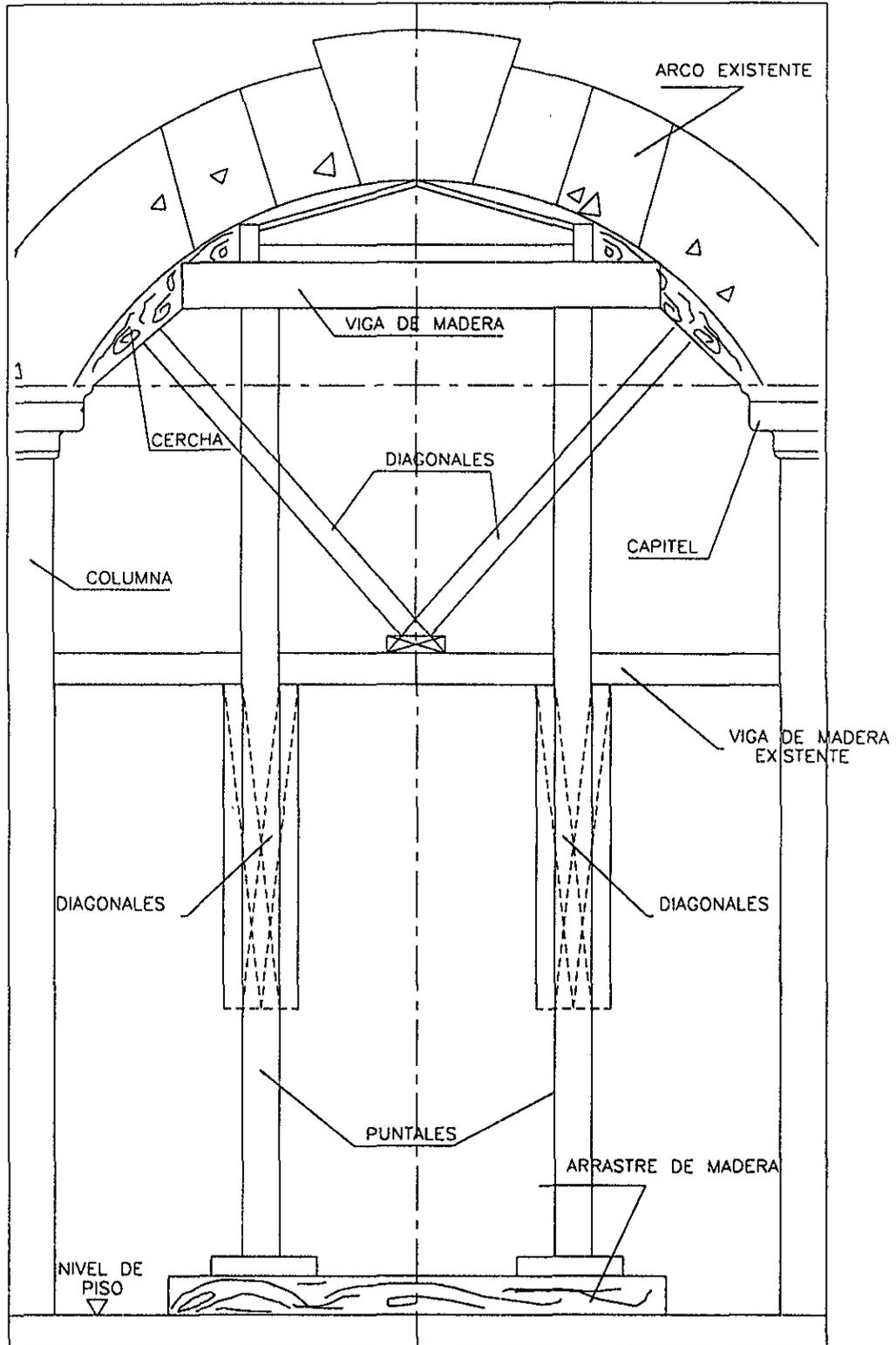


CORTE ENTRE EJES

CORTE A-A

APUNTALAMIENTO PARA SISTEMAS DE PISO.

# APUNTALAMIENTO DE ARCO.



## 2.- Restitución de entrepisos.

Particularmente para el proyecto del Ex-Hospital de Betlemitas existen dos tipos de restitución de pisos como ya se mencionó con anterioridad, uno a base de vigueta y bovedilla y el restante a base de perfiles de acero estructural y losacero.

La restitución del sistema de piso para este proyecto es de gran importancia, ya que funcionarán como elementos estructurales actuando n como diafragmas sujetos a empujes sísmicos y cargas gravitacionales, los cuales funcionan como una especie de barrera en el sentido que soporten dichas fuerzas, lo que demanda un correcto confinamiento, así como un control contra humedades mediante la utilización de impermeabilizantes o selladores.

Para obtener el confinamiento de dichos elementos, es importante realizar una fijación de todas las piezas que los componen, de manera que actúen como una unidad y ninguna de ellas queden sueltas.

ESTO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Para que los elementos funcionen como diafragmas en caso de algún sismo durante la ejecución de la obra, se deberá llevar a cabo en el procedimiento constructivo una correcta escuadría de las vigas o viguetas mediante la triangulación o colocación de placas en los entarimados que se apoyan en ellas.

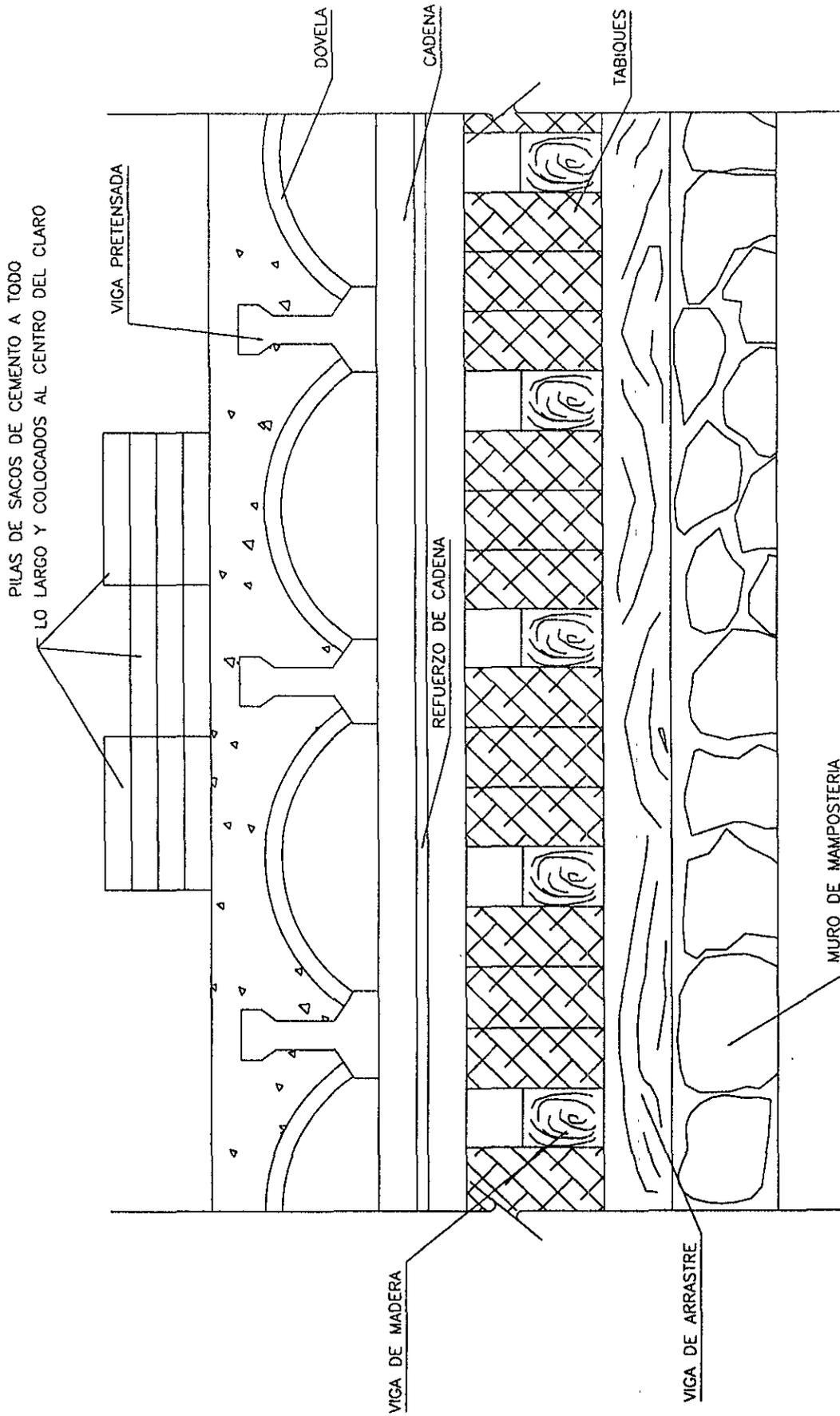
Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema de piso, se recomienda realizar pruebas de carga que permitan visualizar con mayor claridad el comportamiento que presenta la estructura.

Las pruebas de carga a realizar se ejecutarán bajo el siguiente orden:

1. - Definir un plano horizontal de referencia, en el cual se pueda referir el paño inferior de la vigueta al centro del claro.
2. - Mediante la utilización de bultos de cemento, se aplicará una carga uniformemente repartida.
3. - Deberá cuidarse que no existan fallas en los elementos estructurales, ya que de lo contrario deberá repetirse la prueba.
4. - Mantener la carga constante en un período de 24 hrs.
5. - Se retirará la carga y se dejará reposar al elemento durante 24 horas.
- 6 - Deberán verificarse las deflexiones en la viga debiendo tener una recuperación mínima del 75 %, así como cuidar

que no se presenten agrietamientos en la misma, ya que de hacerlo será necesario reforzar la zona agrietada.

Para cuidar la seguridad de la prueba, se deberá colocar un andamio en donde se lleven registros en un radio de 70 cm. alrededor de los elementos que se encuentran sometidos a la carga, tales como la cadena, la viga de arrastre y la mampostería bajo la viga, como se muestra en la figura:



PRUEBA DE CARGA EN VIGAS DE CONCRETO PRESFORZADO

El análisis de carga para determinar el número de bultos necesarios para idealizar las condiciones bajo las cuales trabajará la viga se realiza de acuerdo al siguiente procedimiento:

Datos:

Carga muerta:  $300 \text{ kg/m}^2$

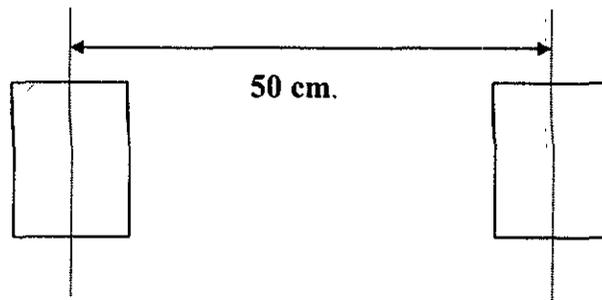
Carga viva:  $600 \text{ kg/m}^2$

Factores de carga:

$$F.C.M. = 1.4$$

$$F.C.V. = 1.7$$

$$F.C.D. = 0.85$$

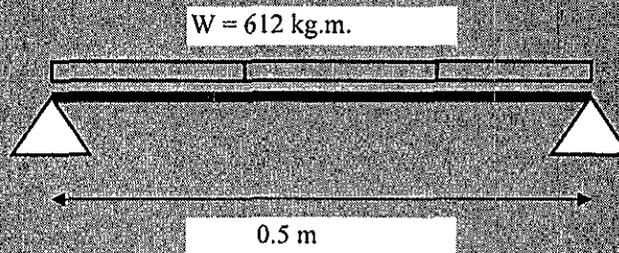


Solución:

$$\text{CARGA TOTAL} = 1.4(\text{C.M.}) + 1.7(\text{C.V.}) = 1440 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CARGA DE DISEÑO} = 0.85 (\text{C.T.}) = 1224 \text{ kg/m}^2$$

$$W = 1224 \text{ kg/m}^2 \times 0.5 \text{ m} = 612 \text{ kg-m.}$$



Para un claro máximo de 6.3 m, se tiene que:

$$WL = 612 \text{ kg-m} \times 6.3 \text{ m} = 3856 \text{ kg.}$$

Por lo tanto, considerando que un bulto de cemento pesa 50 kg, se tiene:

$$\text{No. bultos} = 3856 \text{ kg} / 50 \text{ kg} = 77 \text{ bultos.}$$

### ***3.- Inyección de grietas.***

Este procedimiento constructivo tiene la finalidad de consolidar los muros originales debido a que la mayoría de éstos presentan grietas en un gran porcentaje de su área.

El procedimiento se puede describir en cinco pasos:

1. - Primeramente se realizará una limpieza del paramento alrededor de las fisuras retirando todo el material húmedo y suelto a lo largo de la fisura, utilizando un cincel, un gancho de varilla o bien lavando con agua inducida a baja presión.
2. - Una vez retirado el material de la fisura, se procederá a clasificarla en profunda y superficial según sea la magnitud de su profundidad.
3. - Si la grieta es profunda, se incrustarán poliductos con la finalidad de inyectar una lechada y consolidar su interior, posteriormente se integrará el mamposteo con piedra similar a la existente en el muro, pegándolas con mortero cemento-cal-arena en proporción 1:1:6, asimismo. En el caso de que la grieta sea de menor magnitud, bastará con restituir las piezas faltantes sobre la parte superficial del muro.
4. - Se realizará una limpieza del escurrimiento de la lechada para evitar que los muros queden manchados.

5. - Por último se cortarán los poliductos de inyección al paño del muro, para aplicar posteriormente el aplanado.

#### **4. - Mampostería en muros**

Este procedimiento se deberá realizar tanto para consolidar los muros originales, como para la construcción de muros divisorios, muros de carga, derrames en muros, o reconstrucción de otros elementos.

Para llevar a cabo el mamposteo, será necesario igualar la granulometría del material a emplear con la del existente, con la finalidad de poderlo integrar y crear una apariencia homogénea.

En las áreas de planta baja se utilizará como material de mamposteo la piedra braza, mientras que para los niveles superiores predominará el tezontle, debido a la diferencia de peso específico.

Para la reestructuración de la mayoría de los muros, se dará inicio al mamposteo de adentro hacia afuera, realizando por ambas caras una cuadrícula de castillos y cadenas unidos a través del muro en cada cruce, lo que implica que todos los refuerzos deberán anclarse tanto en los cimientos como en la losa.

En el caso de que los muros se encuentren cuarteados se puede proceder al mamposteado de todas las áreas y posteriormente sellar las grietas como ya se mencionó con anterioridad, siendo este proceso de abajo hacia arriba.

En el caso de que se desee conservar el acabado original de los paramentos sobre los muros debido a su contenido pictórico, se podrá reintegrar utilizando cemento de dentista o algún pegamento especial.

#### ***5. - Suministro y colocación de cantera***

Este procedimiento es considerado como uno de los mas importantes en la restauración del Ex-Hospital, ya que se utilizará en enmarcamientos de puertas y ventanas, cornisas, zoclos, molduras, gárgolas y arcos tanto en interiores y exteriores de toda la obra.

La cantera que se pretende utilizar para los fines de restitución, podrá ser de dos tipos; cantera gris natural de los Remedios y cantera tipo Chiluca, dependiendo de las características originales que se desee restituir.

Para la colocación de la cantera se deberá seguir el siguiente procedimiento:

1. - Humedecer la cantera antes de colocarla para evitar que ésta absorba el agua del mortero.
2. - Cuidar en el colocado del mortero, que se llene completamente el espacio entre el muro y la geometría de la cantera, así como entre el junteo de las piezas.
3. - Se utilizarán calzas para colocar las piezas en su posición definitiva.
4. - Se deberá sujetar las piezas entre sí por medio de un gancho de alambre de varilla del No. 8 o del No. 6.
5. - En el caso de que las piezas se despostillen, deberán resanarse con un mortero a base de polvo de cantera.
6. - Se deberá verificar el trazo en base a reventones horizontales, verticales y longitudinales de acuerdo a puntos de referencia previamente establecidos para mantener el nivel de piso original del inmueble.

#### ***6. - Sistema de apagado de cal***

Este procedimiento se utilizará con la finalidad de obtener un aglutinante para la composición del mortero que se utilizará

posteriormente en el aplanado de los muros, evitando que las piezas originales sean deterioradas con un cementante activo.

Para llevar a cabo el procedimiento de apagado de la cal viva es necesaria la construcción de un calero en el lugar de la obra, ya que la demanda de este material se presentará en gran magnitud durante la ejecución de la misma debido a que la mayoría de los muros requieren un acabado aparente logrado con un mortero compuesto de cal-arena-agua.

El calero consiste en tres cajones que se deberán construir de tabique rojo recocido junteados con mortero cemento-calhidra-arena en proporción 1:1:8.

El cajón o artesa mas grande, se comunicará a los otros dos por medio de una compuerta corrediza vertical. Este cajón estará situado a un nivel superior a los dos restantes mediante un entortado de concreto simple. En el lado exterior de la compuerta se deberá provocar un talud que absorba la diferencia de niveles y ensanche la base del murete divisorio, en el cual se colocará una tela de gallinero para afinar la mezcla.

Para proteger el calero de los agentes erosionantes, como el sol, la lluvia y el polvo, se deberá construir un cobertizo a base de lonas.

Para la obtención de 1 m<sup>3</sup> de cal apagada se requiere seguir el siguiente procedimiento:

1. - Se habilitarán 0.7 m<sup>3</sup> de cal viva por cada 1.65 m<sup>3</sup> de agua limpia.
2. - Se depositarán los terrones de cal viva al centro del calero superior o de hidratación, vertiendo posteriormente el agua limpia hasta obtener un batido homogéneo.
3. - Se levantará la compuerta del calero superior para dejar pasar la cal aguada a la segunda artesa.
4. - Se deja reposar la cal en la segunda artesa hasta que se presenten grietas de 25 mm en la superficie de ésta, esto se logra aproximadamente a los 15 días.
5. - Posteriormente la pasta se almacena en tambos de metal, cribándola a través de una tela de mosquitero con la finalidad de limpiar grumos y bagazos.
6. - Se deberá llenar el tambo de metal 20 cm antes del borde para posteriormente cubrirlo con un tirante de 5 cm de agua limpia, dejándolo reposar un día.

Para la fabricación del mortero que se utilizará en los aplanados, deberá disponerse de un cajón de madera, en cuyo centro se coloque la masa pastosa de cal agregando agua limpia hasta lograr disolver la pasta.

Posteriormente se deberá agregar arena sin dejar de batir la mezcla a fin de lograr una consistencia y color uniforme. Esta mezcla deberá reposar por 12 horas.

El rendimiento aproximado de un mortero de esta composición es aproximadamente de  $125 \text{ m}^2/\text{m}^3$  en un espesor de 25 mm.

### III.4.-INSTALACIONES.

Para lograr que un edificio tenga un funcionamiento eficiente, es necesario establecer tres parámetros fundamentales, el primero es la seguridad, la cual se obtiene de la estructura que soporta a la edificación, el segundo es la apariencia, misma que se logra a través de los acabados, y el tercero y último es la funcionalidad del mismo, proporcionada por las instalaciones de las cuales estará equipado el inmueble.

En función al destino que se le dará el inmueble, se presentará la necesidad de proporcionar las instalaciones que lo hagan funcionar adecuadamente, lo que nos conducirá a prever la integración de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, aire acondicionado, gas, alumbrado, intercomunicación, seguridad y contra incendio.

Para efectos de solucionar la necesidad de llevar el Ex-hospital de Betlemitas a un uso contemporáneo, nos resumiremos a describir las instalaciones que proporcionarán una funcionalidad adecuada a las áreas del nuevo uso, ya que las instalaciones existentes, además de encontrarse en total deterioro quedarían obsoletas para los fines planteados anteriormente.

### ***III.4.1.-Instalación Hidráulica.***

“Una instalación hidráulica es la prolongación dentro del edificio de la red municipal de distribución de agua potable.”<sup>7</sup>

También se define: como el conjunto de tuberías, accesorios y equipos que tienen la finalidad de suministrar agua fría, caliente y vapor, a los muebles sanitarios de una edificación.

Para llevar a cabo la instalación hidráulica del inmueble, es necesario cumplir con las disposiciones señaladas en el Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativo a Edificios (RISRE), particularmente en los siguientes capítulos:

*Capítulo Cuarto.- De la provisión de agua.*

- La provisión de agua potable en cantidad y presión deberán de ser suficientes para satisfacer las necesidades requeridas.
- La dotación continua deberá ser durante las 24 hrs. del día.
- El servicio de agua será exclusivo del inmueble.
- Características constructivas de las cisternas.

---

<sup>7</sup> Díaz Infante L., “Curso de Edificación”, trillas, México, D.F. pág. 191.

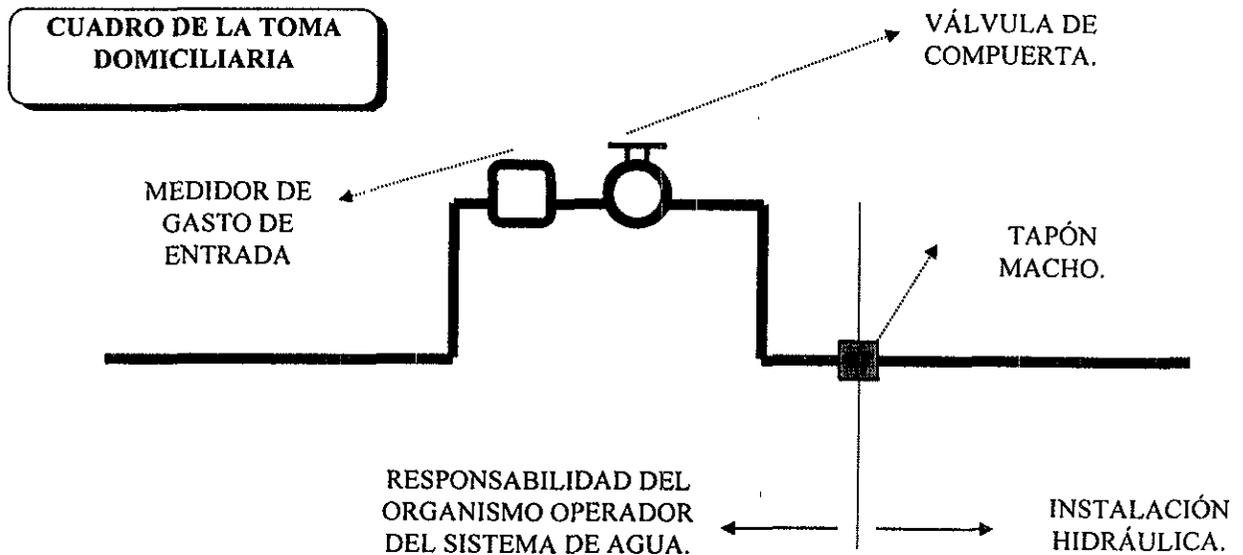
- Características de los materiales de las piezas que integran la red de distribución.
- Dotación de válvulas en la entrada y salida del abastecimiento para aislar el servicio en casos de reparaciones en la red distribuidora.

*Capítulo Quinto.*-De los excusados, mingitorios, fregaderos, vertederos e instalaciones sanitarias en general.

- La cantidad de muebles será proporcional al número de usuarios.
- Características de los muebles a utilizar.

Para el diseño de la instalación hidráulica del edificio, se realizará de acuerdo a las necesidades que el proyecto arquitectónico requiera.

El suministro de agua potable se realizará a partir de una toma hidráulica con medidor de gasto, el cual se instalará en el interior del edificio, contando con tuercas unión para su acoplamiento y seguido de una válvula de compuerta para cortar el servicio al 100%.



Una vez que se habilita la toma domiciliaria, se debe contar con un depósito interior que almacene el agua, el cual estará conformado por una cisterna que proporcione la cantidad de agua demandada por el sistema que abastecerá a la red interior del inmueble.

Para satisfacer las demandas originadas por la red, se deberá determinar el volumen de agua que cumpla con las necesidades del inmueble, el cual estará dado por el volumen de reserva contra incendio mas 1.5 veces el volumen de uso de agua potable (fórmula III.4.1.1.)

$$V_t = V_{rci} + 1.5 \times (V_{ap}) \quad \dots (III.4.1.1.)$$

Donde:

$V_t$ : Volúmen total. ( $m^3$ )

$V_{rci}$ : Volúmen de reserva contra incendio. ( $m^3$ )

$V_{ap}$ : Volúmen de agua potable. ( $m^3$ )

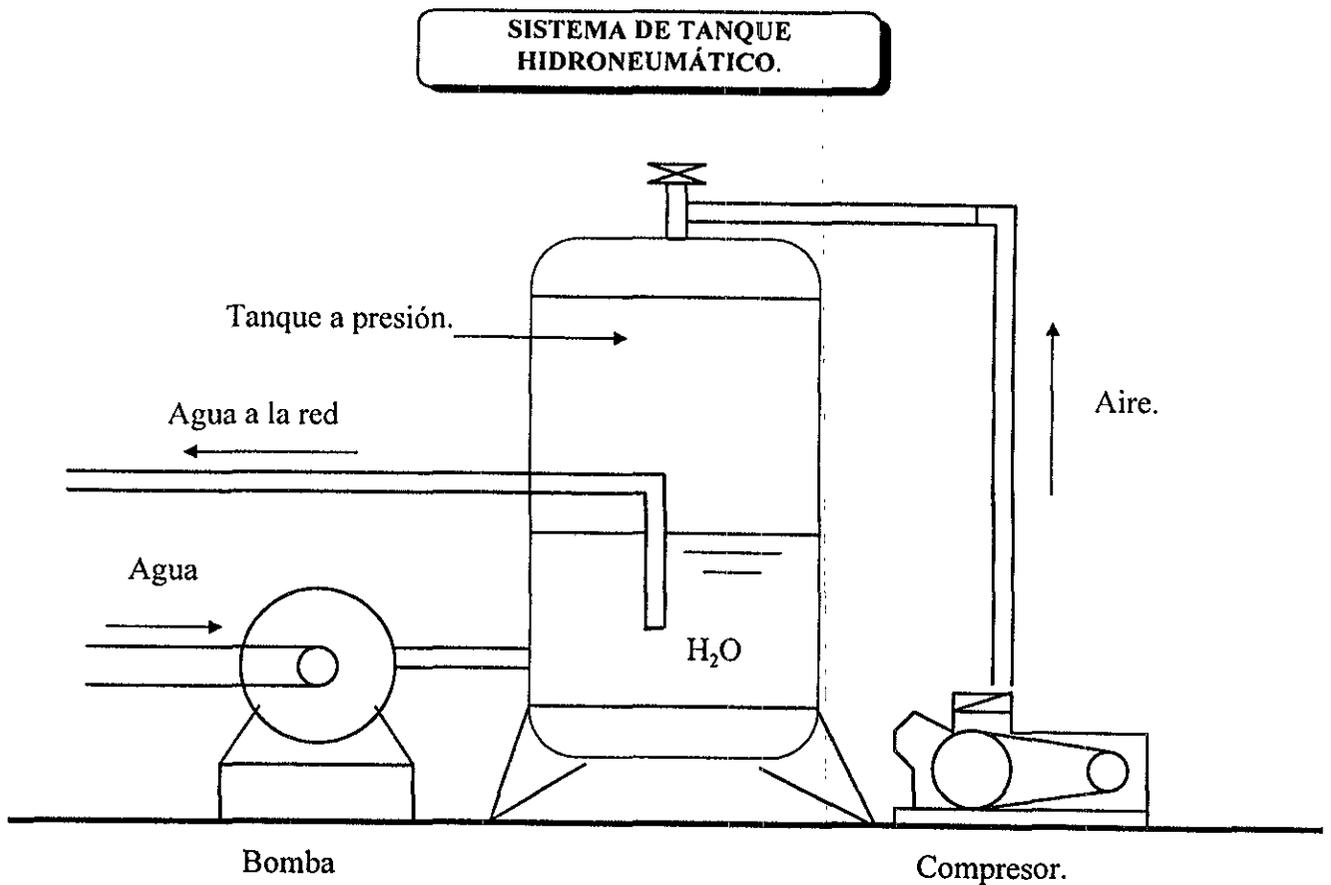
En el diseño de la cisterna se deberán incluir dos registros de 60 x 60 cms. como mínimo. En el primero se instalará la descarga de la toma que contará con válvula de compuerta y válvula de flotador; el segundo registro dará acceso a los cabezales de succión; los cuales serán:

El primero y mas bajo será para dar servicio a la red contra incendio, que tendrá acceso a su reserva sin que pueda ser tocada por el segundo cabezal que será para el uso exclusivo de agua potable.

El total del almacenamiento estará compartido, de tal manera que la reserva contra incendio será renovable por el continuo uso del agua potable, garantizando la reserva de la misma.

Para garantizar la sanidad del sistema, la cisterna no deberá tener contacto con el sol, y tendrá ventilación con presión atmosférica por medio de cornamusas protegidas de la entrada de agentes extraños.

El sistema de abastecimiento a la red hidráulica de agua potable, será por presión continua provocada por un sistema de tanques hidroneumáticos programados, debido a que el edificio cuenta con una carga disponible menor a 10 m y un suministro no continuo durante las 24 hrs. del día.



El equipo hidroneumático se compone de un tanque de presión, conocido como tanque autoclave, el cual contiene en su interior un colchón de aire que funciona como pistón neumático, donde la

capacidad compresible del aire proporciona una presión constante a toda la red.

El cabezal de distribución es alimentado por las bombas, y esta conectado de un extremo al tanque de presión que opera como compensador del gasto, y del otro a la red creando el abasto.

Las bombas operan con el mando de un control que detecta las caídas de presión en la red; si la demanda del gasto es baja, el tanque de presión suministra el fluido necesario para el uso demandado, cuando se han operado varios muebles y el tanque no alcanza a reponer el gasto de la red, entra en función la bomba 1, y si el gasto demandado supera el aportado por la bomba 1, se detecta una caída de presión progresiva en la línea, lo cual hace que el sistema ponga en operación la bomba 2, ambas bombas trabajarán simultáneamente hasta que la caída se detenga; cuando los muebles sanitarios disminuyan su factor de simultaneidad y operen mas distantes en tiempo entre sí, se irá restableciendo la presión hasta parar la bomba 1, que inicio el ciclo, la bomba 2 quedará funcionando hasta restablecer totalmente la presión en el tanque y en la línea; hasta que esta condición se cumpla se parará la bomba 2.

El siguiente ciclo de operación dará inicio con la bomba 2 y la bomba 1 funcionará de respaldo en caso que se presente nuevamente la simultaneidad.

Para determinar el volúmen de agua en el tanque, que satisfaga la demanda solicitada por la red hidráulica, se utiliza la fórmula para calcular el volúmen del tanque en función a la demanda máxima pico (fórmula III.4.1.2.).

$$V_{\text{tanque}} = Q_{\text{mi}} \times 300 \quad \dots\dots\dots (III.4.1.2.)$$

Donde:

$V_{\text{tanque}}$ : Volúmen del tanque clave. (lt).

$Q_{\text{mi}}$ : Demanda máxima pico. (lt/s).

Los niveles de paro y arranque, se calcularán a partir de las siguientes expresiones:

Para el arranque se tiene que :  $h_2 = 0.15 H$

..... (III.4.1.3.)

Para el nivel de paro se tiene que :  $h_1 = H (1 - 0.85 (P_2 / P_1))$

..... (III.4.1.4)

Donde:  $H$ : es la altura del tanque (m).

$P_2$ : es la carga mínima o requerida Hr (kg/cm<sup>2</sup>)

$P_1$ : es la carga máxima. (kg/cm<sup>2</sup>);

Para un buen funcionamiento del tanque se recomienda cumplir con la siguiente expresión:

$$P_1 = P_2 + 1 \quad \dots \dots \dots (III.4.1.5)$$

Para determinar la carga requerida (Hr) que deberá alimentar a la red, se calcula utilizando la fórmula III.4.1.6.

$$Hr = z + P + hf. \quad \dots \dots \dots (III.4.1.6)$$

Donde:

Hr: carga requerida. (m)

z: carga de posición, o altura del mueble mas desfavorable. (m)

P: presión del mueble mas desfavorable. (m)

hf: pérdidas por fricción y piezas especiales en el recorrido. (m)

Para la selección del compresor, de acuerdo a los estándares de fabricación, para tanques de hasta 2500 lts. bastará con un compresor de 0.5 HP., y para volúmenes de almacenamiento mayor se recomienda 1 HP.

Para lograr la comunicación entre el sistema de abastecimiento y los muebles sanitarios, es necesario establecer una red hidráulica que sea funcional y que abarque todas las áreas que requieran el servicio de abastecimiento de agua potable.

La red hidráulica dará inicio en el cabezal de alimentación del tanque, el cual descarga en la línea de distribución, formando un anillo cerrado en la planta baja del edificio, con el objeto de crear una presión igual en todos los puntos del anillo; de esta, se desprenden columnas verticales que alimentan a cada núcleo sanitario independientemente y cada piso donde es demandado el servicio de agua potable.

Los núcleos sanitarios al ser alimentados, contarán con una válvula compuerta en un cuadro de seccionamiento para cortar el servicio al 100 % independientemente; el diámetro de la tubería de alimentación estará calculado para dar el gasto simultáneo máximo probable a los muebles que componen los diversos núcleos.

Cada mueble estará alimentado desde el ramal de distribución interior, el cual va variando de diámetro según se vayan derivando alimentaciones a los muebles, dichos diámetros estarán calculados en función de la presión de operación, capacidad instalada y simultaneidad de muebles en base a gastos máximos instantáneos.

El gasto máximo instantáneo es aquel caudal demandado en cualquier sección de una instalación en cualquier momento del día. Para el cálculo de dicho gasto existen diversos métodos, entre los que encontramos el método de Kessler, el método alemán de la raíz cuadrada, el método probabilístico y el método de Hunter.

El método de Roy L. Hunter, se considera que opera satisfactoriamente si está diseñado de tal manera que suministre adecuadamente la demanda simultánea para un número "m" de los "n" muebles que integran el sistema, de manera que los "m" muebles no se encontrarán en operación simultánea en mas del 1 %. Este método consiste en obtener el gasto máximo instantáneo a partir acumular gastos teóricos, procedentes de la equivalencia de los muebles sanitarios en unidades de gasto, conocidas también como "Unidades Mueble".

A partir del gasto obtenido, se determina el diámetro teórico que requerirá el punto en análisis. ( *fórmula III.4.1.7.* )

$$D = \left( \left( 4 \times Q_{mi} \right) / \left( P_i \times V \right) \right)^{1/2} \dots \dots \dots (III.4.1.7.)$$

Donde:

D: Diámetro teórico de la Instalación. (mm)

Q<sub>mi</sub>: gasto máximo instantáneo. ( l/s )

P<sub>i</sub>: 3.1416

V: Velocidad de fluido del agua ( 1.0 - 1.5 m/s ).

### ***III.4.2.-Instalación Sanitaria.***

El objeto de suministrar al edificio una instalación sanitaria, radica en la necesidad de que las aguas servidas desaparezcan de este antes de herir los sentidos o provocar daños a la salud.

Para realizar la instalación sanitaria del edificio, se debe de vigilar el cumplimiento con las disposiciones del Capítulo VI (*De las instalaciones de albañales, conductos de desagüe y plantas de tratamiento de aguas negras*) del Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativo a Edificios.

De acuerdo a las características originales de los recorridos de agua servida o pluvial, es necesario realizar por separado una instalación de aguas negras y una de aguas pluviales.

Para la instalación sanitaria de aguas negras, se parte del análisis del ramaleo, el cual consiste en la tubería que une a los muebles y coladeras con los céspedes. La tubería instalada deberá ser de un material resistente, tales como el fierro fundido, galvanizado o de PVC.

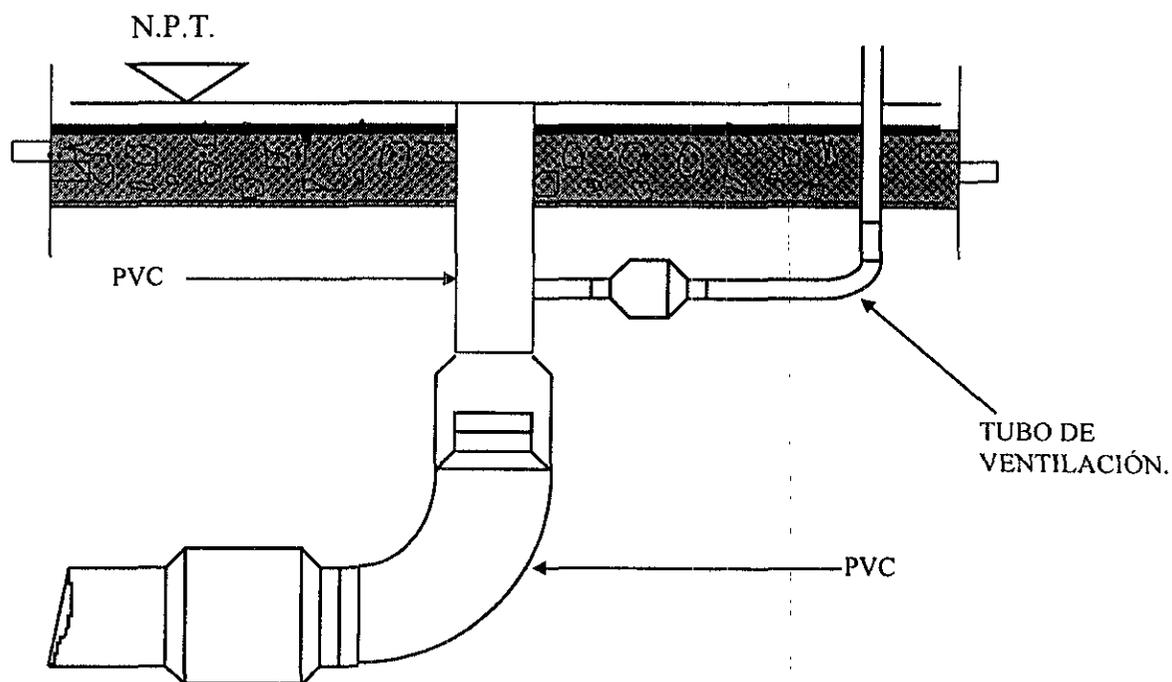
Los diámetros de la tubería de descarga de los diversos muebles sanitarios, deberán corresponder a los siguientes valores estandarizados:

- |                                |         |
|--------------------------------|---------|
| • Para excusados de fluxómetro | 100 mm. |
| • Para excusados de caja       | 100 mm. |
| • Para mingitorios             | 50 mm.  |
| • Para vertederos              | 50 mm.  |
| • Para coladeras interiores    | 50 mm.  |
| • Para lavabos                 | 50 mm.  |

Estos diámetros son calculados de acuerdo a la fórmula III.4.1.7., utilizando el gasto que se produce en cada uno de los muebles y tomando en cuenta el uso consecutivo que estos tienen.

Para evitar succionamientos, taponamientos y acumulación de gases en la red, será necesario de acuerdo a lo indicado en el RCDF, colocar un tubo de ventilación encima de cada descarga de agua residual (Fig. III.4.2.1.), teniendo un diámetro que oscile entre los 5 y 10 cm. y con una longitud tal que el nivel de su extremo superior esté 1.50 m por encima del nivel de la azotea.

Fig. III.4.2.1. Ramales y tubos de ventilación para la conexión de un excusado.



Cada núcleo sanitario será entroncado en su interior con la conexión de todos los muebles, utilizando una pendiente mínima en función del diámetro y las unidades de descarga.

El diámetro del colector de cada núcleo sanitario, será producto del gasto máximo probable de descarga por la simultaneidad de los muebles conectados.

Cada colector descargará a las bajantes de aguas negras, las cuales se recomiendan que sean de fierro fundido y de un diámetro mínimo de 101 mm., asimismo, las bajantes descargarán a los registros sanitarios, los cuales son aberturas que se disponen en una red para inspeccionar su interior y evitar taponamientos. Estos registros estarán colocados a una distancia no mayor de 10 m. medidos de centro a centro, y de dimensiones mínimas de 40 x 60 cm. para profundidades de hasta 1 m.

La tubería que conectará a los registros ubicados en la Planta Baja del inmueble, deberán ser de albañal de concreto simple utilizando una pendiente mínima del 2 % y un diámetro para el albañal de 20 cm.

Para que el agua residual descargue a la red pública será necesario implementar un sistema cerrado de bombeo, debido a que el hundimiento que presenta el edificio, coloca al nivel del último albañal por debajo de la acometida a la alcantarilla.

El sistema cerrado de bombeo consistirá en descargar por gravedad el contenido de la red de aguas negras a un tanque de acero inoxidable conectado en la parte inferior a un cabezal de bombeo, del cual se deriven dos bombas que permitan llevar el agua residual a un pozo de visita conectado a la red de drenaje municipal por medio de tubería de fierro negro, e incluyendo en el

trayecto una válvula check tipo esfera para evitar el reflujó del exterior. Las bombas funcionarán alternadamente y serán activadas a través de un sensor de nivel que mande el arranque y paro de la bomba en turno. Asimismo, al final de cada secuencia, se instalará un aspersor esférico de alta presión dentro del tanque que descargue agua limpia y permita dejar el tanque listo para el siguiente ciclo.

Para el caso de la instalación de aguas pluviales, estas serán captadas por las techumbres del edificio, cubiertas de patios y patios descubiertos, descargando a las bajantes pluviales mediante escurrimiento superficial canalizado a través de áreas tributarias de captación.

Para determinar el gasto de las aguas pluviales se debe calcular en función del coeficiente de escurrimiento, la intensidad de lluvia y el área tributaria. (*fórmula III.4.2.2.*)

$$Q = ( C \times I \times A ) / 3600 \quad (IV.4.2.2.)$$

Donde:

Q: Gasto pluvial ( l / s ).

C: Coeficiente de escurrimiento.

(se utiliza 0.90 para azoteas techadeadas)

I: Intensidad de lluvia ( mm / hr ).

*(Para la ciudad de México la precipitación máxima esperada es de 150 mm / hr.)*

A: Area tributaria. ( m<sup>2</sup> ).

Para el cálculo del diámetro de la bajante, se utiliza la fórmula III.4.1.7., utilizando el gasto obtenido de la fórmula III.4.2.2.

Las bajantes pluviales deberán ser de fierro fundido con rejillas que impidan el acceso de objetos extraños provocando taponamientos e inundaciones en las azoteas.

Cada bajante será recibida en un registro pluvial donde se inicia la recolección horizontal en una red de tubería de albañal de concreto simple.

El diámetro del albañal se calculará con la fórmula III.4.1.7, tomando en cuenta que el gasto para el tramo en análisis, será el correspondiente al acumulado de la aportación de cada una de las bajantes en dicho tramo.

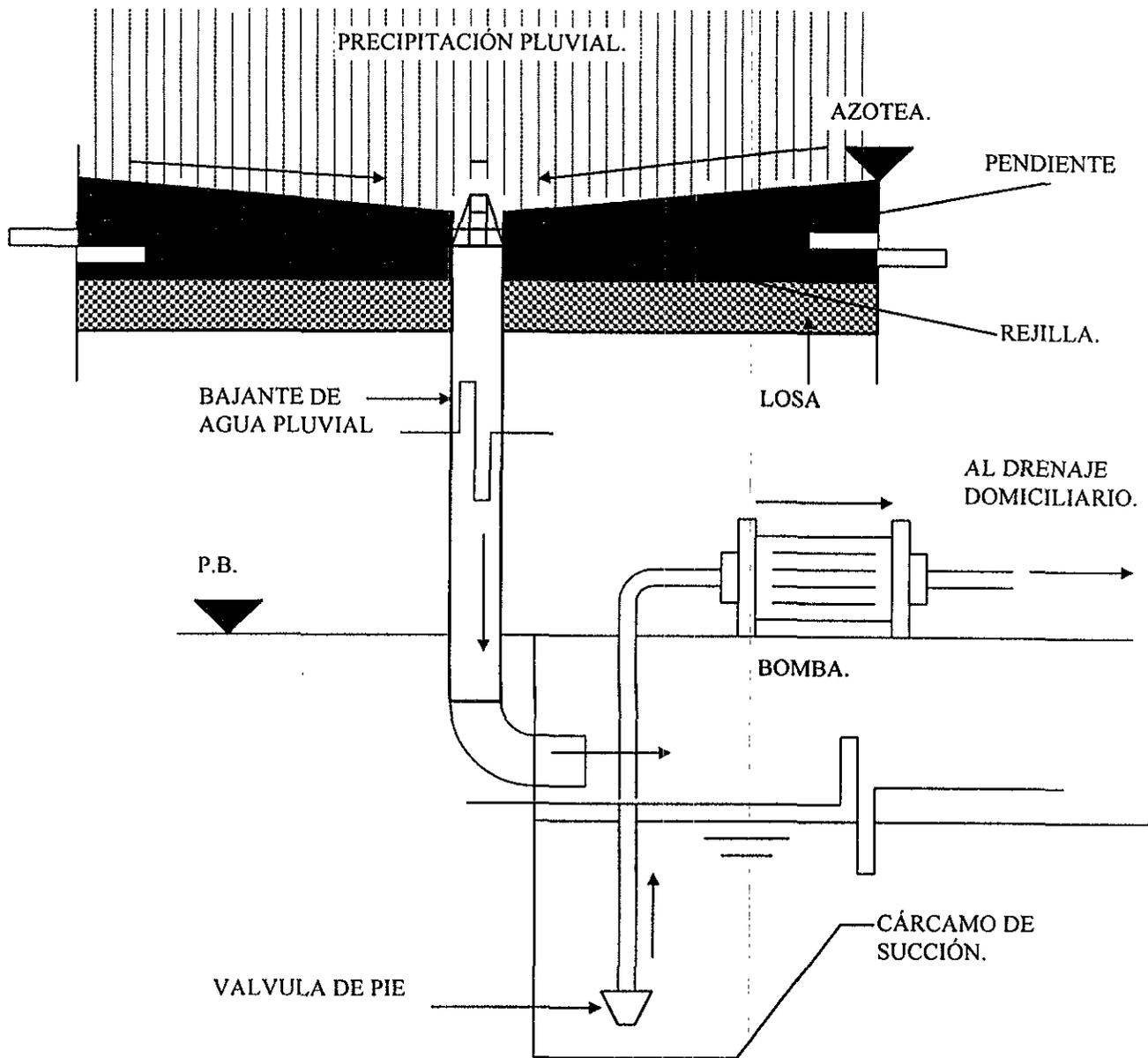
Las aguas pluviales serán vertidas a dos cárcamos de bombeo localizados en los patios del Ex-Noviciado y del Claustro.

Ambos cárcamos deberán tener una capacidad para almacenar, una tormenta con precipitación máxima de 150 mm/hr. durante 15 minutos, de acuerdo a los registros del centro meteorológico de Observatorio (Tacubaya).

El sistema de bombeo deberá de contar con dos bombas que funcionen de manera alternada y que tengan la capacidad de extraer el agua almacenada con el fin de evitar derrames en el cárcamo.

El sistema de bombeo instalado en cada uno de los cárcamos , arrancará la primera bomba al detectar el nivel de aguas máximo, bombeando la acumulación pluvial al drenaje domiciliario. En caso de que la precipitación pluvial fuera mas intensa o por mayor tiempo, el nivel del cárcamo llegaría a un punto donde se accionaría la segunda bomba, entonces el gasto de vaciado se duplicaría, superando el gasto de acumulación máximo esperado.

La tubería que conecte a las bombas con el drenaje domiciliario, deberá contar con una válvula check que impida el refluo del exterior.



### ***III.4 3.- Instalación Eléctrica.***

De acuerdo a las características que solicita el nuevo uso del inmueble, la instalación eléctrica deberá ser totalmente nueva y proyectada para los fines de específicos de cada espacio.

El servicio de suministro de electricidad se inicia con la acometida eléctrica proporcionada por la Compañía de Luz, seguida de un medidor para poder registrar el consumo de electricidad que se haga en el edificio. (*Croquis de suministro de energía III.4.3.1*)

El servicio se proporcionará en baja tensión y del tipo trifásico hacia cuatro circuitos de alimentación, debido a que se optimiza el diámetro en las canalizaciones y el cobre al no recorrer grandes distancias, así como para facilitar su control y mantenimiento.

Los circuitos de alimentación normal serán recibidos en un cuarto donde también llegarán los circuitos provenientes de la planta de emergencia de diesel.

Cada circuito de entrada, conducirá la energía eléctrica desde los medidores hasta los interruptores termomagnéticos, y de estos a tableros generales de distribución normal. Las líneas de emergencia llegarán a un tablero de transferencia y de este al tablero general de distribución.

De cada tablero de distribución se derivan los alimentadores generales a cada piso, ya sean normales o de emergencia.

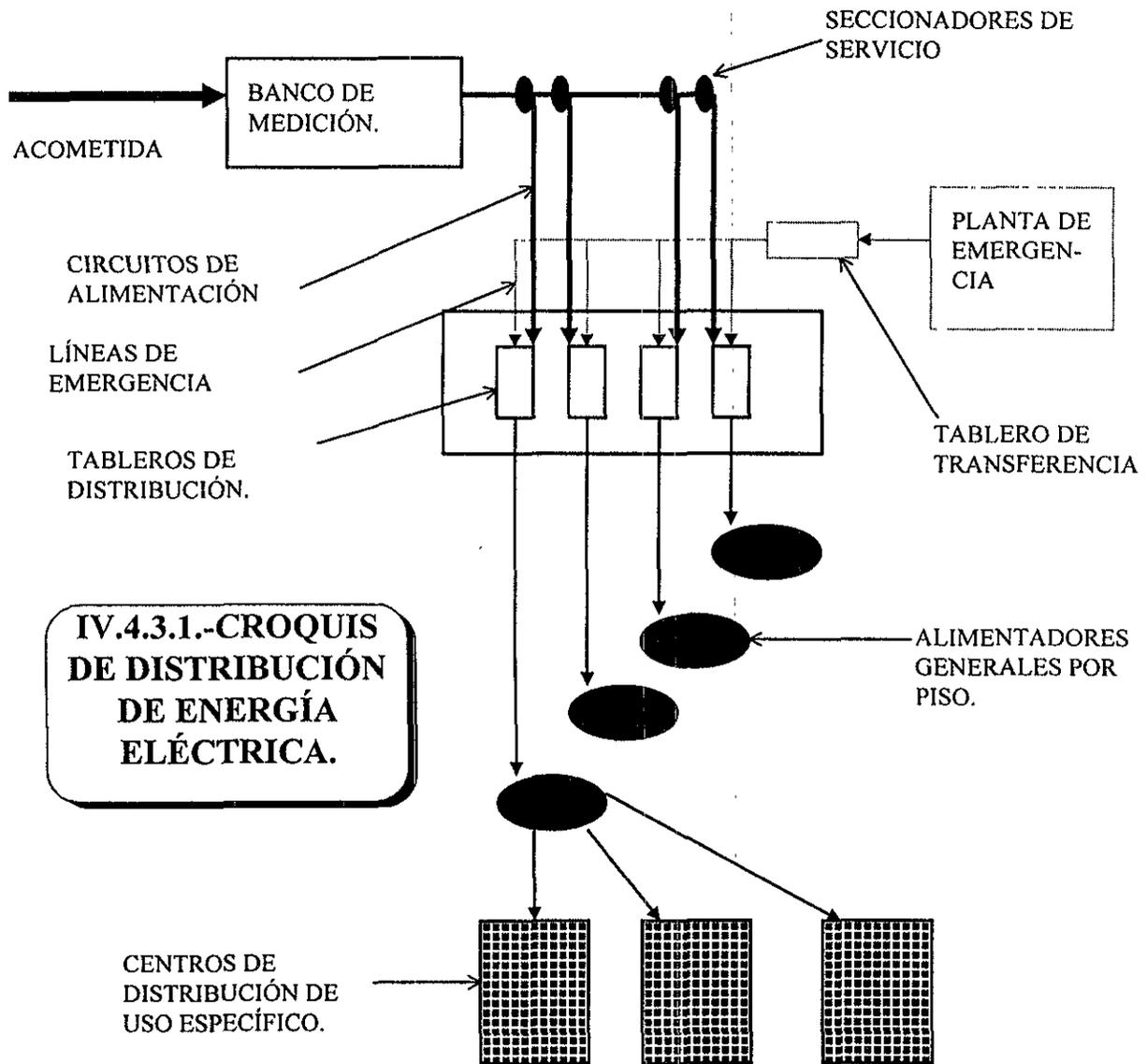
Los alimentadores generales por piso alimentarán a centros de distribución con usos específicos, estos son: iluminación normal, iluminación de emergencia, contactos y circuitos especiales.

Los alimentadores deberán diseñarse para permitir el paso de la carga total instalada, la cual es incrementada al aplicarle los siguientes factores:

- Factor de diversidad: es la relación entre la suma de las demandas máximas individuales de cada una de las partes del sistema y la máxima demanda que puede tener en conjunto.
- Factor de demanda: es la relación entre la máxima demanda del sistema y la carga total instalada.
- factor de carga: es la relación entre la carga promedio y la carga máxima en un intervalo de tiempo.

Los centros de distribución constarán de un sistema de interruptor generalmente de cuchillas y fusibles que protegen a la red de sobrecargas y cortos circuitos.

De cada centro de distribución, dependiendo del uso específico de cada uno, se suministrará la energía a los servicios solicitados por los usuarios del edificio.



De los centros de distribución de uso específico se derivan los circuitos de fuerza mayor, de fuerza menor y de alumbrado, los cuales alimentan a los siguientes servicios:

*Circuitos derivados de fuerza mayor:*

- Motores.
- Equipos de cómputo.
- Equipos de aire acondicionado.
- contactos

*Circuitos derivados de fuerza menor:*

- Equipos pequeños de laboratorio.
- Máquinas electrónicas.
- Calentadores chicos.

*Circuitos derivados de alumbrado:*

- Alimentan al equipo de iluminación.

El cálculo de iluminación para las áreas del Ex-Convento de Betlemitas se realizará de acuerdo al método de aproximación de Lumen, tomando como base la fórmula III.4.3.2.

$$\text{No. L.} = (A \times E) / (LL \times C.U. \times F.M.)$$

.....(III.4.3.2.)

Donde:

No. L.: Número de luminarias.

A: Área por iluminar. ( m<sup>2</sup> )

E: Nivel de iluminación requerida en luxes.

LL: Lúmenes de la lámpara.

C.U.: Coeficiente de utilización. ( 0.40 - 0.60 )

F.M.: Factor de mantenimiento. ( 0.60 - 0.80 )

#### Definiciones:

*Lumen: intensidad luminosa que difunde uniformemente en todas direcciones una bujía (unidad de intensidad de la luz artificial)*

*Lux: es un lumen por metro cuadrado.*

En base a las diversas actividades a desarrollar, así como los estándares de las tablas de la Sociedad de Ingeniería en Iluminación se determinaron los siguientes niveles de iluminación requerida:

NIVELES DE ILUMINACION EN LUXES.	AREAS
0-100	Cuarto obscuro para revelado fotográfico.
100	Andador perimetral del claustro.
150	Cubículos de vigilancia.
200	Bodegas de materiales diversos y salas de espera.
300	Circulaciones interiores, áreas de limpieza, sanitarios, bóvedas y acervos.
500	Circulaciones de alta densidad peatonal.
800	Salas de Biblioteca.
700-1500	Laboratorios para pruebas sobre papel.
2000	Exhibidores del museo.

#### *III.4.4.- Instalación de aire acondicionado.*

En la actualidad, un sistema de aire acondicionándose considera como el conjunto de elementos que controlan los aspectos del aire, tales como humedad, temperatura y limpieza.

Particularmente, el acondicionamiento del aire para museos y bibliotecas, busca dos fines fundamentales: la necesidad de dar confort y ventilación a los usuarios, y la de proteger y conservar el material existente en forma de acervos, por lo que se considera de uso mixto.

Debido a la situación geográfica y a los vientos predominantes, la zona centro donde se ubica el Ex-hospital de Betlemitas, se considera como zona de alta influencia de contaminación por la cercanía de las plantas industriales del norte de la ciudad, lo que expone a las colecciones a la acción destructora de una atmósfera llena de contaminantes, por lo cual es necesario filtrar el aire, así como proporcionar una humedad y temperatura adecuada para conservar nuestro patrimonio histórico.

Las necesidades del inmueble en materia de aire acondicionado, radican en deshumectar el aire de los vapores dañinos, filtrarlo y humectarlo con agua limpia después de haberse enfriado de acuerdo a las condiciones externas que imperen en ese momento para ser inyectado a los diversos locales, así como cumplir con las

características que los locales especiales de exhibición o de acervo requieran para otorgar un nivel de confort. Esto implica que el diseño para estas áreas sea resuelto con un equipo independiente y sus controles operen por cuarto y no por zonas.

Para las zonas de servicio como son: bodegas, sanitarios, cuarto de limpieza y similares, se requerirá una extracción mecánica para evitar que el aire se estanque y provocar condensaciones de humedad.

Para las áreas que no requieran acondicionamientos especiales, en la cuales se puedan distribuir características similares físicas del aire, se diseñara una instalación por zonas de horario de influencia de ganancia térmica.

Cada zona estará cubierta por una unidad manejadora de aire prevista con la capacidad de demanda máxima que solicite cada una.

Las capacidades de demanda máximas de cada zona estarán dadas por la suma de todas las cargas que en un momento colaboran a calentar una atmósfera que se pretende enfriar. (Fórmula III.4.4.1)

$$C.M.R. = Q_A + Q_E + Q_U \quad \dots \dots \dots (III.4.4.1)$$

Donde:

C.M.R.: Capacidad máxima requerida (BTU / hr)

QA: Calor sensible proporcionado por la radiación de muros, techos y ventanas. (BTU).

QE: Calor por alumbrado ( Energía eléctrica en vatios x 0.86 Kcal/ hr)

QU: Calor por usuarios. (BTU/hr)

#### *Definiciones:*

*1 BTU: se define como el calor requerido para elevar 1 ° F la temperatura de una libra de agua. (252 cal)*

El suministro de agua helada a cada unidad manejadora, estará dada por dos equipos generadores de agua helada, los cuales se calculan al 60 % de la demanda máxima, de tal manera que pueden operar alternándose para todas las demandas menores.

La distribución de agua helada desde los equipos generadores hasta cada una de las manejadoras, se da por medio de un circuito de tuberías alimentadoras y otro de retornos.

Para suministrar el aire a las diversas áreas requeridas, se partirá del análisis de la trayectoria de los ductos provenientes de las unidades manejadoras de aire.

En la planta alta correrán ductos por el exterior y se introducirán sobre el muro divisorio de cada dos locales, repartiendo a estos por rejillas de inyección.

En la planta de entresuelo llegarán ductos desde la azotea a través de la planta alta hasta llegar al entresuelo y distribuir desde rejillas de inyección en el muro.

En las zonas restantes, la distribución inicia desde la ubicación de las unidades manejadoras de aire en la azotea, de las cuales se deriva un ducto principal. Este ducto correrá por un ducto vertical para instalaciones hasta llegar a la planta baja, donde será conducido a través de trincheras de concreto que serán construidas por debajo del piso, de tal manera que los ductos sean derivados a cada dos locales.

Todos los ductos de inyección serán rematados en rejillas de inyección de muro sin retorno. El aire de desecho de los locales será vaciado a las circulaciones, las cuales empujarán el aire por diferencial de presión hacia los locales con extracción, arrojándolo hasta la atmósfera.

La temperatura y humedad relativa requerida en cada una de las áreas del inmueble estará en función de las recomendadas para cada uso en especial. (*Ver tabla III.4.4.2*)

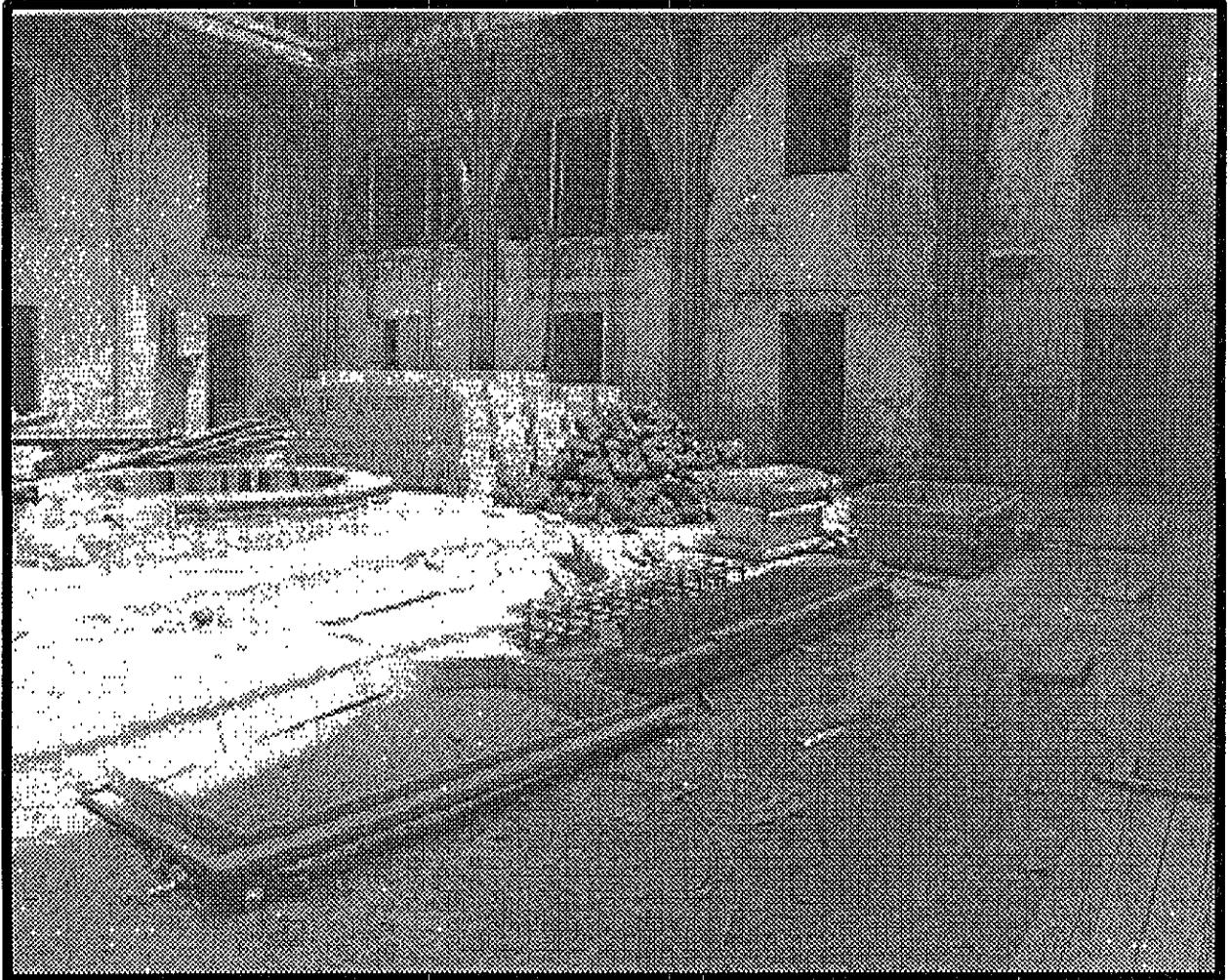
Dadas las condiciones ambientales de la ciudad de México, de acuerdo a los registros del centro meteorológico de Observatorio (Tacubaya), la humedad relativa del aire es de 26 %, y las temperaturas máximas de bulbo seco y de bulbo húmedo son 33 ° C. y 17 ° C., respectivamente.

Para las condiciones de invierno, el frío de la ciudad de México es extremo 15 días al año, lo cual no justifica un diseño con equipo costoso para este fin.

Tabla de Temperatura y humedad relativa requeridas.

Area	Temperatura ( ° C )	Humedad relativa ( % )
Oficinas	24	50
Museo numismático	20 -24	45 - 63
Areas de seguridad y vigilancia	24	50
Bóvedas para monedas y billetes	20	40
Laboratorio Fotográfico	21	45
Biblioteca y Hemeroteca	18	45

# INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL REQUERIDOS DURANTE LA RESTAURACIÓN.



*Foto del Patio Principal del  
Ex-Hospital de Betlemitas.  
en proceso de restauración.*

## CAPÍTULO IV.

### INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL REQUERIDOS DURANTE LA RESTAURACIÓN.

Para proporcionar un panorama general de la participación de la instrumentación y el control que se requieren para la restauración del Ex-Hospital de Betlemitas, partiremos de la idea principal basada en adaptar al edificio a un uso contemporáneo conservando su imagen original, lo que sugiere realizar, como ya se mencionó en capítulos anteriores, una restauración gradual, acompañada de un programa de instrumentación en el cual se controle el comportamiento de la edificación durante el proceso de adición y sustracción de cargas al inmueble.

De acuerdo a la peculiaridad del proyecto y a las características de la zona en la que se encuentra situado el referido inmueble, es necesario implementar un amplio programa de observaciones en sitio, tanto del subsuelo como de la estructura, durante y posteriormente a la restauración. Lo anterior, con la finalidad de complementar los estudios preliminares y evaluar los procedimientos utilizados para su adaptación al uso contemporáneo, así como determinar cualquier condición no prevista que pudiera modificar el comportamiento de la obra.

El objetivo general del sistema de instrumentación del subsuelo y de la estructura, se resume en conocer y evaluar oportunamente los movimientos que se presenten en el edificio y en áreas adyacentes para poder distinguir, entre los movimientos asociados a la obra bajo las nuevas condiciones de carga y el hundimiento regional, así como para determinar la estabilidad y el servicio del edificio por efectos residuales de la obra, incluyendo la intervención de factores ajenos, tales como sismos, bombeo regional, presencia del cajón subterráneo de la línea Dos del Sistema de Transporte Colectivo (Metro), la existencia de restos prehispánicos y/o coloniales, además de la interacción con la edificación ubicada en la colindancia sur, cuya cimentación es de tipo profundo.

Los datos necesarios para dar cumplimiento a los objetivos anteriormente mencionados, se pueden englobar en la determinación de las condiciones piezométricas iniciales del sitio de la obra y sus tendencias, la evolución de las deformaciones de los diversos estratos del subsuelo originados por las condiciones piezométricas de la zona, así como los movimientos horizontales y verticales tanto del subsuelo como de la estructura, provocados por las operaciones de construcción de la obra.

La instrumentación adecuada para obtener la información requerida, radica en el empleo de nivelaciones topográficas para determinar las inclinaciones y desplomes de la edificación, en la instalación de pozos de observación en distintos puntos para

determinar la variación del nivel de aguas freáticas, así como de estaciones piezométricas, colocadas a diferentes profundidades para determinar la presión de poro de los estratos del subsuelo y así poder evaluar las expansiones y hundimientos del suelo, colocación de inclinómetros para determinar los movimientos horizontales del mismo, colocación de testigos superficiales para poder medir los desplazamientos de los elementos estructurales en cualquier sentido, y finalmente, los extensómetros, que se emplearán para medir las deformaciones en los arcos que serán liberados por los muros que los confinan en su interior.

Para el control de la presión de poro del subsuelo, la cual provoca hundimientos o expansiones en el edificio, se emplearán pozos de inyección, que proveerán o extraerán de agua al subsuelo, regulando así, la presión necesaria para mantener estable el comportamiento del inmueble.

#### IV.1.- INSTRUMENTACIÓN EN EL SUBSUELO.

El subsuelo en donde se encuentra desplantada la edificación desempeña un papel importante, lo que hace necesario mantener durante el proceso de restauración, ciertas condiciones de seguridad para evitar hundimientos diferenciales en el inmueble. Para contrarrestar dichos problemas geotécnicos, hay que tomar medidas preventivas mediante la instalación de un sistema de instrumentación a base de pozos de control paralelo a sus colindancias, reduciendo así, los efectos de las excavaciones, y manteniendo una presión de poro favorable en la estructura.

La finalidad de estos pozos, consiste en observar las variaciones de presión de poro en las capas permeables del subsuelo, de lo que dependerá el comportamiento estructural que presenta la edificación durante la ejecución de los trabajos, logrando a su vez un control conforme el avance de las excavaciones.

La presión deberá regularse de modo que se tenga un control tanto en las excavaciones como en las colindancias, por lo que se recomienda instalar principalmente en la colindancia sur una serie de estaciones piezométricas que permitan tener un completo control, debido a que la construcción vecina es reciente.

Básicamente este control podrá llevarse a cabo mediante la inyección o extracción de agua de los mismos, lo cual deberá

decidirse en obra en función del comportamiento estructural del inmueble. Es importante remarcar que en cuanto se tengan terminados los trabajos referentes a la restauración del inmueble se clausuren dichos pozos, de manera que no queden expuestos a la intemperie.

#### **IV.1.1 POZOS DE OBSERVACIÓN.**

El objetivo de este dispositivo, es determinar la posición del nivel freático del subsuelo del inmueble, así como su variación en el período de lluvias y estiaje.

Esta medición es indispensable para poder definir el estado de esfuerzos de la masa del suelo del sitio en estudio, que para el caso particular del Centro de la ciudad de México, es determinante debido a su composición básicamente de arcillas lacustres con gran contenido de agua.

El pozo de observación, consiste en un ducto vertical instalado en una perforación artificial, el cual deberá contener en su parte inferior una capa permeable para permitir la entrada del agua del subsuelo; mientras que en la parte superior deberá sellarse para evitar que el agua superficial penetre en el tubo.

Este dispositivo, generalmente se compone de un tubo de plástico ( PVC ) de 1" de diámetro con ranuras horizontales de 1 mm. de espesor en un tramo de longitud de 1.5 mts., y protegido con un filtro para evitar que se contamine con el material contenido en el subsuelo.

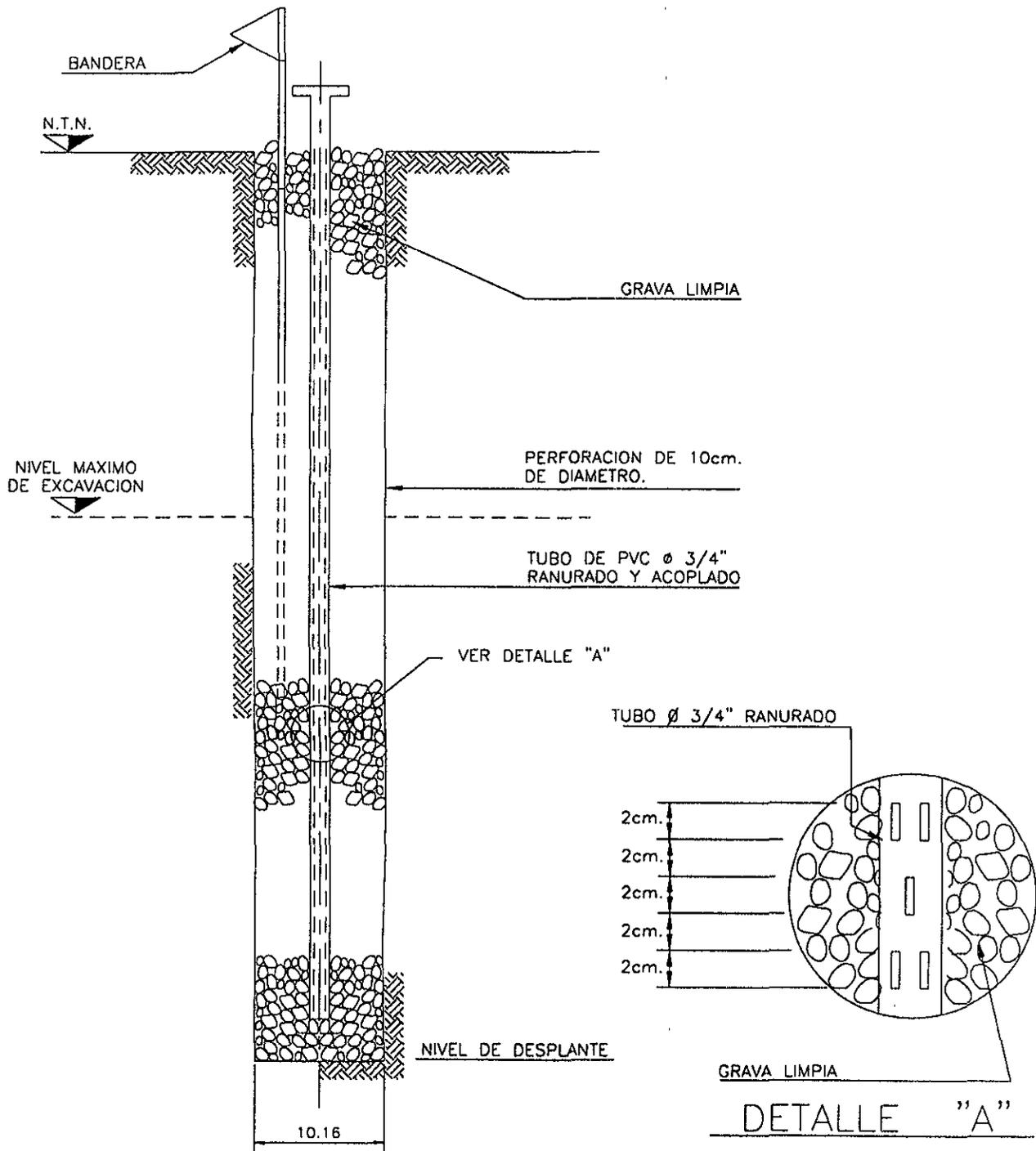
Para llevar acabo su instalación, se deberá introducir el tubo plástico en el suelo de manera vertical, y posteriormente ser rellenado en su parte inferior con arena de graduación media y en la parte superior con bentonita. ( Ver figura IV.1.1.1 ).

Para obtener la medición de la columna de agua en el punto analizado, se deberá esperar el tiempo de respuesta del suelo, lo que puede durar varios días.

Dentro del tubo vertical se determina el nivel de agua mediante una sonda eléctrica que se introduce en el interior del tubo, previamente protegida con una boquilla de plástico, y posteriormente se manda una señal hacia el medidor de resistencias, el cual registra la lectura.

De este manera se podrá graficar la profundidad del nivel de agua obtenida en el sitio en estudio.

Fig. IV.1.1.1.- POZO DE OBSERVACIÓN



POZO DE OBSERVACION  
DE EL NIVEL DE  
AGUAS FREATICAS

### **IV.1.2.- PIEZÓMETROS**

Debido a que la determinación de las presiones en el subsuelo juega un papel fundamental en la consolidación y en la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, es de gran importancia que se efectúen mediciones directas para evaluar las presiones, para lo cual se recomienda que se utilicen piezómetros, cuya función es medir la presión neutral en el suelo en un punto determinado, a una profundidad establecida.

El uso de estos instrumentos permite seguir de cerca el proceso de consolidación de los suelos, ocasionado principalmente por cargas gravitacionales, bombeo y/o evaporación del agua.

Para el proceso de instalación del piezómetro se deberán seguir los siguientes cinco pasos:

#### **A) LAVADO CON AGUA**

En este paso, deberá realizarse primeramente una perforación con un diámetro recomendable de 5cm. La sección tendrá una profundidad en la que se pueda determinar el nivel freático, por lo

que para cada caso en particular será diferente, dependiendo de las observaciones realizadas previamente en los pozos de observación.

El interior del tubo se lavará, reemplazando el agua constantemente para evitar que en el interior de éste se conserven impurezas, por lo que el proceso termina cuando por la parte superior del tubo salga agua cristalina. ( Ver figura IV.1.2.1)

## B) COLOCACIÓN DEL FILTRO

Previo a la colocación del filtro de arena, se recomienda que el tubo se levante de 30 a 60 cm. con la ayuda de un gato hidráulico. El filtro de arena, deberá tener buena graduación, la cual será cribada por las mallas del N° 20 al 40, además de saturarse antes de su colocación.

El nivel que alcance la arena deberá revisarse con ayuda de un apisonador, cuidando que no exceda de 60 cm. ( Ver figura IV.1.2.1)

## C) COLOCACIÓN DEL BULBO RANURADO

Se conecta un tubo “ Sarán”, de PVC o metálico, a un tanque pequeño en un extremo, y en el otro, el bulbo ranurado, el cual se

sumerge a una cierta profundidad dentro del pozo. Posteriormente deberá aplicarse un vacío en el tanque, de tal forma que el piezómetro quede saturado con agua del mismo pozo hasta que aparezca agua en el tanque, lo cual nos indica que el bulbo se encuentra saturado.

A continuación, se bajará el bulbo hasta el fondo del pozo en donde se deberá tener un exceso de carga hidráulica para asegurar un flujo durante su colocación.

Finalmente se extraerá el tubo entre 30 y 60 cm., según sea la longitud del bulbo, agregándole otra capa de arena saturada de similares características a la del fondo. ( Ver figura IV.1.2.2)

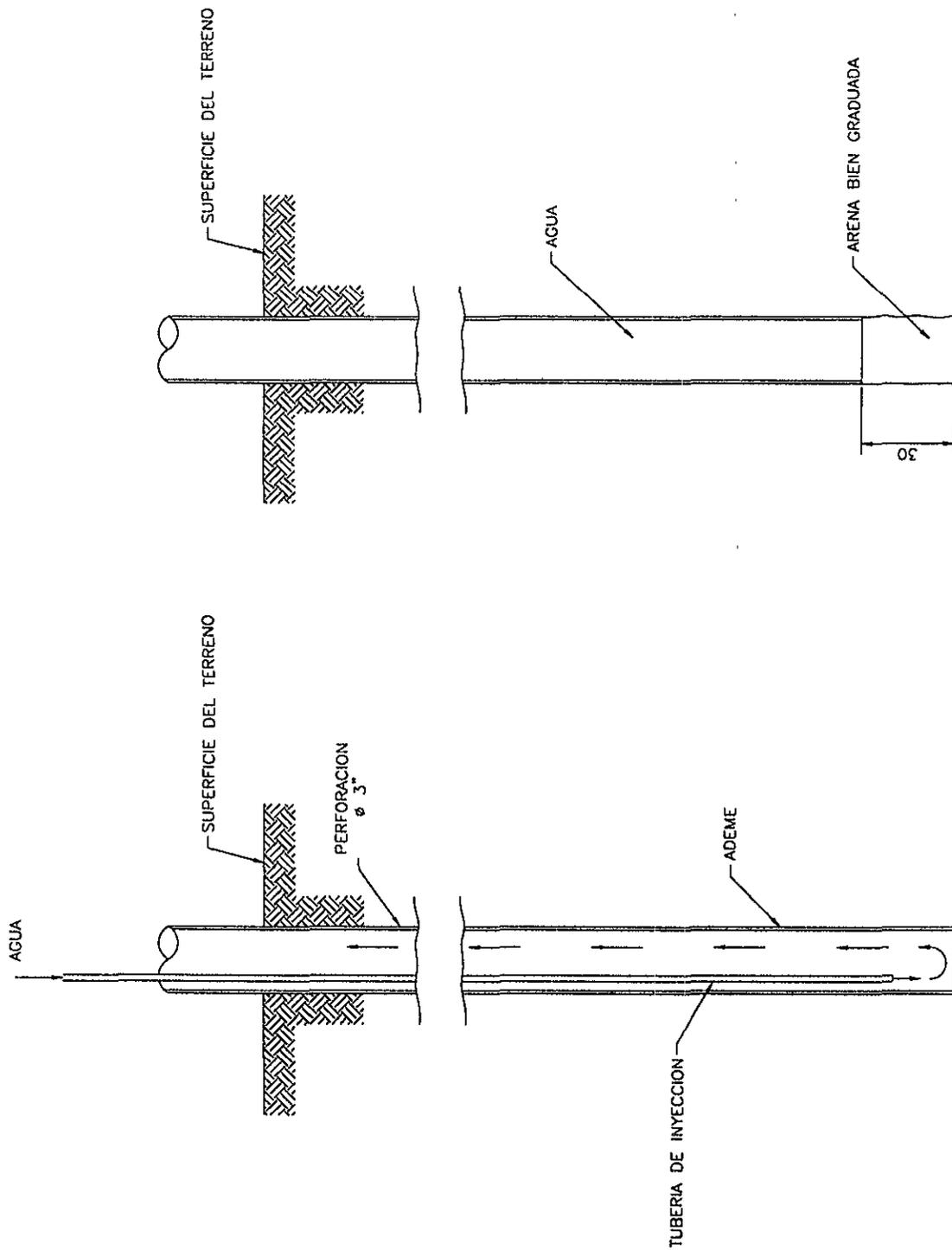
#### D) COLOCACIÓN DEL SELLO

Como se mencionó en el punto anterior, deberá agregarse arena con el objeto de contrarrestar las presiones de expansión del sello de bentonita, el cual deberá tener una consistencia ligeramente por encima de su límite plástico. Para su colocación se forman bolas de aproximadamente 1 cm. de diámetro, las cuales se irán arrojando al pozo, hasta alcanzar un espesor aproximado de 1 metro, formando así una serie de capas. Se recomienda que después de 5 capas se agregue una capa de gravilla para evitar que

en la aplicación del apisonador se adhiera a la bentonita,. ( Ver figura IV.1.2.2)

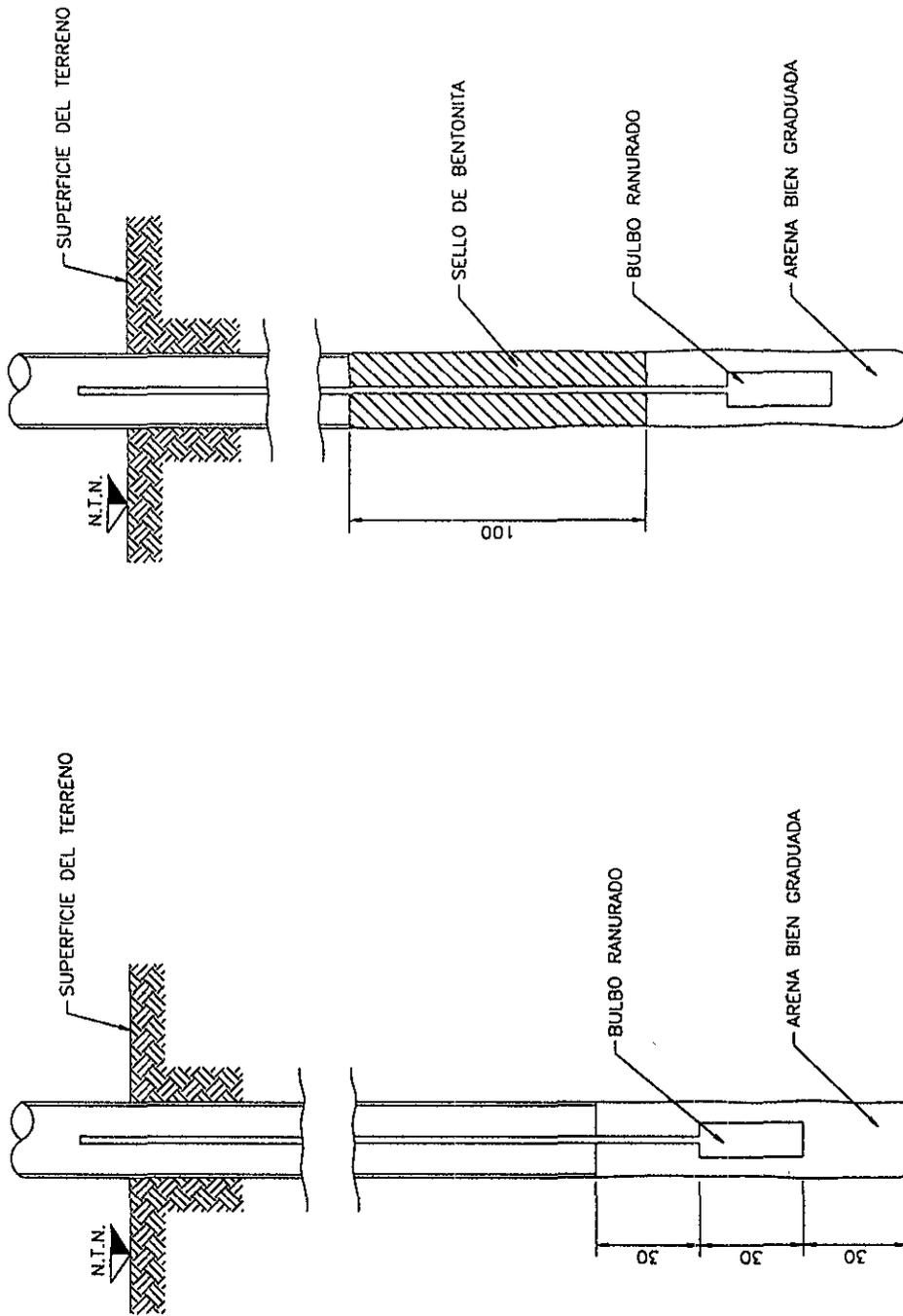
### E) CONDICIÓN FINAL

Previo a terminar la colocación del piezómetro, se agrega una capa de arena o lodo arcilloso por encima del sello de bentonita, en donde dependiendo de las condiciones del lugar este podrá quedar tapado mediante un registro o al aire libre. ( Ver figura IV.1.2.3)



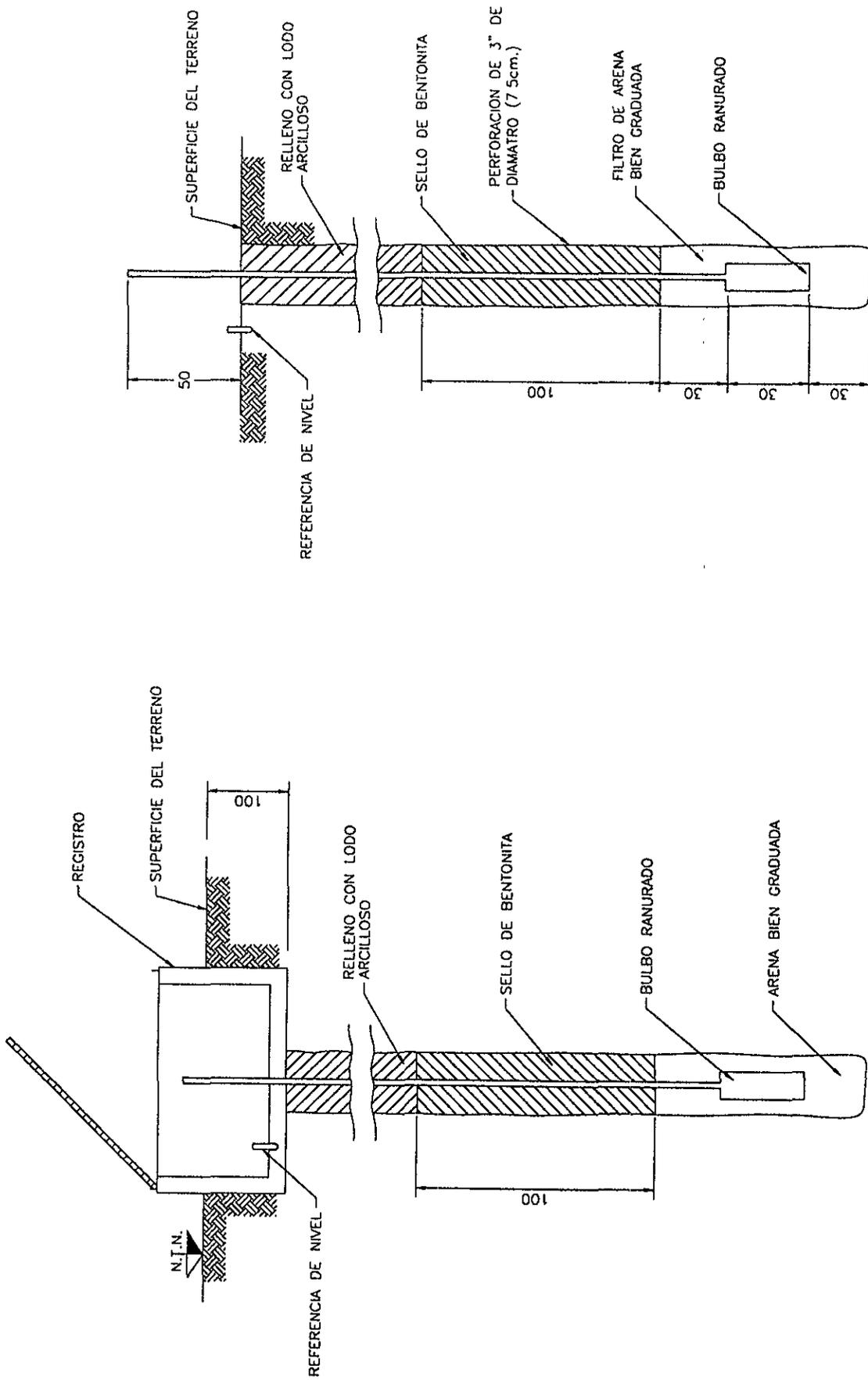
A) LAVADO CON AGUA B) COLOCACION DEL FILTRO

Fig. IV.1.2.1.- INSTALACIÓN DEL PIEZÓMETRO



C) COLOCACION DEL BULBO D) COLOCACION DEL SELLO

Fig. IV.1.2.2.- INSTALACIÓN DEL PIEZÓMETRO



E) CONDICION FINAL  
(ALTERNATIVA "B")

E) CONDICION FINAL  
(ALTERNATIVA "A")

Fig. IV.1.2.3. — INSTALACIÓN DEL PIEZÓMETRO

### IV.1.3.- INCLINÓMETRO.

El uso de este instrumento ha sido uno de los avances mas importantes dentro de los métodos de observación en campo, como son presas de tierra, excavaciones y algunas estructuras de contención.

Este instrumento mide el cambio de pendiente de un ademe casi vertical colocado dentro de un barreno, o durante el proceso de construcción en el caso de terraplenes; sonde permite definir de forma clara y precisa la distribución de movimientos laterales u horizontales al deformarse e inclinarse el tubo, en función tanto de la profundidad medida con respecto a un nivel como del tiempo.

En particular el inclinómetro está formado por un conjunto de cuatro elementos que conforman entre sí todo el instrumento, los cuales son un ademe, una sonda, un cable eléctrico graduado y una unidad de control y lectura.

#### A) ADEME.

Deberá instalarse en una perforación vertical empotrándola al fondo en su extremo inferior, cuidando encontrarse fuera de la

profundidad de influencia de la excavación. Generalmente se compone de una tubería metálica, la cual se une mediante coples para alcanzar la profundidad requerida. Dicha tubería cuenta con ranuras longitudinales perpendiculares entre sí, que sirven de guía a la sonda durante el proceso de medición. (Ver fig. IV.1.3.1).

## B) SONDA.

Consiste en una unidad de medición portátil, la cual puede ser de varios tipos entre los que encontramos principalmente al potenciómetro y deformómetro eléctrico.

El potenciómetro consiste en un péndulo que se encuentra en contacto con una resistencia la cual manda una señal hacia el medidor. En cuanto a sus dimensiones, tiene aproximadamente una longitud de 6 m. y un diámetro de 6 cm.

El deformómetro eléctrico, conocido comercialmente con el nombre de " Strain Gages", de dimensiones similares al potenciómetro, se caracteriza por tener un péndulo cuyo soporte está instrumentado con un arreglo de puente completo.

### C) CABLE ELÉCTRICO GRADUADO.

Es el medio directo que conecta a la sonda con el medidor, con la función de servir como referencia para conocer la profundidad en donde se realicen las mediciones.

### D) UNIDAD DE CONTROL Y LECTURA.

Tiene la función principal de abastecer de energía a la sonda, además de recibir las señales eléctricas y transformarlas en lecturas analógicas para su interpretación.

Es importante señalar, que los inclinómetros deberán instalarse previo a que se inicien las excavaciones en los sitios en donde se requiera tener un control importante de los desplazamientos de la masa de suelo.

La instalación y preparación del pozo en donde se aloje la tubería, es similar a la de los pozos de observación y piezómetros, con la diferencia de que la tubería descansará sobre un sello de bentonita para asegurar un empotramiento del ademe con el subsuelo.

Para la interpretación de los resultados obtenidos, es importante tomar en cuenta algunos factores que puedan influir en la

precisión de las lecturas, tales como los procedimientos de instalación, efectos de temperatura y humedad, además de tener un cuidado especial entre la separación de los puntos de lectura para poder obtener resultados representativos del sitio en estudio.

Todos los instrumentos antes mencionados, conforman una serie de medias para controlar al inmueble, ya que gracias a la diversidad de datos que se obtienen de los mismos, se permite visualizar de manera global el comportamiento que tendrá la edificación antes, durante y posterior al proceso de restauración.

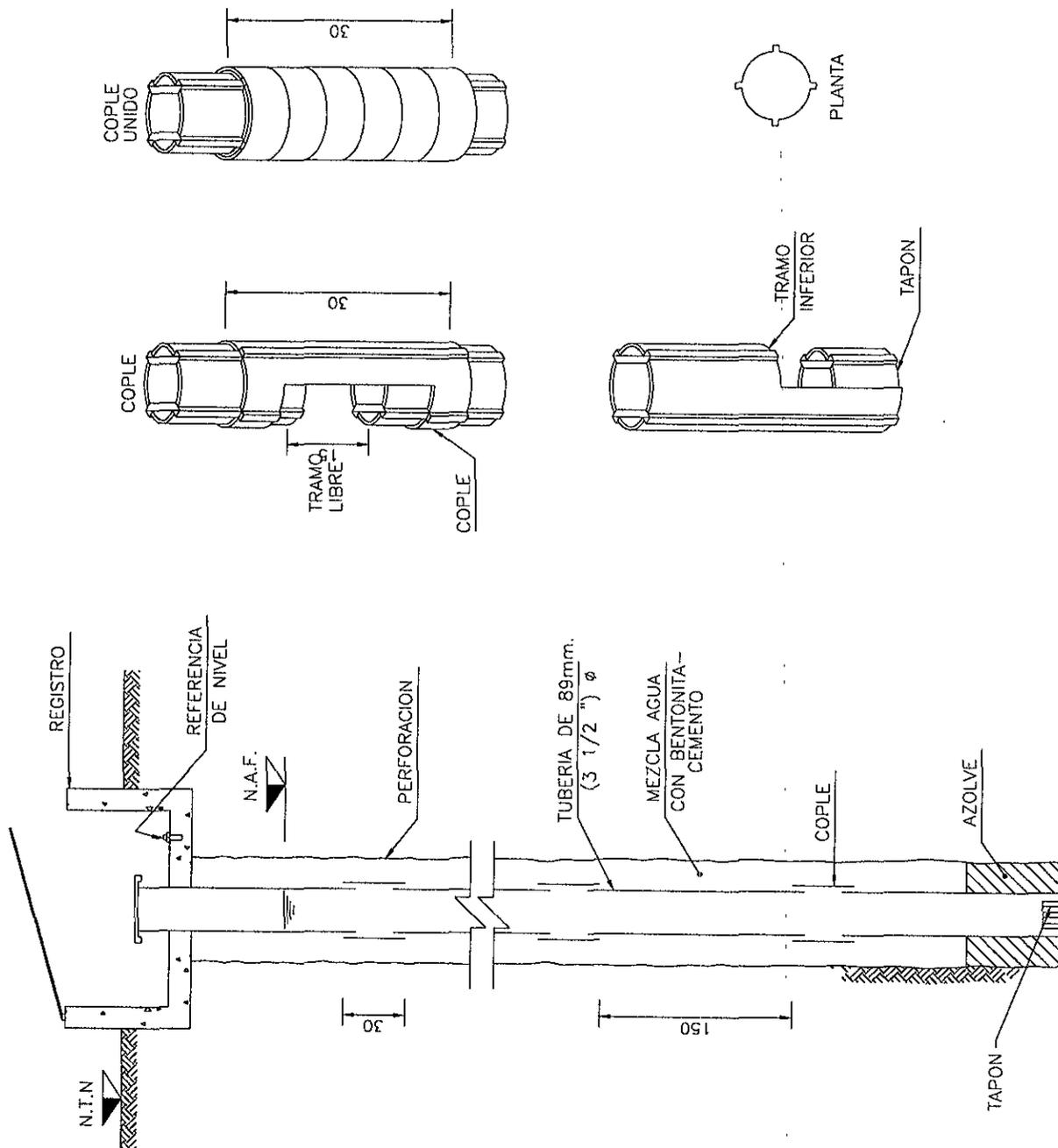


Fig. IV.3.1.- TUBERÍA PARA INCLINÓMETRO

## **IV.2.- INSTRUMENTACIÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES.**

Este tipo de instrumentación, consiste en realizar un registro periódico de los diversos movimientos diferenciales que pudieran presentarse en los elementos estructurales que soportarán las nuevas cargas a las que se someterá al edificio.

Para poder llevar a cabo un registro sobre los elementos estructurales que conforman a la edificación que nos ocupa, se debe prever un extenso monitoreo tanto del movimiento que se presente en cualquier dirección entre las juntas de los principales elementos estructurales, como de las deformaciones interiores que ocurran en los arcos del inmueble.

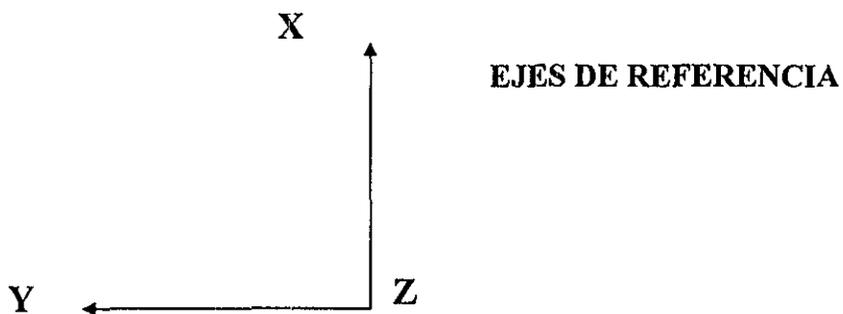
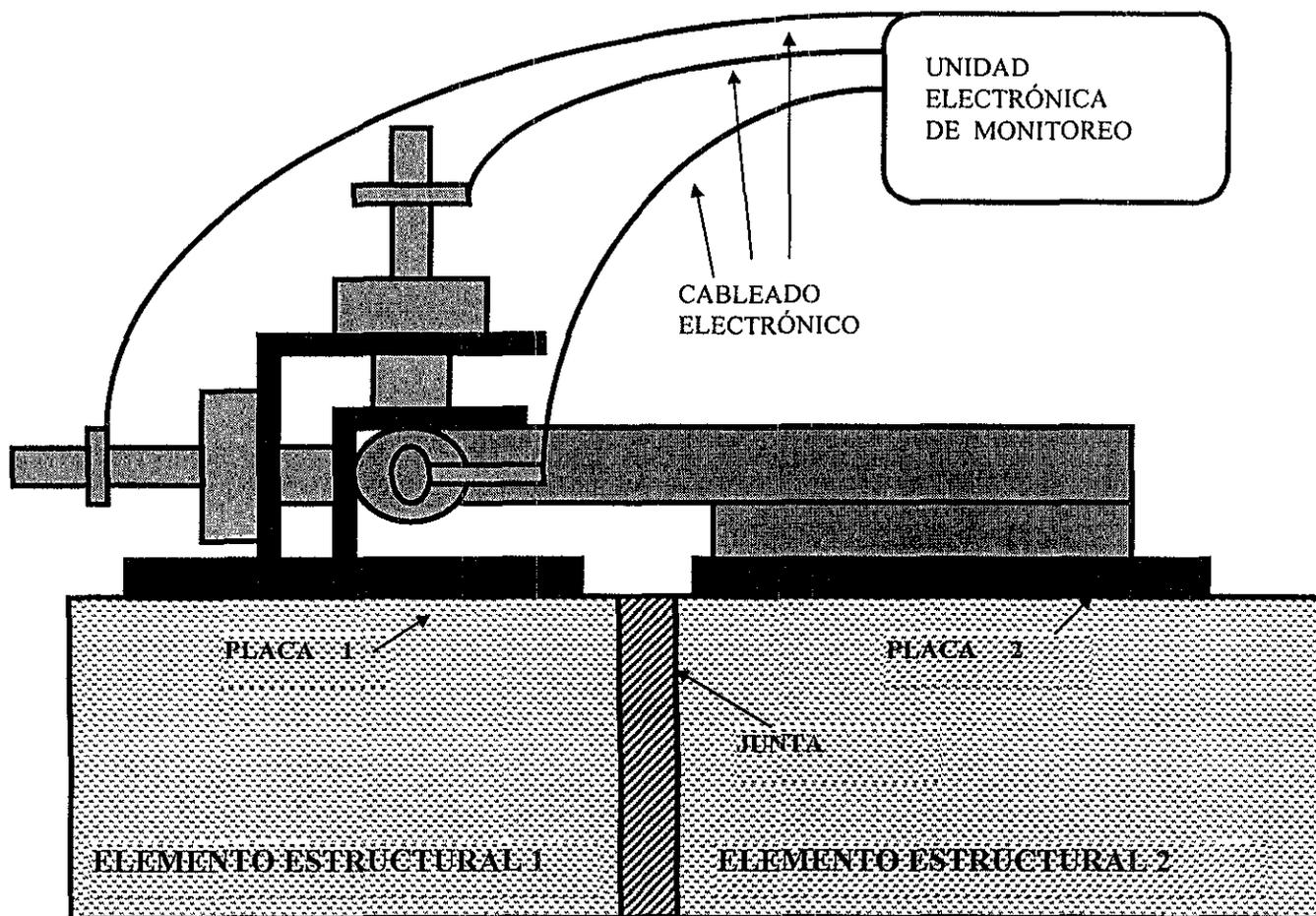
En el caso particular del monitoreo de las deformaciones ocurridas en los principales elementos estructurales de la edificación, recurriremos a la medición de los desplazamientos que existan entre dos elementos, esto es, la variación respecto al tiempo de la distancia entre sus juntas en cualquier dirección. Para lograr dicho monitoreo, propondremos el empleo del “ Juntímetro Triaxial ”, comercialmente conocido como “ Triaxial Jointmeter ”, el cual se basa en el principio fundamental de un testigo superficial, es decir, la medición de desplazamientos entre dos elementos independientes.

### IV.2.1.-JUNTÍMETRO TRIAXIAL.

El Juntímetro Triaxial, es un instrumento fabricado a base de acero templado, el cual está conformado por dos placas abastecidas de un sistema de cilindros que interactúan entre sí. Estos cilindros se encuentran dispuestos triaxialmente, de manera que convergen en un punto en el cual se determinan los desplazamientos paralelos a cada uno de ellos a través de un sistema electrónico que manda la señal a una estación de monitoreo por medio de cables conectados en su extremo libre. (Ver fig. IV.2.1.1)

Cada una de las placas, se dispone en la superficie de los elementos que conforman la junta, lo que nos lleva a determinar los movimientos triaxiales que pudieran presentarse entre ambos.

Figura IV.2.1.1.- Juntímetro Triaxial.



A través de este sistema, podremos determinar los movimientos que se presenten en cualquier dirección entre los elementos estructurales que se elijan.

Es importante comentar, que el efecto de la temperatura no ocasiona ninguna variación en la precisión del instrumento.

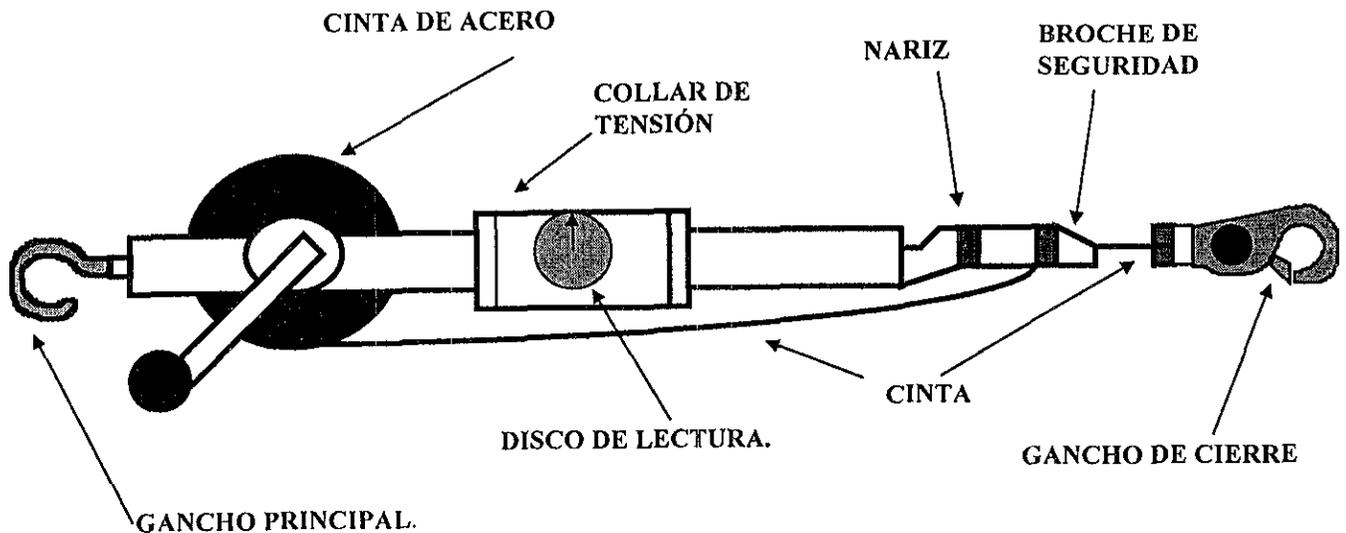
Por otra parte, en cuanto a la instrumentación de los arcos se refiere, es necesario vigilar los movimientos del tipo convergente que estos puedan presentar.

#### **IV.2.2.-EXTENSÓMETRO.**

Para poder tener un completo control sobre los movimientos ocurridos en los arcos y tomar las medidas necesarias para evitar cualquier derrumbe, utilizaremos el principio básico utilizado en los túneles, basado en el monitoreo del cambio de distancia entre dos puntos de referencia.

Para la medición del cambio de distancia entre dos puntos situados en la parte interna de una estructura arqueada, se utiliza un Extensómetro, el cual consiste en un cilindro metálico, provisto en uno de sus extremos por un gancho, además de contener en el interior una cinta graduada que contiene otro gancho en su extremo, con lo que se logra la unión entre las dos referencias fijas. (Ver fig. IV.2.2.1)

Figura IV.2.2.1.- Extensómetro.



Para tener una mayor precisión, este instrumento determina la distancia a través de tres lecturas, las cuales se suman para obtener una distancia total. La primera lectura se obtiene directamente de la cinta, la segunda de un referencia ubicada en el collar de tensión, y la tercera de un disco graduado en mm., lo que nos lleva a obtener medidas con aproximaciones milimétricas.

#### *Ejemplo IV 2.2.2*

*Lectura de la cinta: 2.50 m.*

*Lectura del collar: 18 cm.*

*Lectura del disco: 10 mm.*

*Por lo tanto la lectura total será: 2.69 m.*

Además de tomar la lectura de manera correcta, es necesario tomar en cuenta la temperatura del ambiente, ya que influye directamente en la expansión o contracción de la cinta de acero, lo que origina falta de precisión del instrumento.

Para corregir la medición por efectos de temperatura, es necesario aplicar el siguiente procedimiento:

$$L_t = L_i + \Delta L \quad \dots\dots\dots (IV.2.2.3)$$

donde:

$L_t$ : Longitud total.

$L_i$ : Longitud inicial

$\Delta L$ : Incremento de longitud debido a la corrección por temperatura.

$$\Delta L = L_i \times \alpha \times \Delta T \quad \dots\dots\dots (IV.2.2.4)$$

donde:

$\alpha$ : es el coeficiente térmico de expansión del acero ( $11.6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$ )

$\Delta T$ : temperatura en el momento de la medición.

*Ejemplo IV.2.2.5*

Suponiendo del ejemplo IV.2.2.2, una longitud de 2.69 m, y una temperatura de 20 °C, calcular la longitud total corregida.

Calculamos el  $\Delta L$ , utilizando la fórmula IV.2.2.4:

$$\Delta L = 2.69 \text{ m} \times (11.6 / 1000000) \times 20 = 0.000624 \text{ m}$$

Por lo tanto calculando la  $L_t$ , en base a la fórmula IV.2.2.3:

$$L_t = 2.69 \text{ m} + 0.000624 \text{ m} = 2.690624 \text{ m}$$

Para llevar acabo la medición de los desplazamientos ocurridos en la sección de convergencia, se disponen cinco referencias tal como se muestra en la Fig. IV.2.2.6. Posteriormente se toman cinco lecturas, corrigiéndolas de acuerdo al procedimiento anteriormente citado.

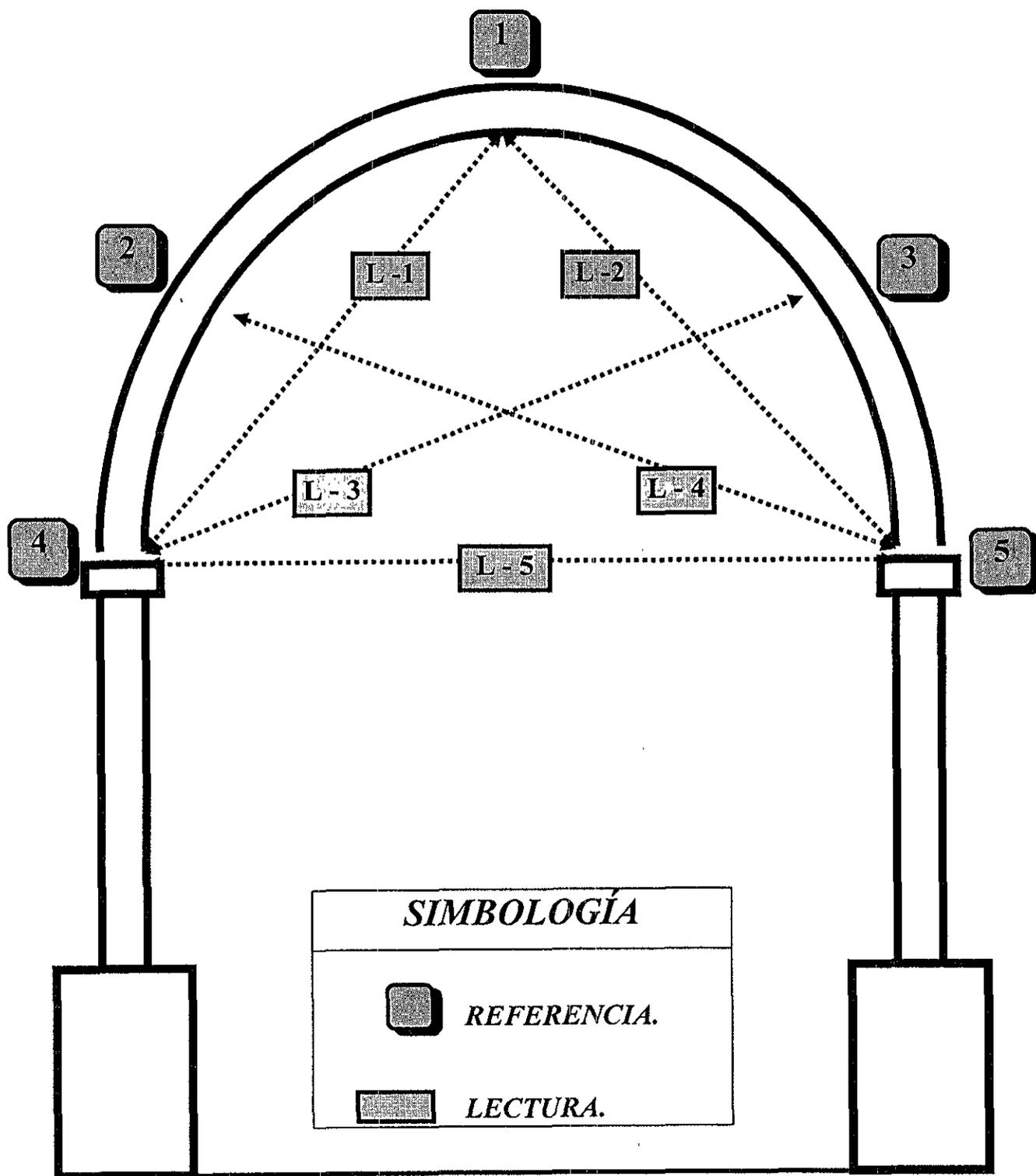
Finalmente, para poder determinar la deformación de la sección de convergencia analizada respecto un tiempo determinado, se ejecutará el mismo procedimiento de manera periódica, del cual se

obtendrán las tendencias aproximadas que presentará dicha sección.

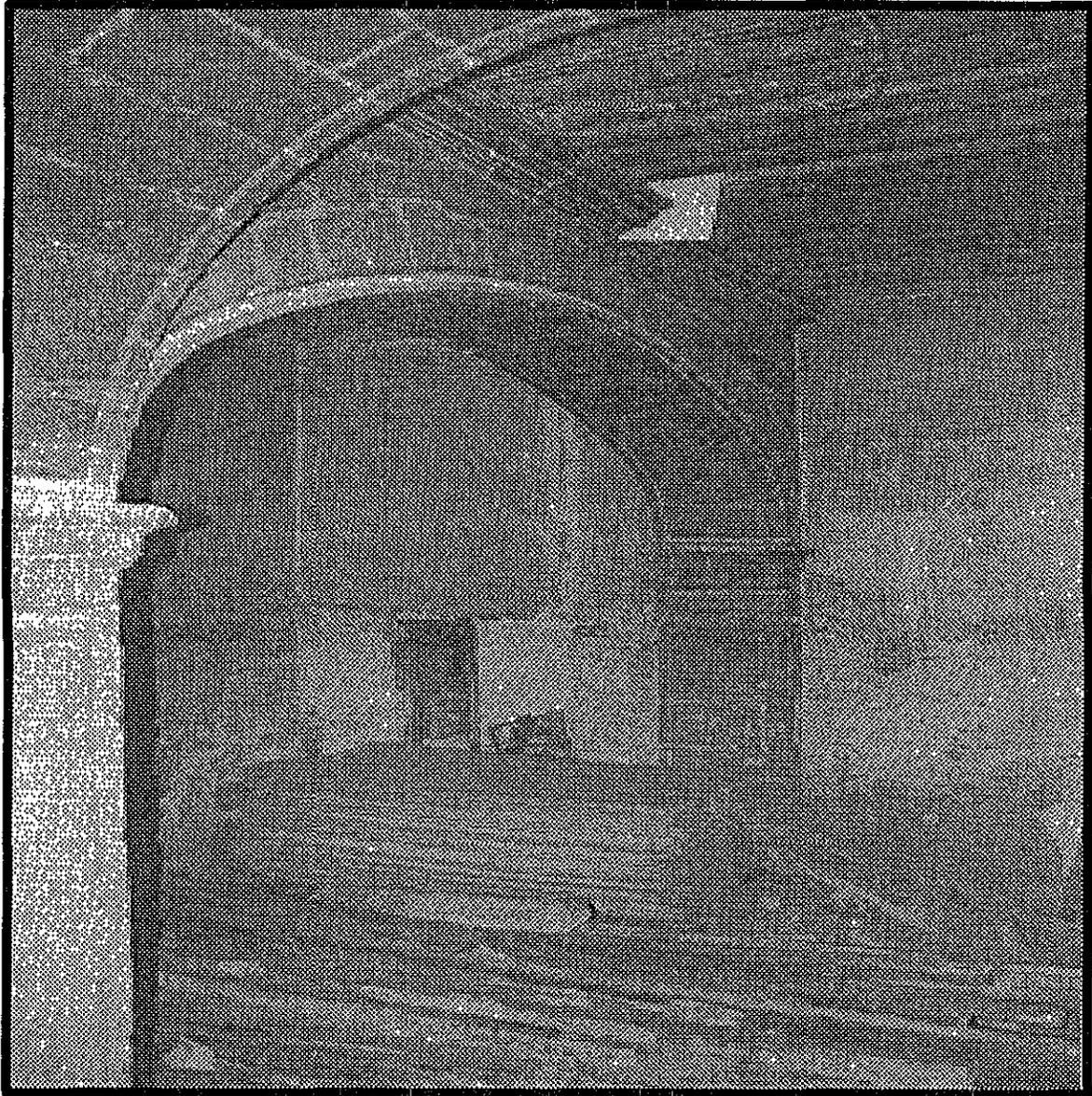
Asimismo, en el caso de que se presentara un sismo, se podrían tomar las lecturas de manera inmediata al evento geológico, determinando el grado de afectación que se tuvo en la estructura analizada.

Considerando el grado de precisión que se puede obtener en este tipo de instrumentación, así como su sencillo procedimiento de instalación, resulta conveniente hacerlo participe en el control del inmueble a lo largo del proceso de restauración, ya que además de registrar el comportamiento estructural de los arcos, permite tomar medidas para su conservación, preservando así, tanto el valor histórico como arquitectónico que guardan.

Figura IV.2.2.6.- Puntos de referencia colocados en la sección de convergencia.



# PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS.



## CAPÍTULO V.

### PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS.

La optimización de los recursos con los que se cuenta en un proyecto o actividad determinada, depende indiscutiblemente de la planeación y programación de los mismos.

Dicha planeación, consiste en reunir y ordenar la información con la que se cuenta, cuantificando los recursos dentro de un marco de referencia y definiendo los objetivos y metas a alcanzar para tomar una decisión.

De acuerdo al Instituto Panamericano de Planeación Económica y Social, el planear significa: “Optimizar las relaciones entre medios y fines, sugiriendo formas alternativas para lograr mas rápidamente y con menor costo los objetivos perseguidos”, mientras que el programar, se refiere a una herramienta que permita visualizar y controlar el conjunto de elementos o actividades que intervienen para la realización de dicho objetivo y finalmente tomar una decisión concreta dentro de un tiempo definido.

## V.I.- FUNDAMENTOS GENERALES DE LA PROGRAMACIÓN.

La programación, como ya se mencionó, pretende establecer una secuencia de actividades referida a un marco de tiempo, para lo cual se deberá seguir una metodología que proporcione un orden lógico y óptimo del uso de los recursos tanto materiales como humanos con los que se cuente.

La metodología que ofrece una visualización global del panorama de acción, es la de la *Ruta Crítica*, la cual se define como la ruta secuencial que siguen las actividades rectoras e imprescindibles para el cumplimiento del objetivo deseado, es decir que las actividades subsecuentes se encuentran supeditadas al término de estas.

Para lograr establecer una ruta crítica es necesario de acuerdo al planteamiento realizado por el Ing. Luis Armando Díaz Infante, en su libro “ Curso de Edificación ”, establecer el siguiente procedimiento:

- 1.- Seleccionar las actividades rectoras del proceso constructivo.
- 2.- Determinar para cada actividad, cuales son precedentes y cuál o cuales seguirán a su terminación, por lo que se

recomienda utilizar una matriz de precedencias que indique dichas relaciones.

3.- Elaborar un diagrama de flujo que esquematice la precedencia de las actividades, respetando la interrelación entre ellas.

4.- Determinar el tiempo de duración de cada actividad en función del rendimiento por cuadrilla y la cantidad del concepto a ejecutar.

*Por ejemplo:*

*Si se requiere saber cuanto tiempo durará un actividad referente a la construcción de 100 m<sup>2</sup> de muro de tabique, y se tiene un rendimiento de 7 m<sup>2</sup>/jor/cuadrilla; suponiendo una sola cuadrilla, se tiene que:*

$$100 \text{ m}^2 / 7 \text{ m}^2/\text{jor} = 14,28 \text{ jor. (aprox 15 días.)}$$

5.- Obtener las fechas de inicio y de terminación por actividad, y de todo el proceso.

6.- Acumular los días en las distintas secuencias del diagrama hasta llegar al término del proceso constructivo, y determinar

la línea del diagrama que involucre el mayor tiempo de ejecución, la cual definirá a la ruta crítica de dicho proceso.

7.- En el caso de que el tiempo máximo de ejecución rebase el tiempo comprometido, será necesario reducir la duración de las actividades que conforman la ruta crítica de la siguiente forma:

En primer término, se toman las actividades que tengan la posibilidad de reducirlas, contemplando el incremento de costo que representará el aumentar los recursos que involucre dicha actividad, posteriormente se divide el incremento en costo que se tendrá al reducir la actividad entre los días que se reduce, lo que indicará el incremento neto por día reducido.

A continuación se comprimen las actividades que reflejen el menor valor, ya que con esto se asegura que el incremento del costo de la obra sea el óptimo.

Se verifica que la ruta crítica no haya cambiado, es decir que las actividades rectoras o críticas no dejen de serlo.

En el caso de que el tiempo obtenido continúe siendo mayor al deseado se siguen haciendo reducciones hasta obtener el resultado esperado.

Toda vez obtenida la congruencia entre el tiempo calculado y el deseado, se procederá a determinar las holguras que se tienen para cada una de las actividades de las demás líneas del diagrama.

Las holguras sirven como margen de seguridad para posibles o inevitables retrasos, pero también pueden usarse y consumirse intencionalmente en forma calculada para balancear o equilibrar el empleo de diversos recursos.

Finalmente se dibujan en un diagrama de barras conocido como "Diagrama de Gantt", todas las actividades de principio a fin con sus correspondientes holguras, refiriéndolas a un calendario que se ubique en la parte superior de la tabla, obteniendo así el programa óptimo de los trabajos a ejecutar.

De esta manera se puede visualizar la secuencia que llevará el proceso constructivo, controlando

minuciosamente la ejecución de cada una de las actividades que lo conforman.

Por otro lado, con este tipo de programación, se puede prever la asignación de recursos a los diferentes frentes de trabajo en cada una de sus etapas, logrando así optimizar todos y cada uno de los factores que integran el objetivo del proyecto.

## **V.2.- PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS DE RESTAURACIÓN.**

Para el caso específico del proyecto que nos ocupa, es necesario tomar en cuenta para la programación de los trabajos, el tipo de obra que involucra, la restauración gradual de un inmueble catalogado, el cual fue construido a finales del año de 1700, lo que conlleva a atender ciertas normas y lineamientos impuestos por el Instituto de Antropología e Historia (INAH).

Por lo anteriormente expuesto, es necesario involucrar en el programa de la obra que se determine, a partir de la teoría de programación antes descrita, el tiempo que demande el INAH en la intervención del rescate arqueológico del inmueble, el cual se centra principalmente en la etapa de demoliciones, ya que el valor histórico del citado edificio, se encuentra sumergido en las

intervenciones arquitectónicas que ha sufrido dicho inmueble en el transcurso del tiempo.

Tomando como premisa, la necesidad de determinar un programa factible de ejecutar, contemplaremos las principales actividades que conforman los procesos constructivos para la ejecución de los trabajos, determinando una vez concluido dicho programa, el grado de afectación que se tendrá en la programación, al incluir las desviaciones que se presentarán por las intervenciones de dicho Instituto.

Las principales actividades requeridas para llevar a cabo la restauración del inmueble, se pueden resumir en los siguientes conceptos:

**a.-** Suministro y colocación de tapiales de madera a una altura máxima de 2.4 mts., y andamiaje a base de perfil tubular.

**b.-** Desmonte manual de puertas, ventanas e instalaciones existentes, sin recuperación.

**c.-** Demolición de elementos estructurales existentes, así como muros divisorios de mampostería, por medios manuales.

- d.- Excavación por medios manuales, de cepa en patio central a una profundidad máxima de 1.00 mt.
- e.- Afine del fondo de la excavación por medios manuales, en un máximo de 3 cms.
- f.- Suministro y colocación de sistema de piso a base de vigueta y bovedilla, incluye colado de capa de compresión con concreto.
- g.- Suministro y colocación de sistema de piso a base de perfiles “ IR ” y lámina romsa, incluye colado de capa de compresión con concreto.
- h.- Construcción de muros de mampostería a base de piedra brasa y tezontle, pegada con mortero cemento – arena.
- i.- Reparación de muros de mampostería a base de inyección de resinas en grietas existentes.
- j.- Sustitución de piezas dañadas de cantera en marcos y arcos, sujeta a base de alambre de latón y colada con mortero aligerado.

**k.-** Suministro y aplicación de pintura vinílica sobre muros aplanados .

**l.-** Suministro y colocación de loseta cerámica de 30 x 30 cms. asentada con pasta, incluye junteo de 3 mm.

**m.-** Suministro y colocación de duela de madera en pisos, incluyendo el suministro de los bienes que se requieran para su realización.

**n.-** Suministro e instalación de equipos de medición en el subsuelo.

**ñ.-** Suministro e instalación de equipos de medición en estructura.

**o.-** Visita para tomar lecturas en equipos de medición, tanto en subsuelo como en estructura.

**p.-** Suministro y colocación de puertas de aluminio anodizado.

q.- Suministro y colocación de puertas y ventanas de madera, incluyendo el suministro de los bienes que se requieran para su realización.

r.- Suministro y colocación de lambrines de madera, incluyendo el suministro de los bienes que se requieran para su realización.

s.- Suministro y colocación de salidas hidráulicas y sanitarias en núcleos de baños y áreas de servicio.

t.- Suministro y colocación de bajadas de aguas negras y pluviales, en áreas de núcleos de baños y áreas de servicio.

u.- Suministro y colocación de muebles sanitarios, tales como lavabos, mingitorios y W.C.

v.- Instalación y puesta en marcha de sistema de bombeo hidroneumático para alimentación de agua a los núcleos sanitarios.

w.- Suministro e instalación eléctrica en toda el área del inmueble, incluye, salidas, contactos, tableros, apagadores y centros de distribución.

x.- Instalación y puesta en marcha de equipos de aire acondicionado, tales como manejadoras de aire, ductería y soporetría.

y.- Limpieza final de las obras.

Toda vez seleccionadas las actividades que intervienen en los procesos constructivos, y recurriendo a la teoría de programación, se realizará la tabla de precedencias que relacione y de una secuencia ordenada a las actividades antes mencionadas.

TABLA DE PRECEDENCIAS DE ACTIVIDADES.

ACTIVIDAD	PRECEDENCIA A:
a	termina
b	termina
c	d,f,g,h,j,i
d	e
e	l
f	m,s,w,x
g	m,s,w,x
h	k,p,q,r,s,w,x
i	k,p,q,r,s,w,x
j	termina

k	y
l	y
m	y
n	o
ñ	o
o	termina
p	y
q	y
r	y
s	t,u
t	v
u	v
v	y
w	y
x	y
y	termina

Una vez determinadas las precedencias de las actividades mencionadas, se elabora el diagrama de flechas, en el cual se puede visualizar la secuencia de las actividades. (Ver diagrama V.2.1 )

Posteriormente se obtienen las unidades de tiempo en días, las cuales indican el tiempo que demandará cada una de las actividades, para lo cual, se determinan las cantidades a ejecutar por actividad, así como el rendimiento para cada una de ellas. (*Ver tabla V.2.2*)

Las unidades de tiempo calculadas en la tabla V.2.2., se aplican al diagrama de flechas para obtener la Ruta Crítica de la obra. (*Ver diagrama V.2.3*).

Una vez obtenida la Ruta Crítica, se obtiene la tabla de holguras de tiempo para las actividades mencionadas. (*Ver tabla V.2.4*).

De la tabla anterior se obtiene el diagrama de barras o “Diagrama de Gantt”, en el cual se muestran tanto la duración de las actividades en ruta crítica, como las actividades que presentan holguras de tiempo para su ejecución. (*Ver diagrama V.2.5*).

Como ya se mencionó con anterioridad, una vez determinado el programa de actividades a utilizarse en la ejecución de la obra, obtendremos la afectación que conlleva el incluir en los tiempos de ejecución, la intervención por parte del INAH en la reestauración del inmueble.

Para determinar dicha afectación, se propone una intervención constante del INAH en la etapa de demoliciones y excavaciones, ya que el principal interés por parte de dicho Instituto, es rescatar piezas de gran valor histórico, que se encuentran ocultas en las entrañas mismas de la arquitectura de diferentes épocas de las que ha sido testigo este monumento histórico.

El tiempo de intervención estará basado en estadísticas producto tanto del área que se pretende rescatar, como de la época a la que pertenece el inmueble, por lo que se proponen 6 intervenciones para la etapa de demoliciones, y 4 para la de excavaciones, con una duración para cada una, de 30 días.

Tomando como referencia la programación calculada, así como los tiempos antes mencionados, tendremos un desplazamiento en la terminación de las demoliciones de 180 días , así como de 120 días en las excavaciones.

Analizando tanto los diagramas, como las tablas anexas a este capítulo, encontramos que al incluir los tiempos que demandan dichas intervenciones, se registra un incremento en la duración de las actividades afectadas, no con esto ocasionando una desviación de la ruta crítica, ya que ésta se mantiene estable debido a que las actividades que la conforman prevalecen en tiempo respecto de las demás.

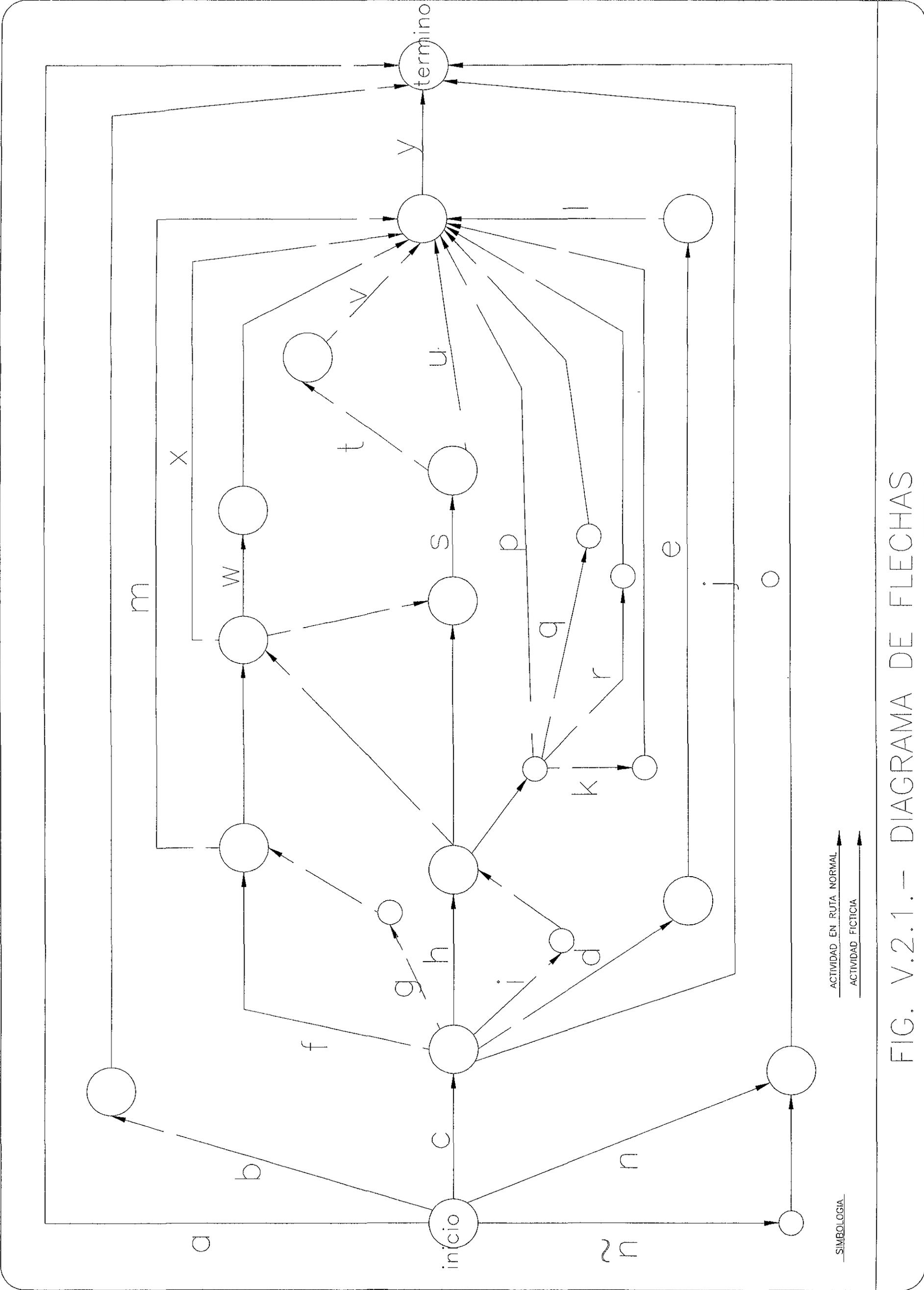


FIG. V.2.1.- DIAGRAMA DE FLECHAS

Tabla V.2.2. ANALISIS DE UNIDADES DE TIEMPO.

ACTIVIDAD	CONCEPTO	UNIDAD	RENDIMIENTO* (TURNO/UN)	CUADRILLAS UTILIZADAS	CANTIDAD CATALOGO**	TURNO (B-HRS)	HORAS	U.T. DIAS DE 7 HRS.
a	Tapietes y andamiaje.	m2	0.02000	10	520	10	83	12
b	Desmontes	m2	0.00600	10	13000	78	624	89
c	Demoliciones	m3	0.02000	20	4434	89	709	101
d	Excavaciones	m3	0.04000	5	1850	74	592	85
e	Afines	m2	0.01000	3	1850	19	148	21
f	Sistemas de piso a base de vigueta y bovedilla	m2	0.01000	5	5500	55	440	63
g	Sistemas de piso a base de perfiles "IR" y lamina romsa	m2	0.03160	5	5500	174	1,390	199
h	Construcción de muros de mampostería	m3	0.10680	5	2000	214	1,709	244
i	Reparación de muros de mampostería	m3	0.04166	3	1200	50	400	57
j	Cambio de piezas dañadas de cantera	pza	0.11110	2	900	100	800	114
k	Pintura vinílica	m2	0.00800	5	6400	51	410	59
l	Loseta cerámica	m2	0.08925	2	920	82	657	94
m	Duela de madera en pisos	m2	0.01888	9	8300	157	1,254	179
n	Equipos de medición en el subsuelo	pza	1.00000	1	10	10	80	11
ñ	Equipos de medición en estructura	pza	1.00000	1	20	20	160	23
o	Visita para tomar lecturas en equipos de medición	visita	1.00000	1	75	75	600	86
p	Puertas de Aluminio	pza	1.00000	1	25	25	200	29
q	Puertas y ventanas de madera	pza	0.73380	10	250	183	1,468	210
r	Lambrines de madera	m2	0.33030	6	350	116	925	132
s	Salidas hidráulicas y sanitarias	sal	0.15000	4	324	49	389	56
t	Bajadas de aguas negras y pluviales	ml	0.10000	3	348	35	278	40
u	Muebles sanitarios	lote	0.63330	3	42	27	213	30
v	Sistema de bombeo hidroneumático	sistema	38.70000	1	1	39	310	44
w	Instalación eléctrica	sal	0.04160	6	2500	104	832	119
x	Instalación de aire acondicionado	m2	0.01500	2	11085	177	1,419	203
y	Limpieza	m2	0.00071	20	11085	8	63	9

\* Los rendimientos utilizados para este análisis, provienen de los rendimientos contemplados en los precios unitarios incluidos en el capítulo de costos.

\*\* Las cantidades descritas, fueron calculadas por los ponentes de esta Tesis Profesional, en base a cuantificaciones aproximadas, las cuales fueron determinadas de acuerdo a observaciones realizadas en visitas al inmueble.

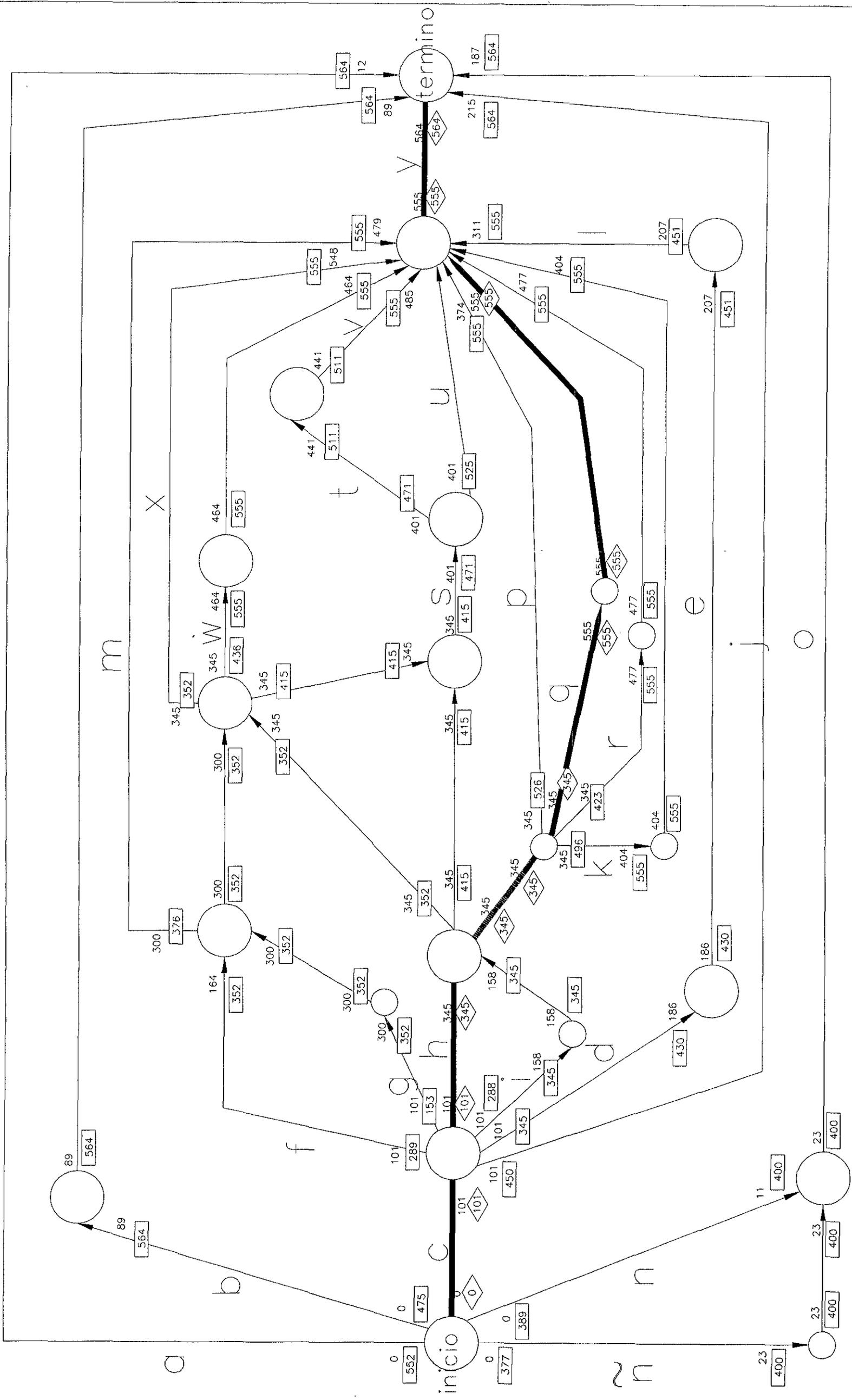
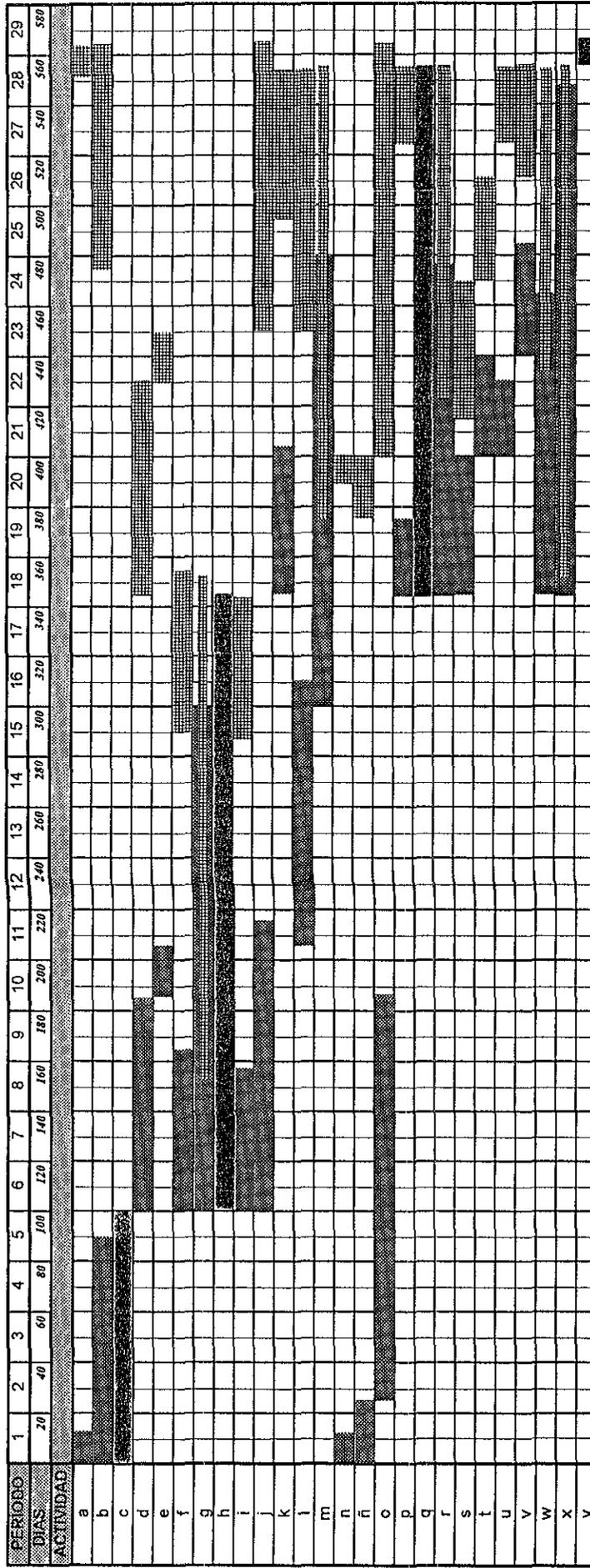


FIG. V.2.3.- RUTA CRITICA

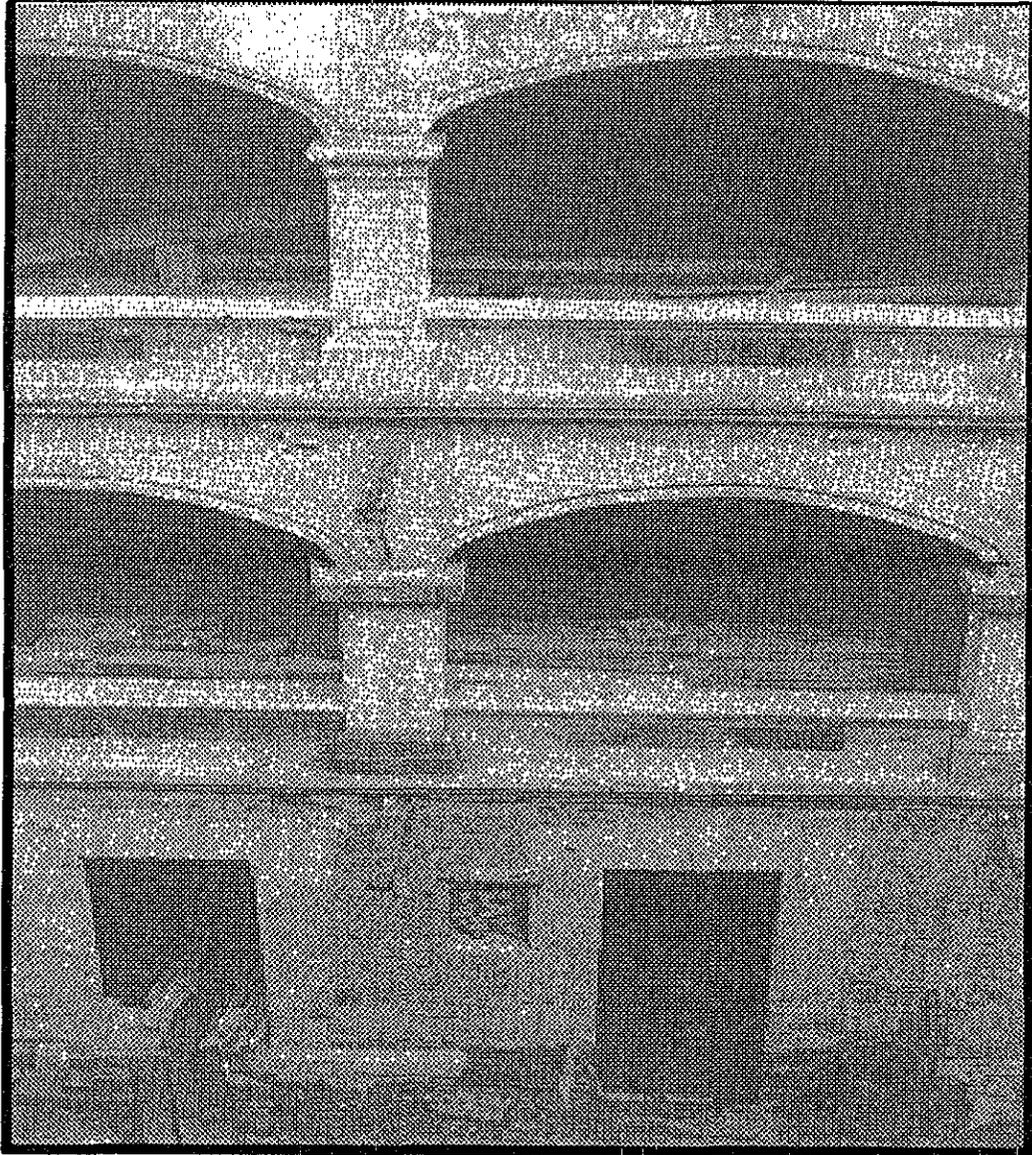
Tabla V.2.4. INICIOS Y TERMINACIONES REMOTAS Y PRÓXIMAS.

ACTIVIDAD	INICIO PRÓXIMO	TERMINACIÓN PRÓXIMA	INICIO REMOTO	TERMINACIÓN REMOTA	HOLGURA TOTAL
a	0	12	552	564	552
b	0	89	475	564	475
c	0	101	0	101	0
d	101	186	345	430	244
e	186	207	430	451	244
f	101	164	289	352	188
g	101	300	153	352	52
h	101	345	101	345	0
i	101	158	288	345	187
j	101	215	450	564	349
k	345	404	496	555	151
l	207	311	451	555	244
m	300	479	376	555	76
n	0	11	389	400	389
ñ	0	23	377	400	377
o	23	187	400	564	377
p	345	374	526	555	181
q	345	555	345	555	0
r	345	477	423	555	78
s	345	401	415	471	70
t	401	441	471	511	70
u	401	431	525	555	124
v	441	485	511	555	70
w	345	464	436	555	91
x	345	548	352	555	7
y	555	564	555	564	0

### V.2.5. DIAGRAMA DE GANTT



# COSTO DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN.



## CAPÍTULO VI.

### **COSTO DE LAS OBRAS DE RESTAURACIÓN.**

Para poder ejecutar una obra en el menor tiempo, con los costos más bajos, es necesario realizar una planeación minuciosa de todos los conceptos que constituyen una obra antes de que ésta de inicio, para lo cual, es importante contemplar todos los recursos que son indispensables para realizar y ejecutar apropiadamente el proyecto, y así poder determinar con ayuda del programa de obra, previamente elaborado, los procedimientos constructivos necesarios para su correcta ejecución.

Asimismo, es necesario mantener un control de los costos de la obra, el cual se logra a través de una correcta cuantificación de los volúmenes a ejecutar, conjuntando la elaboración de los precios unitarios que soporten el importe que resulta para cada concepto.

Para la elaboración de los precios unitarios, es de vital importancia conocer las especificaciones del proyecto en su totalidad, ya que de estas, dependerá la integración de dicho precio.

Para lograr un mayor entendimiento sobre la teoría general para la obtención de los costos en la construcción de cualquier obra, definiremos los principales conceptos:

**Un concepto de Trabajo**, es aquel conjunto de operaciones manuales y mecánicas que el contratista realiza durante la ejecución de la obra, de acuerdo a planos y especificaciones, los cuales se dividen convencionalmente con la finalidad principal de medición y pago, en donde debe de incluirse el suministro de los materiales correspondientes según sean las necesidades.

**Unidad de obra**, es la medición que se señala en las especificaciones, para poder cuantificar el concepto de trabajo.

**Las especificaciones**, son la parte más importante en un proyecto ya que en ellas se plasman los requerimientos para definir con precisión y claridad el alcance de un trabajo. Generalmente constan de una descripción detallada del concepto, así como de una determinada calidad para los materiales requeridos, además de señalar el alcance de la ejecución del concepto, es decir una medición así como

cargos adicionales que pueden generarse para determinar su precio unitario.

**Precio Unitario**, como la remuneración o pago en moneda que el contratante cubre al contratista por unidad de obra y por concepto de trabajo que ejecute, de acuerdo a las especificaciones marcadas por el proyecto.

Así mismo, un precio unitario se compone de la suma de los costos directos, los costos indirectos, el financiamiento y la utilidad.

**Costos directos**, como su nombre lo indica, son erogaciones efectuadas exclusivamente en la realización de un concepto de trabajo.

**Costos indirectos**, se consideran como los gastos generales y necesarios para la construcción de una obra.

**El financiamiento**, es el capital necesario que aporta el contratista, en el momento en que la inversión no puede soportar los gastos en un período de tiempo determinado durante la ejecución de la obra.

**La Utilidad** es la ganancia que debe considerar cada empresa contratista, como resultado a sus esfuerzos técnicos,

administrativos y económicos para cumplir con la realización de un proyecto.

## VI.1.- PANORAMA GENERAL DE LA TEORÍA DE COSTOS EN CONSTRUCCIÓN

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, a continuación se muestra el desglose de la estructura de los conceptos que en su conjunto, forman un precio unitario:

### A) Costo Directo:

- 1.- Materiales.
- 2.- Mano de obra.
- 3.- Maquinaria y Equipo.

### B) Costo Indirecto:

- 1.- Administración en obra.
- 2.- Administración central.

### C) Financiamiento.

### D) Utilidad.

### A) Costo Directo.

En materia de precios unitarios, entendemos por costo directo, la suma que se obtiene de los materiales, mano de obra y maquinaria y/o equipo, que se utilizarán para la realización de un concepto de trabajo.

#### 1.- *Materiales.*

Deberán estar compuestos en función del catálogo de conceptos, en donde se deberá especificar ampliamente con lujo de detalles, la calidad y el tipo de material que se requiere durante la ejecución de la obra. El precio de adquisición de cada material, generalmente depende del monto total requerido, así como los costos de transportación al lugar de la obra, según se especifique en el concepto, así como el desperdicio y el tipo de acarreo que se requiera para colocarlo en obra, ya que estos pueden ser verticales, mediante el uso de malacates, u horizontales, con el uso de carretillas.

#### 2.- *Mano de Obra.*

La mano de obra es un costo que esta integrado por varios factores, dependiendo de la zona en donde se realice el trabajo, así como también del tipo de trabajo y de la

El *salario* es la retribución que se hace a un trabajador por un trabajo realizado. Este, se divide en salario base y salario real, en donde el primero se obtiene a partir del grado del trabajador, mientras que el *salario real* se compone a partir de tomar en cuenta, además del salario base, la obligatoriedad de las prestaciones sociales del empresario de acuerdo a lo que se señala tanto en la Ley del Seguro Social como en la Ley Federal del Trabajo.

Dicha obligatoriedad, contempla diversos rubros, tales como: prestaciones, pago de impuestos, guarderías, Seguro Social, e INFONAVIT.

A continuación se muestra un ejemplo para la obtención de el factor que integra el grado de afectación que tendrá el salario base de acuerdo a lo estipulado en las Leyes antes mencionadas:

**ANÁLISIS DEL FACTOR DE SALARIO REAL**

A )Para salarios iguales al mínimo, y mayores al mínimo y hasta 10 veces, tenemos que:

**DIAS PAGADOS AL AÑO**

Mes Calendario	365.25
Aguinaldo	15
Prima vacacional	1.5
Total días pagados al año	381.75

**DIAS NO LABORADOS AL AÑO**

Séptimo día	52.18
Vacaciones	6
Festivos oficiales	7.17
Días no laborados costumbre	1
Otras causas	1
Total de días no laborados	67.35

**DIAS EFECTIVOS TRABAJADOS AL AÑO**

Días calendario	365.25
Días no laborados	67.35
Días efectivos trabajados	297.90

**FACTOR DE SALARIO BASE**

*Días pagados al año entre días efectivos trabajados al año:*

$$381.75 / 297.90 = 1.2815$$

*Obligatoriedad de las prestaciones sociales del empresario al  
IMSS.*

<i>Seguros de riesgo de trabajo</i>	<i>Patrón</i>	<i>Trabajador</i>
<i>Enfermedad y maternidad Art. 106</i>	5.56 %	0 %
<i>Enfermedad y maternidad Art. 107</i>	0.70 %	0.25 %
<i>Artículo 12 fracc. IV. Del Reglamento.</i>	1.05 %	0.3750 %
<i>Invalidez y vida, Art. 147</i>	1.75 %	0.625 %
<i>Retiro, Art. 168</i>	2 %	0 %
<i>Cesantía en edad avanzada y vejez, Art. 188</i>	3.15 %	1.125 %
<i>Riesgo de trabajo, Art. 73</i>	7.58 %	0 %
<i>Guarderías y prestaciones sociales</i>	1 %	0 %
<b>SUMA</b>	<b>22.7980 %</b>	<b>2.3750 %</b>

**Para las prestaciones sociales del IMSS tenemos:**

<i>Para salarios mayores al mínimo y hasta 10 veces</i>	$22.79 \% \times 1.2815 = 0.2921\%$
<i>Para salario mínimo</i>	$(22.79 \% + 2.375 \%) \times 1.2815 \%$ $= 0.3226 \%$

**Para guarderías del IMSS tenemos:**

<i>Para salarios mayores al mínimo y hasta 10 veces</i>	$0.01 \times 1.2815 = 0.0128 \%$
<i>Para salario mínimo</i>	$0.01 \times 1.2815 = 0.0128 \%$

**Por lo tanto, la suma de obligatoriedad de prestaciones del IMSS será:**

<i>Para salarios mayores al mínimo y hasta 10 veces</i>	$0.2921 + 0.0128 = 0.3050 \%$
<i>Para salario mínimo</i>	$0.3226 + 0.0128 = 0.3354 \%$

**FINALMENTE, PARA INTEGRAR EL FACTOR DE SALARIO REAL SE TIENE QUE:**

<i>Para salarios mayores al mínimo y hasta 10 veces</i>	$1.2815 + 0.3050 = 1.5865$
<i>Para salario mínimo</i>	$1.2815 + 0.3354 = 1.6169$

### 3.- *Maquinaria y Equipo.*

Son también junto con los materiales y la mano de obra conceptos de trabajo , debido a que generan un gasto o una inversión para el contratista que se encuentre a cargo de los trabajos correspondientes en una obra en donde sea necesario la utilización de equipo, y herramientas.

Los gastos que se generan a partir del equipo, se pueden desglosar en lo que se conoce como un *costo horario* de la maquinaria, que a su vez se compone de cargos fijos, cargos de consumo y cargos de operación.

Los **CARGOS FIJOS** son aquellos que se generan en la adquisición de un equipo y son:

#### 1. Depreciación

Este concepto se obtiene mediante el valor de adquisición con el que se compra el equipo, en el cual, en caso de tener

neumáticos, no deberán éstos de tomarse en cuenta, debido a que corresponden a los cargos de consumo; un valor de rescate, el cual es el valor que tiene el equipo al final de su vida económica, es decir el tiempo que el equipo proporciona un servicio adecuado y útil durante su uso. De otra forma se expresa con la siguiente fórmula :

$$D = (Va - Vr) / Ve$$

en donde :

*D* = Depreciación.

*Va* = Valor de adquisición.

*Vr* = Valor de rescate.

*Ve* = Vida económica.

## 2. Seguro.

El seguro es un cargo fijo, que depende de la prima de seguro con la que se encuentre asegurado el equipo, y las horas en las que se ha utilizado el equipo, durante su vida económica, es decir, va en función directa con el valor de rescate y el valor de adquisición del mismo. Se obtiene con la siguiente expresión:

$$S = ((Va + Vr) / 2) * (s / Ha)$$

en donde :  $S = \text{Carga Horario por Seguro.}$   
 $s = \text{Prima de seguro}$   
 $Ha = \text{Horas trabajadas al año por el equipo.}$

### 3. Inversión.

La inversión se calcula de la misma forma que el seguro, solo que se toma en cuenta una tasa de interés en el valor del equipo, en el momento de la adquisición el cual va en función de la oferta y la demanda del mismo, y se calcula:

$$I = ((V_a + V_r) / 2) * (i / Ha)$$

en donde :  $I = \text{Carga Horario por Inversión.}$   
 $i = \text{Tasa de interés.}$

### 4. Mantenimiento.

Existen tres tipos de mantenimiento que se le da a un equipo o herramienta. El Preventivo se realiza periódicamente, siendo estos ajustes, cambio de piezas y un chequeo general del mismo, el Predictivo es aquel que como su nombre lo dice se

puede predecir, debido al uso que se tenga del equipo, y el Correctivo es aquel que se debe realizar cuando el equipo definitivamente no sirve y es necesario cambiarlo o arreglarlo, de estos tipos de mantenimiento surge un factor que afecta la depreciación del equipo por lo que se puede obtener el costo horario por mantenimiento de la siguiente forma:

$$M = Q * D$$

en donde :

- $M$  = Cargo Horario por Mantenimiento
- $Q$  = Factor de mantenimiento
- $D$  = Depreciación

Finalmente los cargos fijos se obtienen sumando los conceptos antes descritos, es decir:

$$CF = D + S + I + M$$

en donde :

- $CF$  = Costos fijos
- $D$  = Depreciación
- $S$  = Cargo horario por seguro.
- $I$  = Cargo horario por inversión.
- $M$  = Cargo horario por mantenimiento.

Los **CARGOS POR CONSUMO** que se consideran en el costo horario de un equipo se integran por los siguientes conceptos:

### 1.- Combustible

Este es un cargo que es muy variable, dependiendo principalmente del motor que se utilice durante el procedimiento constructivo, y se calcula de la siguiente forma:

$$E = Pc * e$$
$$e = f * HP * FO$$

*en donde*

*E = Cargo Horario por combustible.*

*e = Consumo horario del combustible.*

*f = factor en función del combustible.*

*HP = Potencia del motor.*

*FO = Factor de operación del equipo. ( Proporcionado por el fabricante )*

## 2.- Lubricantes.

Son importantes considerarlos, principalmente cuando se utiliza maquinaria pesada, y se calcula de manera similar al costo del combustible con la siguiente fórmula :

$$L = Pl * a$$

$$a = ( HP * FO ) + c / t$$

*en donde :*

*L = Carga Horario por lubricante.*

*Pl = Precio del lubricante*

*a = Consumo horario del lubricante.*

*HP = Potencia del motor.*

*FO = Factor de operación del equipo. ( Proporcionado por el fabricante )*

*c = Capacidad del cárter. ( Proporcionado por el fabricante )*

*t = tiempo entre cambio de aceite. ( Proporcionado por el fabricante )*

### 3.- Llantas.

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular el costo horario que se genera en la utilización de las llantas o neumáticos de un equipo:

$$LL = VLL / HLL$$

$$HLL = ( HF * FO )$$

*en donde :*

*LL = Cargo Horario por llantas.*

*VLL = valor de las llantas*

*HLL = vida económica de las llantas.*

*HF = horas útiles de las llantas.*

*FO = Factor de operación de las llantas. ( Proporcionado por el fabricante )*

#### 4.-Energía eléctrica.

Este factor se utiliza generalmente para todo el equipo, y principalmente en el que se utiliza durante la etapa de acabados, ya que casi todos funcionan con energía eléctrica, como pulidoras, perforadoras, taladros, entre otros y se determina con la siguiente formula:

$$Ee = 0.653 (HP * Pe)$$

*en donde :*

*Ee = Cargo Horario por Electricidad.*

*HP = Potencia del motor*

*Pe = Precio de la electricidad.*

#### 5.- Piezas de desgaste rápido.

Este concepto se utiliza en equipos, en donde sus elementos están expuestos a un desgaste y se calculan:

$$P = V_p / t$$

en donde :

$P$  = Cargo Horario por Piezas de desgaste.

$V_p$  = Precio de la pieza

$t$  = Tiempo de duración de la pieza.

Finalmente los cargos por consumo se calculan sumando los anteriores, es decir:

$$CC = C + L + LL + Ee + P$$

en donde :

$CC$  = Cargos por consumo.

$C$  = combustible

$L$  = lubricante

$LL$  = llantas.

$Ee$  = Energía eléctrica

$P$  = Piezas de desgaste

Los **CARGOS POR OPERACIÓN** corresponden a los que se originan por los operadores del equipo, y dependen del tiempo que duran los trabajos realizados con los mismos y se calculan de la siguiente forma:

$$CO = (SR / H)$$

$$H = FR * h$$

en donde :

*CO = Cargos por operación.*

*SR = salario diario del operador*

*H = Horas efectivas de trabajo*

*FR = Factor de rendimiento.*

*h = tiempo utilizado del equipo*

Así finalmente de esta forma quedan determinados los elementos que en su conjunto son necesarios considerar en el cálculo de un costo directo.

## **B) Costo Indirecto.**

Los costos Indirectos, son aquellos gastos generales que son aplicables a todos los conceptos de trabajo. Agrupando estos en forma general los podemos dividir en dos grupos:

### **a) *Administración en obra.***

Es un costo que depende del tipo de obra que se pretenda realizar, se da generalmente en gran magnitud, cuando la obra que se pretende realizar durará mucho tiempo, y es necesario, el contar con personal capacitado dentro de ésta.

### **b) *Administración Central***

Es un costo que se aplica en función del cuerpo administrativo de una empresa, y dependen del tipo de obra que se pretenda ejecutar por la misma, y son:

- Honorarios de Directivos y Ejecutivos.
- Viáticos.
- Asesorías y Consultorías.
- Estudios de Investigación

- Depreciación, renta y mantenimiento del inmueble o las oficinas centrales, bodegas, talleres, laboratorios.
- Gastos de Oficina, tales como papelería, teléfono, agua, luz, publicidad.

### C) Financiamiento.

El financiamiento de una obra es necesario considerarlo, cuando se requiere que el flujo de dinero previsto en la obra sea superior al que pueden aportar los inversionistas. Este flujo depende directamente del programa de obra y del programa de ingresos, que se establece previamente a la contratación de los trabajos, por esta razón es imposible considerar una tasa de interés vigente al tiempo de realización de la obra, con esto debemos de entender que dependiendo de la duración de los trabajos, será el monto del financiamiento, el cual puede ser absorbido por la empresa contratada, o en su defecto cuando existan imprevistos, o incertidumbre en la duración de la misma, de un préstamo bancario generalmente, para poder amortizar con esto los gastos requeridos por la ejecución de la obra.

#### D) Utilidad.

Como parte final de la integración de un precio unitario, se determina la utilidad, siendo ésta una remuneración que deberá cobrar una empresa por sus trabajos realizados, ya que se deben recuperar y premiar de alguna forma en función de los riesgos que se han tenido que cubrir durante la ejecución de la obra. Generalmente se acostumbra considerar un porcentaje, dependiendo del tipo de obra, así como también el prestigio que tenga la empresa, sea esta la experiencia o antigüedad en la realización de dichos trabajos.

Este porcentaje generalmente oscila entre un 3% y un 15 %, dependiendo básicamente en la actualidad de la oferta y la demanda, ya que debido a ésta muchas empresas prefieren tener utilidades muy pequeñas para conseguir trabajo, y en cambio otras muy prestigiadas utilizan una tasa en ocasiones muy elevadas, debido a la experiencia que ha adquirido a través del tiempo en la realización de los trabajos.

## VI.2.- OBTENCIÓN DE LOS COSTOS APROXIMADOS DE LOS TRABAJOS DE RESTAURACIÓN.

Resulta importante señalar, que para este subtema se manejarán cuantificaciones de obra aproximadas y costos provenientes de una evaluación efectuada por los ponentes de la presente Tesis Profesional, ya que las cantidades y costos reales que implican una obra de esta magnitud y valor histórico, son variables, debido a que durante los trabajos de restauración, se presentan alternativas y soluciones impuestas por el Instituto Nacional de Antropología e Historia, las cuales difieren de la propuesta inicial del proyecto.

Por lo tanto, tomando en cuenta la programación propuesta en el capítulo anterior para la ejecución de los trabajos, así como la teoría general de costos para la construcción antes descrita, se procederá a obtener el precio de venta aproximado para la ejecución de esta obra.

Primeramente, y utilizando los datos planteados con anterioridad, obtendremos el costo directo aproximado de la obra, tal como se muestra en la tabla VI.2.1.

A continuación, y basándonos en la tabla V.2.5. (*Diagrama de Gantt*), obtendremos el porcentaje de financiamiento a utilizar, tal como se muestra en la tabla VI.2.2.

Finalmente, a continuación se muestra el procedimiento para obtener el precio aproximado de venta para las obras de restauración:

Costo directo:	20'123,722.72
Costo indirecto (21%):	4'225,981.77
Subtotal:	24'349,704.49
Financiamiento (2.22%):	540,563.44
Subtotal:	24'890,267.93
Utilidad (8%):	1'991,221.43
Precio de Venta:	26'881,489.36

Los porcentajes tanto de indirecto como de utilidad, utilizados para el anterior análisis fueron propuestos por los ponentes de esta Tesis Profesional, apoyándose en la teoría general de costos para la construcción.

**Tabla VI.2.1. ANALISIS DEL IMPORTE APROXIMADO A COSTO DIRECTO.**

ACTIVIDAD	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD CATALOGO*	COSTO DIRECTO**	IMPORTE A COSTO DIRECTO
a	Tapiales y andamiaje.	m2	520	244	126,880
b	Desmontes	m2	13,000	29	377,000
c	Demoliciones	m3	4,434	397	1,760,298
d	Excavaciones	m3	1,850	28	51,800
e	Afines	m2	1,850	12	22,200
f	Sistemas de piso a base de vigueta y bovedilla	m2	5,500	234	1,286,120
g	Sistemas de piso a base de perfiles "IP" y lamina romsa	m2	5,500	1,100	6,050,000
h	Construcción de muros de mampostería	m3	2,000	396	792,000
i	Reparación de muros de mampostería	ml	1,200	52	62,400
j	Cambio de piezas dañadas de cantera	pza	900	195	175,500
k	Pintura vinílica	m2	6,400	15	96,000
l	Loseta cerámica	m2	920	203	186,760
m	Duela de madera en pisos	m2	8,300	393	3,261,900
n	Equipos de medición en el subsuelo	pza	10	2,500	25,000
ñ	Equipos de medición en estructura	pza	20	1,600	32,000
o	Visita para tomar lecturas en equipos de medición	visita	164	700	114,800
p	Puertas de Aluminio	pza	25	1,178	29,450
q	Puertas y ventanas de madera	pza	250	1,384	346,000
r	Lambrines de madera	m2	350	976	341,600
s	Salidas hidráulicas y sanitarias	sal	324	320	103,680
t	Bajadas de aguas negras y pluviales	ml	348	65	22,620
u	Muebles sanitarios	lote	42	5,600	235,200
v	Sistema de bombeo hidroneumático	sistema	1	70,000	70,000
w	Instalación eléctrica	sal	2,500	230	575,000
x	Instalación de aire acondicionado	m2	11,085	350	3,879,750
y	Limpieza	m2	11,085	9	99,765
<b>TOTAL A COSTO DIRECTO:</b>					<b>20,123,722</b>

\* Las cantidades utilizadas, fueron calculadas por los ponentes de la presente Tesis Profesional, con base a cuantificaciones aproximadas, mismas que se determinaron de acuerdo a observaciones realizadas en visitas al inmueble.

\*\* Los costos directos utilizados para esta tabla, guardan carácter teórico, y fueron calculados con base en una investigación de mercado, realizada por los ponentes de la presente Tesis Profesional.

VI.2.2. PORCENTAJE DE FINANCIAMIENTO. (FLUJO DE CAJA)

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL		
DIAS	30	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	CONCEPTO		
a	124,949.00																															124,949.00		
b	83,882.50	80,387.50	83,882.50	83,882.50	41,470.00																												1,767,298	
c	362,029.80	362,029.80	362,029.80	362,029.80	362,029.80																												1,806,129	
d																																	22,200	
e																																	6,550,000	
f																																	723,000	
g																																	63,000	
h																																	43,000	
i																																	176,500	
j																																	96,000	
k																																	184,700	
l																																	32,000	
m																																	184,700	
n	21,000.00																																21,000	
o	27,029.08																																27,029	
p	4,123.91																																4,124	
q																																	22,200	
r																																	22,200	
s																																	22,200	
t																																	22,200	
u																																	22,200	
v																																	22,200	
w																																	22,200	
x																																	22,200	
y																																	22,200	
INGRESOS	615,648.18	451,802.23	448,972.68	448,972.68	407,290.15	1,137,113.68	1,157,113.68	1,157,113.68	788,729.86	729,484.87	722,214.82	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	20,123,722.72		
EGRESOS																																		20,123,722.72
DEBERIA	615,648.18	451,802.23	448,972.68	448,972.68	407,290.15	1,137,113.68	1,157,113.68	1,157,113.68	788,729.86	729,484.87	722,214.82	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	20,123,722.72		
DEBERIA	615,648.18	451,802.23	448,972.68	448,972.68	407,290.15	1,137,113.68	1,157,113.68	1,157,113.68	788,729.86	729,484.87	722,214.82	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	705,833.42	20,123,722.72		
INTERES	6,833.86	11,948.70	10,009.70	9,980.29	9,218.61	17,381.88	25,887.82	25,887.82	21,569.20	18,779.00	16,048.93	15,857.34	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	15,869.50	446,746.69	

CONSIDERACIONES:

1.- SE CONSIDERA QUE EL PRIMER PAGO SE EFECTUA HASTA EL SEGUNDO PERIODO DE 20 DIAS, POSTERIOR AL INICIO DE LA OBRA.

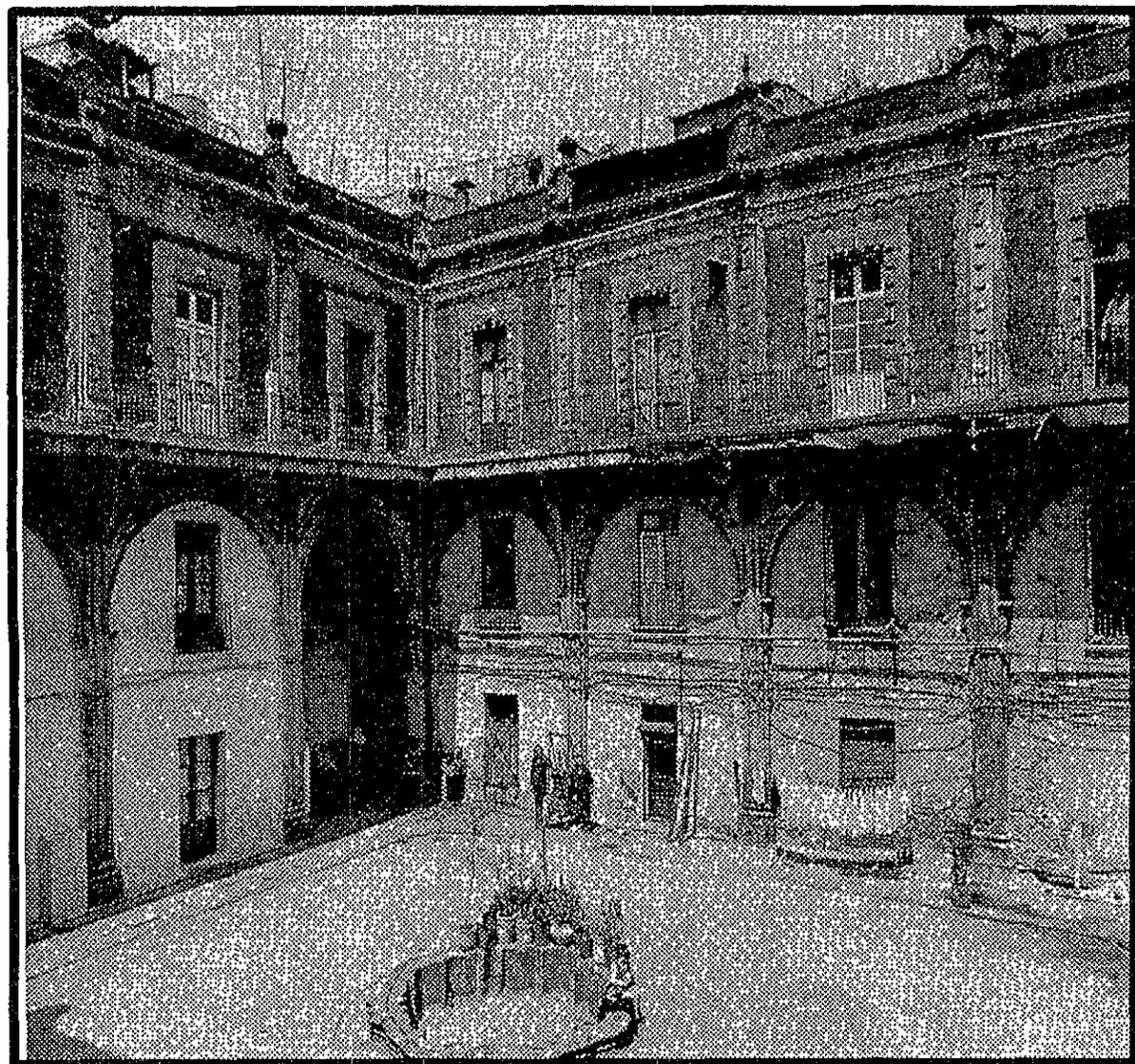
2.- PARA EL CALCULO DEL PORCENTAJE DE FINANCIAMIENTO, SE UTILIZO UNA TASA DE INTERES ANUALIZADA DEL 20 %, MISMA QUE AL CALCULARSE PARA PERIODOS DE 20 DIAS, RESULTA DEL ORDEN DE 1 11 %.

% DE FINANCIAMIENTO: 446,746.69 20,123,722.72

20,123,722.72

446,746.69

# CONCLUSIONES.



**CONCLUSIONES.**

Es verdad, que constantemente, la modernidad trae consigo la destrucción del pasado, pero a su vez, ha logrado que algunas de las obras de Ingeniería y arquitectura de otras épocas, recuperen su valor como monumentos históricos.

Tal es el caso del Centro Histórico de nuestra ciudad, el cual envuelve dentro de su contexto urbano, una serie de construcciones que van desde los palacios neoclásicos, hasta las edificaciones contemporáneas, pasando por templos barrocos y monumentos de institucionalidad revolucionaria.

Haciendo referencia a la problemática actual de restauración que se presenta en el Centro Histórico, encontramos como una de las mas importantes obras coloniales, al Ex-Hospital de Betlemitas, templo hospitalario construido en el siglo XVIII, por el Arquitecto Lorenzo Rodríguez, el cual se pretende transformar de un edificio colonial encontrado en estado deplorable, a un inmueble funcional que conserve las características arquitectónicas con que fué concebido en su inicio.

Esto demanda una gran participación de la Ingeniería, ya que de ésta se derivan principalmente necesidades relativas a la estabilidad del edificio, la cual depende tanto de la estructura

como del tipo de suelo en el que se encuentra desplantado, y secundariamente necesidades correspondientes a la adaptación del inmueble al uso contemporáneo.

Para resolver dichas necesidades, es importante, como ya se observó, recurrir a las especialidades de la ingeniería, tales como la mecánica de suelos, el diseño estructural, la instrumentación geotécnica-estructural, el control de calidad de los materiales, así como la programación de los trabajos y los costos de ejecución.

La mecánica de suelos, permite dar a conocer las características del subsuelo en el que se desplanta la estructura, mientras que la instrumentación se utiliza para vigilar el comportamiento del inmueble durante las obras de restauración, y a través de un estudio estructural, se definen los procedimientos constructivos adecuados a las necesidades del inmueble.

Asimismo, la Ingeniería interviene en la adecuación al uso contemporáneo, aportando los cálculos y diseños necesarios de las instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de aire acondicionado que demanda el proyecto arquitectónico.

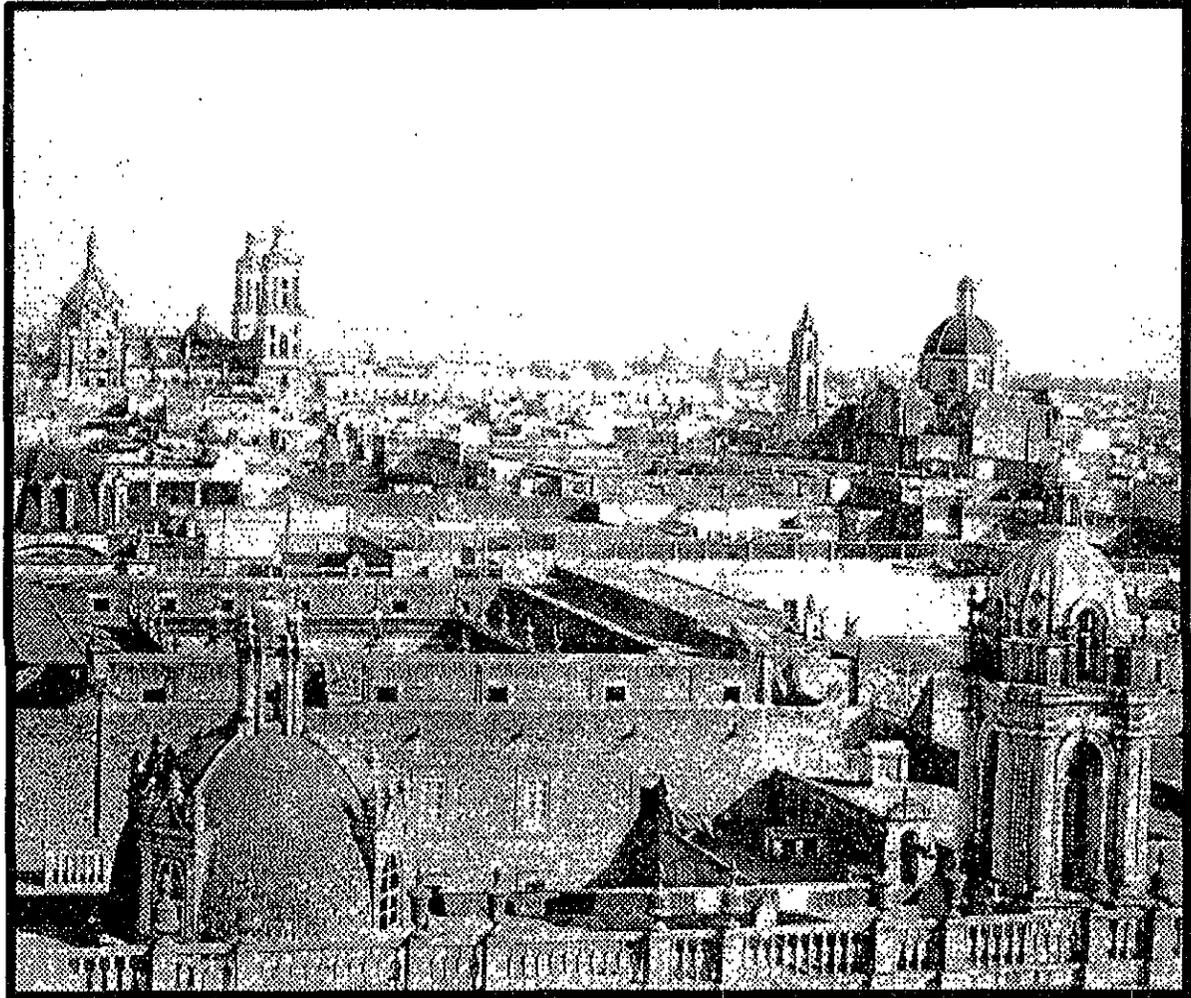
Por otra parte, es necesario programar los trabajos a ejecutar en función tanto del orden que demanden los procedimientos constructivos, como del costo que generen los mismos, sin perder

de vista que el rescate se encuentra supeditado a los lineamientos que determine el Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Por esta razón, es importante mantener un sentido de responsabilidad del rescate y conservación del Ex-Hospital de Betlemitas, en donde la oportuna intervención de la Ingeniería junto con otras ciencias, permitirá llevar a cabo la tarea de preservar dicho patrimonio.

De lo anterior, concluimos que la ingeniería debe de considerarse como parte esencial para la ejecución de cualquier trabajo de restauración, ya que gracias a su participación, existe hoy en día la posibilidad de rescatar en su mayoría, el patrimonio que aun existe enterrado en la idea de modernizar el legado de nuestra cultura, que apuntala nuestra identidad y vincula a las generaciones presentes con su herencia y tradiciones.

# BIBLIOGRAFÍA



**BIBLIOGRAFÍA**

ABURTO, Valdés, Rafael. “ Los costos en la construcción. ”, Fundación para la enseñanza de la construcción, México, 1991.

AMERLINCK, de Corsi Ma. Concepción. “ El Ex-Convento Hospitalario de Betlemitas. ”, Banco de México, 1996.

ARIAS Y MEZA, “ Comportamiento de suelos. ”, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 1996.

ARNAL, BETANCOURT Y SUÁREZ, “ Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Ilustrado y Comentado. ”, Edit. Trillas, México, 1996.

BADILLO, Juárez Eulalio. “ Mecánica de Suelos. ”, Edit. Limusa, Tomo II, México, 1979.

BIBLIOTECA ATRIUM DE LA CONSTRUCCIÓN, Tomos I - VI , Edit. Océano / Centrum, Barcelona, 1984.

CONSODINE, “ Manual de Instrumentación Aplicada. ”, Edit. Continental, Tomo I, México, 1980.

DÍAZ, Díaz Daniel. “ Gestión de Empresas Constructoras. ”, CNIC, México, 1972.

DÍAZ, Infante Luis A. “ Curso de Edificación.”, Edit. Trillas, México, 1995.

GARCÍA, Gutiérrez Sergio. “Pérdidas de Presfuerzo.”, Manual de Presfuerzo, México, 1993.

GONZÁLEZ, Cuevas Oscar. “ Concreto Reforzado. ”, Edit. Limusa, México, 1975.

GONZÁLEZ, Gamio Angeles. “ El Patrimonio Rescatado. ”, DDF, México, 1993.

INSTRUCTIVO DE CONTROL DE OBRAS. SARH, México, 1969.

INSTRUCTIVO PARA ENSAYE DE SUELOS, CNA, México, 1990.

LABRYGA, Franz. “ Instalaciones sanitarias modernas. ”, Barcelona, 1977.

MANUAL DE INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTRUCTURAL. Slope Indicator, 1996.

MANUAL SOBRE EL CALCULO DE PRECIOS UNITARIOS DE TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN. SARH, Tomos I, II, III, IV, V y VI, México, 1969.

MARROQUÍ, José Ma. “ La Ciudad de México. ”, Tomo I, México 1990.

MENDOZA Y DE ALBA, “ Apuntes de Factores de Consistencia de Costos y Precios Unitarios. ”, DICTG, Departamento de Construcción, México, 1985.

MORENO Toscano, Alejandra. “ Ciudad de México: Ensayo de Construcción de una historia. ”, INAH, 1978.

PEURIFOY, Robert L. “ Estimación de los costos de construcción. ”, Edit. Diana, México 1981.

PRESTON, Howard Kent. “ Prestressed concrete for architects and Engineers. ”, Edit. Diana, México, 1967.

RAMÍREZ Vázquez, José. “ Instalaciones eléctricas. ”, Barcelona, 1980.

RHEAULT, Jean Paul. “ Introducción a la Teoría de Decisiones. ”, Edit. Limusa, México, 1987.

SUÁREZ, Salazar Carlos. “ Costo y tiempo en Edificación. ”, Edit. Limusa, México, 1977.

SUÁREZ, Salazar Carlos. “ Manual de costos y precios en la construcción.”, Edit. Limusa, México, 1991.

TERZAGHI, Karl V. “ Soil Mechanics in Engineering practice. ”, Edit. John Wiley & Sons, Inc., 1967.

UNDA, Opazo Francisco. “ Ingeniería Sanitaria. ”, Edit. Uthea, México, 1969.

ZEEVAERT, Leonardo, “ Sismo-geodinamica de la superficie del suelo y cimentación de edificios en la Ciudad de México. ”, México, 1988.