

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN E
INSTRUMENTACIÓN DE LA SUBESTRUCTURA
DEL PROYECTO DE RECUPERACIÓN Y
AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO SEDE DEL MUSEO
UNIVERSITARIO DEL CHOPO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :
GUSTAVO ERNESTO CLEMENT TOFFOLÓN
ESTEBAN FRANCO ROSAS

DIRECTOR DE TESIS: ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO.



MÉXICO, D.F. 2007



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/030/07

Señores
ESTEBAN FRANCO ROSAS
GUSTAVO ERNESTO CLEMENT TOFFOLÓN
Presente

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

"PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE LA SUBESTRUCTURA DEL PROYECTO DE RECUPERACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO SEDE DEL MUSEO UNIVERSITARIO DEL CHOPO"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. PROYECTO
- III. PROCESO CONSTRUCTIVO
- IV. INSTRUMENTACIÓN DURANTE ETAPA DE EXCAVACIÓN
- CONCLUSIONES

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 20 marzo de 2007
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA

GZG/AJP*crc

El presente trabajo lo dedicamos:

A nuestra Facultad y Universidad que nos a dado las armas del conocimiento para enfrentarnos al mundo real, a nuestros profesores, amigos y familiares que siempre nos apoyaron en este camino.

En especial a nuestros profesores: Carlos Manuel Chavarri Maldonado y Agustín Deméneghi Colina.

A Cimentaciones Mexicanas S. A. de C.V. en especial a los Ingenieros: Raúl López Roldán y Juan Paulín Aguirre.

A la Coordinación de Proyectos Especiales de la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial al Arq. Felipe Leal, la Arq. Thelma Lascano y el Ing. Salvador Fernández.

Norten Arquitectos, en especial a los Arquitectos Enrique Nortén y Fausto Alvarado.

Y en especial a nuestros queridos Padres, ya que gracias a ellos hemos llegado hasta aquí.

A nuestros amigos.

Dedico este trabajo a mi querida Facultad y Universidad que nunca negaron nada para lograr mis objetivos, mis profesores que día a día forman excelentes profesionistas.

Con mucho amor a mi querida Madre Sobeida Toffolón Chiari^T quien se que siempre estará orgullosa de mi en cualquier parte que te encuentres.

A mi Papá y Hermano que siempre me han apoyado y guiando en el difícil camino de la vida.

A mi familia quienes también han estado cerca de mí en las buenas y en las malas.

Con amor a mi novia Pilar quien me apoya y me alienta a seguir adelante, al Dr. Alberto del cual he aprendido que nunca debemos dejarnos vencer por la adversidad.

A mis amigos Cristhopher, Alfonso, Jesús, Francisco, Oscar, Zule, Gerardo, Rene, Edgar, Raúl, Toño, Gustavo, Abraham, Armando, Esteban, Ernesto, Juan, José Luis, Israel, Jorge, Omar, Pablo y todos los demás con lo que he vivido momentos muy gratos dentro y fuera de la Universidad.

Con gran afecto, amor y cariño.

Clement Toffolón Gustavo Ernesto.

GRACIAS.

A mi **Padre**, por ser un pilar en mi vida y apoyarme a ser algo mas grande y mejor cada día.

A mi **Madre**, por darme todo su amor y cariño incondicional, por sus grandes consejos que han hecho que enfrente con firmeza a todos los grandes problemas que he tenido en mi vida.

A mi **Universidad** y en especial a mi querida **Faculta de Ingeniería**, que me dieron todo el conocimiento y todo lo necesario para desarrollarme como profesionalista y como persona.

A mis **Hermanos** por su cariño y por tomarme como un ejemplo.

A mis **Abuelos** por su gran amor y cariño que siempre me acompaña en el corazón a cada lugar a donde voy.

A mis **Familiares**, por su confianza en mí.

A mis **Amigos** que son mi identidad, que son el fundamento, mi forma de ser y de sentir el mundo.

A mi Profesor y gran Amigo **Carlos Chávarri** por su apoyo y sus grandes consejos que me han dado un nuevo camino en momentos decisivos de mi vida.

A una persona que fue algo muy especial en los últimos momentos de mi carrera que transformo completamente mi forma de sentir, de pensar, y de querer.

Porque nunca los decepcionare, gracias porque todos ustedes son el motivo por el cual se que tengo que seguir adelante.

Franco Rosas Esteban

GRACIAS

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTACIÓN DE LA SUBESTRUCTURA DEL PROYECTO DE RECUPERACIÓN Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO SEDE DEL MUSEO UNIVERSITARIO DEL CHOPO.

ÍNDICE

I.- INTRODUCCIÓN	1
I.1 Historia del Museo Universitario del Chopo	3
<i>I.1.1 La Revolución Industrial</i>	3
<i>I.1.2 Las exposiciones de productos industriales</i>	4
<i>I.1.3 Santa María la Ribera</i>	7
<i>I.1.4 Gutenohoffnungshutte</i>	9
<i>I.1.5 El Pabellón Japonés</i>	11
<i>I.1.6 Cronología</i>	14
II.- PROYECTO	21
II.1 Descripción	22
<i>II.1.1 Descripción de la Nueva Estructura</i>	22
<i>II.1.2 Subestructura</i>	23
<i>II.1.3 Superestructura</i>	28
II.2 Mecánica de suelos	34
<i>II.2.1 Estratigrafía</i>	34
II.3 Proyecto base de excavación	37
III.- PROCESO CONSTRUCTIVO	39
III.1 Construcción de muro Milán	40
III.1.1 Instalación y preparación del sitio	42
<i>III.1.2 Excavación</i>	45
<i>III.1.3 Estabilización con lodo bentonítico</i>	48
<i>III.1.4 Acero de refuerzo (Armado)</i>	50
<i>III.1.5 Colocación del concreto (Colado)</i>	54
<i>III.1.6 Junta Impermeable CWS</i>	55

III.2 Instalación y operación de sistema de bombeo	57
III.3 Construcción de losa tapa	59
III.4 Excavación	61
III.5 Construcción de losa de fondo	64
IV.- INSTRUMENTACIÓN DURANTE LA ETAPA DE EXCAVACIÓN	67
IV.1 Seguimientos a movimientos de la estructura	68
IV.2 Desplazamientos laterales del muro Milán	79
IV.3 Seguimiento a la variación del nivel de agua freática en el interior de la excavación	83
V.- CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	88

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

I.- INTRODUCCIÓN

En la presente tesis presentamos los trabajos realizados para la construcción de la subestructura del proyecto ***”Recuperación y Ampliación del Edificio Sede del Museo Universitario del Chopo”***, efectuados por la empresa Cimentaciones Mexicanas S. A. de C. V., (CIMESA), para la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El proyecto se encuentra ubicado en la calle de Dr. Enrique González Martínez N° 10, en la Colonia Santa María la Ribera, en la Ciudad de México. El objetivo de esta obra es mantener y seguir creando espacios vivos, dinámicos y alternativos para la comunidad universitaria de nuestra Máxima Casa de Estudios UNAM y el público en general. Con la puesta en marcha de este ambicioso proyecto, se podrán mejorar las actividades culturales, ampliando espacios para exposiciones de escultura, pintura y fotografía, así como para espectáculos de música, teatro, danza, talleres artísticos, actividades infantiles, talleres de literatura y de sexualidad humana, también habrá cursos, conferencias, mesas redondas y seminarios, además de dar una mejor ambientación y conservación de las obras que se expongan ya que contará con sistemas de control de clima, humedad, iluminación y seguridad.



Como parte del programa “Llave en mano universitaria”, de la Coordinación de Proyectos Especiales, de la UNAM, los alcances de la obra ejecutada, los cuales se tratan en este trabajo, fueron la construcción del muro Milán perimetral, la construcción de las losas tapa y fondo del cajón, así como la excavación. Considerando el valor histórico y la complejidad del trabajo, por tratarse de una excavación profunda en el interior del museo, se llevó a cabo una instrumentación especializada, para poder verificar en tiempo real el comportamiento esperado de la excavación y de la estructura durante las distintas etapas de construcción.

Los más de cien años de historia y la importancia del edificio, lo ambicioso del proyecto arquitectónico y cultural y la complicación del proceso constructivo, fueron motivaciones para escribir esta tesis y poder compartir con la comunidad universitaria, esta experiencia.

Al finalizar los trabajos el Museo Universitarios del Chopo, formará parte del corredor cultural, conformado por los recintos de la Academia de San Carlos, el Instituto Nacional de Geología, y próximamente el Centro Cultural de Tlatelolco y la nueva Biblioteca de México José Vasconcelos.

I.1 HISTORIA DEL MUSEO UNIVERSITARIO DEL CHOPO

I.1.1 La Revolución Industrial

A fines del siglo XVIII, Inglaterra inicia una de las etapas más importantes en el desarrollo de la humanidad, (la Revolución Industrial) que a semejanza de lo sucedido en el renacimiento Italiano, vendrá a revolucionar los patrones y formas de vida que habían subsistido anteriormente. Este acontecimiento se iniciara por el descubrimiento de “carbones de tierra”, que después de la experimentación de su poder energético, vendría a iniciar nuevas técnicas de uso para las grandes producciones industriales.

Entre 1840 y 1860 la fabricación en serie de rieles de acero, impulsará el desarrollo del ferrocarril en toda Europa, este medio realiza las transportaciones más espectaculares de habitantes del campo a las ciudades, aumentando considerablemente la migración de campesinos a población suburbana en los barrios industriales, cambio que redundará en una ruptura con las raíces de su cultura rural.

Este fenómeno modificará substancialmente los patrones de vida, y por consiguiente la arquitectura, misma que iniciará un periodo particular fértil, con un sin número de programas arquitectónicos que producirán a su vez, un gran número de obras, como hasta la fecha no habían sido vistos: estaciones de ferrocarril, fábricas, hospitales, escuelas, comisariados de policía, habitaciones colectivas, etc.

El aspecto urbano de las ciudades cambiará substancialmente. Lo que antes era una fisonomía formada armoniosamente por una serie de casas de pisos bajos, integradas por las plazas y plazuelas, rematados por ejes de polarización visual, en los campanarios de las iglesias y cúpulas, se verán desarticulados por la aparición de galerones y chimeneas, símbolos de la industria, sin la intención de una voluntad arquitectónica.

Fuera de su primera intención, la industria no toma para nada en cuenta el arte, la acción está orientada siempre a consolidar la producción, o a solucionar los problemas apremiantes que el crecimiento urbano acelerado impone: control de sobrepoblación, eliminación de delincuencia, combate al analfabetismo, etc. Nuevos parámetros son introducidos por la higiene y el paternalismo social emanado de la estructura empresarial, nuevos métodos de vida y nuevos modos de producción, exigen una nueva arquitectura que aparece simultáneamente en una nueva forma de adaptación al “status” de vida. Los principios de la antigua filosofía idealista ya no son válidos, y resultan contradictorios a la nueva moral que vendrá a fundamentarse en el positivismo. “Orden y Trabajo” reclaman uniformidad e identidad de conductas, por lo tanto, conformismo absoluto en el

desarrollo de compañías y fabricas. La apertura de un vertiginoso mercado de consumo impedirá conservar en el seno de la sociedad, un sentido de la tradición que para esta fecha todavía no se exigía. Competencia y contradicción, conformismo y desbocamiento, son las principales características de esta época industrial, que la creación artística llega a resistir profundamente. La duda insidiosa en las expresiones de su talento, no afirman la falta de convicción e incertidumbre que reinaba en esa sociedad.

En esta época se inician los primeros intentos de recopilación y conservación, particularmente de poesía o de música popular, de literatura rural; aparecen las primeras investigaciones sobre Etnografía y comienzan a coleccionarse toda clase de objetos, interés que reanudará en la formación de muchos museos y aquellos que existían incrementarán sus acervos. No en vano esta actitud tendrá una repercusión importante en nuestro país con la reestructuración y formación de museos dedicados a la ciencia y a la historia natural.

El desarrollo industrial europeo va a dividirse, en términos generales, en cuatro etapas durante el siglo XIX. La primera, iniciada a fines del siglo XVIII, que ubicará las fábricas cercanas a los yacimientos de carbón mineral, comprende hasta 1840. Nos marca el inicio lento de los modos de fabricación en su mayoría a base de procedimientos de fundición. La segunda, es el proceso lento de instalación de fábricas en los suburbios de las ciudades o en las redes ferroviarias, lo que va a motivar que los barrios de obreros se encuentren generalmente aledaños a las estaciones de ferrocarril. La tercera etapa, en la que se inserta este estudio, quedará ubicada entre 1860 y 1920 cuando la producción industrial se encuentra consolidada y las producciones cambian del fierro fundido al fierro laminado, con la utilización de los trenes de laminación como nuevo proceso industrial.

1.1.2 Las exposiciones de productos industriales



Tan orgullosa estaba esta sociedad de sus logros, que para mostrar con claridad y prepotencia lo que había desarrollado, se sucederán durante todo el siglo XIX una serie de exposiciones de productos industriales que con elocuencia informan de este importante momento en la civilización.

Las primeras exposiciones se realizan en Inglaterra a fines del siglo XVIII y en Francia en el umbral del siglo XIX, consagradas a la incipiente producción que estos países logran en ese tiempo. La de Francia se desarrolla en la ciudad

de París en el Campo Marte y se particulariza por haber sido una exposición con carácter exclusivamente nacional y porque los críticos de la época se pronuncian en contra del falso lujo “copia del mobiliario, objetos y arquitectura de los periodos monárquicos”, ante la falta de una inspiración creativa en las producciones industriales. De ahí se van a suceder en Francia nueve exposiciones nacionales y es hasta el inicio de la segunda mitad del siglo XIX que en Londres se realiza en 1851, una exposición totalmente opuesta al espíritu nacionalista de las exposiciones francesas.

Inglaterra alcanza un alto grado de desarrollo y se abre a la concurrencia; críticos, industriales y público en general comulgan con la idea de que las creaciones del arte y la industria no son el privilegio de una nación, sino que pertenecen al mundo entero, por lo tanto, deben de ser internacionales. Seis millones de visitantes ocurren a esta manifestación cuya aportación más importante es la construcción del “Cristal Palace”, por el arquitecto Joseph Paxton y el ingeniero Charles Foxes. La particularidad estriba en que el ingeniero y el constructor de ferrocarriles Foxes, realizó la obra tomando en cuenta los métodos derivados de la colocación y armado de las vías. A ese respecto, el arquitecto a esto, los grandes espacios repetitivos en módulos, redundarán en racionalidad por su economía y por su constructibilidad. Es sin duda alguna, el inicio de la prefabricación arquitectónica.

Debemos destacar que la facilidad de ordenar los componentes para formar un todo, permitió que la longitud de este gigantesco edificio a base de módulos, fuese de 1851 pies, la Gran Exposición Universal de Londres que le dio abrigo, y lo conquistado en esta exposición será también el punto de partida de varias interrogantes de orden filosófico y estético, a las cuales el “Art-Nouveau” dará posteriormente respuesta.

En 1855 nuevamente hay una exposición en París, y en 1867 en esta misma ciudad, se monta la gran exposición que representa el auge económico de Francia y el inicio de las fabricaciones “para el pueblo”. Ahí nace el término de “au bon marché” (al más barato), cuya repercusión arquitectónica la tenemos en la tienda del mismo nombre (1876).

En esta exposición por primera vez se experimenta el módulo de elasticidad en una gran construcción: hierro, acero y vidrio vendrán a ser los soportes de la nueva técnica constructiva, que revolucionará la arquitectura.

Ese mismo año, Japón se abre por primera vez al mundo y cambia la visión estética y utilitaria del objeto; la apertura del Canal del Suez y el tráfico rápido hacia el medio oriente y el extremo oriente motivará que la importación de productos orientales se realice en forma considerable para las grandes ciudades europeas. De ahí que la influencia definitivamente los principios en los que se apoya el “Art-Nouveau”.

Las exposiciones industriales continúan en auge y se realizan en 1871 en Londres nuevamente; en 1873 en Viena, capital de Austria; en 1876 para celebrar el Primer Centenario de la Independencia de los Estados Unidos, se lleva a cabo la primera exposición americana de productos industriales en la Ciudad de Filadelfia.

Posteriormente a los graves movimientos de la guerra de la comuna en Francia (1870-1871), es la Gran Exposición Universal de París en 1876, en la cual hay mucho menos “pastiche” que en todas las exposiciones anteriores.

Por primera vez se presenta la producción que la trilogía formada por: FABRICA + ARTISTA DISEÑADOR + EXPOSICIÓN Y VENTA producen en esta época, unión que pretendió integrar la belleza a la producción en serie.

Una de las exposiciones que por su importancia marcó la época, es la realizada también en el Campo Marte de la Ciudad de París, al celebrarse el Primer Centenario de la toma de la Bastilla en 1889. En esta ocasión aparece la Figura de un ingeniero ex alumno de la “Ecole Centrale” de nombre Gustave Eiffel (1832-1923). La construcción que permanentemente simboliza a la Ciudad Luz, es la torre de 300 metros de altura y 7 mil toneladas de fierro que lleva el nombre de su diseñador, Eiffel. La construcción de esta obra levantó los mas serios reclamos por parte de las personalidades de la época, en septiembre de 1887 el decano del Instituto de Francia exclamaba: ¡Paren, es criminal tratar de subir mas alto!, el poeta Guy de Maupassant decía que era un “esqueleto muy feo” y el novelista Leon Bloy afirmaba que estaba construyendo “una luminaria trágica”. Eiffel orgulloso de su trabajo afirmaba “he querido levantar a la gloria de la ciencia moderna y por el mayor honor de la industria francesa, un arco de triunfo tan importante como aquellos que las grandes generaciones que nos precedieron erigieron a los conquistadores.

En 1903 en la exposición de Chicago, se efectúa el descubrimiento de la Escuela del mismo nombre, y para este año en América se está tomando como modelo la revolución estética del “Art-Nouveau” iniciada en Europa.

Al iniciarse el siglo XX el número de exposiciones que se realiza en el mundo industrializado es enorme, su importancia radica en que el tiempo pasa, su especialización va siendo cada vez mayor, lo que redundará progresivamente en lo que en la actualidad conocemos como Congreso de Especializaciones; es decir, acontecimientos generadores del progreso acelerado.

La torre Eiffel, símbolo de la gloria de las conquistas liberales de Francia, celebra el primer centenario de fin de la monarquía. Sirvió también de descomunal antena a las transmisiones de la telegrafía inalámbrica, pero más bien; era el panegírico a todas las conquistas materiales concretizadas en la “Belle Epoque”, al servir de asta bandera al pabellón tricolor. Las nuevas alegorías del panteón elitista.

La Electricidad y el Comercio, la Ciencia y el Trabajo, confirmaban que el siglo XIX es en efecto el siglo de Francia.

Otro aspecto que tuvo incidencia en la época, no solamente en el ámbito de la producción artística y en la sociedad, sino que va a influir de manera considerable en el cambio, en las dos últimas décadas del siglo XIX y el inicio del XX, es la influencia oriental. El orientalismo hace su aparición en Europa a partir de la apertura del Canal del Suez, la construcción de grandes barcos de pasajeros, la telegrafía inalámbrica, etc., en otras palabras, de la Revolución Industrial, lo cual generó un acelerado comercio con los países del Oriente.

1.1.3 Santa María la Ribera



El Palacio de cristal en los albores del siglo XX.

Los antiguos centros históricos, que en la actualidad la ciudad ha engullido como Azcapotzalco, Tacuba, Tacuballa, Mixcoac, San Ángel, Coyoacán, y Tlalpan, comienzan a integrarse a la metrópoli a medida que ésta absorbe zonas urbanas rurales, formando fraccionamientos en antiguos ranchos y haciendas, especialmente en los sectores sur poniente y poniente de la ciudad.

La planta de la ciudad en la segunda mitad del siglo XIX era irregular; más alargada de Norte a Sur que de Oriente a Poniente; la del Norte, limitada por Santiago Tlatelolco y la del Oriente por San Lázaro, no incrementaban substancialmente su población, debido en parte a factores ecológicos; el oriente,

próximo a la Laguna de Texcoco era salitroso, árido, y por lo tanto, expuesto a inundaciones, y se encontraba además cerca del gran canal del desagüe. El Poniente por el contrario, estaba constituido por terrenos más altos y por lo tanto menos expuestos a las inundaciones, eran tierras de una vegetación muy rica, por lo que en estos rumbos el costado de la Ribera de San Cosme y por la población de San Juan, la ciudad crecía rápidamente y rebasaba los límites de los pueblos de Tepito y San Jerónimo.

A esta ampliación de la ciudad hacia el poniente, es a lo que se le podía haber llamado el ensanche, cuyo límite accidental en su traza marcaba un hasta aquí al crecimiento de la metrópoli, de tal manera que en el plano de 1869, apenas se señalaba una sola colonia: la de Santa María La Ribera, y en el año de 1880 aún ponía con líneas de puntos y sin construcción alguna de las calles comprendidas en todas las manzanas que estaban situadas al Norte de la Calle de Carpio. En el lado Oeste y sur una fracción del antiguo Rancho de Santa María, el 6 de octubre de 1881, Don José Landero y Coss adquiere uno de los predios en donde posteriormente se asentara el edificio del Museo Universitario del Chopo.

La secuencia de exposiciones en Europa, en la última fase de la revolución industrial y su correspondiente acción en los Estados Unidos de Norteamérica, estimularon en México a inversionistas que interesaron en promoverlas, de ahí que el 27 de abril de 1900 se constituye la COMPAÑÍA MEXICANA DE EXPOSICIÓN PERMANENTE, S. A: Su registro se lleva a cabo el 15 de Marzo del mismo año a iniciativa y participación mayoritaria de capital del Sr. Don José Landero y Coss. Esta sociedad tendría como finalidad llevar cabo la exposición de toda clase de productos industriales y artísticos, con la participación de exposiciones nacionales y extranjeros, en una búsqueda por consolidar a través de su carácter permanente la integración de México al fenómeno de intercambio comercial y cultural, impulsado por el desarrollo del capitalismo industrial. Solamente que, a diferencia de las europeas, avocadas a la tarea de mostrar lo que sus propios países producían, la Compañía de Exposiciones Permanente, S.A., podría exponer únicamente lo que el libre intercambio comercial del porfiriismo le permitía, debido al limitado desarrollo industrial de México.

El tratar de copiar el patrón de desarrollo mediante importación directa de lo que en Europa acontecía en ese tiempo, aunado a otras dificultades, impidieron dar el uso original al edificio. El concurso de los expositores extranjeros no pudo efectuarse y reveses financieros provocaron la extinción de la compañía el 29 de julio de 1905. La liquidación incluyó en su inventario el edificio de hierro y el terreno en que está construido en la calle Chopo No. 10, absorbiendo capital y posesiones el Sr. Landero y Coss.

Posteriormente, la secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, celebró con el Sr. Landero y Coss, un contrato de arrendamiento en 1909, para instalar en el

“Palacio de Cristal”, como se le denominaba en aquel entonces, el Museo Nacional de Historia Natural.

1.1.4 *Gutenohoffnungshutte*

Los antecedentes del edificio del Chopo, se ubican en la cuenca acerera del Ruhr, en el norte de Alemania se presentaba como uno de los lugares donde la industria del hierro y del acero habían obtenido un preponderante lugar en el desarrollo industrial. Essen, una de sus ciudades más importantes, confirmaba su prestigio al tener en su haber una de las obras más representativas del “Jugendstil” (estilo joven), la fuente elegida para Krupp (apellido de la famosa dinastía de fundidores industriales de Alemania), diseñada por el arquitecto Hermann Obrist. El proyecto se inspira en la planta vegetal para obtener simplificaciones totalmente irreales, determinando formas abstractas



en un puro estilo Art-Nouveau, que en aquel país y en el centro de Europa llamaron “Jugendstil”. La idea de interpretar la naturaleza de una cierta manera, flotaba ya en el espíritu de los constructores Alemanes de la región, deseosos de romper con el pasado y consientes de un deseo de esa naturaleza, no es suficiente para fecundar nuevas formas. De ahí que el “Jugendstil” fue la primera etapa que rompe con las viejas ideas en el diseño arquitectónico que se apoyaba en un repertorio formal heredado del pasado, para conquistar posteriormente la pureza de las formas que los llevaría a la arquitectura racional. Si bien este lugar no fue generador de ideas concernientes a la corriente ideológica renovadora, las posibilidades de fabricación de las instalaciones industriales permitían, con nuevas técnicas, experimentar nuevas concepciones en las estructuras arquitectónicas. En este complejo industrial compuesto por varios edificios aledaños a las minas de carbón, la mina de “Gutenohoffnungshutte” que literalmente significa Mina de Buena Esperanza, es el nombre que aparece inscrito en las viguetas de acero que componen la estructura del Museo del Chopo.

La ciudad de Gelsenkirchener, Essen, matriz de esa red siderúrgica, estaba compuesta por varios edificios aledaños a la explotación de minas de carbón, la fabrica denominada Gelsenkirchener Bergweks A G, decidió ampliar sus instalaciones con varias construcciones encomendadas al arquitecto Paul Knobbe en la localidad de Gelsenkirchener, Essen; realizó su diseño mediante edificios

ordenados alrededor de una plaza de 70 x 70 metros en un estilo que utiliza tabique rojo prensado, típico de la arquitectura del norte de Alemania, enfrente de los hasta ahora sucios patios de minas. La distribución interna de los edificios debería proporcionar a los trabajadores un lugar agradable y con basta luz, características que preludian las construcciones de tipo pabellón de exposición. Estas construcciones se levantaron de 1901 a 1903 y semejaron en su estilo constructivo a los ya existentes neogóticos del Ayuntamiento de Gelsenkirchener en 1894 y al edificio de administración de la Rheinisch-Westfalischen en Essen.

Cuando en 1902 en la gran Instalación Industrial y Exposición de Arte en Dusseldorf, la “Gutenohoffnungshutte” se presentó con una construcción de acero desnudo con mucho vidrio y algo de piedra sin recubrimiento de yeso y en tabique aparente, la Dirección de la CBAG a iniciativa de Emil Kirdorf, decidió construir en este mismo estilo el salón de maquinaria de la mina Zollern que es nada menos que el EDIFICIO GEMELO DEL MUSEO DEL CHOPO. El diseño de Paul Knobbe (22 de abril de 1902) fue edificado mas tarde y la obra le fue encargada al Prof. Dr. Ing. Reynold Knobbe, con la supervisión arquitectónica del Prof. Bruno Möhring de Berlín. En una explanada de 2,500 m² se construyo un pabellón en una novedosa forma alargada igual a la del Museo del Chopo. Para la entrada, Bruno Möhring escogió el estilo original de un “arco uniforme” formando una cruceta de andreas muy novedosa en las construcciones de acero; las torres y los otros detalles con bandas metálicas las concibió bajo la influencia de las construcciones del arquitecto parisino Héctor Guimard. En el pabellón instaló la primera máquina transportadora eléctrica del mundo, la firma Siemens y Halske, además de un tablero conmutador de aproximadamente 20 metros de largo, con tres diferentes mármoles e incrustaciones de bronce, diseñado por Bruno Möhring.

El salón de maquinas de la mina Zollern y el Palacio de Cristal, proceden de la misma cuna y están formados del mismo acero alemán. Su diseño, característico Jugendstil, que en México se le conoce como Art-Nouveau. Título venido directamente de Francia, motivado por la influencia directa que ese país ejercía entre nosotros, tuvo a un nivel mundial varias connotaciones diferentes y variadas a pesar de su corta duración en la vida de las artes. De Francia y Alemania ya conocemos su nombre; “Modern Stile” se llamó en Inglaterra. “Stile Liberty” o “Arte Joven”, sin tener en cuenta una modificación local posterior debida a su más grande representante, el arquitecto español Antonio Gaudí, estilo que con el tiempo recibió su nombre.

El paralelismo llevado en la historia de los dos edificios, nos ha permitido esclarecer el lugar de fabricación de las vigas, perfiles y viguetas que forman su estructura, lugar de procedencia y nombres de los técnico que proyectaron, construyeron y supervisaron el Salón de Maquinaria de la mina Zollern, sin embargo, en el caso del edificio del Museo Chopo, los datos son más vagos; se sabe que en México fue armado por el ingeniero Luis Bacmeister gracias a la información de la señorita María Luisa Bacmeister, y que fue ayudado por el

ingeniero Aurelio Ruelas y el arquitecto Hugo Dorner, socios del mismo despacho que realizó, entre otras obras, el Palacio de Cristal.

1.1.5 El Pabellón Japonés

El Gobierno de Japón accedió al llamado a última hora, acordó participar y envió una delegación a pormenorizar los detalles. Se desconoce si por el retraso en el acuerdo de la participación del Gobierno Japonés, la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes no tuvo locales para dar digna acogida a todos los países participantes y se vio en la necesidad de utilizar temporalmente el Palacio de Cristal, sobre todo cuando constatamos que quien selecciona las sedes para los participantes extranjeros, y quien firma los contratos de, arrendamiento para edificios de uso público es la misma persona, el Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes, Don Justo Sierra.

En el edificio comprometido para alojar el Museo de Historia Natural, el Gobierno de Japón procedió a montar una Exposición de Arte Industrial, por lo que se conoció popularmente como “El Pabellón Japonés”.



El Pabellón japonés. Fotografía Archivo Casasola. INAH.

El dos de septiembre de 1910 en presencia del embajador de ese país en México, Sr. Kuma Horigoutchi y la Sra. Carmen Romero Rubio de Díaz, su esposa, el Presidente de la República, General Porfirio Díaz, inaugura la exposición japonesa. El Diario “El Imparcial” del 2 de septiembre de 1910 informa con entusiasmo los pormenores de ese acontecimiento.

Desde que se supo que una compañía japonesa, seria y formal, deseosa de contribuir a la celebración del Centenario de nuestra Independencia, ultimaba los preparativos para presentar en una exposición todos los productos de la industria que cultiva en grande escala el pueblo nipón, se presentó el curioso entusiasmo por ese certamen.

La exposición resultó de gran relieve, enmarcada en los pabellones del futuro Museo del Chopo, sus espacios amplios y funcionales fueron inteligentemente aprovechados por los organizadores, quienes lo convirtieron en un sitio que ostentaba derroche de colores. Se trató de una gran exposición de artesanías orientales diseminadas a lo largo y ancho del interior del edificio, y sobre todo

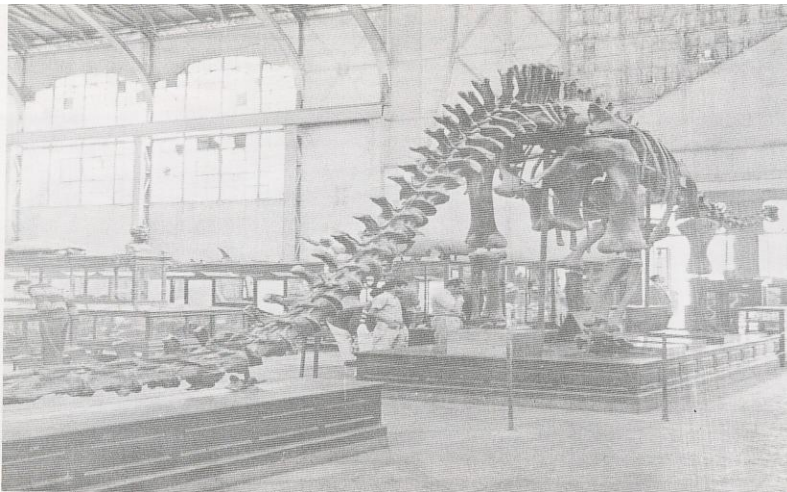
hacia lo alto, al haber colocado banderas del Japón con su típico sol congestionado en un campo blanco, alternando con banderas mexicanas y esto enmarcado por estandartes de caligrafía japonesa que le daban casi un carácter de diseño abstracto. El aprovechamiento de esa sala destinada a usos múltiples estaba logrado en toda su dimensión.

Exactamente dos años después de la fastuosa inauguración, el 2 de septiembre de 1912, fallecía Don José Ladero y Coss quien pudo presenciar al menos una de las muestras industriales que el Palacio de Cristal estaba destinado a recibir. La propiedad pasa a manos de su familia.

1.1.6 El Museo de Historia Natural

El Museo de Historia Natural fue concebido como una institución para el desarrollo de la sociedad, a la que provee de conocimiento mediante la exhibición de los objetos y materiales documentales que dan testimonio del origen y la evolución humana.

Su inauguración como Museo Nacional de Historia Natural tuvo lugar el 1 de diciembre de 1913, en un acto presidido por el ministro de Instrucción Pública, licenciado Nemesio García Naranjo, el rector de la Universidad de México, profesor Ezequiel A. Chávez, y el director del museo, doctor Jesús Díaz de León.



Reproducción del esqueleto del DIPLODOCUS DINOSAURIO JURASICO donado por la viuda de Andrew Carnegie en 1926. Fotografía Carlos López Campos.

El museo cuenta con departamentos de taxidermia, de imprenta y de carpintería al servicio de las colecciones expuestas, compuestas por animales disecados, insectos, zoófitos y piezas de química mineralógica.

El Departamento de Historia Natural tuvo siempre una mención

especial, pues fue considerado uno de los más importantes; cuando el General Díaz llevó su acción inteligente al desarrollo de la Arqueología, Etnografía e Historia Natural en el país, las colecciones de esta última rama eran tan numerosas que sobrepasan los 99 mil ejemplares. Desde su fundación, la necesidad de trasladar el acervo del Museo de Historia Natural a un edificio nuevo y de suficiente amplitud, se hace más evidente al incorporar al acervo de la Comisión Geodésica de Tacubaya y las colecciones privadas.

Para esta época la cantidad de ejemplares existentes era de tal magnitud, que el ministerio de Fomento determino enviar de manera metódica grandes remesas a todos los Estados de la República y a las instituciones científicas de los mismos, con el fin de que sirvieran de base para la formación de museos especiales. La decisión del Gobierno de la República de trasladar las colecciones museográficas a su nueva sede era ya definitiva; pero la necesidad de locales para acoger la participación de los diversos países invitados a las Fiestas del Centenario de nuestra Independencia, motivó que provisionalmente se instalara la exposición japonesa, que en decisión de última hora acordó participar en los festejos.

En 1915, se reestructura el Museo bajo la dirección del Dr. Alfonso L. Herrera, Director de Estudios Biológicos de la Secretaría de Agricultura y Fomento. Para su funcionamiento el Museo contaba entonces con un departamento de taxidermia, un departamento de imprenta y otro de carpintería al servicio de las colecciones expuestas: animales disecados, colección de insectos y zoófitos y una sección de química mineralógica.

Durante el constitucionalismo, el Museo Nacional de Historia Natural es reorganizado en 1916 por el Ing. Pastor Rouaix, Secretario de Fomento. La guía aconsejaba al público que posteriormente a un recorrido general, se realizasen visitas particulares para enterarse de los detalles. “El Museo estaba dividido en cuatro secciones principales: Botánica, Zoología, Biología, Mineralogía y Geología”.

Hacia el año de 1923, el Museo del Chopo se encontraba entre los mejores museos de la Ciudad de México; recibía diariamente cerca de 1200 personas, constituyéndose en una escuela práctica donde el público aprendió a conocer los ejemplares perfectamente clasificados de acuerdo a su origen, vida, evolución y características específicas.

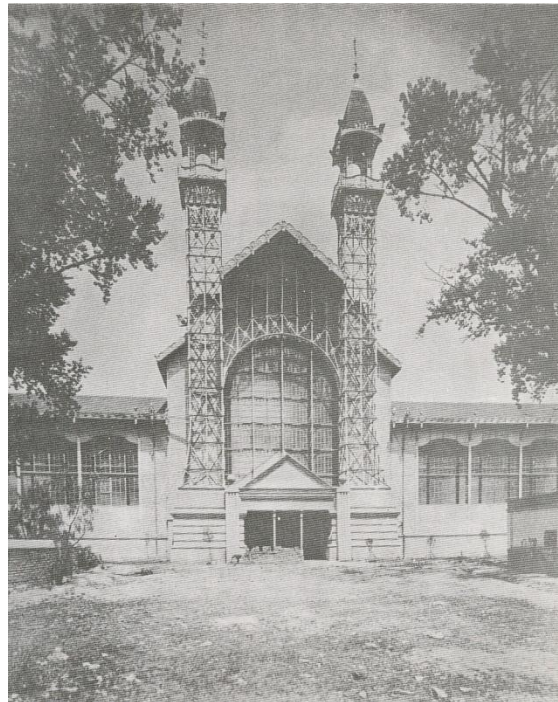
El Museo del Chopo, a pesar de no haber sido proyectado para Museo Nacional de Historia Natural, cumplía cabalmente la función que la educación científica y técnica le había conferido. La flexibilidad de usos, propia de la estructura de hierro del edificio, así como su distribución espacial a manera de pabellón, hicieron posible que éste se adecuara a las necesidades del nuevo museo, como anteriormente se había adaptado a los requerimientos de la exposición japonesa. El edificio con suficiente luz y ventilación respondía a su finalidad, y el concepto museográfico del “cómo exponer” estaba resuelto mediante vitrinas. Los elementos de las vitrinas fueron realizados de acero fundido tipo “tumba”, cuya fabricación se llevó a cabo en “Builders Foundry” de la ciudad de Filadelfia, en lo que respecta a las vitrinas grandes. Las pequeñas, de tipo vertical, formadas por bases de acero prefabricado y estructura superior de madera de encino, no aparentan venir de la misma fábrica, debido a que al adquirirlas, el contrato de

compra, debió hacerse a través de un agente de ventas de cualquier lugar de Estados Unidos, pues era la forma eficaz de comercializarlas.

El museo llegó a contar con ejemplares muy valiosos, muchos de los cuales se perdieron, según lo relata su último director, el Mtro. En Ciencias Liborio Martínez, en una entrevista realizada por el suscritos en el año de 1975, comentando además que a principios del siglo, al ser descubierto en Rusia un mamut, conservado bajo las nieves perpetuas, los investigadores que participaron en el hallazgo donaron al Museo del Chopo ejemplares de piel, estómago y músculos en perfecto estado de conservación. Esto nos muestra la relevancia del Museo nacional de Historia Natural una reproducción del Diplodocus Dinosaurio Jurásico, y en ese mismo año, los restos fósiles del esqueleto del Elefante Imperial del Valle de México, descubierto en la carretera de Puebla, incrementaron este rubro.

1.1.7 Cronología

1881 El rancho Santa María se fracciona, sus terrenos dan lugar a la Colonia del mismo nombre. El seis de octubre, Don José de Landero y Coss adquiere uno de los predios en donde se asentará el edificio del actual Museo Universitario del Chopo.



1900 El 27 de abril se constituye la compañía Mexicana de Exposiciones Permanente, S. A. que tiene como finalidad montar exposiciones industriales.

- 1903-1905 Los ingenieros Luis Bacmeister, Ruelas y Dorner levantan el edificio de hierro, tabique prensado y cristal, en el predio de Don José de Landero y Coss. Su estructura es de procedencia alemana, hecha por la firma Gutenohoffnungshutte la Cuenca del Ruhr, su estilo es Art Nouveau. En forma popular se le conoce como “El Palacio de Cristal”.
- 1905 El 29 de julio se liquida la Compañía Mexicana de Exposiciones Permanentes, S. A. Dicha liquidación incluye en su inventario el edificio de hierro y el terreno en el que está construido en la Calle del Chopo No. 10. Permanece como propiedad de José de Landero y Coss.
- 1909 La secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes celebra con el propietario del Palacio de Cristal, un contrato de arrendamiento de la construcción y el terreno circundante, con opción a compra dentro del periodo de arrendamiento.
El museo de Arqueología, Historia y Etnología se divide en dos instituciones independientes: El Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología que permanece en el antiguo edificio anexo al Palacio Nacional y el Museo Nacional de Historia Natural que será trasladado al Palacio de Cristal.
- 1910 Las fiestas del Centenario de la Independencia requieren locales, por lo que la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes cede temporalmente el inmueble a la delegación japonesa para montar una exposición de arte industrial.
- 1910 El 2 de septiembre inaugura la exposición japonesa el Presidente de México, General Porfirio Díaz y el Sr. Kuma Horigoutchi, representante diplomático del Japón.
- 1912 El 2 de septiembre muere Don José de Landero y Coss, la propiedad pasa a manos de su familia, funge como albacea José Manuel de Landero y García Granados.
- 1913 El 1º de diciembre inaugura el Museo Nacional de Historia Natural el Ministro de Instrucción Pública, Lic. Nemesio García Naranjo; el Prof. Ezequiel A. Chávez; Rector de la Universidad de México y el Director del Museo, Dr. Jesús Díaz de León.
El museo cuenta entonces con un departamento de taxidermia, uno de imprenta y otro de carpintería al servicio de las colecciones expuestas; animales disecados, colección de insectos y zoófitos y una sección de química mineralógica.
- 1915 Se reorganiza el museo de Historia Natural bajo la dirección del Prof. Alfonso L. Herrera, Director de Estudios Biológicos de la Secretaría de Agricultura y Fomento; el Subsecretario de Fomento es el Ing. Pastor Rouaix.
- 1917 El 13 de abril el gobierno carrancista decretó la desaparición de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes, el museo pasa a

- dependen de la Dirección General de Estudios Biológicos, bajo la responsabilidad de Agricultura y Fomento.
- 1921 El 2 de mayo el Gobierno Federal adquiere en propiedad el edificio mediante escritura de permuta celebrada con la sucesión testamentaria de Don José de Landero y Coss. Permuta que no procedió por llegar a un acuerdo con el Presidente de la República y que dio origen a un largo litigio.
José Vasconcelos, como Rector de la Universidad de México, promueve la iniciativa de volver a organizar la Secretaría de Educación.
El 28 de septiembre el Presidente Álvaro Obregón envía la iniciativa al Congreso y se crea por decreto la Secretaría de Educación Pública.
- 1926 La viuda de Andrew Carnegie dona al Museo Nacional de Historia Natural una reproducción del Diplodocus, dinosaurio jurásico. Se exhibe también el esqueleto del Elefante Imperial del Valle de México, descubierto en la carretera de Puebla.
- 1929 El 22 de julio, por la adjudicación de la Ley Orgánica de Autonomía, la Dirección de Estudios Biológicos de la cual dependía el museo, pasa a formar parte de la UNAM con el nombre de Instituto de Biología.
El 15 de octubre se lleva a cabo el acta de entrega del Museo Nacional de Historia Natural al Patrimonio Universitario.
- 1930 La calle del Chopo donde se ubicaba el museo cambia su nombre por el de Dr. Enrique González Martínez.
- 1950 El museo se encuentra en decadencia y sus colecciones muestran gran deterioro.
- 1964 El museo se clausura. Su colección posteriormente se dispersa entre: El Museo de Historia Natural que SOCICULTUR del D. D. F. instala en la nueva sección del Bosque de Chapultepec; El Museo de Geología; El Museo de las Culturas; La ENEP Iztacala y La Escuela Nacional Preparatoria No. 9.
El edificio del Museo del Chopo permanece como patrimonio de la UNAM.
- 1970 Se contemplan varias opiniones sobre el destino del edificio, la más extrema llegó a proponer su demolición o su venta como chatarra.
- 1972 El 6 de mayo es aprobada la nueva Ley de Monumentos, el Palacio de Cristal por sus características artísticas, relevantes, queda protegido por esta legislación.
- 1973 La Dirección General de Difusión Cultural, cuyo titular era el Lic. Diego Valadés, se propone ampliar los beneficios de la difusión de la cultura a la comunidad y promueve la restauración del edificio para convertirlo en un centro cultural.
En cumplimiento de la nueva Ley de Monumentos, la UNAM solicita la intervención del INBA. El proyecto de restauración fue

encomendado al Arq. Flavio Salamanca G., entonces Jefe del Departamento de Arquitectura del INBA.

La restauración y la remodelación interna fue realizada por la Dirección General de Proyectos, Obas y Conservación de la UNAM. Se restaura la nave principal, se construye un anexo en la parte posterior del edificio.

Son responsables de la remodelación; el Ing. Francisco de Palo, titular de la dependencia; el Arq. Salvador Covarrubias, Subdirector de Proyectos y el Ing. Francisco Aguirre, Subdirector de Obras.

- 1975 El día 25 de noviembre es inaugurado el Museo Universitario del Chopo por el Rector de la UNAM, Dr. Guillermo Soberón Acevedo, en compañía del Lic. Diego Valadés, impulsor del proyecto. Pasa a ser, junto con El Palacio de Minería y La Casa del Lago, uno de los centros que la Dirección General de Difusión Cultural de la UNAM pone al servicio de la comunidad. El Museo Universitario del Chopo, depende del Departamento de Museos y Galerías a cargo de la escultora Helen Escobedo. La escritora Elena Urrutia es nombrada Coordinadora de las actividades del museo e inicia sus actividades con la elaboración del catálogo Museo Universitario del Chopo con una breve historia del edificio hasta su remodelación. El diseño es de Vicente Rojo y lo publica la Dirección General de Difusión Cultural/UNAM. Se organizan las primeras representaciones teatrales, exposiciones de artes y de ciencias, conferencias y mesas redondas.
- 1976 El Licenciado Rodolfo Rivera González, es nombrado Coordinador de las actividades del museo, como tal organiza la exposición “80 años de cine en México” para conmemorar el 15 aniversario de la Filmoteca de la UNAM.
- 1977 Se publica el catálogo: Ochenta años de cine en México, de Aurelio de los Reyes, David Ramón, María Luisa Amador y Rodolfo Rivera, (No. 2 Serie Imágenes, Dirección General de Difusión Cultural, UNAM, 1977). El Lic. Hugo Gutiérrez Vega es nombrado Director General de Difusión Cultural y Subdirección General, el Maestro Fernando Curiel Defossé. El 11 de mayo se inician las actividades regulares del Cinematógrafo del Chopo.
- 1978 Se desmonta la exposición “80 años de cine en México”.
- 1979 A cargo del museo se encuentra el señor Guillermo Castro y la museógrafa Lourdes Monges quien desde ese año es responsable de la museografía del mismo. La escritora Ángeles Mastretta es nombrada Directora del Museo. Se crean actividades para niños: cursos de verano, talleres, funciones de teatro, marionetas, teatro guiñol y cine.

- Se suman programas que rescatan las manifestaciones populares de la cultura. Se inician las actividades de solidaridad.
El programa de radio KIOSCO, inicia su transmisiones en vivo los domingos desde el museo, producido por Radio Educación hasta 1984.
- 1980 Los sábados de octubre se instala, en la nave central, el “Tianguis del Chopo”. Intercambio de discos, fotografías, carteles y revistas relacionados con la música. Posteriormente se instala en la vía pública.
- 1982 Se realiza una nueva remodelación del interior del edificio. La lleva a cabo la Subdirección de Obras a cargo del Arq. Manuel Meza.
El Arq. Ignacio Solís crea el proyecto: sin modificar el edificio original y mediante una estructura desatornillable, se construye un foro con graderías, camerinos, salones para talleres y un mezzanine con una galería y oficinas. El piso es revestido de madera para mejorar la acústica. La nave central queda despejada para usos múltiples.
El museo forma parte del basto programa de descentralización cultural que la Universidad se propone con la rehabilitación de la Casa del Lago, las actividades de difusión que se realizan en El Palacio de Minería y El Palacio de Medicina y la restauración del antiguo edificio de La Escuela Nacional Preparatoria que forman una red de centros en donde las actividades de extensión cultural se suman a las actividades académicas.
- 1983 El 26 de febrero reinaugura el museo el Rector de la UNAM, Dr. Octavio Rivero Serrano.
Del 26 de febrero al 20 de marzo se realizan las Jornadas de reapertura: espectáculos de poesía, exposiciones, conciertos, conferencias, concursos y reiniciación de talleres.
El pintor Arnold Belkin es nombrado Director del museo en el mes de agosto.
Se enriquecen las actividades de artes plásticas. Se inicia el programa de radio “Domingo en el Chopo”, transmitido en vivo, desde el foro del Dinosaurio a través de la frecuencia de Radio UNAM hasta junio de 1987.
El 29 de febrero se inaugura la Librería Marginalia.
Se continúan las actividades de solidaridad, los talleres libres, las conferencias, mesas redondas, los conciertos y las programaciones de cine y teatro.
- 1985 El Dr. Jorge Carpizo es elegido Rector de la UNAM.
La escritora Elva Macás es nombrada Directora del Museo Universitario del Chopo.
El museo marca un equilibrio de las diferentes manifestaciones artísticas y culturales en su programación.
Se incrementan y sistematizan las actividades que son una tradición en la comunidad: actividades literarias, conciertos de rock,

- teatro para niños y adultos, conciertos y audiciones de danza, cine, exposiciones de artes visuales, impartición de talleres libres y actividades de solidaridad.
- 1986 El 3 de marzo la Dirección General de Difusión Cultural y la Coordinación de Extensión Universitaria se fusionan en la Coordinación de Difusión Cultural. Su titular es el Maestro Fernando Curiel Defossé.
El Museo Universitario del Chopo pasa a depender de la Secretaría Técnica A, a cargo del Licenciado Edgardo Benítez Celada, responsable de la programación de los centros de difusión cultural de esta Dependencia.
- 1988 El 20 de octubre se inaugura la exposición gráfica Historia del Museo Universitario del Chopo. Se publica el catálogo del mismo nombre, coeditado por la Coordinación de Difusión Cultural, Ediciones Toledo y el D. D. F.
- 1998 Una de las metas sustanciales de estuvo orientada a seguir afianzando aún más el compromiso que el Museo Universitario del Chopo tiene con la comunidad universitaria dentro del programa global de actividades.

Para ello se continuó haciendo uso del Foro del Dinosaurio, en donde diversos grupos artísticos y facultades de la UNAM realizaron sus proyectos culturales. Por otro lado, periódicamente se atendió a los diferentes planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades, la Escuela Nacional Preparatoria y la Escuela Nacional de Música.

Como en años anteriores, se programaron visitas guiadas para estudiantes universitarios del nivel medio superior.

Nuestra disposición es que los universitarios comprueben que como vehículo de acceso a la cultura, el Museo es realmente un espacio idóneo, abierto a diversas manifestaciones artísticas.
- 2003 El Museo Universitario del Chopo cumplió cien años. Por ese motivo, buena parte del programa cultural del año se dedicó a conmemorar el centenario.
- 2005 El Museo fue cerrado en octubre de 2005 para ser intervenido integralmente de acuerdo con el proyecto realizado por el arquitecto Enrique Norten, que contempla modernizar y acondicionar sus diferentes espacios para el óptimo funcionamiento como un espacio dedicado al arte contemporáneo.

2006-2007 Entre 2006 y 2007 El Museo Universitario del Chopo renueva su edificio para dar continuidad a su proyecto artístico y seguir contribuyendo al cumplimiento de una de las nuevas tareas fundamentales de la Universidad Nacional Autónoma de México: Extender los beneficios de la cultura a sectores más amplios de la población mediante la promoción y difusión del arte contemporáneo.

CAPÍTULO 2
PROYECTO

II.- PROYECTO

II.1 DESCRIPCIÓN

En el 2006, el Gobierno Federal, a través del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, (CONACULTA) firmó un convenio de colaboración especial con el *Gobierno del Distrito Federal* y la UNAM para la remodelación y ampliación del edificio sede del Museo Universitario del Chopo, con una inversión de un poco más de 80 millones de pesos, que fue firmado en su momento por los funcionarios:

Sari Bermúdez, Presidenta de CONACULTA; Enrique Semo, Secretario de Cultura del Gobierno del Distrito Federal, y Gerardo Estrada, Coordinador de Difusión Cultural de la UNAM.

El proyecto quedó a cargo del arquitecto mexicano Enrique Norten, ha sido enfocado a adecuar la infraestructura de este inmueble histórico con el fin de modernizar sus espacios de servicios a las necesidades conceptuales y tecnológicas del arte actual. El museo formará parte del corredor cultural, conformado por los recintos de la Academia de San Carlos, el Instituto Nacional de Geología, y próximamente el Centro Cultural de Tlatelolco y la nueva Biblioteca de México José Vasconcelos.



El proyecto representa uno de los aspectos prioritarios en el desarrollo de la ciudad, porque renueva la tradición de nuestro legado arquitectónico. Con esta renovación, el ayer y el hoy se reunirán para beneplácito de las nuevas generaciones, además de dar un impulso cultural a esta zona que se unirá al corredor artístico resultado de la reactivación del Centro Histórico.

II.1.1 Descripción de la Nueva Estructura

Con base en el proyecto arquitectónico, la remodelación del edificio consiste en la construcción de una nueva estructura en el interior de la existente, la cual constará con dos sótanos (subestructura), planta baja y tres niveles (superestructura).

En el nuevo proyecto se combinarán las nuevas tecnologías y materiales en la edificación, con la ampliación de sus espacios, para brindar una mayor funcionalidad y comodidad a los usuarios.

La superestructura del edificio, se resolverá mediante columnas y trabes de concreto reforzado formando marcos, en tanto que los sistemas de piso se resolverán mediante losas de concreto reforzado y armaduras de acero. Ver Figura II.1.

II.1.2 Subestructura

La subestructura está resuelta por un cajón de cimentación para alojar 2 sótanos, con una profundidad máxima de excavación de 8 m. Los muros perimetrales del cajón son tipo Milán de 80 cm de espesor, fueron desplantados a 14 m de profundidad con respecto al 0 arquitectónico -ver capítulo 3-, la estructuración en el interior es de concreto reforzado con losas macizas planas, la losa tapa tiene un peralte de 60 cm y la de fondo de 120 cm. El muro Milán perimetral es un elemento definitivo, ya no hay muro de acompañamiento.

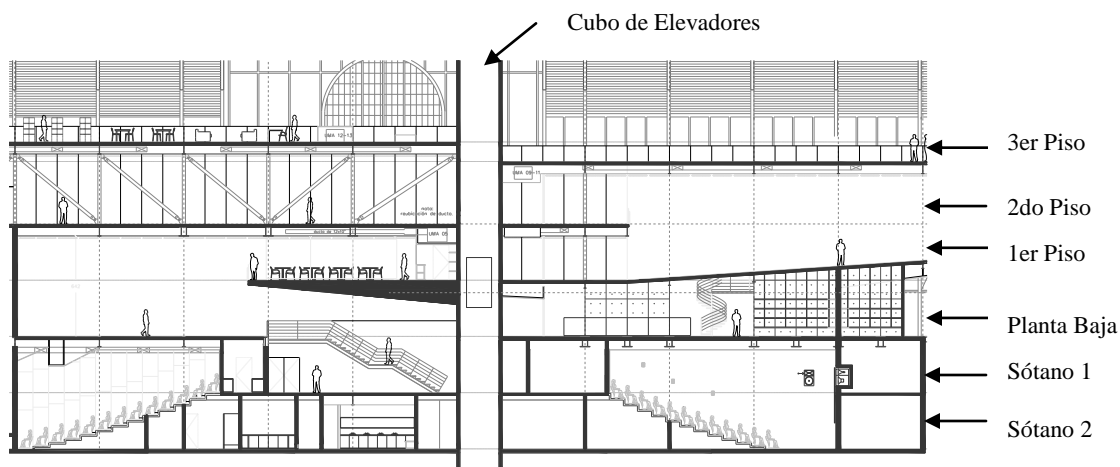


Figura II.1: Corte Arquitectónico en elevación

Sótano 2 (Nivel -6.70)

En la parte norte de este nivel está el auditorio, con un amplio escenario en la parte frontal el cual se podrá ver de norte a sur, se tienen también una área de vestidores y 2 salas de maquillaje en la parte inferior del graderío, así como una área de baños para hombres y mujeres, con regaderas y que se conectarán al escenario por un sistema de pasillos desde la parte central, hacia el escenario en el lado sur. En el lado norte se encuentra la sala de cine, y en la parte central se encontrará una zona de baños. Se podrá acceder a este nivel por medio de la zona de elevadores ubicada en la parte central de esta planta, así como por la zona de escaleras que se encontrará en la parte oeste. (Figura II.2).

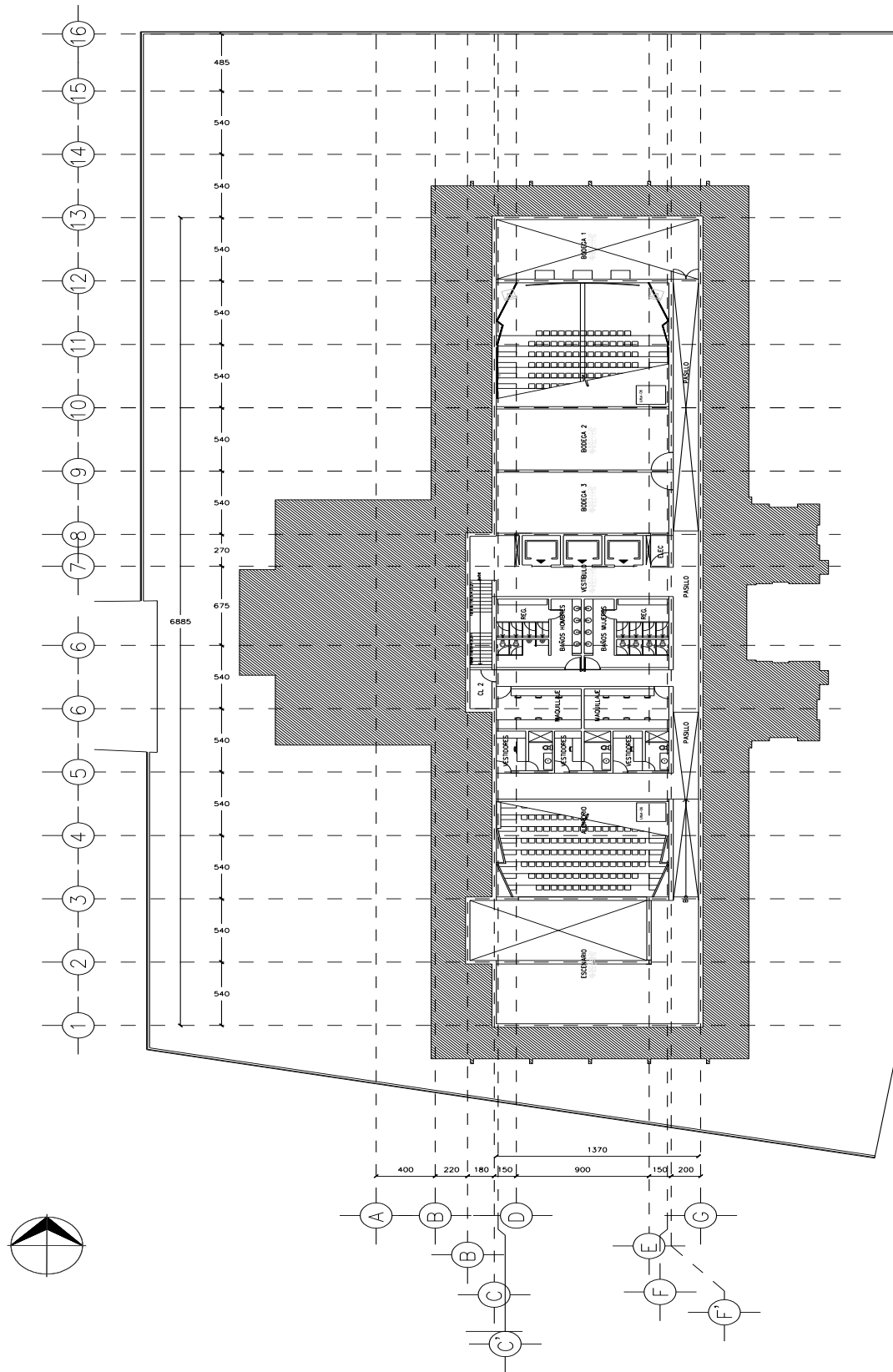


Figura II.2: Planta Arquitectónica de Sótano 2

Sótano 1 (Nivel -3.20)

A este nivel queda la parte alta de las gradas del auditorio y de la sala de cine, las cuales descienden de la parte central, al nivel -7.20 en las partes norte y sur de la planta. Aquí también encontraremos del lado norte una bodega, y en la parte alta de las gradas de la sala de cine encontraremos la cabina, y los baños tanto de hombres como de mujeres. En la zona central se encontrará un vestíbulo, en el cual del lado norte quedarán los tres elevadores, y del lado del Auditorio quedará una cabina en la parte alta de las gradas. Dirigiéndonos desde el centro hacia el oeste de la planta, encontraremos las escaleras que nos permitirán movernos a los niveles tanto superior como inferior, así como una amplia bodega que es localizada también en esta zona. (Figura II.3).

Planta Baja (Nivel 0.00)

En este nivel, se encuentra la entrada al Museo, aquí se podrá apreciar una sala amplia de exhibición abierta al público, que recorrerá desde la parte central hasta en extremo sur, en contraparte en el extremo norte, se encontrará un patio de maniobras en donde podrán descargar los camiones los cuales traerán el material de las exposiciones, almacenes, tienda, por lo que es necesaria dicha zona de carga y descarga; junto a esta zona de la planta, ya dentro de la vieja estructura, se encontrarán dos oficinas, una de curaduría y una de museografía, además de una tienda y una librería, de ahí hacia la parte central, se encontrarán nuevamente el cubo de elevadores del inmueble. Del lado oeste, encontraremos las escaleras, las cuales serán un auxiliar de los elevadores que permitirán subir o bajar de los niveles superiores e inferiores. (Figura II.4)

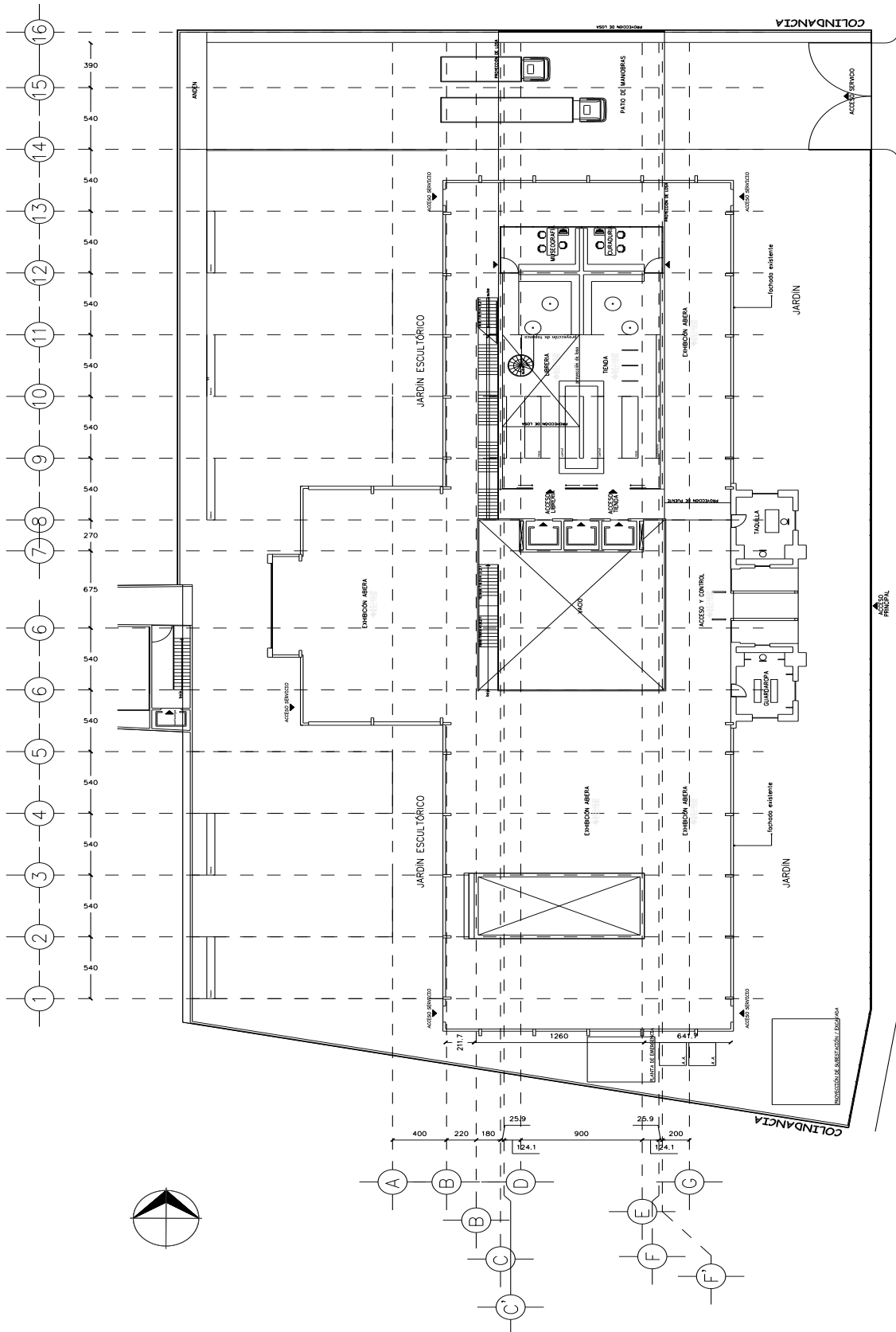


Figura II.4: Plano Arquitectónico de Planta Baja

II.1.3 Superestructura

Para la superestructura, se manejan tres niveles superiores al nivel de la entrada, en donde se tendrá acceso a estas novedosas instalaciones del museo. El edificio es estructurado por medio de una gran armadura hecha a base de perfiles de acero de dimensiones y secciones variadas, y los entresijos serán a base de losas macizas de concreto armado, así como de losas aligeradas. Los muros estructurales son de concreto armado, en algunos casos de acabado aparente, los muros divisorios son de block de concreto recubiertos con diferentes materiales. Estéticamente se tendrán recubrimientos de cristal, los cuales darán un diseño vanguardista.

1er Piso (Nivel 3.60)

En la parte central de esta planta, se localiza la cafetería una sala las que cuentan con una estructuración en forma de cantilever, con escaleras autónomas que subirán desde la planta baja, en el extremo sur, además de las escaleras principales que continúan su recorrido ascendente en la parte oeste de la planta, cerca de la zona de elevadores en la parte central, tendremos el mostrador y la bodega de la cafetería. En la parte norte, encontramos una zona de exhibición B, la cual recorre una amplia área desde el centro, hasta el lado norte por arriba del patio de maniobras, en este lugar se encuentra también una zona de lecturas la cual tendrá una vista en balcón con escaleras de caracol para poder bajar a la planta baja. (Figura II.5)

2do. Piso (Nivel 7.20)

Se ubica del lado sur una amplia zona de exhibición hasta la parte central donde se encuentran ubicados los elevadores con un vestíbulo en su parte frontal con vista hacia el lado norte y en esta dirección localizamos una sala mas de exhibición, la cual tiene una pequeña pendiente ascendente del 7%, y que remata nuevamente en una plancha horizontal en su extremo, ya en la parte que quedará fuera de la estructura existente. (Figura II.6)

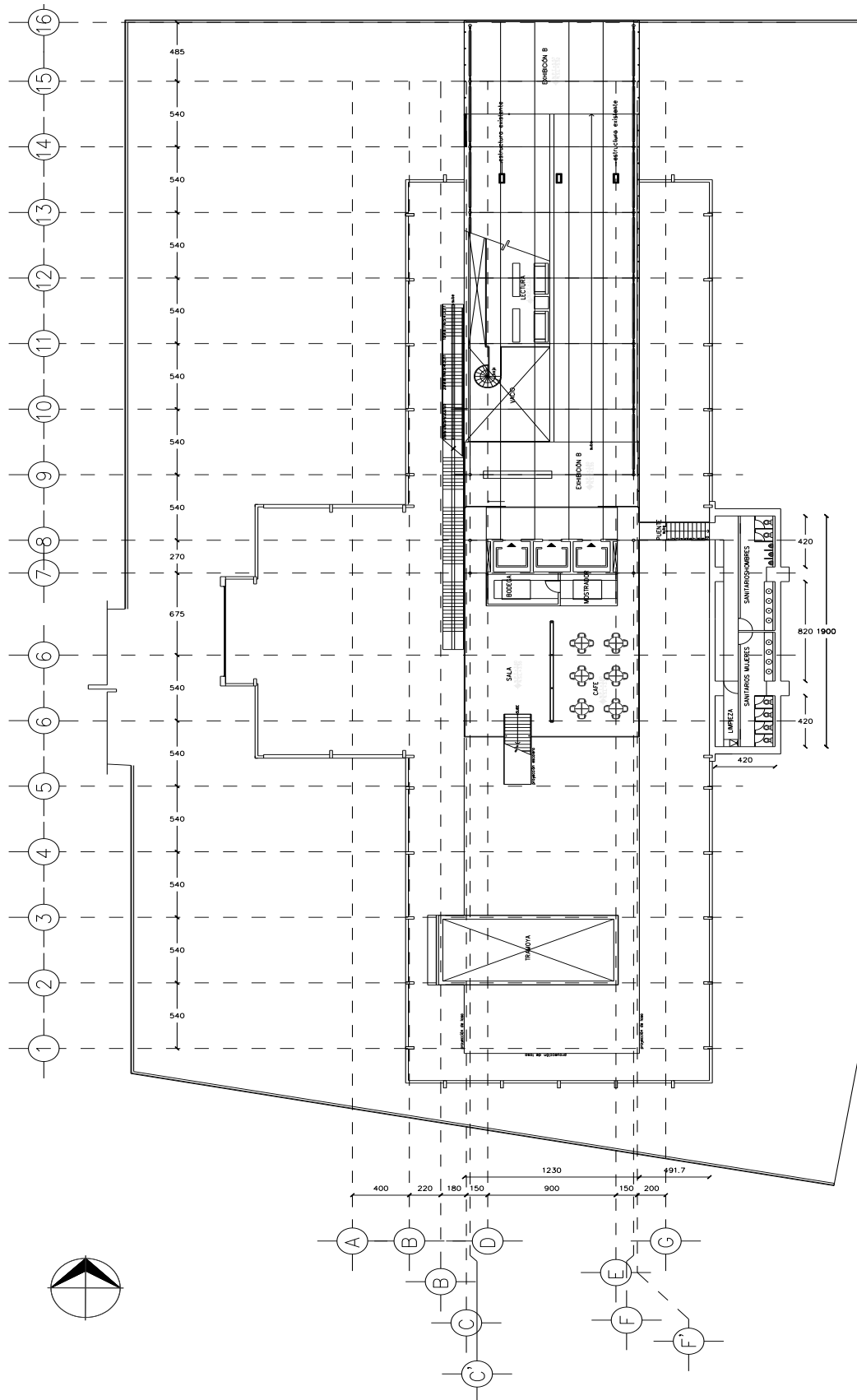


Figura II.5: Planta Arquitectónica de Primer Piso

3er. Piso (Nivel 12.00)

En este nivel se encontrará en el extremo sur una mediateca, para tener acceso, debemos cruzar por el interior de la biblioteca, la cual se encontrara hacia el centro de la planta, y que llegará a una zona de consulta y posteriormente el registro para acceder a ella, frente a este se ubica el área de elevadores y en la zona norte se localiza un área de exhibiciones E, la cual culmina con esta serie de salas novedosas con las que contará este museo, y al final una terraza al aire libre ya por el extremo norte que sobresale del museo. (Figura II.7)

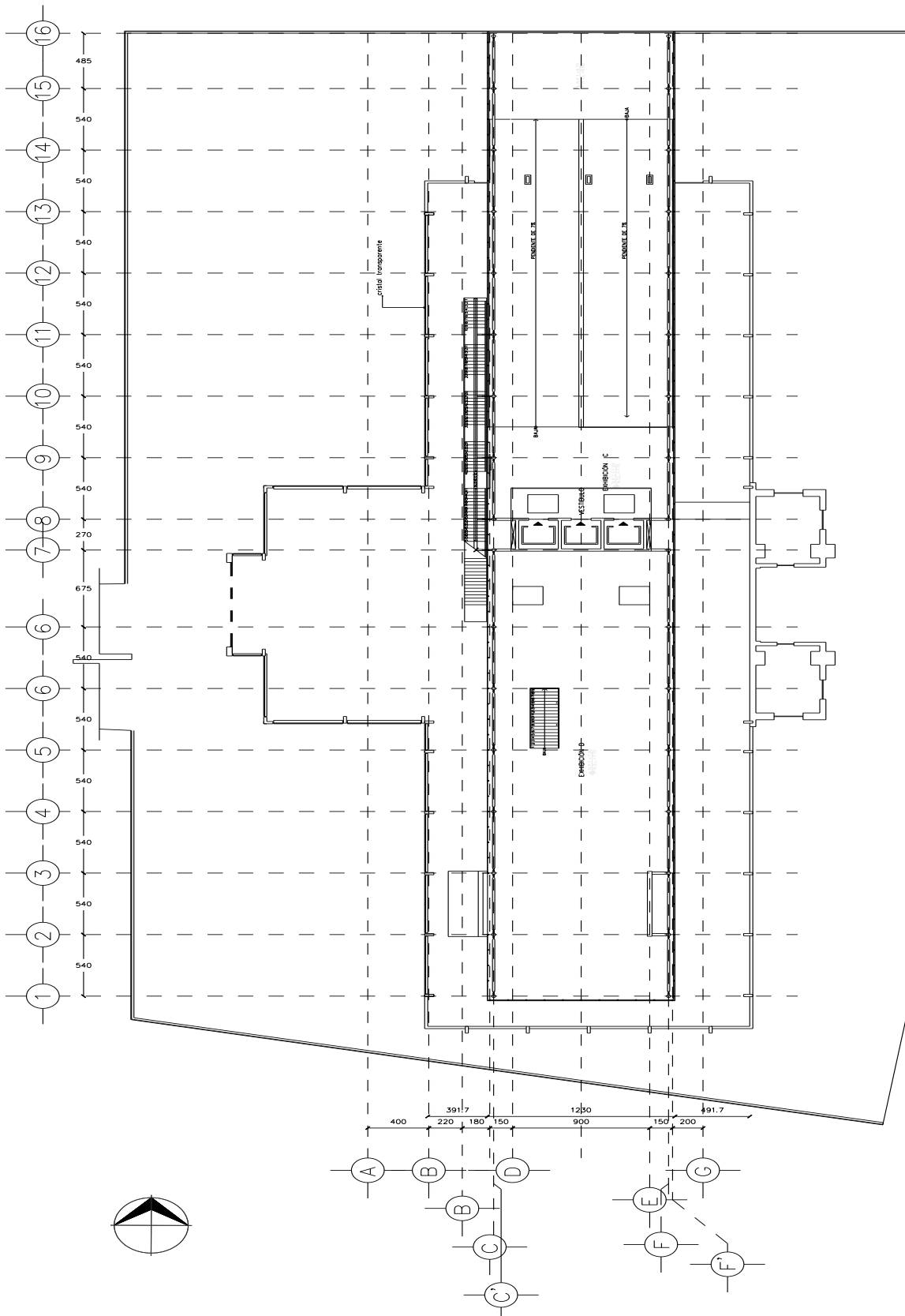


Figura II.6: Planta Arquitectónica de Segundo Piso

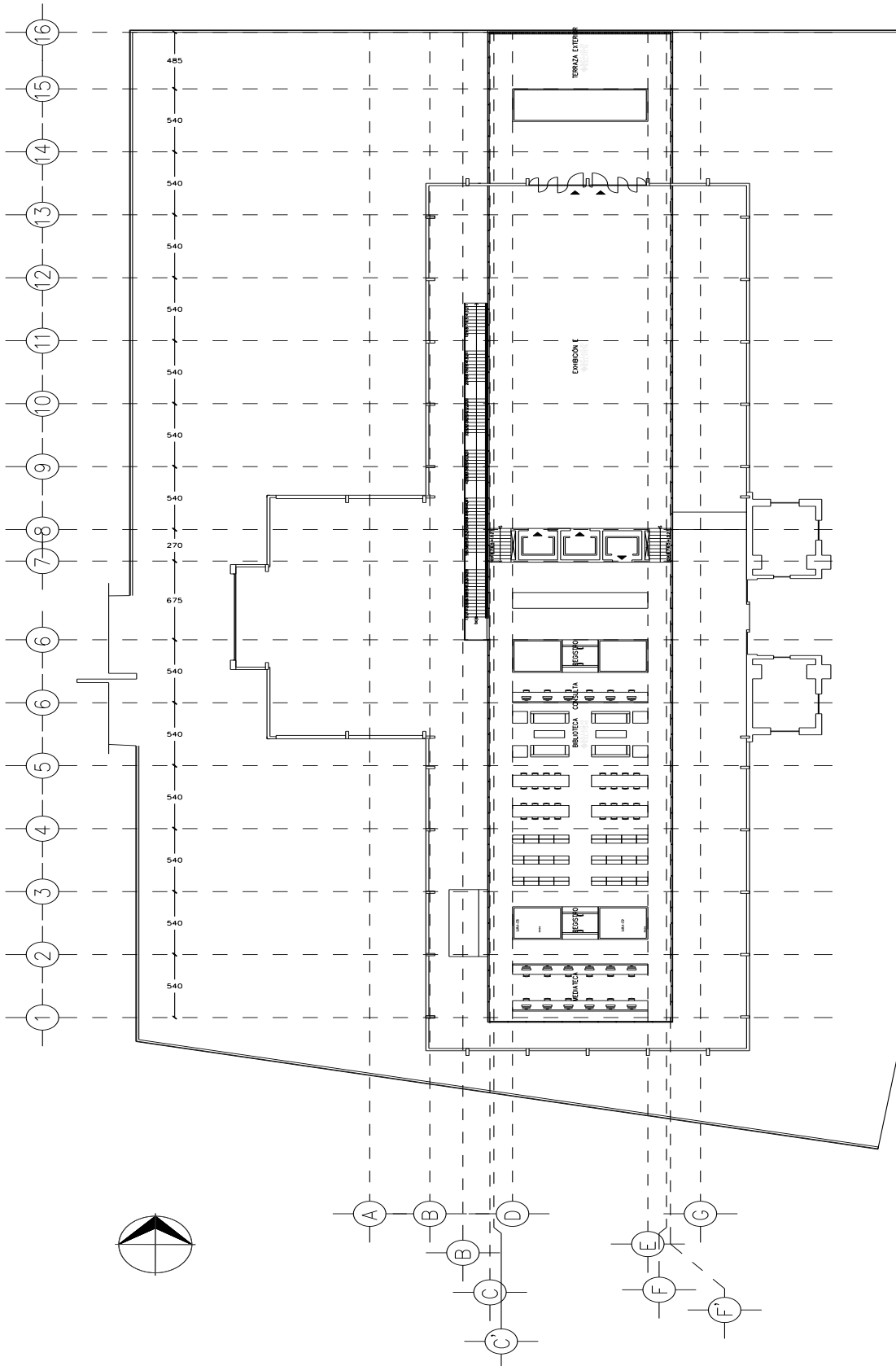


Figura II.7: Planta Arquitectónica de Tercer Piso

En resumen podemos decir que dicho proyecto es muy ambicioso, ya que se ocupará la antigua estructura Histórica del Museo del Chopo y se utilizará como cubierta de la nueva serie de galerías en su interior, rescatando cada espacio disponible siendo un símbolo de eficiencia en cuanto a las ambiciones constructivas y arquitectónicas; ya que en este edificio se combinarán varios factores muy importantes como lo son la funcionalidad integral, pero no sacrificando la estética, ya que las nuevas instalaciones serán muy vistosas, se utilizará cristal en la mayoría de los recubrimientos, que permitirán darle un diseño mas vanguardista.



Imagen II.1: Maqueta del Proyecto de Ampliación y Remodelación del Museo del Chopo.

En la Imagen II.1 se puede observar como están planteadas las nuevas instalaciones, que se albergarán en el recinto del antiguo Museo del Chopo que cubrirá esta nueva edificación con el gran manto de su historia, a través de la utilización de nuevas tecnologías empleadas en el diseño y construcción de estructuras, para lo cual es un reto para los ingenieros y arquitectos mexicanos, poder realizar este tipo de proyecto tan detallado lo cual si no son muy grande como hacer un complejo edificio inteligente de varias decenas de pisos, si requiere una mayor organización y cuidado en sus procesos para dar soluciones mas eficientes a tan complicados retos, con base en esto estudiaremos mas adelante como se realizaron un gran número de estudios, instrumentaciones y cambios en las formas constructivas que se tenían previstas.

II.2 MECÁNICA DE SUELOS

Para poder definir la solución más apropiada al proyecto de cimentación y para la construcción de la subestructura, se realizó un estudio de mecánica de suelos el cual le fue encargado a la empresa *Ingeniería Experimental, S. A. de C. V.*, la cual realizó los trabajos de exploración basándose en: Un sondeo de cono eléctrico hasta 27.0 m de profundidad, complementado con penetración estándar hasta los 35.0 m, un sondeo mixto selectivo hasta los 34.8 m, tres pozos a cielo abierto a 1.8 m de profundidad, catorce calas para conocer la cimentación de la estructura existente, además se instaló una estación piezométrica con dos puntas a 24.0 y 33.0 m de profundidad respectivamente.

Los trabajos en el laboratorio fueron encaminados a obtener las propiedades índice y mecánicas de las muestras representativas de los distintos materiales encontrados en la campaña de exploración.

De acuerdo a la zonificación geotécnica del área urbana de la ciudad de México y con base en la campaña de exploración geotécnica efectuada en el sitio por la empresa Ingeniería Experimental, S.A. de C.V. se determinó que el proyecto, se localiza en la zona de Lago Centro I, la cual se caracteriza por los grandes espesores de arcillas blandas de alta compresibilidad; en este caso el espesor de arcilla es de 24.0 m y presenta intercalaciones de arena y ceniza producto de las emisiones volcánicas, subyaciendo a una costra superficial de 3.0 m de espesor. De acuerdo con información del sistema de aguas del D. F., se registra en la zona un hundimiento regional medio anual que oscila entre 5.0 cm y 7.5 cm.

Con base en los resultados de las campañas de exploración y laboratorio realizadas, se definió que la estratigrafía del sitio, está constituida por las siguientes unidades:

II.2.1 Estratigrafía

Capa vegetal: Superficialmente y hasta los 0.9 m profundidad se encontró la capa vegetal constituida por arcilla arenosa de color café oscuro con la presencia de raíces.

Relleno: Bajo la capa vegetal y con un espesor de 0.3 m se encontró un relleno constituido por arcilla arenosa de color gris oscuro, con fragmentos de roca.

Costra Superficial: Subyaciendo al relleno y con un espesor de 1.8 m se encontró la costra superficial constituida por un limo poco arenoso de color gris verdoso, de alta plasticidad cuya consistencia varía de media a dura y presenta una veta de arena fina; el contenido de agua de este limo varía de 40 a 133%; el límite líquido es de 76%, el límite plástico es de 44%; el peso volumétrico es de 1488 kg/cm^3 , la cohesión de 0.79 kg/cm^2 y el ángulo de fricción interna de 18° .

Formación Arcillosa Superior: se encontró hasta los 27.0 m de profundidad constituida por arcilla volcánica lacustre de color gris verdoso, café rojizo y café verdoso, de alta plasticidad y consistencia muy blanda, presenta intercalaciones de arena fina, fósiles, ceniza volcánica y limo arenoso. El contenido de agua de esta formación varía de 116 a 425%; el límite líquido entre 201 y 447%, el límite plástico oscila entre 59 y 71%; el peso volumétrico varía en el rango de 1129 a 1535 kg/cm³, la cohesión varía de 0.19 a 1.30 kg/cm², el ángulo de fricción interna varía de 4 a 20° y resistencia a la compresión axial no confinada varía de 0.4 a 1.1 kg/cm².

Primera Capa Dura: Bajo la formación arcillosa superior y hasta una profundidad de 31.2 m, se encontró la primera capa dura, constituida por limo arenoso de color gris verdoso y gris claro, de alta plasticidad cuya consistencia varía de firme a dura, con intercalaciones de caliche y ceniza volcánica. El contenido de agua de esta formación varía de 18 a 22%; el límite líquido entre 52 a 67%, el límite plástico oscila entre 34 a 44%; el peso volumétrico es de 1548 kg/cm³, cohesión de 0.6 kg/cm² y ángulo de fricción interna de 14°.

Formación Arcillosa Inferior: Se encontró entre los 31.20 y los 34.85 m de profundidad constituida por arcilla lacustre de color gris verdoso y gris claro, de alta plasticidad y consistencia que varía de firme a dura, con intercalaciones de ceniza volcánica, fósiles y arena fina. El contenido de agua varía de 84 a 239%; el límite líquido de 196% y el límite plástico de 49%.

Nivel freático y condiciones piezométricas: El nivel de agua freática (NAF) se midió directamente en los sondeos a 1.8 m de profundidad respecto al nivel del jardín. De acuerdo a las lecturas tomadas en la estación piezométrica, se registran pérdidas de presión de 16.8 t/m² y 23.3 t/m² a 24.0 y 33.0 m de profundidad, respectivamente.

Resultados de las calas. De acuerdo con los resultados de las calas efectuadas, se determinó que la cimentación del edificio actual está constituida por zapatas corridas de mampostería, perimetralmente a todo el edificio, con un ancho promedio de 1.55 m desplantadas a 1.10 m de profundidad. En el acceso al museo, se ubican dos torres cuya cimentación se estima a base de una losa de concreto ciclópeo desplantada a 1.0 m de profundidad.

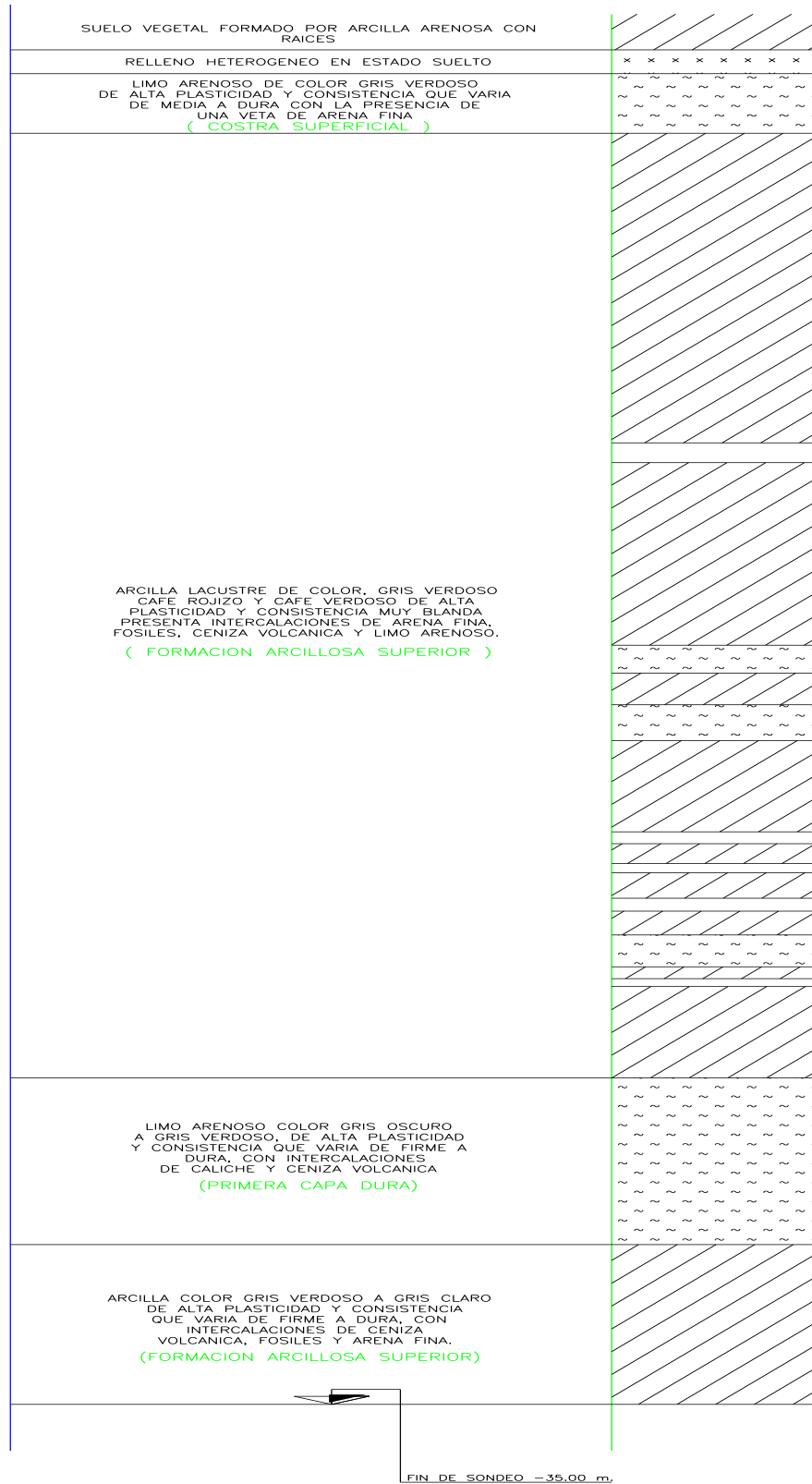


Figura II.2: Estratigrafía del sitio

II.3 PROYECTO BASE DE EXCAVACIÓN

Con base en el estudio de mecánica de suelos y la definición del tipo de cimentación (cajón compensado), se analizó el proceso constructivo.

Se propuso que para restituir el volumen de tierra excavado -compensación-, se tenía que colocar una losa de fondo de 1.5 m de espesor desplantada sobre una plantilla de concreto pobre de 10 cm, tanto la losa como la plantilla de concreto pobre funcionarían como lastre.

También se propuso que durante la excavación sería necesaria la instalación de un sistema temporal de contención por medio de un tablestacado metálico el cual se ubicaría en todo el perímetro, desplantado a 16 m de profundidad. Para definir y separar la excavación en etapas, se consideró la colocación de tablestacado metálico perpendicular al eje del tablestacado perimetral -ver *Figura II.3.1-*, el sistema de apuntalamiento estaría constituido por troqueles y vigas mdrinas.

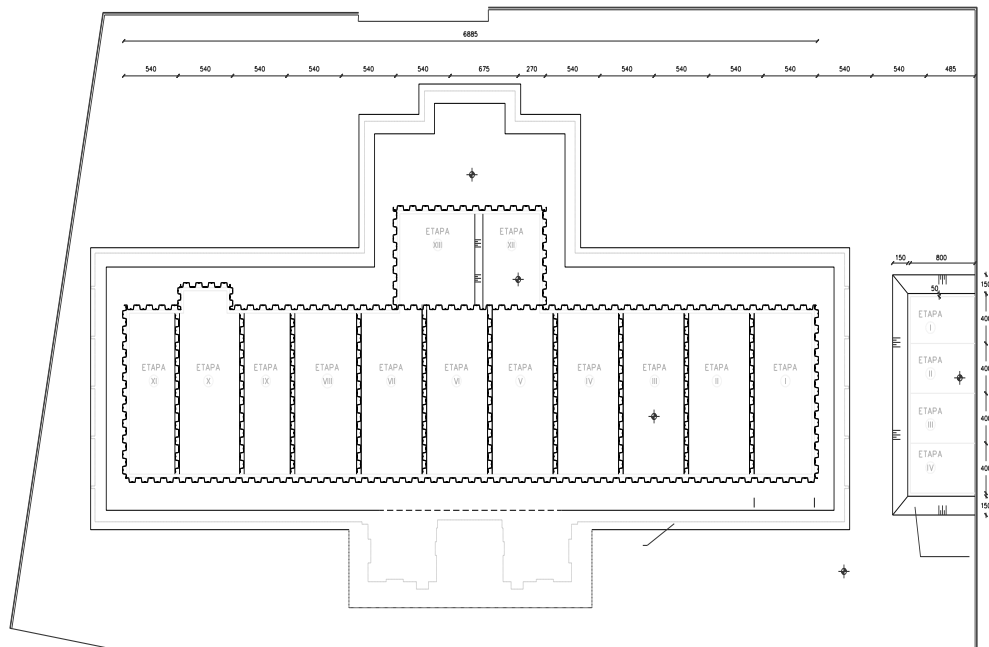


Figura II.3.1 Procedimiento constructivo inicial

El sistema de bombeo constaría de 68 pozos con puntas eyectoras, los cuales alcanzarían los 13 m de profundidad, formado una retícula cuadrada de 5 m (en promedio), incluido en este sistema de bombeo estaban pozos perimetrales exteriores al tablestacado, para la re-inyección del agua.

Al analizar el proyecto se encontraron dificultades como proceso constructivo que impactaban en el costo y tiempo de obra, principalmente por el trabajo dentro de la estructura existente y el poco espacio y la altura limitada, además de que el hincado y la extracción del tablestacado podrían ocasionar vibraciones significativas que pudieran poner en riesgo la estructura existente.

De acuerdo a lo anterior, se tomó la decisión de buscar una alternativa como proceso constructivo, pero respetando el proyecto de cimentación. Por ello se propuso sustituir el tablestacado metálico por muro Milán estructural, el cual sería el muro de los sótanos y en lugar de troqueles y vigas madrina, se planteó la utilización de las losas de la estructura como diafragmas horizontales. Sumado a esto la excavación sería de tipo “Top-Dawn”, parcial.

CAPÍTULO 3
PROCESO CONSTRUCTIVO

III.- PROCESO CONSTRUCTIVO

III.1 CONSTRUCCIÓN DE MURO MILÁN

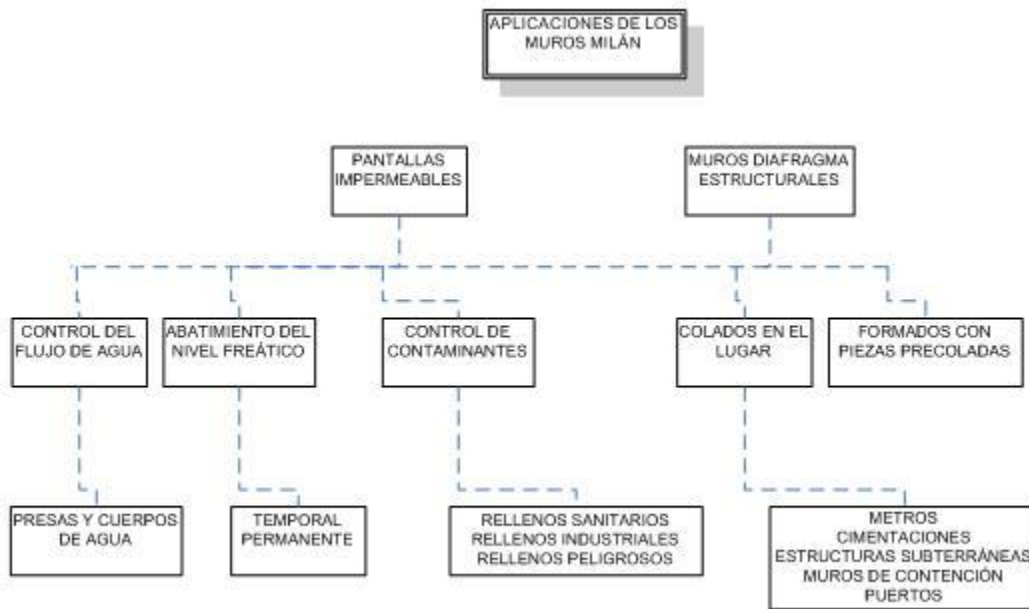
En el diseño de un muro Milán, es fundamental conocer la respuesta del suelo ante los cambios provocados por la excavación, ya que esta origina un alivio de los esfuerzos totales por la remoción de suelo y agua, cuyo resultado es el movimiento de la masa de suelo, por lo que el diseño se debe concentrar en el control y mitigación de las deformaciones inducidas.

La respuesta del suelo está influenciada principalmente por los siguientes factores: (1) dimensiones de la excavación; (2) propiedades de los suelos; (3) control y abatimiento del nivel freático; (4) proceso y secuencia constructiva; (5) tipo de soporte y apuntalamiento; (6) cercanía de edificios y de servicios públicos; (6) sobrecargas temporales. Por simple lógica se puede advertir, que cuando más grande es la excavación mayor es el alivio de los esfuerzos totales y por lo tanto mayores los movimientos del suelo. En caso extremo, una excavación profunda débilmente soportada puede originar una falla general por esfuerzo cortante de los suelos.

El tiempo que dure una excavación abierta y más si ésta tiene control de los niveles de agua, afecta de manera directa a las propiedades del suelo. Si suponemos una excavación que pudiera realizarse de forma instantánea, los esfuerzos y deformaciones que experimentaría el suelo serían en una condición de no flujo de agua, sería una condición no drenada. Por el contrario si la misma excavación se realizara en un tiempo infinito, los esfuerzos y deformaciones en el suelo ocurrirían con flujo de agua, por lo que la excavación se realizaría en una condición drenada. En general los procesos de excavación se realizan en un tiempo finito que representan una condición parcialmente drenada. De manera práctica se puede suponer que a corto plazo excavaciones en suelos cohesivos se pueden considerar que responden a un comportamiento no drenado; con el mismo criterio se puede suponer que excavaciones que se realicen en suelos granulares responden a un comportamiento drenado.

El muro Milán se define como una pared de concreto reforzado construida en una excavación longitudinal “zanja”; su función principal es la de servir como elemento de soporte durante una excavación.

Hay gran variedad en sus aplicaciones y la calidad en los procesos constructivos garantiza el uso del muro Milán como un muro estructural definitivo. Tanto en cajones para Metros, en cimentaciones de edificios, en simples muros de contención y muros de protección contra inundaciones.



En la ciudad de México el muro Milán se empezó a aplicar en 1967 para las obras del Metro, y tomó dos años desarrollar la habilidad de construirlo con la calidad que tenía en ese entonces en Europa; en los siguientes 17 años se le construyó sin cambio ni mejora alguna. Hasta 1985 se despertó el empeño de depurar y actualizar la técnica de construcción, la Comisión de Vialidad y Transporte (COVITUR) impulsó en 1987 y 1988 investigaciones experimentales de campo, desgraciadamente ese esfuerzo se perdió sin generar un verdadero cambio. Se podría decir que en 1992 de nuevo se despertaron las inquietudes por depurar la técnica de construcción del muro, pero los logros fueron muy limitados.

Las técnicas de construcción de muro Milán ha sido un campo fértil para la capacidad de innovar, tanto en los equipos de excavación como en los detalles constructivos, la utilidad de este ingenio constructivo, que inicialmente se desarrolló sólo como elemento de estabilización temporal de excavaciones, se ha ampliado hasta transformarse en una forma de construir elementos estructurales.

En la construcción de muro Milán en México se han experimentado los siguientes logros.

- a) Se ha confirmado que el muro Milán puede ser un elemento estructural definitivo y confiable.
- b) Se han utilizado los tres tipos de muro Milán existentes a nivel internacional: muro Milán colado en sitio (muro estructural), muro Milán prefabricado (muro estructural) y muro Milán plástico reforzado (muro provisional).

La construcción del muro Milán colado en sitio (muro utilizado en el Museo del Chopo), tiene reglas generales que deben respetarse para asegurar que se alcance la calidad necesaria para ser considerado como un muro estructural. Estas son:

- a) Definición correcta de la distribución de los paneles.
- b) Construcción de brocales.
- c) Uso correcto del lodo bentonítico para ademar la excavación y durante la colocación del concreto.
- d) Recubrimiento libre del acero de refuerzo.
- e) Control de la verticalidad durante la excavación.
- f) Juntas estancas entre paneles.
- g) Características del concreto considerando el proceso constructivo, no solo su trabajo estructural.

III.1.1 Instalación y Preparación del Sitio

En este capítulo se detalla la preparación que se realizó en el interior del edificio llevada a cabo por CIMESA, la cual consistió en la construcción de los muros Milán, la losa tapa y losa de fondo en el interior del Museo.



Dado lo limitado del área para el trabajo y el poco espacio en los accesos para el equipo e instalaciones, fue necesario abrir tres accesos en la zona norte y dos en la zona sur y además externamente fue necesario proteger arboles y trasladar otros con ayuda de expertos del instituto de ecología y siguiendo las

recomendaciones ambientales tener cuidado con el manejo de combustibles, solventes, basura y las necesidades de aseo del personal.



Accesos habilitados en la parte Oeste



Acceso habilitado en la zona Este



Protecciones a los árboles

Previo al inicio de los trabajos se obtuvo el cero de referencia para cada uno de los dispositivos de instrumentación los cuales determinarían los movimientos de la estructura y los desplazamientos horizontales de el muro Milán.

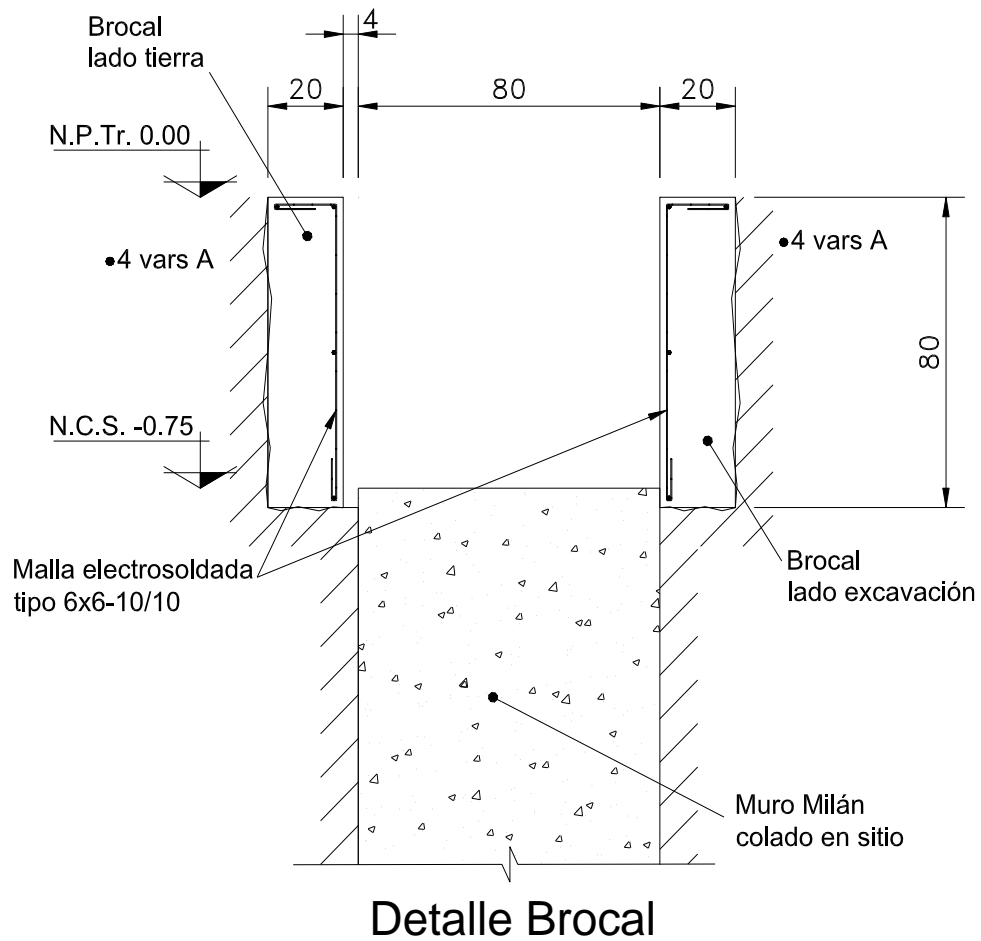
Se inició con el trazo de los ejes del proyecto con base al plano de trazo proporcionado por el proyectista y comenzando el ranurado del piso con máquinas

de disco, para las zanjas y preparación de los brocales que es la primera etapa para la construcción del muro Milán.



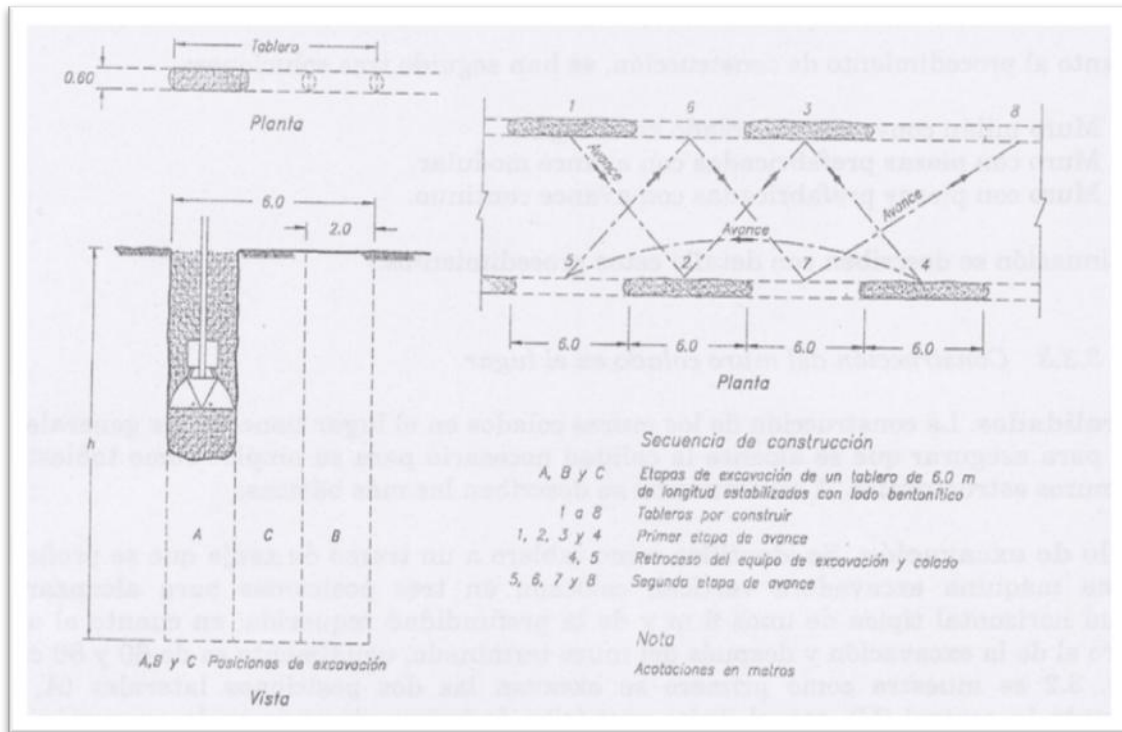
Trazo de la zanja para el muro Milán

Los brocales fungen como guía para la construcción de el muro Milán, los cuales son demolidos una vez terminados los muros. Las dimensiones de los brocales se pueden observar en la siguiente figura.



III.1.2 Excavación

Inicialmente se efectúan las excavaciones de los tableros de esta forma, ya que mediante esta técnica se nos permiten avances cortos en la excavación de la zanja con un procedimiento de Bachy adaptado a la resistencia de la ciudad de México. El avance se realiza en forma de zig-zag (como se muestra en la siguiente figura) de esta manera se logra la colocación continua de las piezas prefabricadas y se aprovecha al equipo de construcción al mayor tiempo posible. En caso de que se presente alguna interferencia, se puede dejar algún tablero pendiente, que después se deberá construir.



Ejemplo de excavación de paneles en zig-zag

En este caso la secuencia de paneles se realizó de acuerdo con la geometría del lugar, ya que se tienen algunos cambios de dirección, porque la geometría de la plantilla no es un rectángulo perfecto, y de acuerdo con la técnica empleada el ataque de los paneles se empieza por las esquinas de la excavación, además se debe de ir dando un continuidad a los muros, para poder aprovechar las juntas, debido a que si se construyen paneles continuos ó mixtos, se tiene un ahorro en la reutilización de las juntas. La excavación se realizó con una almeja que fue desmontada e introducida al lugar de la excavación, ya que como la estructura existente no permitía su paso en una sola pieza se tuvo que realizar esa operación de desmontaje y montaje, además se limito la altura de trabajo del equipo de excavación de la zanja a 6.5 metros descargando en el camión directamente

En la siguiente figura presentamos lo que fue la secuencia de paneles tomada donde se indica el tipo de panel empleado y el tipo de armado de acero del muro Milán, de acuerdo con el análisis realizado.

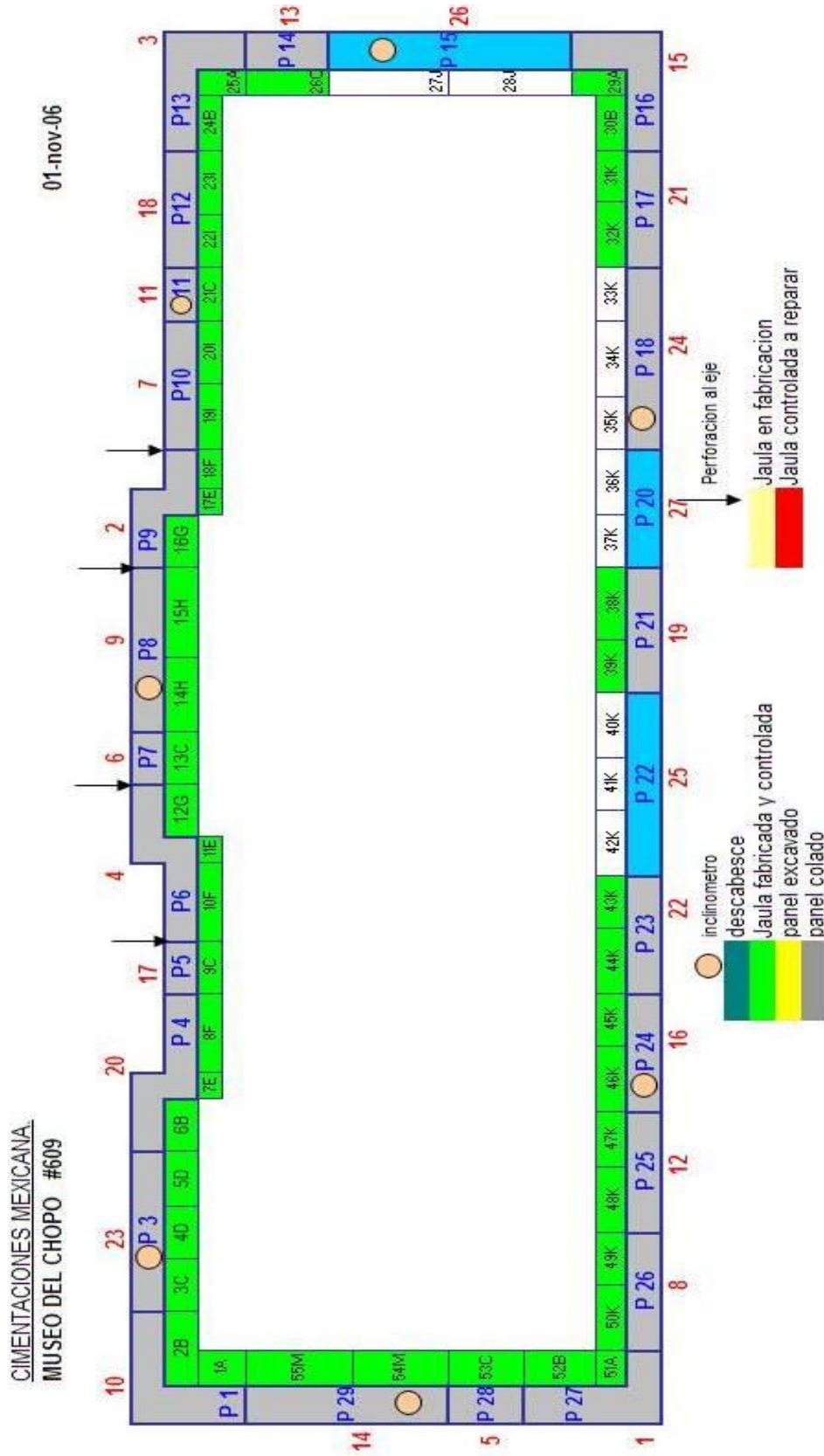


Figura III.1: Planta de distribución de los paneles

Inicialmente en color azul dentro de los recuadros grises, tenemos el numero de paneles que se realizaron empezando con el número uno en la esquina de la parte norte-oeste, de ahí se hace un recorrido en sentido de las manecillas del reloj hasta completar los 29 paneles propuestos.

Los paneles con la marca circular de fueron los que se prepararon para la instrumentación mediante inclinómetros estos son los paneles 3, 8, 15, 18, 24, 29, para darle un seguimiento al comportamiento de los muros en las distintas faces de excavación.

Con respecto a los números rojos colocados en la parte externa, son la secuencia de excavación modular que se realizó en cada uno de los paneles de una forma estratégica, para poder tener beneficios en cuanto a recursos empleados.

Los armados de las jaulas de cada uno de los paneles estuvieron bajo diseño, calculados mediante el programa “Paris” de la empresa CIMESA, de donde se obtuvo la interacción del suelo estructura que posteriormente serviría para el diseño de los armados una vez obtenidos los elementos mecánicos en cada una de las etapas de la construcción, y haciendo una envolvente de todos estos valores.

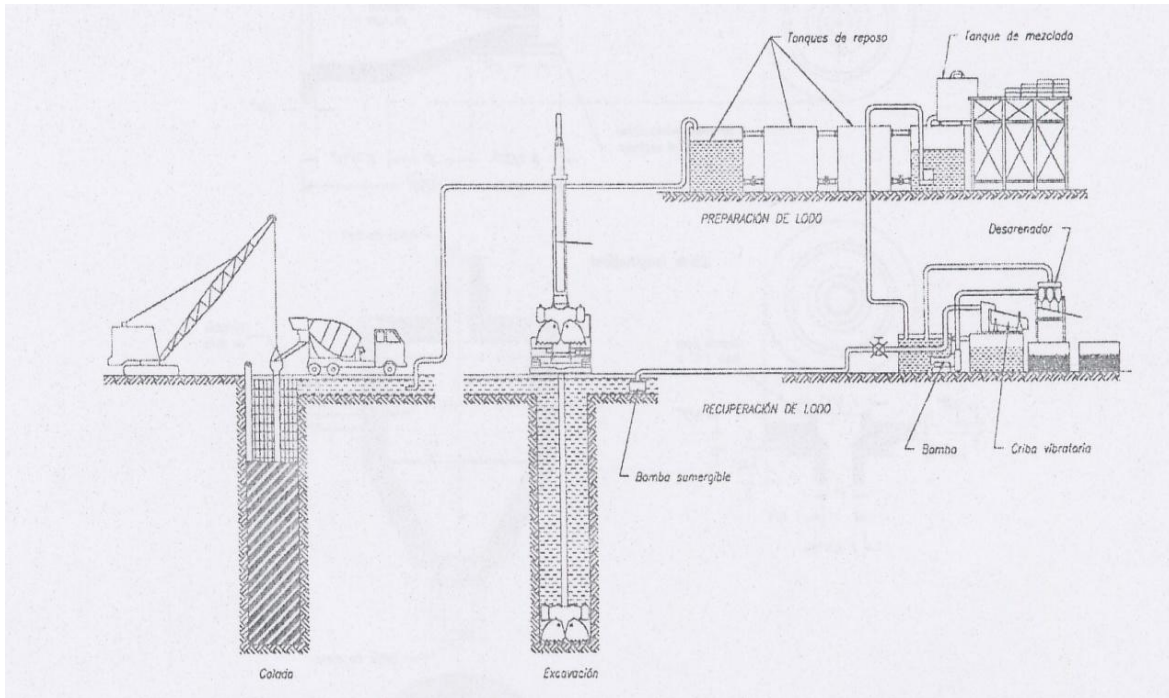
III.1.3 Estabilización con Lodo Bentonítico

Para dar estabilidad a los paneles durante la excavación de los paneles hasta antes de ser colados, se realizó una estabilización mediante lodos la cual constaba de un lodo con las siguientes propiedades:

Parámetro	Lodo nuevo	Lodo antes de colado
Viscosidad Marsh (s)	33 - 40	33 - 50
Densidad	1.02 - 1.05	< 1.15
Filtrado (ml)	< 25	< 45
Cake (mm)	< 1	< 4
PH	7 a 10	7 a 11
Contenido de arena (%)	0	< 3

Estos lodos se obtienen mezclando bentonita con agua, la concentración de bentonita varía entre 5 y 10 % en peso; porcentajes más altos generan una viscosidad excesiva y la resistencia del gel dificulta su manejo. Las características de manejo que se utilizan en el muro Milán convencional son las propiedades de Densidad, Viscosidad Marsh, Contenido de arena.

El volumen teórico empleado en la estabilización del muro fueron 1963.07 m³ de bentonita, la cual se trato en una planta adjunta, teniendo en esquema similar al de la imagen siguiente.



Proceso de excavación del muro e introducción de bentonita

La planta se encontró ubicada en la parte Oeste del edificio ya que en este lugar se contaba con el mayor espacio para su ubicación.



Planta de suministro y tratamiento de lodo bentonítico.

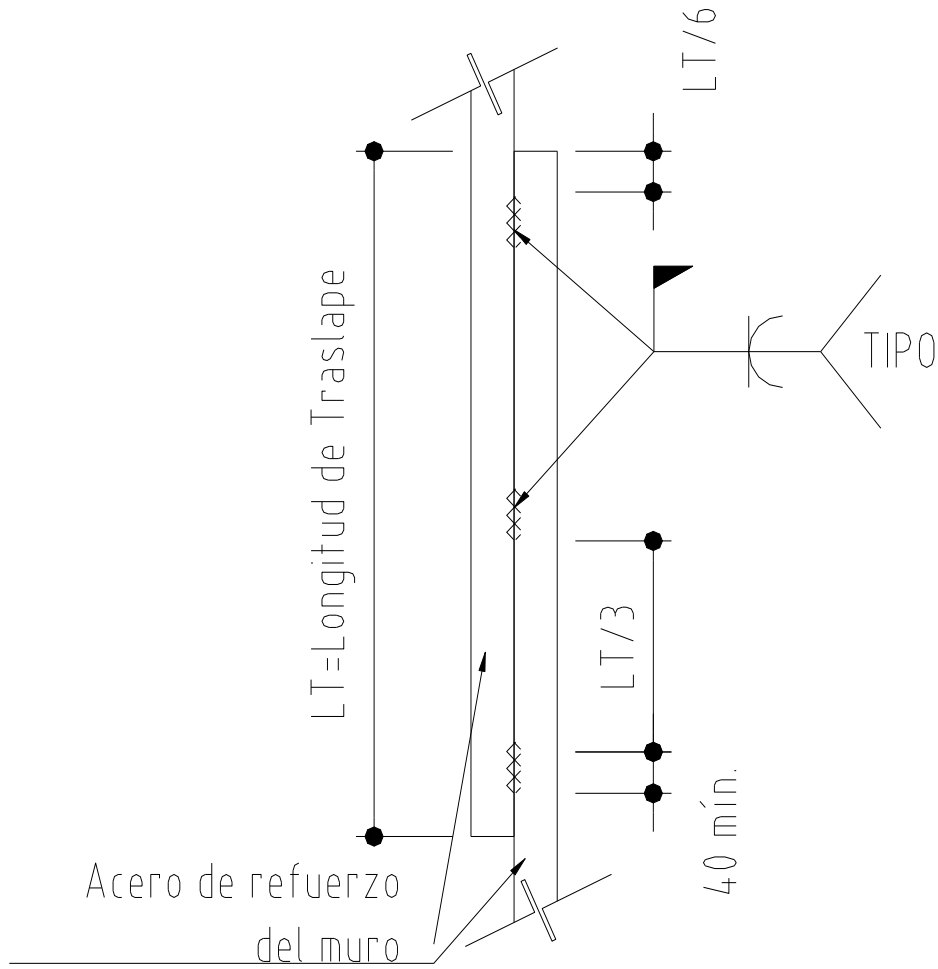
III.1.4 Acero de refuerzo

Los armados de los muros se hicieron en el patio de armados el cual se localizo en la parte sur-oeste del terreno y los cuales fueron colocados de acuerdo al proceso de excavación determinado. Cada uno de los paneles de acuerdo al análisis suelo estructura realizado, se estructuró de una forma diferente, también de acuerdo a las geometrías del los paneles debido al trazo del proyectista, así como de algunas instrumentaciones dentro de algunos muros e instalaciones diversas, todo esto tuvo que ser tomado en cuenta para llegar a cada uno de los diferentes armados. Para cada uno de los paneles como podemos ver en la figura III.1 Podemos observar que en la parte interior tenemos un seguimiento con recuadros etiquetados con una letra (consecutivas de A a la M) y un número, los cuales nos indican el tipo de jaula, y el número consecutivo de la jaula.

El peso total de acero de refuerzo fue de 129.8 ton. En la siguiente tabla podemos ver el peso en t de cada uno de los tipos de jaulas fabricados:

Armados	Peso (Ton)
A	2.03
B	2.43
C	2.07
D	2.42
E	2.03
F	2.55
G	2.76
H	2.75
I	2.65
J	2.62
K	2.29
L	2.76
M	2.67

La longitud de todas las jaulas, es de 13 m, para lo cual se, uso traslapes de varillas a distintas medidas con soldadura para su uniones como se muestra en el detalle siguiente.



Traslape de varillas

De acuerdo con el tipo de armado, principalmente se empleo varillas del numero 6 y estribos del numero 3 @ 25 cm a lo largo de los 13 m de longitud con diferentes tipos de armados transversales de acuerdo al tipo de muro ya entes mencionados en la imagen siguiente mostramos la vista de las caras de la jaula topo K y su vista lateral Figura III.2, para los demás armados se muestran en el anexo III.

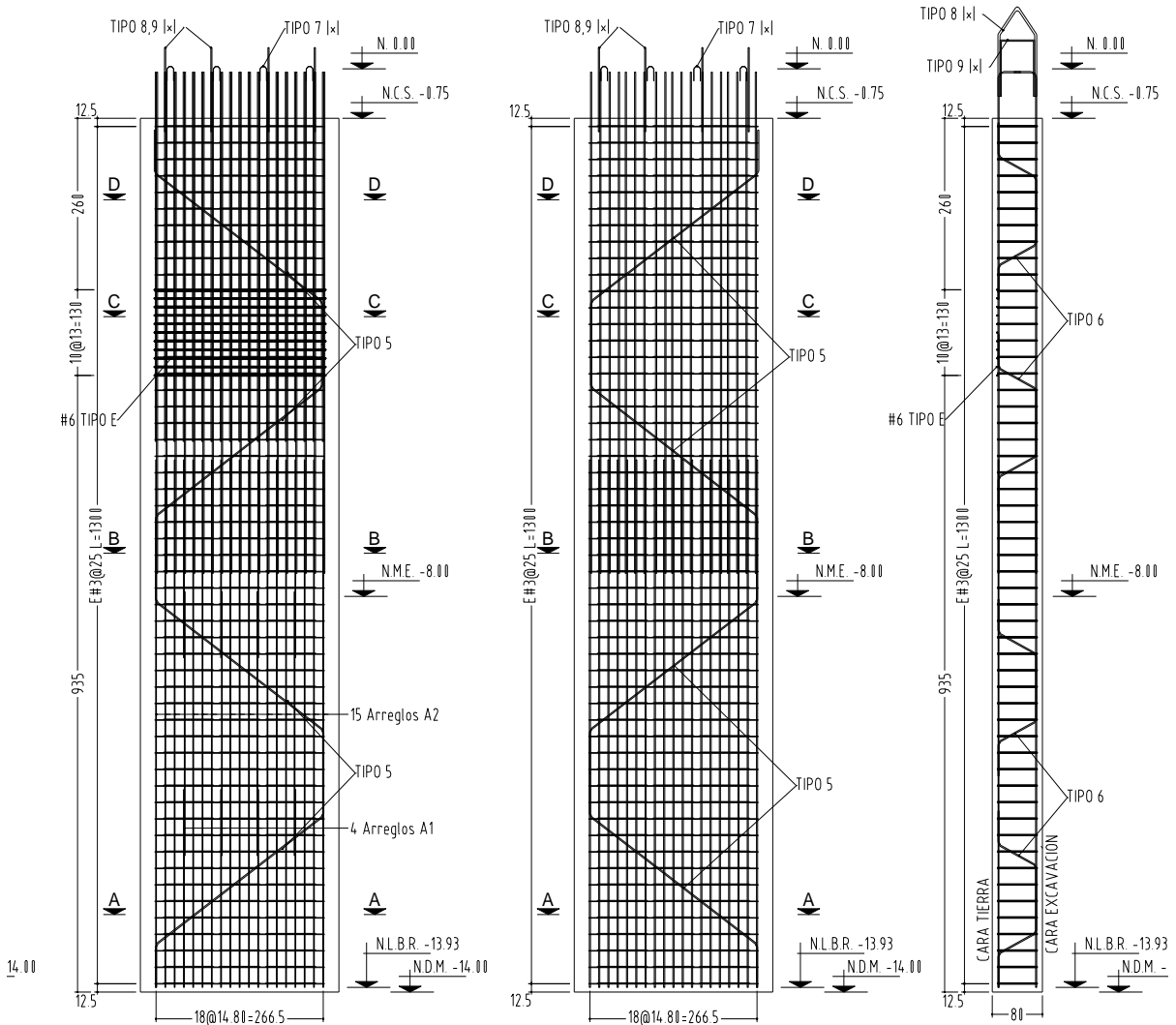
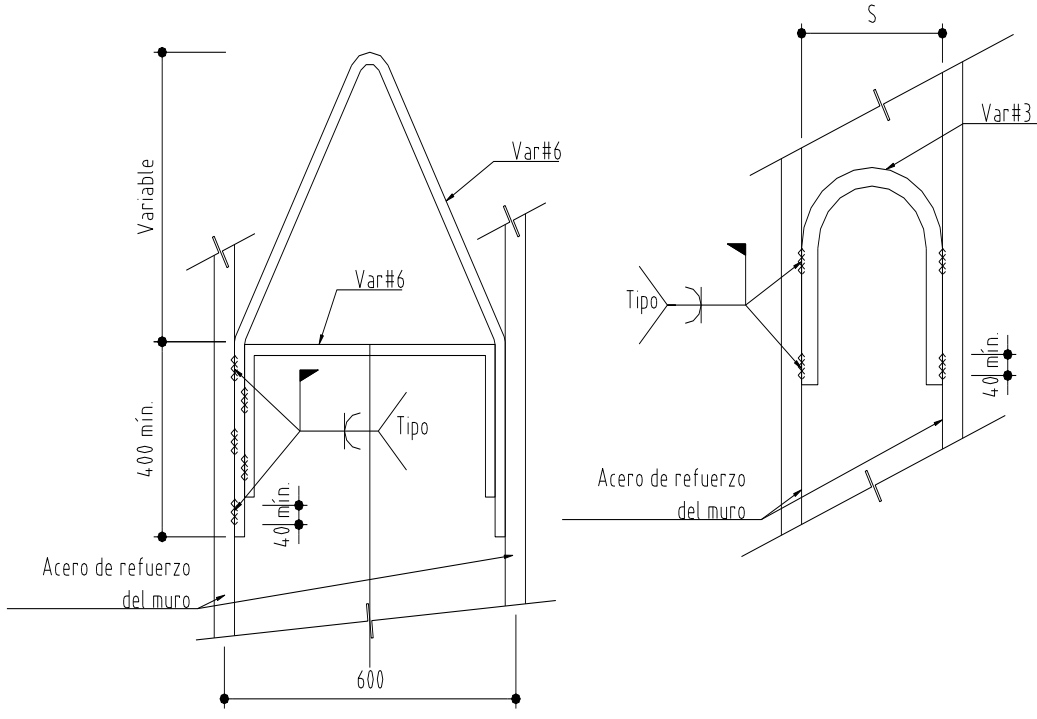


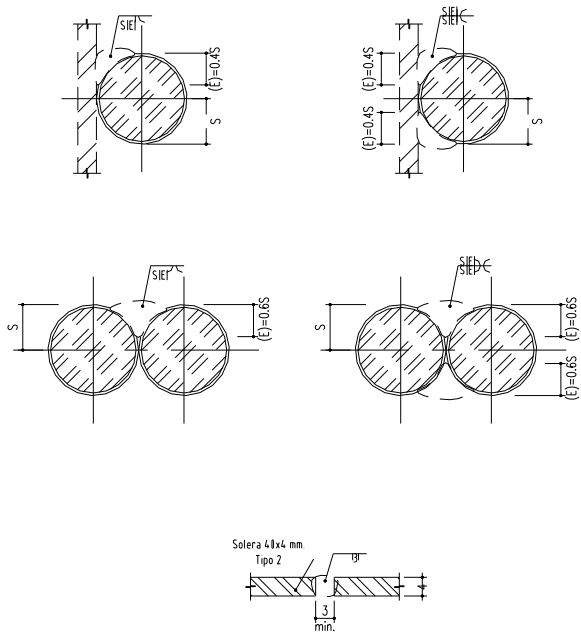
Figura. III.2 Armado de Jaula Tipo K

En la parte superior, se dejaron puntas de varillas para la siguiente etapa del proceso, que es la realización de la loza tapa con una longitud de 75 cm. También se colocaron en la parte superior de cada una de estas jaulas, asas de izaje que servirá para la colocación de las jaulas en el interior de los paneles excavados, y estabilizados con bentonita, estas están traslapadas con soldadura y reforzadas, como lo muestra la siguiente figura.



Azas de izaje

Los detalles de la soldadura para los traslapes de las varillas los podemos ver en la siguiente figura donde vemos la unión de varillas y la colocación a la cual debe de estar la soldadura.



Detalle de Soldadura

III.1.5 Colocación del concreto

El colado de los paneles del muro se realizó de acuerdo al orden de excavación planteado, en donde después de ser excavado, estabilizado e introducida su respectiva jaula armada, el concreto se coló mediante un tubo tremi con trompa de “elefante”, procedimiento empleado para este tipo de situaciones, donde se tiene la estabilización con bentonita.

Inicialmente se mete la trompa de elefante hasta el fondo del panel después se empieza a verter el concreto por la parte superior en el tremi y por densidades, el concreto empieza a desplazar a la bentonita, mientras el concreto va vertiéndose este sigue expulsando bentonita la cual se recircula a la planta de lodos para su tratamiento, hasta que se tiene una expulsión de toda la bentonita hasta que es alcanzado el nivel deseado.

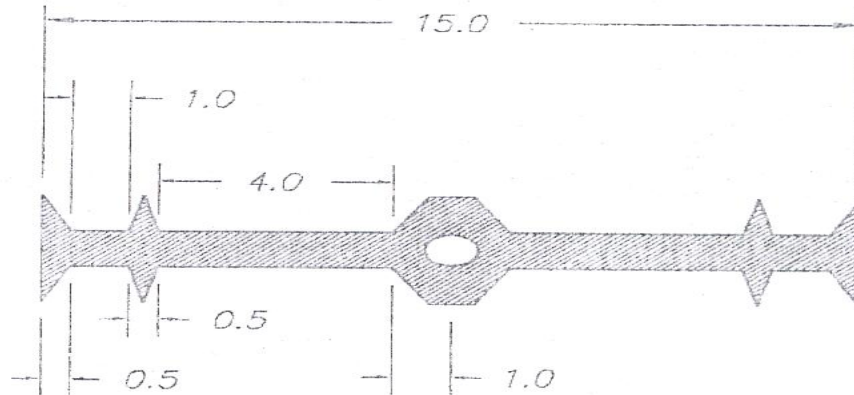


Colado de Paneles del Muro Milán

El concreto utilizado en los muros tiene una resistencia de 350 kg/cm^2 , y el volumen total empleado fue de $1,857.9 \text{ m}^3$ de concreto.

III.1.6 Junta impermeable CWS

Para la liga impermeable entre paneles de muro Milán fue realizada por medio de una junta impermeable de neopreno llamada CWS patentada por el Grupo Soletanche-Bachy.



Junta de Neopreno

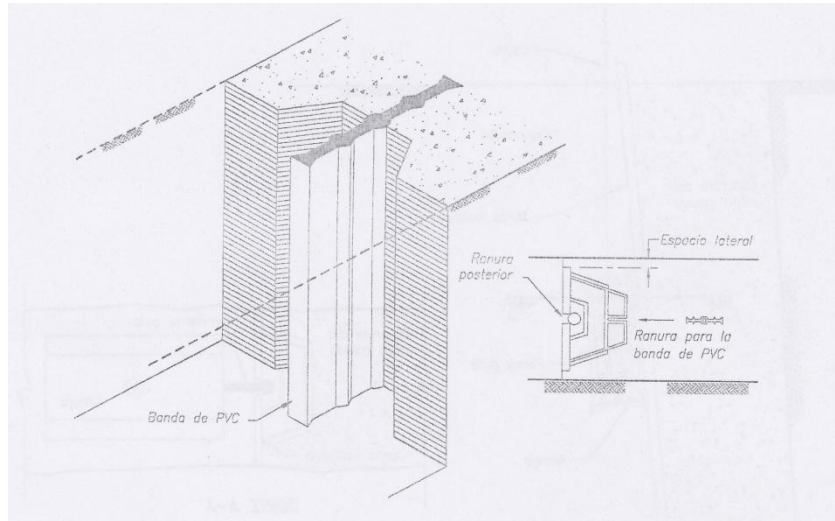
Esta ingeniosa solución desarrollada en Francia tiene dos ventajas:

- a) La fuerza necesaria para su extracción es reducida
- b) Permite insertar con certeza y confiabilidad la banda de poliuretano en el tramo del muro en proceso de colado y dejarla en posición para integrarla al módulo siguiente.

Esta junta de neopreno sella la unión entre los tramos de muro y al menos pretende dificultar el flujo de agua. La colocación precisa de la banda requiere operadores muy hábiles ya que su mala instalación genera la infiltración de agua.

La excavación para alojar el siguiente muro se facilita guiando a la almeja con la ranura lateral de la placa posterior, en esa ranura se desliza un perno que controla la posición de la almeja.

Esta junta Soletanche deja un espacio lateral de unos 2 cm que se llena de concreto durante el colado e incrementa la adherencia de la junta con el suelo; antes de iniciar el colado del siguiente módulo y con la finalidad de reducir la fuerza requerida para extraer la junta.

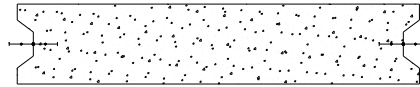


Junta Impermeable CWS

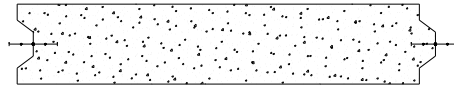


Junta Impermeable CWS.

Para tener un mejor aprovechamiento de dichas juntas la secuencia de excavación y de colado, permitía que las juntas se fueran reutilizando, estas de acuerdo al tipo de muro colado podían ser un muro primario, secundario o mixto. El primario, es cuando se colocaban de ambos lados las juntas metálicas con la Water Stop, siendo normalmente los inicios de los muro y colocadas principalmente en las esquinas, las mixtas son aquellas que de un lado se colaba contra una junta ya seca y la cual es continuación del muro, del lado opuesto se tiene una junta recién colocada, por lo que se le llama mixta; la secundaria en normalmente la unión de dos muros cuando se es atacado el colado por dos frentes que concurren en un punto, este normalmente es un panel central, además aquí ya no es necesario la colocación de ningún dispositivo, porque ya se tiene la junta colada en el muro colado anteriormente. En la siguiente figura se puede ver la descripción anterior.



Muros Primarios



Muros Mixtos



Muros Secundarios

Tipos de muro de acuerdo a sus juntas

III.2 INSTALACIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO E INICIO DE BOMBEO

Si en una excavación el nivel de aguas freáticas se mantiene sin cambio, el agua contribuye con su empuje sobre la pantalla en los esfuerzos totales; por el contrario, el control del abatimiento del nivel freático producirá un incremento en los esfuerzos efectivos y consolidación del suelo y por lo tanto originará asentamientos. Los esfuerzos que actúan sobre la pantalla se deben estimar separando los componentes efectivos y pasivos.

El objetivo del bombeo consiste en extraer el agua que se encuentra libre de la masa de suelo mientras permanece abierta la excavación, para evitar eventuales condiciones de inestabilidad y deformaciones excesivas.

Para la instalación de los pozos fueron realizadas diez excavaciones con la draga a la profundidad de 14 metros con la geometría de la misma, se colocó el tubo ranurado y fue confinado con grava, esto con el objetivo de hacer que sea eficiente el sistema de bombeo ya que disminuiría el riesgo de que se taparan los pozos.

El inicio de la operación del sistema de bombeo fue el 10 de noviembre y se midió este nivel a la -4.0 m en todos los pozos, se fueron llevando lecturas diarias registrando en promedio que el nivel había sido abatido a la -11.0 m, en ocasiones los pozos fueron interrumpidos por trabajos de excavación y colados de la losa de

fondo o apagados por tener lecturas estables o simple mantenimiento y volvían a funcionar cuando ocurrían recuperaciones de nivel. Al mes siguiente se colocaron puntas eyectoras siendo este un sistema más eficiente.



Extracción del agua freática de los pozos

En principio el muro Milán es impermeable, por lo que no existe flujo de agua a través de su sección transversal; en la práctica, debido en muchos casos al deficiente procedimiento constructivo, la alta permeabilidad de la pantalla produce un abatimiento del nivel de agua exterior originando asentamientos; el análisis del flujo de agua bajo una condición bidimensional puede estimar el gasto y el asentamiento producido alrededor de la excavación.

Se colocaron 10 pozos los cuales se encuentran separados a una distancia de 13.7 m, en dirección norte-sur y 6.85 m, en la otra dirección.



Pozos y puntas eectoras

III.3 CONSTRUCCIÓN DE LOSA TAPA



Construcción de la losa Tapa

Una vez concluidos los trabajos de la construcción de el muro Milán se procedió a la construcción de la losa tapa de concreto reforzado, con un peralte de 60 centímetros sobre plantilla de concreto pobre de 10 cm de espesor y la cual se retiro posteriormente al termino de la excavación, esta losa abarca un área de 1002 m², en la que se hicieron tres aberturas, una que será permanente y que se localiza al centro de la losa y que tiene unas dimensiones de 199 m² y donde saldrá el desplante de la superestructura y el cubo de elevadores; otras dos que serán rellenadas posteriormente y que servirán para el proceso de excavación y movimiento de equipo y materiales, así como del colado de la losa fondo.

El armado y peralte de esta losa estarán muy sobrados en cuanto a su resistencia para su operación ya que el diseño principal de los armados, está en base a las cargas que se moverán durante la construcción de la estructura, los equipos de construcción y materiales son considerablemente pesados con respecto a sus cargas de servicio, las cuales la mayoría de estas serán personas que visiten el inmueble.

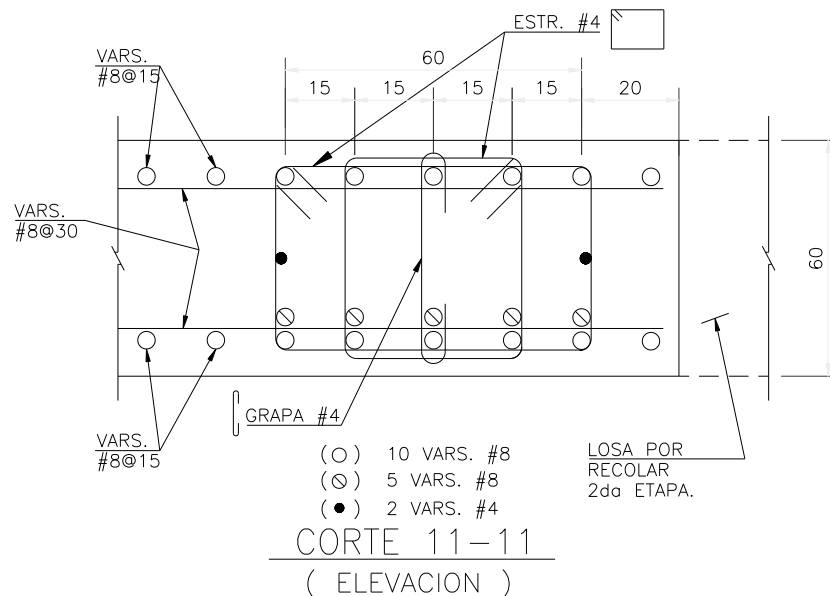


Figura: III.3 Armado de la Losa Tapa

En la figura III.3 se muestra el armado de la losa donde se puede observar que se tienen estribos y grapas del #4, y varillas del número 8, colocadas como se muestra el arreglo de la Figura anterior. El colado de la losa se realizo en dos etapas.



La losa tiene un comportamiento estructuralmente muy importante, ya que le da rigidez al cajón de cimentación, e impide que existan desplazamientos en las partes superiores de los muros.

III.4 EXCAVACIÓN

La excavación fue realizada en diferentes etapas para reducir la magnitud de las expansiones del terreno, el proceso de la excavación fue dividido en tres frentes: la posición 1 ubicada en la zona sur, las posiciones 2a y 2b en la parte central y la posición 3 en la zona norte, los trabajos dieron inicio en la parte sur posición 1 y se fue intercalando con otro frente de trabajo en la zona norte para finalizar en la posición central. Siendo los sentidos de excavación y construcción en las posiciones 1 y 2a de sur a norte y en la posición 3 a 2b de norte a sur.

A continuación se hace mención a todas las etapas de excavación que fueron realizadas en los frentes de posiciones.

Se inicia con la primera etapa de excavación atacando el frente en la posición 1 con una retroexcavadora 330L Caterpillar hasta el nivel -4.50 m, banqueando con taludes a 45 grados, se construyó una losa esquina temporal para la colocación de los troqueles tipo PT-1, en este frente de la posición se colocaron también troqueles móviles tipo PT-2 y PT-3 a la -4.0 m.

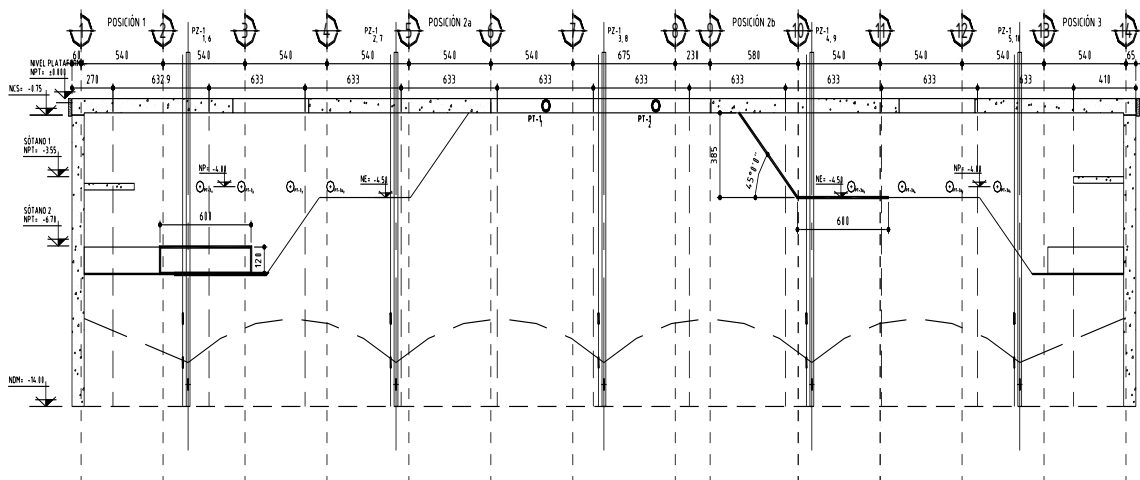
Después se continuó con una segunda etapa de excavación en esta misma posición llegando al nivel máximo de excavación -8.0 m, seguida de la primera etapa de excavación en el frente de la posición 3, realizando la construcción de una losa de esquina temporal como lo señala el proyecto a un nivel -4.50 m,

colocando troqueles tipo PT-2 y PT-3 (móviles) en este frente a la -4.0 m, mientras en el otro frente (posición 1) se inicia la etapa de construcción de la losa de fondo.



La tercera etapa de excavación en la posición 1 continuando al nivel de -4.50 m de norte a sur, y colocando troqueles de tipo PT-2, a su vez en la posición 3 se lleva a cabo la segunda etapa de excavación llegando al nivel máximo -8.0 m. Se comienza la cuarta etapa de excavación en el frente de la posición 2a, la cual se ubica en la parte central, continuando a niveles de -4.50 m, mientras en el frente de posición 3 se inicia la primera etapa de construcción de la losa de fondo.

Continuando con la tercera etapa de excavación en este mismo frente llegando a la posición 2b que también se ubica en la parte central continuando con el nivel de -4.50 m, y moviendo los troqueles PT-2 por el otro frente se lleva a cabo la segunda etapa de la construcción de la losa de fondo. Hasta este momento se lleva un avance de excavación como se muestra en la siguiente Figura.



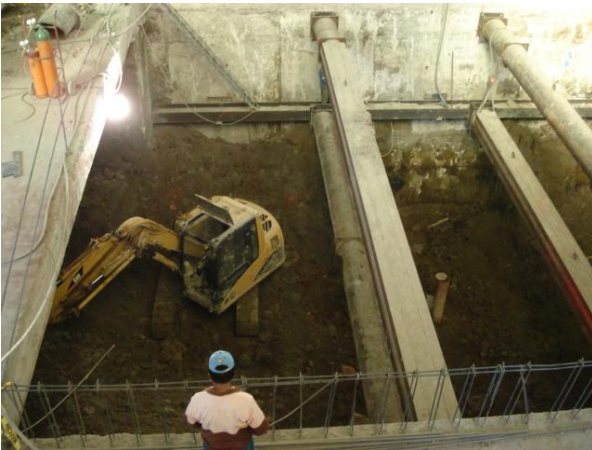
Banqueos en la Excavación

Se continuó con la quinta etapa de excavación en el frente de la posición 2a, se movieron los troqueles tipo PT-3 de esta posición, en el otro frente se lleva la cuarta etapa de excavación continuando al nivel máximo, en la sexta etapa de excavación en el frente de la posición 2a se continua a niveles de -8.0 m y se lleva realizando en el otro frente la segunda etapa de construcción de la losa de fondo.



En la séptima etapa de excavación en el frente de la posición 2a se movieron los troqueles de tipo PT-3, y realizando en la posición 2b la sexta etapa de excavación. La octava etapa de excavación en el frente 2a se lleva acabo, mientras que en el otro se realiza la tercera etapa de construcción de la losa de fondo, la cuarta etapa de construcción de la losa de fondo se realiza en el frente de la posición 2a, la séptima etapa de excavación en la posición 2b y se mueven los troqueles de tipo PT-3.

La octava etapa de excavación es realizada en la posición 2b y son movidos los troqueles PT-3 en el primer frente de trabajo. Posteriormente se dio inicio a la novena etapa de excavación de la posición 1 y se realiza la construcción de la losa de fondo en la posición 3, la quinta etapa de construcción de la losa de fondo en el frente de posición 2a y novena etapa de excavación en la posición 2b ya a niveles de -8.0 m, posteriormente en la quinta etapa de construcción de la losa de fondo en el frente de la posición 2b.



En la décima etapa de excavación de la posición 2a a niveles de -8.0 m, encontrándose ya a nivel máximo con la posición 2b, con esta etapa se han terminado las excavaciones en ambos frentes y se realiza posteriormente la terminación de la construcción de la losa de fondo.

Como fue descrito anteriormente las etapas del proceso de excavación se entiende que fueron actos realizados simétricamente en las posiciones sur y norte.

En total fueron colocados 22 troqueles para la retención de los muros, las losas de esquina fueron demolidas al final de este proceso y el volumen total de la excavación del núcleo fue de 8,093 m³.

III.5 CONSTRUCCIÓN DE LOSA DE FONDO

Como se describió en el proceso de excavación, se fue avanzando de los frentes extremos hacia la parte central construyendo la losa de fondo la cual tiene un peralte de 1.20 m, de concreto reforzado desplantada en un firme de concreto de 5 cm.

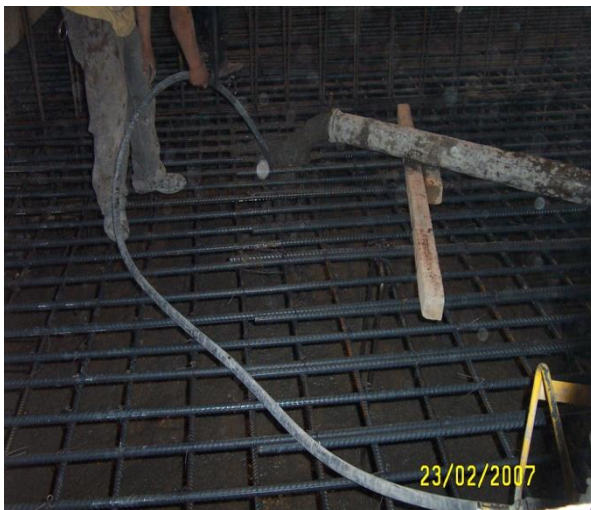
El armado de esta losa maciza armada en dos lechos con varillas del número 6 separadas a 20 cm, que van de norte a sur localizadas el en lecho superior del armado, en la dirección este-oeste se colocaron varillas del número 8 separadas a 15 cm, en el lecho inferior se encuentran varillas del número 10 separadas a 25 cm que van de este-oeste y en la otra dirección del número 6 a cada 20 cm.

Fue utilizado un adhesivo epóxico para el anclado de la losa con el muro Milán al cual se le hicieron pruebas previas para su utilización respondiendo y cumpliendo los requisitos para su aplicación.

El adhesivo empleado fue HIT RE 500 es un adhesivo epóxico de dos partes y alta resistencia. El sistema esta compuesto de un empaque reemplazable, una boquilla

mezcladora, un dispensador con soporta cartucho además de una varilla roscada, una barra de refuerzo, un inserto con rosca interna, una varilla lisa con revestimiento epóxico o un perno de ojal. El *RE 500* ha sido diseñado específicamente para fijaciones en materiales base sólidos tales como concreto, grout, piedra o mampostería sólida y para fijaciones bajo agua.

Este anclaje de la varillas de la losa de fondo con el muro Milán, se observa en las fotografías siguientes.



Los primeros colados de la losa de fondo se pudo colar con el equipo de bombeo de pluma ya que los espacios lo permitían, posteriormente fue bombeado desde afuera del edificio.



Bombeo de concreto para la losa de fondo.

En la siguiente tabla se puede observar las seis fechas de colado y en que posiciones, empezando como se había mencionado en los capítulos anteriores se comenzó en la parte sur.

COLADO LOSA FONDO

No.	FECHA	EJES
1	26-Ene-07	1 – 3
2	01-Feb-07	12 – 14
3	09-Feb-07	6 - 7.5
4	14-Feb-07	7.5 - 9.5
5	21-Feb-07	3 – 6
6	23-Feb-07	9.5 – 12

CAPÍTULO 4
INSTRUMENTACIÓN DURANTE ETAPA DE
EXCAVACIÓN

IV.- INSTRUMENTACIÓN DURANTE ETAPA DE EXCAVACIÓN.

IV.1 SEGUIMIENTO A MOVIMIENTOS DE LA ESTRUCTURA

Anteriormente se mencionó que previo al inicio de los trabajos se obtuvo el cero de referencia para cada uno de los dispositivos de instrumentación los cuales determinarían los movimientos de la estructura y los desplazamientos de el muro Milán.

El seguimiento que se le dio a la estructura del edificio para poder detectar los movimientos que pudieran poner en alto riesgo a la estructura durante la etapa de excavación y construcción, fue mediante los siguientes dispositivos de control: aparatos de topografía, control de la zanja, dispositivos para control de lodos, inclinómetros y el dispositivo más novedoso utilizado fue el *CYCLOPS*.



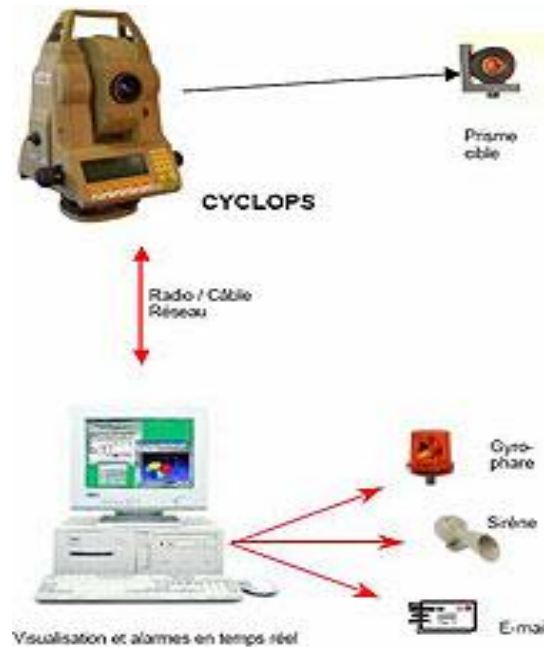
Sitio de ubicación y observación del *CYCLOPS*.

Este dispositivo que fue rentado por Cimentaciones Mexicanas S. A., el cual es comercializado por la empresa francesa SOLDATA esta empresa de servicios, la cual propone herramientas de medida y de análisis para la prevención y la seguridad en todos los sectores potencialmente peligrosos: entorno natural, sector de la construcción, obras y edificios sensibles.

Los servicios propuestos por Sol Data incluyen la asesoría, el suministro y la instalación del material, la auscultación, el mantenimiento y la gestión de los datos con la elaboración de informes de medición.

Este instrumento esta compuesto de 4 elementos básicos:

- Uno o más teodolitos, en este caso solo se instaló uno.
- una PC central;
- una red por cable o radio que permite la conexión entre el/los teodolito(s) y la PC central;
- GEOSCOPE, software Sol Data.



Elementos que componen el *CYCLOPS*.

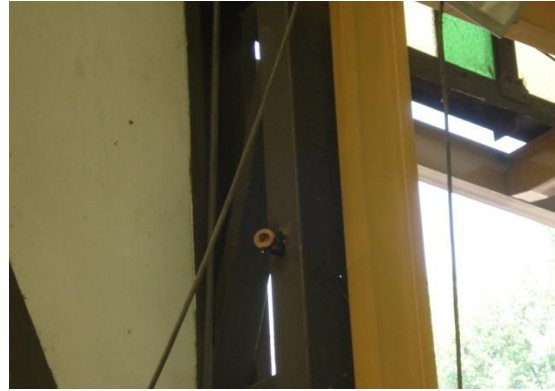
La información del *CYCLOPS* proporciona en tiempo real las medidas de deformación en XYZ, y los datos están recuperados, tratados y visualizados en tiempo real.

El teodolito motorizado el cual fue instalado, calibrado y ajustado con la asesoría de Sol Data al igual que la colocación de los prismas dentro y fuera de la estructura para así tener buenas referencias de los desplazamientos que se presentarían en la estructura.

Con la colocación de los 42 prismas el teodolito hacia un barrido de toda la estructura detectando los desplazamientos en XYZ, en aproximadamente 9 minutos, la información obtenida era interpretada en la computadora con el software de control *GEOSCOPE* de Sol Data, para crear un sistema de gráficas las cuales representaban los movimientos de cada posición en la que estaban situados los prismas.

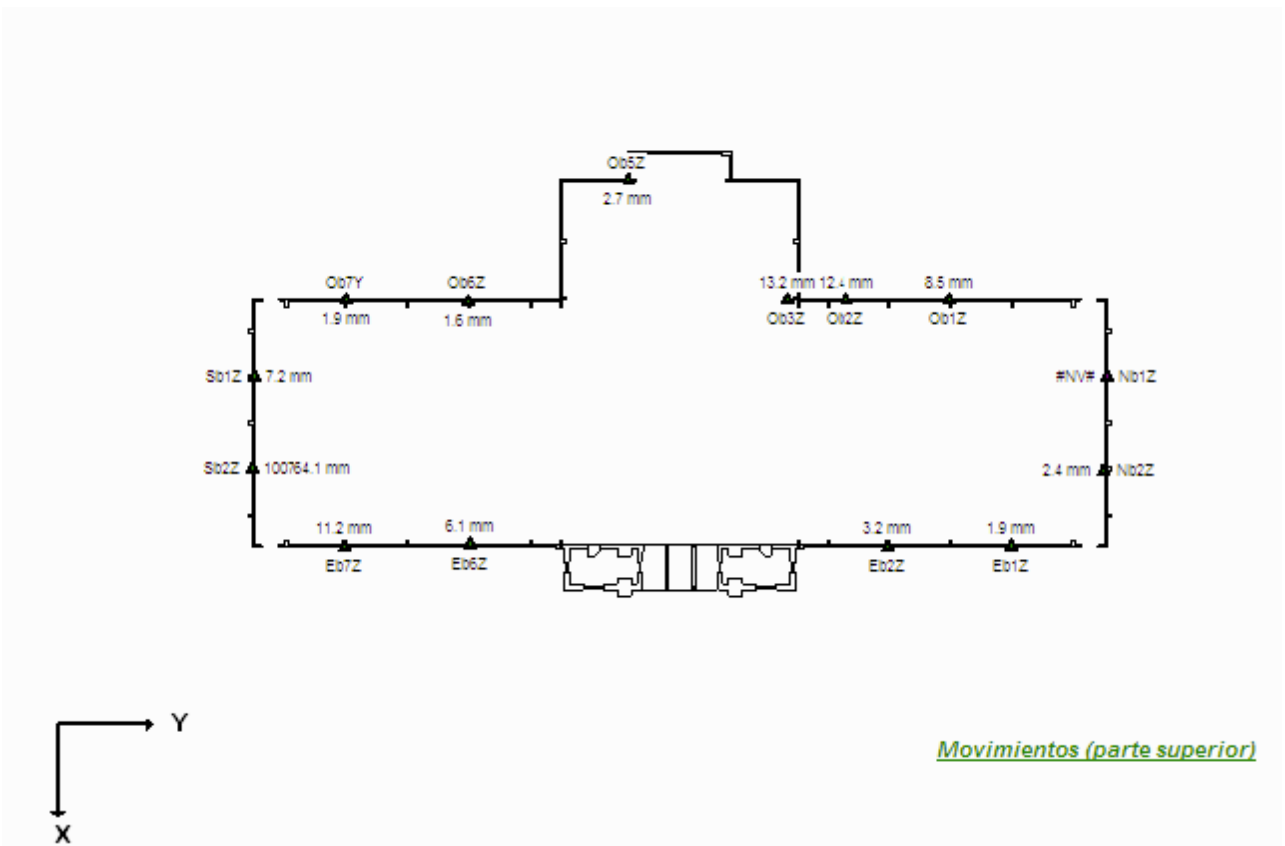


Prisma de referencia exterior



Prisma de referencia en la estructura

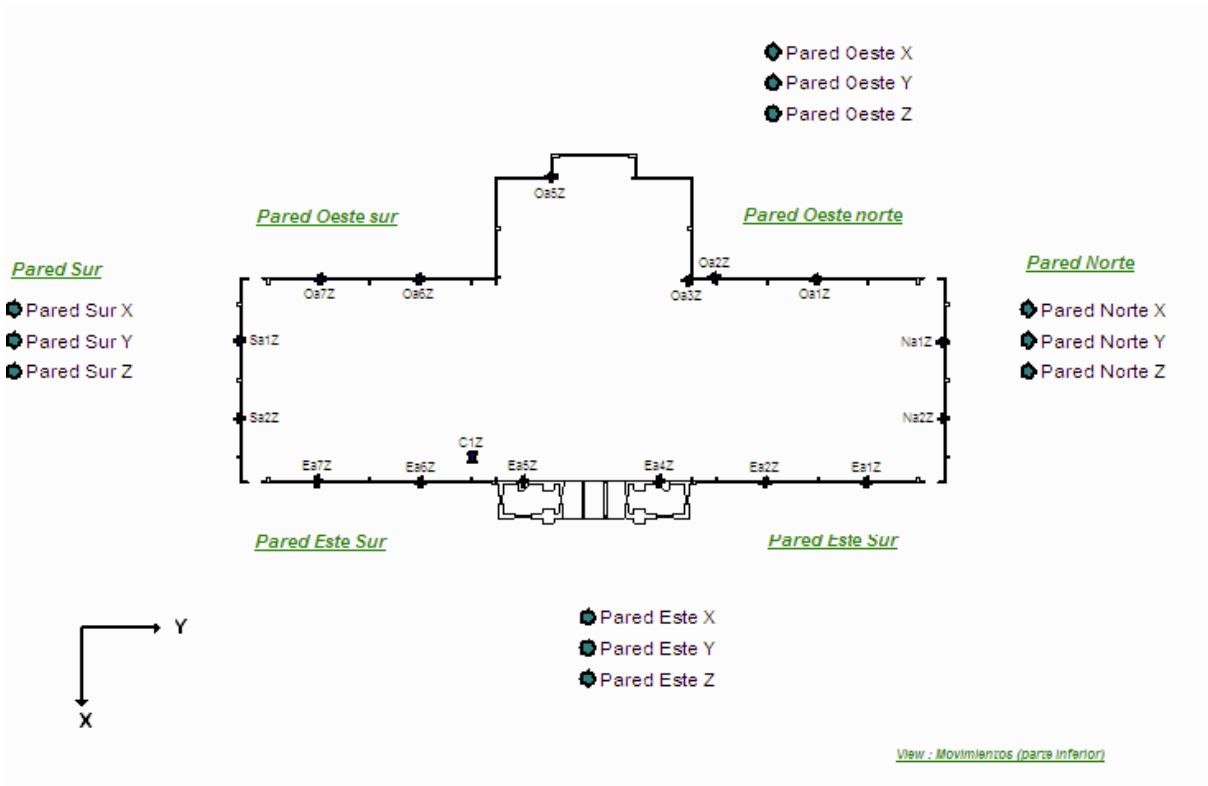
Estos son los mapas en donde se encontraban situados los prismas tanto en el Interior del edificio en la estructura en los niveles superior e inferior y las referencias externas.



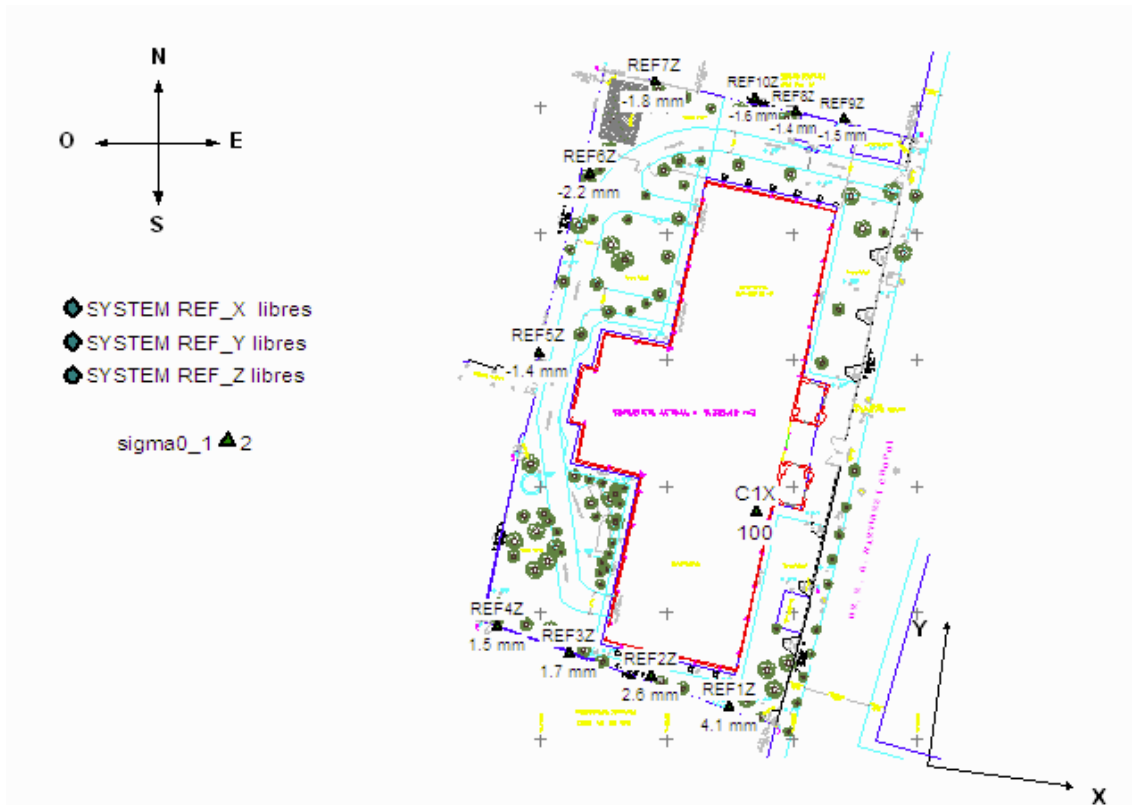
Plano de ubicación de los prismas en la estructura en la parte superior

Capítulo 5. Conclusiones

Universidad Nacional Autónoma de México



Plano de ubicación de los prismas en la estructura en la parte inferior



Plano de ubicación de las referencias externas

El software no sólo procesa los datos en un formato gráfico, sino que también incorpora cálculos correctivos para compensar los efectos del movimiento del teodolito o de las variaciones de condiciones atmosféricas (temperatura, presión, humedad). Las medidas están disponibles inmediatamente para una interpretación rápida. Unos límites de alarma sobre los movimientos pueden ser definidos para permitir la activación de dispositivos en caso de movimientos, como sirenas, luces, llamadas a teléfonos fijos o móviles. El monitoreo de la estructura la podía estar observando en tiempo real los ingenieros en obra, UNAM y los técnicos en Francia.

Con este dispositivo se pudo determinar que el Museo registró desplazamientos significativos durante el primer mes de trabajo, es decir, cuando fueron realizados los trabajos de preparación y construcción de el muro Milán, pero dichos movimientos no resultaron importantes ya que no pusieron en riesgo a la estructura y estos fueron estabilizándose durante las siguientes etapas de construcción; cabe mencionar que durante todo el proceso de construcción del cajón no hubo afectación alguna a la estructura y no se rompió un solo cristal.

A continuación se presenta un resumen de movimientos significativos que se presentaron durante la construcción del muro Milán.

En el eje Z:

Los movimientos oscilaron entre los +10mm y los +25mm. Siendo el mayor en los prismas E1, al final de la construcción del muro Milán, movimiento mayor debido a que ésta fue la última zona donde se construyeron los últimos paneles, mientras que los prismas de menor movimiento fueron los S2, al principio de la construcción del muro Milán.

En el eje X:

Las paredes Este y Oeste sufrieron desplazamientos de un máximo de +10mm y un mínimo de -16mm ambos durante la primera semana de la construcción del muro Milán. En el otro sentido, las paredes Norte y Sur sufrieron un desplazamiento de +8mm y -4mm respectivamente.

En el eje Y:

En cuanto a este eje los movimientos prácticamente son menos notorios, siendo del orden de hasta +5mm en cualquiera de las paredes del Museo.

El muro Milán se terminó el día 1º de Noviembre, después de esta fecha se puede apreciar en todas las gráficas movimientos se comportan de manera estable:

En el eje Z:

Se presentan hundimientos del orden de 5mm a 15mm desde el término del muro Milán a la fecha y estos han ido disminuyendo en las últimas tres semanas.

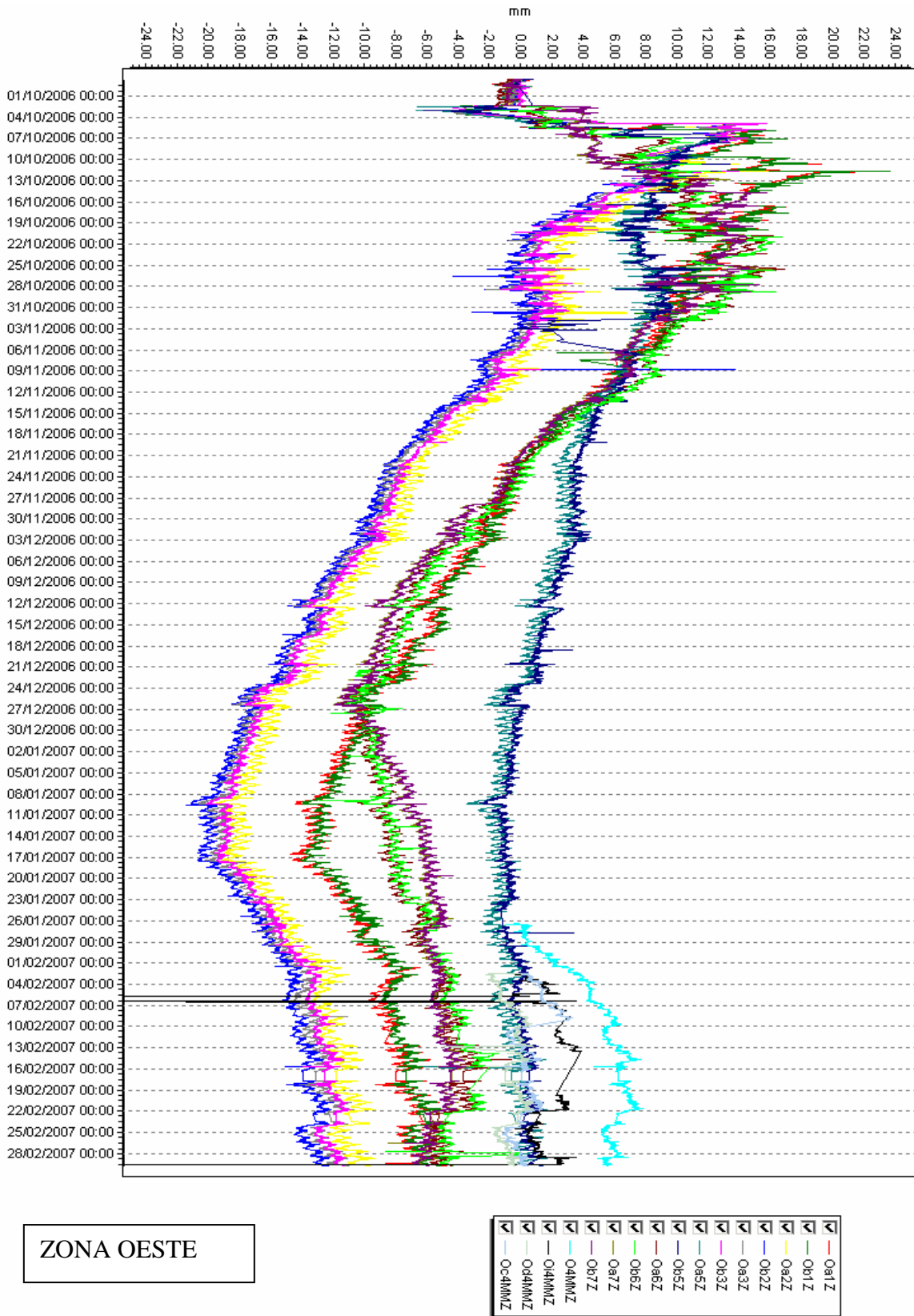
En el eje X:

Estos movimientos fueron muy estables, todos los prismas presentan un movimiento de 2mm a 4mm con excepción de los prismas O5 que presentaron un movimiento de +10mm.

En el eje Y:

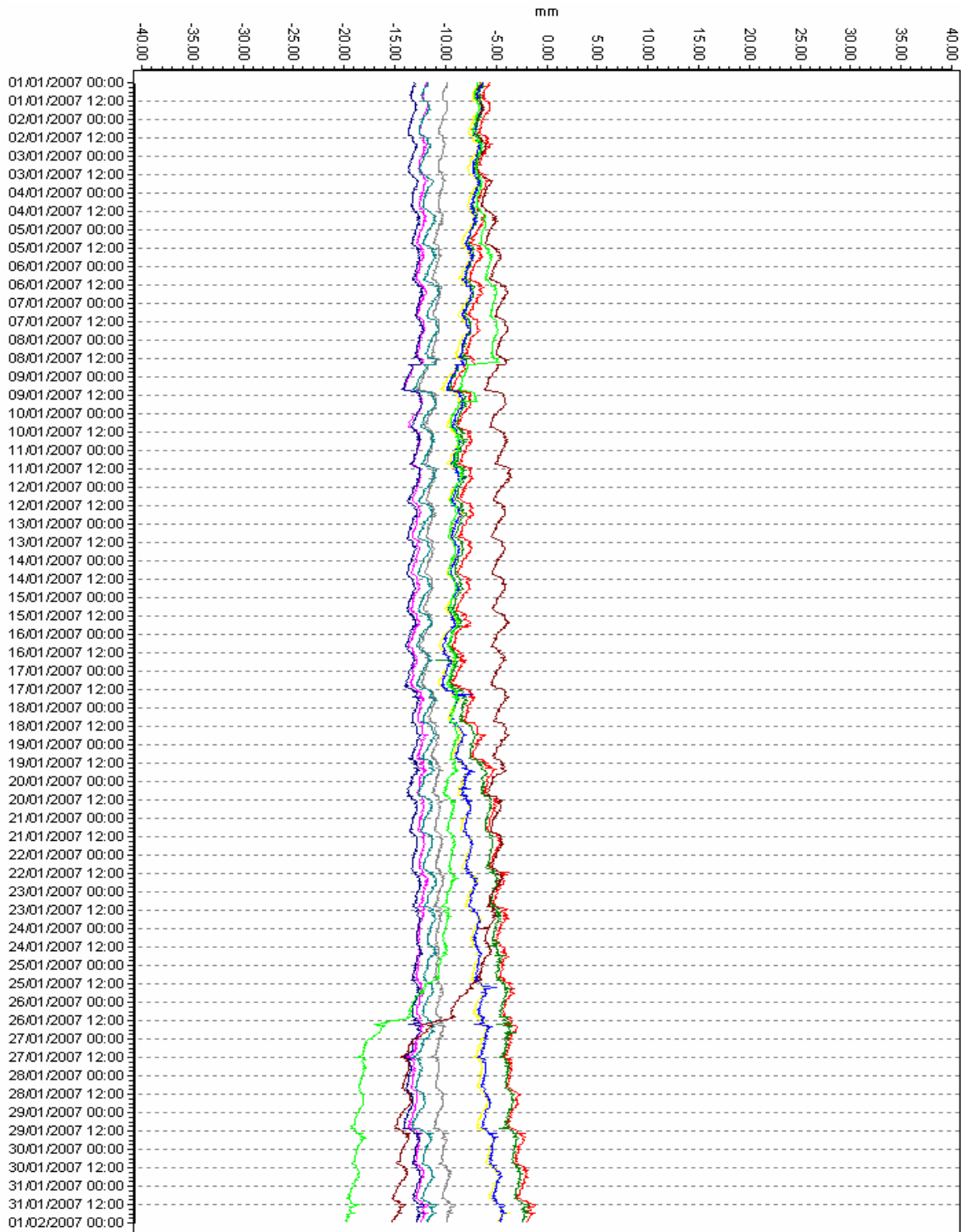
Al igual que en el eje anterior, los movimientos son prácticamente despreciables, teniendo un movimiento mayor en la pared sur del edificio del orden de +4mm y en todos los demás prismas los movimientos fueron prácticamente despreciables.

Las gráficas que se generaban en el software del *CYCLOPS* y que presentamos a continuación, son las obtenidas en el reporte final.



Capítulo 5. Conclusiones

Universidad Nacional Autónoma de México

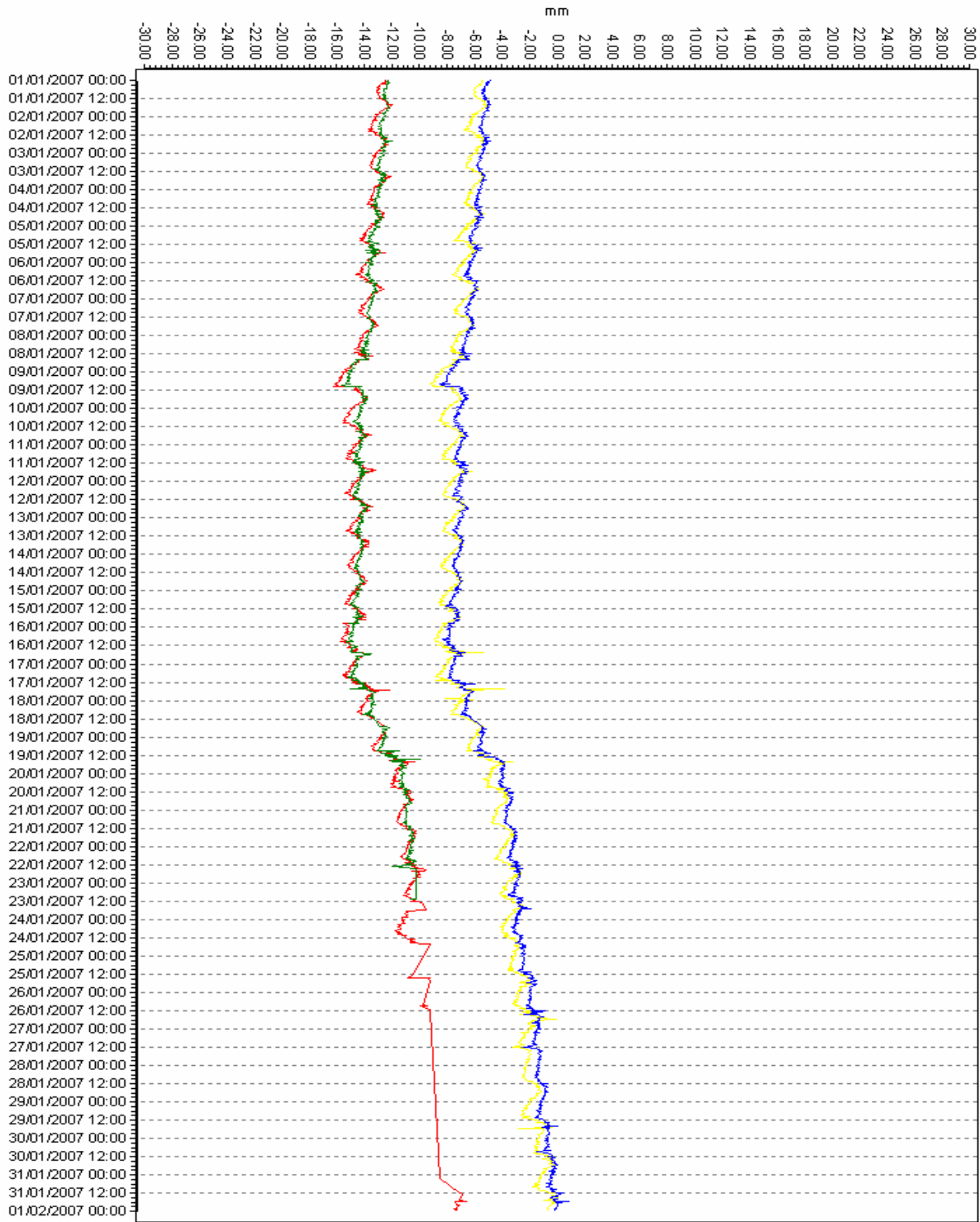


ZONA ESTE

- Ea1Z
- Eb1Z
- Ea2Z
- Eb2Z
- Ea4Z
- Ea5Z
- Ea6Z
- Eb6Z
- Ea7Z
- Eb7Z

Capítulo 5. Conclusiones

Universidad Nacional Autónoma de México

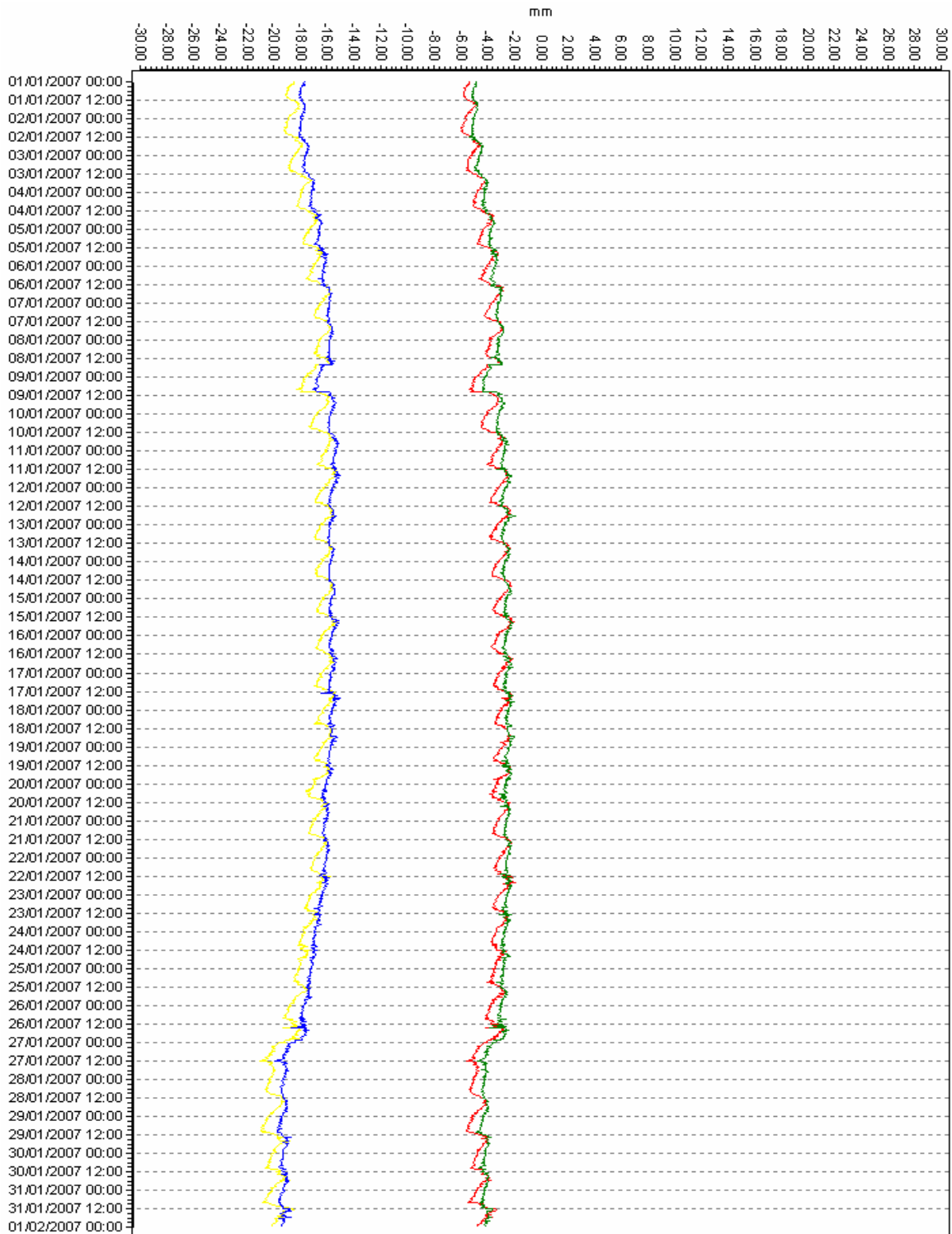


ZONA NORTE



Capítulo 5. Conclusiones

Universidad Nacional Autónoma de México



ZONA SUR



Cabe mencionar que se presentó un movimiento notable en el muro ubicado en la zona este-sur debido a una excavación mal ejecutada por otra empresa que laboraba en dicho lugar y que fue detectada satisfactoriamente por el *CYCLOPS* y así lograr corregir el problema, el cual pudo haber ocasionado consecuencias lamentables.

Como conclusión se reportó y se pudo observar que el Museo se encuentra en un estado estable lo que garantiza que el edificio no sufrió ningún daño durante la construcción de la cimentación.

IV.2 DESPLAZAMIENTOS LATERALES DEL MURO MILÁN

La supervisión durante la construcción del muro Milán es una acción en la cual se requiere del conocimiento y de la experiencia, ya que un error grave podría tener consecuencias costosas y hasta desastrosas como la pérdida de todo el proyecto.

En la construcción de el muro Milán se contaron con aparatos y dispositivos para medir y comprobar que se estuviera realizando el trabajo correctamente, estos fueron: aparatos de topografía, control de la zanja, dispositivos para control de lodos, inclinómetros y el *CYCLOPS*, el cual fue descrito en el capítulo anterior

La instrumentación de control ayudó a verificar el comportamiento de los muros y comprobar que se estaban cumpliendo los objetivos del diseño.

En el panel de muro Milán ubicado en la posición central oeste fueron colocados 3 prismas para así detectar los desplazamientos que este pudiera presentar ya que esta zona era la más crítica por no contar con la losa tapa y a pesar de que tenía colocados los troqueles, se detectó un ligero movimiento hacia la excavación.



Prismas ubicados en el muro Milán, panel 7 y 8 zona Oeste.

Estos movimientos fueron detectados con el inclinómetro que se encuentra en el panel 8 y con el *cyclops*, este desplazamiento del muro hacia la excavación llegó a hacer del orden de 1.19 cm.

IV.2.1 El inclinómetro.

Se le puede describir como una plomada electrónica que se hace descender dentro del tubo testigo de aluminio para medir los cambios de verticalidad de una secuencia de puntos a lo largo del tubo, usualmente a cada 50 cm. La medición se hace primero en una dirección y después en la ortogonal, gracias a que el sensor tiene ruedas que lo guían en las ranuras verticales y diametrales del tubo.



Monitoreo del inclinómetro



Inclinómetro No. 3

El tubo testigo es de aluminio y sus medidas satisfacen un estándar para facilitar que se puedan emplear celdas sensoras de los distintos fabricantes, las cuales las diseñan y construyen para distintas precisiones, congruentes con la magnitud de las deformaciones que se esperan ocurran.

La confianza que se puede tener en las mediciones que se hacen con los inclinómetros se define mediante dos parámetros:

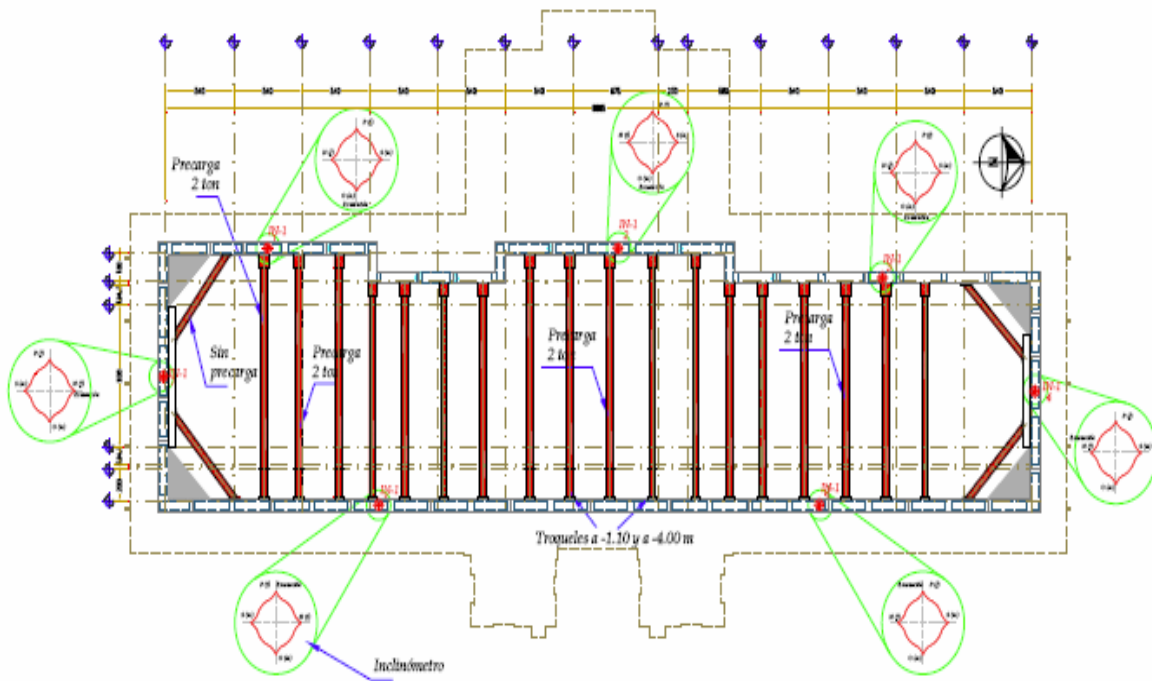
- a) La sensibilidad del aparato, que se puede definir como la medición más pequeña que pueden hacer.
- b) La precisión total que tienen esos aparatos en una profundidad especificada, usualmente de 30 m.

En el muro Milán fueron colocados siete inclinómetros para poder registrar los desplazamientos de estos, se esperaba que estos sufrieran movimientos hacia la excavación y que no fueran significativos, es decir, que no pondrían en riesgo el proyecto, por lo cual fueron colocados los troqueles hasta el término de los colados de la losa de fondo por razones de seguridad.



Inclinómetro

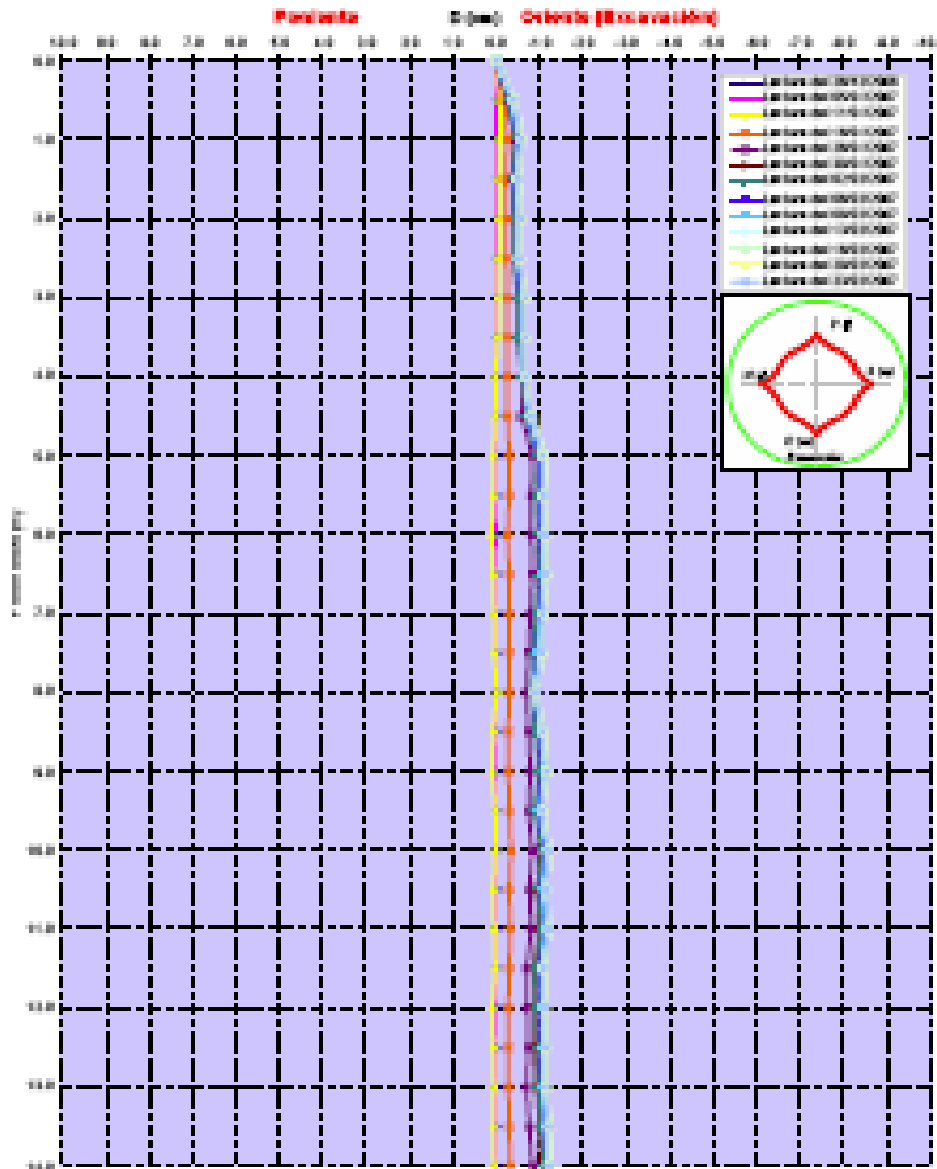
Se colocaron 3 inclinómetros en la zona Oeste, el INC-1 en el panel 3, a una profundidad de 14.25 m, el INC-2 en el panel 8 a 14.47 m y el INC-3 en el panel 11 a 14.39, en la parte Sur el INC-4 a 14.41 m ubicado en el panel 15, también fueron colocados dos en la zona Este, el INC-5 y el INC-6 en los paneles 18 a 14.31 m y 24 a 14.28 m respectivamente y por último del lado Sur el INC-7 en el panel 29 a profundidad de 14.26 m. Esta configuración de ubicación de los inclinómetros se muestra en el siguiente plano.



Ubicación de los inclinómetros.

De acuerdo con los datos obtenidos de los siete inclinómetros se observó que el comportamiento en general, presentó una tendencia hacia la excavación y los desplazamientos máximos fueron del orden de 0.54 en el INC-1, de 1.14 en el INC-2, de 1.19 cm en el INC-3, de 1.18 cm en el INC-4, de 0.94 cm en el INC-5, de 1.15 cm en el INC-6 y de 0.66 cm en e INC-7.

Siendo el más representativo el inclinómetro 3 el cual reportó una medición máxima de desplazamiento hacia la excavación de 1.19 cm, en la siguiente imagen se observa la gráfica de este inclinómetro.



Perfil de deformaciones registradas en el inclinómetro 3 en dirección Poniente-Oriente.

IV.3 SEGUIMIENTO A LA VARIACIÓN DEL NIVEL DE AGUA FREÁTICA EN EL INTERIOR DE LA EXCAVACIÓN

Cuando tenemos una masa de suelo, esta estará constituida por una parte de material sólido, otra parte por líquidos y otra parte por gases. Pero si empezamos a bajar de la superficie de la tierra, empezamos a ver que cada vez va a ver mayor contenido de agua, hasta el punto que el contenido de aire es totalmente ocupado por el agua, en este punto donde hallamos solo parte sólida y parte de agua, la llamamos *Nivel Freático*.

Las aguas Freáticas, son entonces las aguas que encontramos cuando el suelo esta saturado y están por debajo de este nivel freático.

Muchas veces en la ingeniería civil, es necesario hacer excavaciones por debajo del nivel freático, lo que puede generar varios problemas si se tiene un suelo permeable, el cual permita que la excavación que se haga se llene de agua, lo que generaría unas velocidades del agua freática, arrastrando material del suelo a la excavación.

Hay varias formas de abatir el nivel freático, una de ellas y la cual fue utilizada en el proyecto fue el hacer los pozos de bombeo, los cuales sacaron el agua de la masa de suelo, bajando el nivel de agua en la excavación.

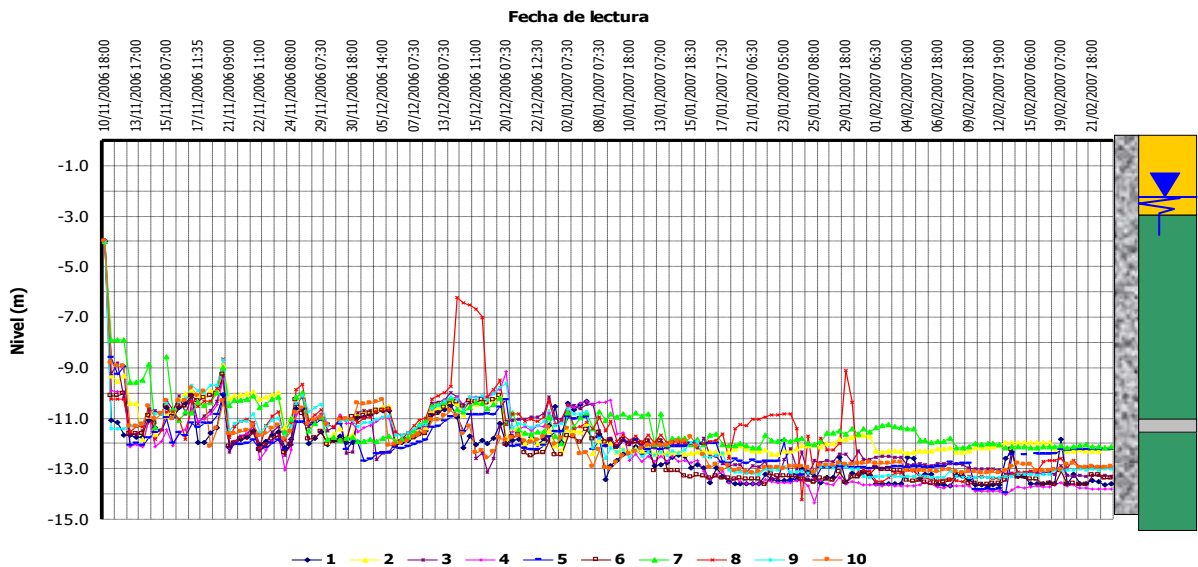
Con el sistema de bombeo se pudo dar un correcto seguimiento de los niveles del agua y comprobar notablemente la eficiencia del abatimiento del nivel freático, ya que el nivel abatido de agua se mantuvo hasta por 5 m por debajo del nivel máximo de la excavación.

El sistema de bombeo automático comenzó a operar con las bombas sumergibles el viernes 10 de noviembre y se registraron niveles de -4.0 m, el día lunes 13 del mismo mes ya se registraba un nivel de -9.0 m en promedio en los 10 pozos, al día 14 de diciembre se colocaron las puntas eyectoras, curiosamente en el pozo número 8 se tuvo una pérdida de agua la cual fue registrada al nivel de -6.19, pero esta fue recuperándose.

Diariamente se tomaron las lecturas en los pozos, estas eran en la mañana y en la tarde pero cambiaban si se realizaban maniobras en donde se ubicaba un pozo o se dejaba de bombear, cuando se tenían que colocar los troqueles, el trabajo de la retroexcavadora o por trabajos de construcción de la losa de fondo.

Durante la excavación a -4.5 m el nivel ya se encontraba en promedio a la -9.0 m, posteriormente al llegar al nivel máximo de excavación (-8.0 m), ya se contaba con un nivel de agua en promedio de -13.0 m, es decir, muy por debajo de la excavación máxima.

En la gráfica es el seguimiento de los niveles freáticos en los pozos durante la excavación, se puede observar que los primeros días el nivel se logró reducir hasta 7 metros por debajo del nivel y se mantuvo estable, al colocarse las puntas se nota un brinco considerable de recuperación del pozo, ya que fue parado el sistema de bombeo para la colocación de la puntas eyectoras pero este sólo se registro en el pozo 8, posteriormente fue bajado más el nivel llegando hasta los 12 y 13 metros, después se observa que se presenta un correcto funcionamiento del bombeo, pero el día 29 de enero del presente año se registró una recuperación de nivel nuevamente en el pozo 8, debido a que fue cortado para el paso de la retroexcavadora y fue revisado dicho pozo para detectar algún problema a raíz del corte, al día siguiente opero normalmente.



Abatimiento del nivel freático, con sistema de bombeo automático y puntas eyectoras.

El sistema de bombeo fue bueno ya que logró mantener el área de trabajo sin humedad las 24 horas del día, lo que permitió mejorar las condiciones de la obra y ejecutarla con mayor rapidez y mejor calidad, como se pudo apreciar el muro Milán presentaron un acabado satisfactorio y sin filtraciones.

El bombeo de abatimiento ayudó evitar fallas del fondo de la excavación por supresión.

Cabe mencionar que el abatimiento quedo siempre dentro de los límites del muro Milán y no influenció en movimientos de la estructura del Museo.

**CAPÍTULO 5
CONCLUSIONES**

V.- CONCLUSIONES

De acuerdo con lo expuesto anteriormente en nuestro trabajo de tesis, consideramos de gran importancia el haber documentado los procesos constructivos y de instrumentación que fueron implementados en la rehabilitación del Museo del Chopo, ya que fue un reto el realizar este proyecto de grandes magnitudes dentro de la antigua estructura en la cual no se presentó ninguna afectación gracias a la experiencia y pericia de *Cimentaciones Mexicanas S. A. de C.V.*, la cual eligió el proceso constructivo adecuado el cual mitigo y evitó todos aquellos problemas que habrían puesto en peligro la estructura, tal fue la preocupación que fue necesaria la colocación del *cyclops* que detectó los desplazamientos que se presentaron en la estructura el cual afortunadamente reportó movimientos de poca relevancia. Por otro lado el proceso de construcción de los muros Milán lo consideramos como la mejor opción aplicada para este proyecto, comparándolo con el proceso recomendado inicialmente el cual constaba de un tablestacado perimetral e intermedio en el trazo de la excavación y consideramos al igual que la empresa *CIMESA* la refutación de mencionada opción, la cual habría generado movimientos considerables que habrían afectado la estructura al momento del hincado de las tablestacas y los equipos se hubieran visto limitados por el pequeño espacio al interior del museo, y por eso se optó por los muros Milán los cuales tuvieron un comportamiento adecuado con el suelo y estructura; las maniobras de la maquinaria y las demoliciones no afectaron el proceso dinámico, el control de las excavaciones de forma modular, las cuales fueron, de que mientras se excavaba en una zona, en la parte opuesta se empezaba a realizar el proceso de colocación de armados y colados de muro, de esta forma se mantuvo ocupado el mayor tiempo posible el equipo y el personal, aumentando los rendimientos y bajando los tiempos de realización de la obra, es decir, se llevó un buen ritmo en la construcción, una de las partes importantes fue la realización de los pozos con una técnica que permitió aumentar el área de captación y así aumentar su eficiencia, ya que por la zona y el tipo de suelo el manejo del nivel freático fue de suma importancia para poder realizar las excavaciones, la construcción de la losa tapa que satisfizo las solicitudes a las cuales fue sometida como la de estabilizar los muros y para el soporte de los equipos, la losa de fondo que cumple su función de losa de lastre y el sistema de bombeo que ayudó a mantener el nivel freático por debajo de la excavación.

En todos estos procedimientos, siempre estuvo el interés de realizar una obra con mucho dinamismo cuidando los más mínimos detalles y teniendo una amplia visión de seguridad en todos los procesos, los cuales llevaron una continuidad entre ellos, dando muestra de eficiencia y profesionalidad en cuanto a diseño y control, es por esto que la obra se terminó con gran éxito y gran calidad en los terminados como se pudo apreciar en los muros Milán los cuales no presentaron filtraciones.

Durante las etapas de excavación, algo que fue muy importante fue la instrumentación que ayudó a mantener informados a los ingenieros de los movimientos principales de la estructura, ya que podrían presentarse fallas del terreno y colapsos, por ello se implementaron los inclinómetros en la construcción de los muros, aunque nos dimos cuenta que en la etapa de construcción de los muros, fue cuando se presentaron los movimientos más considerables y que fueron registrados con el cyclops y los cuales los atribuimos al golpeteo de las jaulas con los brocales y a las difíciles y constantes maniobras de la maquinaria implementada, por otro lado, continuando con el proceso de excavación se determinó el uso de los troqueles que ayudaron a estabilizar los muros, aunque se había considerado que el no utilizarlos no pondría en riesgo que los muros se volcaran hacia la excavación pero por razones de seguridad fueron colocados.

La losa de fondo fue uno de los elementos estructurales mas importantes, ya que con ello se le daba estabilidad completa a los muros del cajón para poder retirar después los elementos de soporte (troqueles), pero también no sólo fue importante por esa razón, sino por la forma en que se ligo a los muros usando una resina epóxica para anclar las varillas de los armados y poder así conjuntar dichas estructuras, para esto se realizaron pruebas de resistencia para determinar la longitud de anclaje real que se debería tener en los muros ya que la longitud de anclaje para unas algunas varillas no es de gran impacto, pero para un gran número de ellas como lo fue este caso, si impactan en la economía (costo de la obra), para lo cual se evaluó y decidió llevar acabo estas pruebas. Este ejemplo nos da muestra de la planeación y control realizados durante la ejecución de la obra.

Por último hablando del proyecto global, consideramos que es de suma importancia el rescatar y promover la rehabilitación de este tipo de edificaciones antiguas y que estas sean dotadas de la infraestructura necesaria para que sigan cumpliendo su objetivo de difundir la cultura.

BIBLIOGRAFÍA

- Berta Tellón Peón. "Santa Maria la Ribera". Editorial Clío. 1998.
- "Museo Universitario del Chopo 1973-1988". Ed., Universidad Nacional Autónoma de México/Ediciones Toledo. 1988.
- Manual de Construcción Geotécnica, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. Tomo I, México 2002.
- Manual de Construcción Geotécnica, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. Tomo II, México 2002.
- <http://www.cimesa.net>
- <http://www.chopo.unam.mx/>