



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAestrÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA
Facultad de Arquitectura
Instituto de Investigaciones Históricas
FES Aragón

**EVALUACIÓN DE ASENTAMIENTOS VERTICALES
POR CONSOLIDACIÓN DE RELLENOS ANTRÓPICOS**

CASO DE ESTUDIO: EDIFICIO UNIDAD DE POSGRADOS.

TESIS

Que para optar por el grado de

MAESTRA EN ARQUITECTURA

En el campo de conocimiento de Tecnologías

PRESENTA:

Arq. Nayeli Pérez Contreras

TUTOR PRINCIPAL:

Dra. Gemma Luz Sylvia Verduzco Chirino

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. Silvia Raquel García Benítez

Instituto de Ingeniería UNAM

M.I. Perla Santa Ana Lozada

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Ciudad de México Noviembre, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



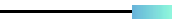

Programa de Maestría y Doctorado
en Arquitectura



INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES
HISTÓRICAS

"Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México considerado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí contenidas, manifiesto que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Las citas de otras obras y referencias generales a otros autores se consignan con el crédito correspondiente."

+ + + + + +
+ + + + + +
+ + + + + +



“Según Peck, la experiencia profesional no es una consecuencia del tiempo transcurrido en el ejercicio, si no más bien de la intensidad con que se adquiere y asimila tal experiencia. Los innumerables hechos acumulados durante la vida profesional no tendrán ningún valor si estos no se pudieran organizar y aplicar a nuevos problemas.”

Ralph Brazelton Peck (1962)





Esta investigación se realizó con el apoyo de las siguientes instituciones: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales UNAM en el marco del proyecto PAPIIT IN404218, titulado "Análisis de Morteros para su Aplicación en la Arquitectura Regional" y el proyecto PAPIME PE403618 "Prácticas de Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales de la Facultad de Arquitectura", bajo la dirección del doctor en arquitectura Alberto Muciño Vélez, Instituto de Ingeniería UNAM y la Facultad de Ingeniería UNAM en sus departamentos de Geotecnia y Geomática.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser parte de mi formación académica.

A mi tutora, la Dra. Gemma Verduzco, por aceptar ser la directora de la presente tesis, por formarme con propósito y ser mi guía durante esta etapa.

A la Dra. Silvia García, hay presencias que nos marcan, nos mejoran, mi agradecimiento por compartir generosamente su conocimiento y amistad conmigo.

A la Mtra. Perla Lozada y al Dr. Alberto Muciño, por su invaluable apoyo y disponibilidad durante toda la investigación.

Al Ing. Sergio Gaytán Sánchez, Ing. Luis Bruno Garduño y a sus alumnos, del departamento de Geomática de la Facultad de Ingeniería UNAM por realizar conmigo el levantamiento topográfico y fotogramétrico de la Unidad de Posgrado.

Al Ing. Luis Ángel Villa Alvarado y el Dr. José Ortega Ramírez, por su profesionalismo, ímpetu y asesoría en el desarrollo geofísico de esta investigación, sin su valioso apoyo esta investigación no hubiese sido posible, gracias.

Al Laboratorio de Geotecnia de la Facultad de Ingeniería UNAM y la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica. A. C., por los conocimientos adquiridos.

A mis profesores del Programa de Maestría y Doctorado por transmitir sus ideas.

A mi familia, Elena, Fernando y Rogelio, por el amor, consejo y apoyo que siempre me brindan en cada nuevo proyecto.

Al Ing. Walter Pacheco por compartir conmigo y con muchos otros jóvenes más, su conocimiento y experiencia en el campo profesional.

COMITÉ TUTOR

DRA. GEMMA LUZ SYLVIA VERDUZCO CHIRINO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA UNAM

DRA. SILVIA RAQUEL GARCÍA BENÍTEZ

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

M.I PERLA SANTA ANA LOZADA

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA UNAM

DR. ALBERTO MUCIÑO VÉLEZ

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y PAISAJE

DR. JOSÉ R. ORTEGA RAMÍREZ

LABORATORIO DE GEOFÍSICA, INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E

HISTORIA



CONTENIDO

Introducción	10
01 — Antecedentes	13
1.1 Antecedentes	14
1.2 Planteamiento del problema.....	16
1.3 Problemática	17
02 — El Suelo	18
2.1 Origen y formación de los suelos	23
2.2 Características y clasificación de los suelos	24
2.3 Exploración y muestreo	25
2.4 Métodos de sondeos preliminares	27
2.5 Métodos de sondeos definitivos.....	28
2.6 Métodos geofísicos de exploración.....	29
03 — Propiedades del suelo	33
3.1 Propiedades físicas del suelo	34
3.2 Propiedades químicas del suelo.....	39
3.3 Granulometría	40
3.4 Plasticidad	41
3.5 Límites de atterberg	42
3.6 Deformación	43
04 — El Suelo y la cimentación	45
4.1 Tipos de cimentación.....	48
4.2 El suelo en la ciudad de México.....	52
4.3 Verificación de seguridad en las cimentaciones	54
4.4 Límites máximos para movimientos y deformaciones en la cimentación..	55
4.5 Asentamientos.....	56
4.6 Mejoramiento de rellenos.....	58
4.7 Compactación de terrenos.....	60
05 — Análisis preliminar de la edificación	62
5.1 Descripción arquitectónica y estructural del objeto de estudio.....	66
5.2 Inspección visual de elementos estructurales y no estructurales.....	76
5.3 Gestión de la información y evaluación técnica.....	79
5.4 Procedimiento de inspección de edificios con asentamientos verticales..	81

06	Levantamiento Topográfico	82
6.1	Planimetría y altimetría	84
6.2	Instrumentos y calibración	86
6.3	Sistemas de posicionamiento global (GPS)	88
6.4	Coordenadas y cotas topográficas	89
6.5	Levantamiento fotogramétrico con dron	91
07	Exploración Geofísica	94
7.1	Principio básico de resistividad	97
7.2	Procesamiento de datos	97
7.3	Tomografía de resistividad eléctrica	99
7.4	Método del GPR	100
7.5	Fundamento teórico	100
7.6	Prospección de georadar	103
7.7	Adquisición de datos	104
08	Resultados Obtenidos	106
8.1	Tomografía de resistividad eléctrica, línea 1 ert y línea 2 ert	107
	Eléctrica línea 1 ert_ edificios gy h	108
8.2	Georadar de penetración estándar, radagramas e interpretación	110
8.4	Conclusiones y recomendaciones, estudio geofísico	112
8.	Instalación sanitaria, propuesta final	113
	Conclusiones Generales	119
	Referencias	125
	Glosario	130
	Anexos	132

Los anexos presentados en esta investigación fueron proporcionados por la Dirección General de Obras y Conservación UNAM y el Laboratorio de Conservación del Patrimonio Natural y Cultural de la Facultad de Arquitectura UNAM.



INTRODUCCIÓN


INTRODUCCIÓN

El estudio de suelos dentro de la arquitectura resulta de gran importancia debido a que suelen ser de naturaleza muy variada, estas diferencias son debido a que los suelos son resultado de un proceso formacional y su comportamiento está dirigido por su composición mineralógica y tamaño entre partículas, el estudiar el suelo donde se edificará permitirá diseñar y proponer el tamaño y forma más adecuada de tipo de cimentación, programar tiempos de construcción, evitar gastos excesivos en soluciones técnicas y establecer protocolos de seguridad en trabajos de movimientos de tierra.

En un sentido constructivo, los materiales térreos naturales que se encuentran en las capas superficiales de la corteza terrestres se denominan en dos categorías: suelo y roca, el suelo se puede definir como un conjunto de minerales, materia orgánica y sedimentos sin adherencia depositados sobre rocas, debido a sus propiedades naturales los suelos se pueden disociar fácilmente, las rocas, de manera opuesta son altamente resistentes por su alta cohesión en partículas internas.

Los límites entre rocas y suelos en la práctica profesional pueden ser arbitrarios debido a que no son fácilmente clasificables, la ubicación de un suelo se realiza, como es conocido por una combinación de análisis en laboratorio o métodos de prospección invasivos o no invasivos que sean útiles para conocer las diferentes propiedades mecánicas e hidráulicas de los mismos.

¹Robert D. Holtz, W. D. (2008). An Introduction to Geotechnical Engineering. Washington: Pretince Hall.



Entre los diversos problemas a los que nos enfrentamos como constructores relacionados con el suelo se encuentran de manera usual: estabilidad de estructuras de retención (gaviones), taludes naturales, rellenos, excavaciones, asentamientos, presiones de agua y finalmente rehabilitación y mantenimiento de edificios, de ahí la importancia de estudiar factores como deformabilidad y resistencia del terreno, analizar la distribución de los empujes del mismo terreno, aunado a ello es indispensable mencionar que otras ciencias como la geología, ingenierías como la hidráulica, estructural, de minas o transporte se encuentran involucradas.

Así pues, se puede llegar a pensar en la importancia de considerar la cimentación en suelos y rocas desde un punto estático al resistir las cargas de una construcción o estructura y dinámico debido a las cargas generadas por sismos, vientos, empujes, etc., algunas cimentaciones consideran incluso los niveles freáticos elevados.

La aplicación de geotecnia en la arquitectura es muy amplia, no sólo se limita a las fases de ejecución o control de operaciones de un edificio, estructura, vía, pavimentos, estructuras de contención o el diseño y cálculo de cimentaciones si no también es posible formar una perspectiva más amplia en el proceso de proyección y diseño, al interpretar el comportamiento del suelo es posible ser versátiles en cuestión de altura, formas o resistencia a movimientos sísmicos de un edificio de cualquier índole, además de ser de gran utilidad en la conservación de edificios históricos y zonas arqueológicas.



01 | ANTECEDENTES

1.1 Antecedentes

1.2 Planteamiento del problema

1.3 Problemática

ANTECEDENTES

El análisis del suelo-estructura no puede estudiarse en forma aislada, la configuración de un edificio se compone por diversos parámetros que definen su forma y altura, en la actualidad con el desarrollo de materiales, disposiciones estructurales y procesos de construcción en el desarrollo de cualquier planteamiento arquitectónico se requieren soluciones cada vez más resistentes, por esta razón es importante considerar el suelo como elemento portante de las edificaciones inicialmente porque al conocer el tipo de suelo es posible proponer el diseño y tamaño de cimentación más adecuada, planear el tiempo de construcción del edificio, evitar gastos excesivos en movimientos de tierra tales como excavaciones o rellenos y la seguridad de los trabajadores durante los mismos.

El diseño de los diversos espacios de un edificio depende de su concepción arquitectónica y estructural, cuando ambos conceptos están muy distantes es inevitable que surjan problemas en la edificación a corto o mediano plazo, de ahí la importancia de la relación entre ambos campos.

El suelo es de suma importancia en la configuración de cualquier edificio debido a que será el elemento portante del mismo, en los últimos años el hundimiento y agrietamiento en la ciudad de México son fenómenos que han sido estudiados debido a las consecuencias que han traído consigo desde que se comenzó a edificar en la Ciudad de México principalmente por la baja capacidad del suelo de resistencia al suelo, la sobreexplotación de mantos acuíferos y la concientización que se le ha dado al problema.

Los asentamientos en una edificación se originan por diversas causas entre ellas se encuentran: los suelos con poca capacidad portante, estos tipos de suelos requieren un tipo de cimentación adecuada a el área a cubrir por lo regular este

tipo de problemas se abordan durante los trabajos de excavaciones aplazando los tiempos de trabajo, otra de las causas es el suelo mal compactado, los sitios de construcción en la ciudad de México regularmente en terrenos que han sido nivelados y rellenados artificialmente (rellenos antrópicos), este tipo de terrenos proporcionan una base sólida siempre y cuando se encuentren correctamente compactados, es decir eliminar con los trabajos de compactación en terracerías la eliminación de vacíos con el objeto de incrementar su resistencia y disminuir su compresibilidad.

HIPÓTESIS

Si se conocen las características del suelo desde ámbitos geotécnicos y geológicos será posible establecer las causas de los asentamientos verticales en la Unidad de Posgrados diagnosticando las afectaciones y el estado actual de la edificación.

OBJETIVO GENERAL

Analizar las resistividades de los estudios geofísicos llevados en campo en la Unidad de Posgrados UNAM para determinar las características físico-mecánicas del suelo y a partir de ellas los parámetros necesarios para el diseño de drenes verticales que ayuden a disminuir la reducción de volumen del suelo cohesivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar las áreas afectadas para diseñar una red de captación de agua pluvial que conduzcan las aguas de las áreas exteriores.
- b) Presentar un método de inspección de evaluación y diagnóstico de edificios con asentamientos verticales mediante métodos no destructivos.
- c) Caracterizar el suelo del sitio de prueba realizando una superposición de capas y de esta forma interpretar el comportamiento de suelos saturados con materia orgánica.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El edificio de la Unidad de Posgrados UNAM se proyectó y construyó en los años 2012 y 2013 por la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM en la zona sur de Ciudad Universitaria, en Cto. De los Posgrados S/N, C.U., colindante a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.

El complejo estudiantil tiene 32,248 metros cuadrados, se conforma de diez edificios y un auditorio distribuidos de forma radial dejando entre cada circunferencia jardineras, la doble estructura circular limita las visuales e iluminación natural una de otra, cuenta con dos accesos, uno para la entrada peatonal y otra que conecta al estacionamiento con tres niveles en 10,387 metros cuadrados (Kóchen, 2013).



Ilustración 1. Kochen, Juan José, (2013) Edificio Unidad de Posgrados UNAM. [Fotografía]. Fuente: Arquine. Septiembre 2018.



Ilustración 2. Kochen, Juan José (2013) Edificio Unidad de Posgrados UNAM [Fotografía]. Fachada principal. Fuente: Arquine. Septiembre 2018.



Ilustración 3. Kochen, Juan José (2013) Edificio Unidad de Posgrados UNAM [Fotografía]. Escaleras Exteriores. Fuente: Arquine, Septiembre 2018.



Ilustración 4. Kochen Juan José (2013) Edificio Unidad de Posgrados UNAM [Fotografía]. Áreas exteriores entre circunferencias. Fuente: Arquine. Septiembre 2018.

Kochen José Juan, (Abril, 2013) Las donaciones de la UNAM, Arquine.

1.3 PROBLEMÁTICA

El edificio de la Unidad de Posgrados UNAM se edificó en la sección (A13) que pertenece a la Reserva Ecológica de la UNAM y que posteriormente, en los años 90 pasó a ser la Planta de Tratamiento de la UNAM, aquí se procesaban alrededor de 36 metros cúbicos de los residuos que se generaban en Ciudad Universitaria y se obtenían cerca de 140 metros cúbicos de composta al mes además de realizarse actividades como triturado de madera y recolección de labores de jardinería (pasto cortado, ramas y hojaresca), este material orgánico después de ser mezclado se distribuía en filas para posteriormente removerlas y acelerar el proceso de compostaje (UNAM DGCS-065,2015).



Ilustración 5. Valdivieso Aguillón Luis Humberto, 2016, Planta de Tratamiento de Composta. 2004 UNAM
[Ilustración] Fuente: Tesis, Jardín para la Investigación y Avistamiento de Colibries, Febrero 2019.



Ilustración 6. Valdivieso Aguillón Luis Humberto, 2016, Planta de Tratamiento de Composta. 2009 UNAM
[Ilustración] Fuente: Tesis, Jardín para la Investigación y Avistamiento de Colibries, Febrero 2019.



Ilustración 7. Valdivieso Aguillón Luis Humberto, 2016, Planta de Tratamiento de Composta. 2013 UNAM
[Ilustración] Fuente: Tesis, Jardín para la Investigación y Avistamiento de Colibries, Febrero 2019.



Ilustración 8. Valdivieso Aguillón Luis Humberto, 2016, Planta de Tratamiento de Composta. 2018 UNAM
[Ilustración] Fuente: Tesis, Jardín para la Investigación y Avistamiento de Colibries, Febrero 2019.

El edificio de la Unidad de Posgrados se desplanto en este terreno, al momento de la construcción se realizaron sondeos a cielo abierto para examinar los diferentes estratos del suelo natural y de este modo conocer las características físico-mecánicas del suelo, se encontró suelo volcánico a diferentes profundidades, lo que indicó que se tuvieron que realizar trabajos de movimientos de tierra y grandes volúmenes de relleno.



Ilustración 9. Contreras, Nayeli (2018), Pozo a cielo abierto. Terreno de desplante Edificio Unidad de Posgrados UNAM. [Fotografía].
Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.



Ilustración 10 Contreras Nayeli (2018) Pozo a cielo abierto. Terreno de desplante Edificio Unidad de Posgrados UNAM [Fotografía].
Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM

En el transcurso de 6 años la edificación empezó a presentar problemas de asentamientos verticales sólo en plantas bajas, las principales zonas afectadas, se encuentran en los firmes exteriores, presentando desniveles, grietas y desprendimiento del material, también se observó afectaciones en instalaciones y losetas, este tipo de afectaciones son inusuales en proyectos de corta edad, es por ello la importancia de estudiar y comprender el fenómeno, conocer las características del suelo como composición, textura y adherencia mediante perfiles horizontales.



Ilustración 11. Contreras, Nayeli (2018) Edificio Unidad de Posgrados UNAM [Fotografía].
Escaleras Exteriores. Fuente: Propia



Ilustración 12 . Contreras, Nayeli (2018) Edificio Unidad de Posgrados UNAM [Fotografía].
Áreas Exteriores. Fuente: Propia



Ilustración 15. Contreras, Nayeli (2018) ,Desniveles en coladeras entre Edificio E Y G. [Fotografía]. Fuente: propia.



Ilustración 16. Contreras, Nayeli (2018) Desniveles en firmes en Edificio G. [Fotografía]. Fuente: propia



Ilustración 17. Contreras Nayeli (2018) Desniveles en coladeras entre Edificio E y G [Fotografía] Fuente: propia



Ilustración 18. Contreras, Nayeli (2018).Trabajos de Nivelación [Fotografía] Fuente: propia

Cualquier circunstancia que propicie grietas en un conjunto de edificios es motivo de revisión del fenómeno para cual se tendrá que definir el origen de los asentamientos, para ello es indispensable considerar los siguientes pasos:

- 1.- Confirmar que el daño pueda ser causado por los movimientos en la cimentación.
- 2.- Evaluar el daño objetivamente.
- 3.- Decidir, dependiendo de qué tan grande es el daño que afecte la edificación la opción más viable de rehabilitación de las zonas afectadas.
- 4.- La justificación del costo del trabajo a realizar.



02 | EL SUELO

2.1 Origen y formación de los suelos

2.2 Características y clasificación de los suelos

2.3 Exploración y muestreo

2.4 Métodos de sondeos preliminares

2.5 Métodos de sondeos definitivos

2.6 Métodos geofísicos de exploración

EL SUELO

El suelo es una estructura organizada de agregado de partículas orgánicas e inorgánicas con propiedades que varían "vectorialmente", ya que en dirección vertical generalmente sus propiedades cambian mucho más rápidamente que en el plano horizontal.

Se puede considerar como un material terroso que modifica sus propiedades a través del tiempo desde un relleno de desperdicio hasta areniscas parcialmente cementadas o luititas suaves, quedan excluidas de la definición rocas sanas, ígneas o metamórficas. Debido a la incidencia del agua en el comportamiento mecánico resulta necesario mencionarla como un factor más de su composición.²

Todas las obras se apoyan en el suelo y muchas de ellas utilizan la tierra incluso como elemento de construcción para terraplenes o rellenos en general, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados por el desempeño del material ante los esfuerzos de influencia sobre en el que se esté situado, por ello es de importancia analizar el suelo según el uso o empleo del mismo que se le dé en obra³:

a) Como elemento soporte de Cimentaciones: Previo a la etapa de construcción es indispensable estudiar las características del terreno, entre estas se encuentran sus componentes físico-químicos y el comportamiento de estos ante cimentaciones superficiales o profundas con cargas estáticas o dinámicas aplicadas al mismo.

b) Como elemento Estructural: Regularmente en toda obra de tierras y en aquellas dentro de la clasificación A y B de acuerdo con el Reglamento de Construcciones de CDMX 2018 se realizan rellenos (terraplenes o pedraplenes), se hacen obras de sostenimiento o contención, se realizan excavaciones superficiales o subterráneas, se crean infraestructuras para

²Badillo Juárez, R. R. (2005). "Mecánica de Suelos. México: Limusa, Noriega.

³M., G. (agosto, 2012). "Método de Análisis Simplificado Para Un Nuevo Tipo de Cimentación Para Suelos Blandos". México.

obras viales propias o inducidas, en todas ellas el suelo o terreno desempeña un papel importante como elemento estructural.

c) Como Producto: El suelo o terreno es visto también como material de construcción, de los Bancos de Cemento, Canteras de Grava, Minas a Cielo Abierto o Subterráneas.

d) Como Acuífero: El suelo o terreno es una reserva de agua y en ocasiones se mantienen como reservas acuíferas subterráneas o superficiales.

De todo ello se concluye que el terreno participa y aporta innumerables elementos aprovechables. Para la identificación de un suelo o terreno en general, es necesario identificar lo siguiente⁴:

- a) Porcentaje aproximado de grava y arena
- b) Color
- c) Humedad
- d) Contenido Orgánico
- e) Plasticidad
- f) Estructura
- g) Grado de compacidad (excepto arcillas)
- h) Consistencia
- i) Nombre geológico

Los factores formacionales del suelo son:

- a) Clima
- b) Organismos
- c) Topografía
- d) Roca Madre
- e) Tiempo

⁴Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A. (2019). Curso Laboratorio de Mecánica de Suelos. México: México.

2.1 ORIGEN Y FORMACIÓN DE LOS SUELOS

Desde una perspectiva edafológica un suelo resulta ser la capa más superficial de la corteza atravesada por un constante cambio en la que se asienta la vida y actúa de interfase de la atmósfera, hidrosfera, geosfera y biosfera. La composición del suelo se conforma de diferentes fases: fase sólida, líquida y gaseosa⁵.

La fase sólida: se divide en dos tipos orgánica e inorgánica, la orgánica son aquellos fragmentos de rocas y minerales producto de la meteorización, es decir: Gravas > 2mm y arenas 2mm – 0,02 mm; limos 0,02 – 0,002, arcillas < 0,002. La orgánica está compuesta por materia orgánica procedente de restos como madera, plásticos... en diferentes grados de descomposición, esta contiene más agua favoreciendo la aireación del suelo al aglutinar partículas minerales haciéndolo más poroso y aumentando la fertilidad del suelo.

La fase líquida: El agua que se encuentra presente en el suelo se genera de tres formas diferentes, el agua absorbida es aquella que se encuentra en los poros de tamaño pequeño o mediano, si los poros son demasiado pequeños, el agua será retenida y si los poros son demasiado grandes, el agua se escurrirá por gravedad, agua por gravitación.

La fase gaseosa: Es el aire que ocupa los poros de tamaño grande y aquellos en los que el agua se ha consumido. La cantidad de CO₂, aumenta con la profundidad, la existencia de materia orgánica y en condiciones óptimas de temperatura y humedad.

Los suelos pueden ser divididos, según el origen de sus elementos en:

A. Suelos cuyo origen se debe al resultado de la descomposición física y química de las rocas.

A1. Suelo Residual: "Son los que permanecen en el mismo lugar en que

⁵Silla, R. O. (2015). Síntesis de la Evolución del Conocimiento en Edafología. Revista Eubacteria.

se formaron y todavía yacen directamente sobre la roca madre.”

A2. Suelo Transportado: “Son los que han sido llevado más o menos lejos del techo original de la roca.

B. Suelos cuyo origen es orgánico “in-situ”, p.e, turba, coquina,etc.

2.2 CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Los suelos pueden ser divididos, según el tamaño de sus constituyentes:

2.1.1 Suelos Gruesos

2.1.2 Suelos Finos

El comportamiento mecánico e hidráulico de un suelo grueso está dado por la compacidad y orientación de sus partículas. Su estudio o clasificación se efectúa mediante un método denominado Granulometría.

Los suelos bien graduados, es decir, con amplia gama de tamaños tienen un buen comportamiento mecánico debido a la compacidad y orientación de las partículas. Los límites de tamaño de las partículas que constituyen un suelo ofrecen un criterio para una clasificación descriptiva del mismo. Existen varias clasificaciones de este tipo, una de las más utilizadas es la de “Kopecky”, propuesta en Alemania en 1936.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	TAMAÑO
PIEDRA	-----	Mayor 70 mm
GRAVA	Gruesa	30 a 70
	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
ARENA	Gruesa	1 a 2
	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
POLVO	Grueso	0.05 a 0.1
	Fino	0.02 a 0.05
LIMO	Grueso	0.006 a 0.02
	Fino	0.002 a 0.0006
ARCILLA	Grueso	0.0006 a 0.0002
	Fino	0.0002 a 0.0006
ULTRA-ARCILLA	-----	0.00002 a 0.0002

Tabla 1. Sistema de Clasificación Kopecky, Alemania 1936.

Existe también la clasificación del Instituto de Tecnología de Massachussets -MIT del investigador G.Gilboy.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	TAMAÑO
ARENA	Gruesa	2.0
	Media	0.6
	Fina	0.2
LIMO	Gruesa	0.02
	Media	0.006
	Fina	0.002
ARCILLA	Gruesa	0.0006
	Media	0.0002
	Fina (Coloides)	0.00001

Tabla 2. Clasificación de Suelos. G.Gilboy. MIT.

Una más es la clasificación de C.K Wentworth (1922), empleada frecuentemente por los sedimentólogos y geólogos, la cual ha sufrido modificaciones en el transcurso de la historia.

Milimeters (mm)	Micrometers	Phi	Wentworth size clase		Rock type
4096		-12.0	Boulder	Gravel	Conglomerate
256		-8.0	Cobble		
64		-6.0	Pebbia		
4		-2.0	Granulo	Sand	Sandstone
2.00		-1.0	Very Coarso Sand		
1.00		0.0	Coarso Sand		
0.50	500	1.0	Medium Sand	Silt	Siltstone
1/2	250	2.0	Fine Sand		
1/4	125	3.0	Very Fine Sand		
1/8	63	4.0	Coarse silt	Mud	Claystone
1/16	31	5.0	Medium Silt		
1/32	15.6	6.0	Fine Silt		
1/64	7.8	7.0	Very Fine Silt		
1/128	3.9	8.0			
1/256	0.00006	14.0	Clay		

Tabla 3. Udden. Wentworth grain size classification of terrigenous sediments (from Wentworth, 1922)

2.3 EXPLORACIÓN Y MUESTREO

El muestreo de los suelos tiene como propósito obtener la información necesaria que ayude al constructor a seleccionar el tipo y la profundidad más adecuada para una estructura, evaluar la capacidad de carga, estimar probables asentamientos, predecir la presión natural de tierras, etc.⁶

⁶Valencia, E. D. (2015). Geotécnia y Cimentaciones. Ecuador.

Exploración Directa:

Se podrá utilizar cualquier método exploratorio directo, sondeo, muestreo, pozo a cielo abierto en correspondencia al tipo de material encontrado, tales como:

- a) Pozos a cielo abierto (PCA)
- b) Calicatas o Trincheras
- c) Prueba de Penetración Estándar (SPT)
- d) Tubo Shelby
- e) Cono Estático (CPT) o dinámico (DCP)

(DCP) Exploración Indirecta:

Se podrá utilizar para la evaluación preliminar del proyecto o bien para el estudio de restauración de edificios histórico o zonas arqueológicas, estos estudios determinan las condiciones del suelo, con la información se identifican y previenen problemas logísticos, entre estos se encuentran:

- a) Sondeos Eléctricos Verticales
- b) Sísmica de Refracción
- c) Análisis Espectral de Ondas Superficiales
- d) Sísmica Pasiva (Remi)

Macizos Rocosos:

Los suelos macizos rocosos podrán clasificarse por medio de los siguientes estudios:

- a) Rock Mass Rating (Bienawski 1976 y 1979)⁷
- b) GSI (Hoek y Brown 1980)⁸
- c) Parámetro Q (Barton, 1974)⁹

⁷ Bieniawski, Z. T. (1989). Clasificación geomecánica de Bieniawski.

⁸ Hoek-Brown. (1980). Criterio de Rotura

⁹ Barton, L. L. (2000). Clasificación Q Barton. Macizos Rocosos.

2.4 MÉTODOS PRELIMINARES

Es indispensable que el constructor realice los sondeos exploratorios necesarios para obtener la información necesaria de las características del subsuelo para facilitar el diseño de cimentaciones, excavaciones, etc... Los principales métodos preliminares son los siguientes:

a) Pozos a Cielo Abierto (calicatas con muestreo alterado o inalterado): Este método consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, así como observar la cantidad de agua contenida en el suelo, en estos pozos se pueden tomar muestras alteradas o inalteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado.

b) Métodos de Lavado: Este método consiste en separar las partículas finas de las gruesas mediante un ciclo de lavado con el fin de minimizar la cantidad de tierra afectada por contaminación, las pruebas obtenidas son alteradas, se recomienda complementar con otros métodos para realizar las pruebas de laboratorio correspondientes.

c) Método de Penetración Estándar: Este método es el que rinde mejores resultados en la práctica y el que proporciona mejor información de la estratigrafía del subsuelo, en suelos plásticos la prueba permite obtener una idea de la resistencia a la compresión simple.

d) Perforaciones en boleos y gravas: Es frecuente encontrar estratos de boleos o gravas en los que es necesario atravesar durante las perforaciones, en estos casos es necesario utilizar herramientas como barretones con taladros de acero que se suspenden y dejan caer sobre el estrato en cuestión, en otras ocasiones es indispensable utilizar explosivos para romper a la resistencia del obstáculo que aparezca en el sondeo.

e) Método de Penetración Cónica (CPT): Estos métodos consisten en colocar un cono instrumentado con la punta hacia abajo con una velocidad controlada entre 1.5 a 2.5 cm. La resolución del CPT al definir las capas estratigráficas está relacionada con el tamaño de diámetros de 3.6 y 4.4 cm, dependiendo del procedimiento de hincado se dividen en dinámicos y estáticos.¹⁰

d) Perforaciones con Posteadora y Barrenos Helicoidales: Las muestras obtenidas son completamente alteradas, sin embargo, estas muestras son representativas en lo referente al contenido de agua. Los barrenos helicoidales pueden ser de diferentes tipos, el factor más importante de esta práctica es el paso de la hélice que debe ser cerrado para suelos arenosos y más abierto para suelos plásticos ¹¹, este tipo de muestras son apropiadas para clasificación y en general para aquellas que no requieran muestra inalterada.

2.5 MÉTODOS DE SONDEOS DEFINITIVOS

El proceso más importante en la obtención de muestras es la obtención de las mismas con el mínimo de alteración posible, lo cual resulta prácticamente imposible debido a la remoción de porciones de suelo, lo cual produce cambios en los esfuerzos del mismo que alteran la estructura en cierto grado, de tal manera que las mejores muestras "inalteradas" son aquellas en que la humedad y la composición no sufren cambios, la relación entre vacíos y la estructura sufren el menor cambio posible.

a) Método con Pared de Tubo Delgada: Esta prueba consiste en hincar a presión un tubo muestreador, este tipo de muestreadores no es recomendable para suelos muy blandos con alto contenido de agua y arenas, este método es ideal para efectuar las muestras obtenidas, ensayos de consolidación y pruebas triaxiales en el laboratorio.

¹⁰ Sonora, U. d. (n.d.). Exploración de Suelos.
¹¹ dearkitectura. (2020). Tipos de Mecánica de Suelos. Retrieved from <http://dearkitectura.blogspot.com/2013/02/tipos-de-sondeo-en-la-mecanica-de-suelos.html>.

La calidad de una muestra inalterada depende de los siguientes factores¹²:

- a) Desplazamiento del suelo por el muestreador.
- b) Método para introducir el muestreador en el terreno.
- c) Rozamiento en la cara interior del muestreador.
- d) Compresión del suelo debido a la presión de la sobrecarga.
- e) Manipulación y Almacenaje de la muestra hasta ser ensayada.

Método Rotatorio para Roca: Cuando un sondeo alcanza una capa más de roca o cuando en el curso de la perforación las herramientas hasta aquí descritas tropiezan con un bloque grande de naturaleza rocosa, no es posible lograr penetración o ésta es mínima a un número mayor de 50 golpes es necesario recurrir a máquinas perforadoras de rotación con brocas de diamantes o tipo caliz¹³.

La extracción de la muestra se hace por alguno de los siguientes métodos:

- 1) Se cierra la circulación del agua y los fragmentos que se atorán rompen el extremo interior del corazón.
- 2) En algunas rocas se incrementa rápidamente la velocidad de rotación para romper la base muestra sin ser necesario cancelar la circulación de agua.

2.6 MÉTODOS GEOFÍSICOS DE EXPLORACIÓN

Los métodos geofísicos han sido desarrollados para determinar las diferentes variaciones en las características físicas de los estratos del subsuelo o la existencia de rocas subyacentes a depósitos sedimentarios¹⁴, estos se obtienen por medio de sondas con varios sensores para obtener parámetros físicos de la formación de suelos a diferentes

¹² Sonora, U. d. (n.d.). Exploración de Suelos.

¹³ dearkitectura. (20202). Tipos de Mecánica de Suelos. Retrieved from <http://dearkitectura.blogspot.com/2013/02/tipos-de-sondeo-en-la-mecanica-de-suelos.html>.

¹⁴ Juárez Badillo, R. R. (n.d.). Mecánica de Suelos. Flujo de Agua en Suelos-. Tomo III. Limusa.

profundidades. Entre los datos obtenidos de estos métodos se encuentran¹⁵:

- a) Tipo de Litología
- b) Resistividad
- c) Densidad Volumétrica
- d) Proporción de Lodo
- e) La Geometría
- f) Saturación de Hidrocarburos

Existen diferentes tipos de sondas:

- a) Eléctricas
- b) Radiactivas
- c) Sónicas

Sondeos Eléctricos: Están basados en el potencial eléctrico en el suelo alrededor de un electrodo con corriente, depende de las resistividades y la distribución de los suelos y rocas circundantes, este tipo de sondeos son herramientas útiles para encontrar rocas a profundidades considerables, los resultados se interpretan como un resultado de la resistividad aparente, se utilizan diferentes tamaños para investigar cambios en la resistividad con respecto a la profundidad, los más empleados comúnmente son los electrodos Schlumberger, Wenner y el Dipolo-Dipolo.

Para graficar las mediciones se emplea un Software (WinSev 3.3 Geosoft) que interpreta los datos utilizando la estratigrafía de la zona, este tipo de método se emplea para:

- a) Averiguar contenidos de agua en el suelo.
- b) Identificar si la zona es im potable para buscar recurso hídrico.

La resistividad se refiere a la resistencia que un objeto o material ofrece al paso de la corriente, las rocas secas son las menos conductoras, al contrario de las que se encuentran algún fluido rico en aguas saladas.

¹⁵ Brillarent Andrea, G. A. (n.d.). Sondeos Geofísicos. Retrieved from Ciencias de la Tierra. Sedimentología y Estratigrafía: <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/Brillarent-SondGeof-1.pdf>

AGUAS Y ROCAS	RESISTIVIDAD (OHM*M)
AGUA DE MAR	0.2
AGUA DE ACUÍFEROS Y ALUVIALES	10-30
AGUA DE FUENTES	50-100
ARENAS Y GRAVAS SECAS	1,000 -1,0000
ARENAS Y GRAVAS SECAS CON AGUA DULCE	50-500
ARENAS Y GRAVAS CON AGUA SALADA	0.5-5
ARCILLAS	2-20
MARGAS	20-100
CALIZAS	300-10,000
ARENISCAS ARCILLOSAS	50-300
ARENISCAS CUARCITAS	300-10,000
TOBAS VOLCÁNICAS	20-100
LAVAS	300-10,000
ESQUISTOS GRAFITOSOS	0.5-5
ESQUISTOS ARCILLOSOS	100-300
ESQUISTOS SANOS	300-3,000
GNEIS-GRANITO ALTERADO	100-1,000
GNEIS-GRANITO SANO	1,000-10,000

Tabla 4. Resistividad de algunos materiales. Sedimentología y Estatuografía. Facultad de Ciencias UNAM.

Sondeos Electromagnéticos: Las propiedades dieléctricas de formación de los fluidos se miden con esta herramienta y consiste en transmisiones de microondas que propagan un pulso de energía electromagnética a través de la formación y mide la atenuación de la onda con los receptores, este método es empleado para distinguir entre petróleo y agua en formaciones porosas¹⁶.

Se emplea un transmisor EM con una corriente variable en una bobina. La corriente en la bobina genera un campo magnético de la misma frecuencia y fase. Las líneas de fuerza de este campo magnético penetran la tierra y suelen penetrar cuerpos conductores. Cuando esto ocurre, una fuerza electromotora o un voltaje se presenta sin el conductor, de acuerdo a la ley de Faraday¹⁷:

$$EMF_c = M_{tc} \frac{dI_t}{dt}$$

Donde EMF_c es la fuerza electromotora o el voltaje en el conductor, M_{tc} es la inductancia entre el transmisor y el cuerpo conductor en el suelo y dI_t/dt es el tiempo estimado del cambio en la corriente I_t en el salto transmisor.

Existen tres métodos para describir el campo secundario¹⁸:

a) Amplitud y Fase: La amplitud del campo secundario se mide y se expresa como un porcentaje del campo primario teórico con el receptor.

¹⁶ Brillarent Andrea, G. A. (n.d.). Sondeos Geofísicos. Retrieved from Ciencias de la Tierra. Sedimentología y Estatuografía: <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/Brillarent-SondGeof-1.pdf>

¹⁷ Sonora, U. d. (n.d.). Exploración de Suelos.

b) Componentes enfasados y desfasados: Consiste en separar electrónicamente el campo recibido en dos componentes: la primera componente está en fase con el campo transmitido.

c) Ángulo de Inclinación: El objetivo de este método es medir desviaciones de la normal de la dirección enfasada e interpretar en términos de conductores geológicos.

Sondeos Sónicos (Cross-Hole)¹⁹: Evalúa la propagación de ondas tangenciales S, el ensayo Cross- Hole tiene como objetivo detectar los tiempos de transmisión de las ondas tangenciales SV (vibración de las partículas de terreno en la dirección vertical), también sirve para la existencia de zonas con anomalías de velocidad entre los sondeos.

Este ensayo se realiza a través de trayectorias horizontales directas entre dos puntos situados, cada uno en el interior de un sondeo a la misma profundidad²⁰:

a) Sondeo Emisor: Se sitúa la fuente de energía.

b) Sondeo Receptor: Se sitúa el geófono de pozo.

¹⁹ Brillarent Andrea, G. A. (n.d.). Sondeos Geofísicos. Retrieved from Ciencias de la Tierra. Sedimentología y Estadigrafía: <http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/Brillarent-SondGeof-1.pdf>

²⁰ Niño, V. A. (n.d.). Prueba Cross-Hole. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.

03

PROPIEDADES DEL SUELO

3.1 Propiedades físicas del suelo

3.2 Propiedades químicas del suelo

3.3 Granulometría

3.4 Plasticidad

3.5 Límites de atterberg

3.6 Deformación

PROPIEDADES DEL SUELO

El comportamiento del suelo se ve afectado por sus características físicas y químicas, de ahí la importancia de estudiarlas a profundidad y poder aprovechar los suelos como material de construcción.

La utilidad de la identificación de los suelos es básica ya que de esta manera se pueden conocer de manera cualitativa las propiedades mecánicas e hidráulicas de los mismos según el tipo de suelo en que se sitúen. La ubicación de un suelo en un determinado grupo se hace mediante la combinación de resultados de análisis de laboratorio, sin embargo, en campo es posible efectuar pruebas sencillas en campo cuando no se dispone de equipo de laboratorio para efectuar una identificación más precisa, a continuación se mencionan algunas de ellas²¹:

- a) Distancia o Reacción al Sacudido
- b) Resistencia al Fracturamiento en Estado Seco
- c) Tamaño y Granulometría de las Partículas

Para ello es indispensable conocer las propiedades de los suelos, algunas propiedades físicas de los suelos se pueden inferir por la tonalidad sin embargo otro tipo de suelos muestran características en sus partículas sólidas diferentes a su interfase sólida-líquida que dependen de su composición química.

Las propiedades del suelo se dividen en:

- a) Propiedades Físicas
- b) Propiedades Químicas

3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas son fundamentales, es decir que no se derivan de otras propiedades. Entre ellas encontramos: color, textura, estructura, porosidad, densidad real, densidad aparente.²²

²¹ Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A. (2019). Curso Laboratorio de Mecánica de Suelos. México: México.
²² Carvajal, R. R. (1997). Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los Suelos. Santafé de Bogotá: Fenalce-Sena- Sac.
²³ Autor, S. (2020). Propiedades de Suelos.

a) Color: Es una de las características más utilizadas para identificar suelos debido a que se puede asociar con algunas propiedades químicas, físicas y biológicas. El color está compuesto de tres variables medibles: Matiz (hue.), Valor (value) y tono cromático (croma)²³. El matiz es el color espectral dominante y está relacionado con las longitudes de onda de luz, el valor es una medida del grado de oscuridad o claridad y está relacionado con la cantidad de luz reflejada y el tono cromático es una medida o fuerza del color espectral, estas variables se pueden encontrar en tablas de color estándar, entre las más utilizadas se encuentran las Cartas de Munsell, donde en suelos se utiliza sólo alrededor de la quinta parte del rango total de matices.²⁴

b) Textura: Es la distribución de las partículas del suelo, expresada en porcentaje. Estas partículas son: la arena (2-00.2), el limo (0.02-0.002 mm) y la arcilla (0.002), esto influye sobre la velocidad de infiltración del agua.²⁵

CLASE TEXTURAL	RETENCIÓN DE HUMEDAD %	
	0.3 bars	15 bars
ARENOSA	5-15	2-10
FRANCO ARENOSA	12-32	5-18
FRANCA	18-40	10-30
FRANCO ARCILLOSA	20-50	12-35
ARCILLOSA	25-75	15-45

Tabla 5. Valores generalizados para la retención de humedad a 0.3 y 15 bar, según la clase de textura para diferentes suelos (IGAC).

c) Estructura: Es la distribución de partículas en un suelo, el agua y el aire, la estructura afecta de numerosas formas las propiedades de características físicas, pero sobre todo controla la porosidad del mismo, la cual permite la circulación del agua, la renovación del aire y a la penetración de las raíces.²⁶

La textura de un suelo varía entre horizontes por ello es necesario realizar en forma seccionada y no generalizarlo como un conjunto.

El suelo está conformado por diferentes tamaños de partículas conocer esta granulometría es esencial para su estudio, básicamente todas se

²⁴ Julia María Domínguez Soto¹, A. D. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

²⁵ Carvajal, R. R. (1997). Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los Suelos. Santafé de Bogotá: Fenalce-Sena- Sac.

²⁶ Autor, S. (2020, Abril 14). Edafología. Ciencias Ambientales. Retrieved from Propiedades del suelo. Propiedades físicas. Estructura.: <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFestructura.htm>

- a) Método de la Pipeta
 b) Método del Boucoyos

TEXTURA		ADHESIVIDAD	INFILTRACIÓN	RETENCIÓN DE HUMEDAD	AIREACIÓN
NOMBRE	SÍMBOLO				
ARENOSA	A	No hay	Excelente	Muy Baja	Excelente
ARENOSO FRANCA	AF	Muy poca	Buena	Baja	Buena
FRANCO ARENOSA	FA	Media	Buena	Regular	Buena
FRANCA	F	Ligera	Buena	Regular	Buena
FRANCO LIMOSA	FL	Media	Buena	Buena	Buena
LIMOSA	L	Poca	Buena	Buena	Buena
FRANCO- ARCILLO- ARENOSA	Far A	Alta	Regular	Regular	Regular
FRANCO ARCILLOSA	Far	Alta	Regular	Regular	Regular
FRANCO- ARCILLOSA- LIMOSA	FarL	Alta	Pobre	Regular	Regular
ARCILLO ARENOSA	ArA	Media	Pobre	Media	Pobre
ARCILLO LIMOSA	ArL	Alta	Pobre	Alta	Muy Pobre
ARCILLOSA	Ar	Muy alta	Pobre	Muy Alta	Muy Pobre

Tabla 6. Gómez A. Curso de Conservación de Suelos.

d) Porosidad: La porosidad en suelos se refiere a la cantidad de agua/aire que se encuentra dentro del mismo, su volumen depende la distribución de las partículas sólidas. La porosidad depende de la textura, de la estructura y de la actividad biológica del suelo, cuanto más grandes son los elementos de la textura mayores son los huecos entre ellos, no toda la porosidad se encuentra conectada, algunos poros permaneces llenos de aire y agua, esta diferencia será mayor, cuantos más poros aislados hayan (vesículas o cavidades), como ocurre en ciertos horizontes o sellos superficiales.

A continuación, se presentan los valores orientativos de la porosidad total de un suelo y su interpretación:

POROSIDAD TOTAL (%)	INTERPRETACIÓN
<30	Muy Baja
30-40	Baja
40-50	Media
50-60	Alta
>60	Muy Alta

Tabla 7. Valores Orientativos de Porosidad en Suelos. Manual de Procedimientos Analíticos. Dra. Lourdes Flores Delgadillo- Tec Jorge René Alacala

e) Densidad: Como cualquier otro cuerpo físico, la densidad es la masa por unidad de volumen, debido a que el suelo es un material poroso se requiere distinguir entre el volumen de los componentes sólidos y los del conjunto del suelo, es por ello que en estudios de Mecánica de Suelos existen dos tipos de densidad:

- a) Densidad Real: Está formada por los componentes sólidos de un suelo ²⁷. La densidad real de los suelos minerales más comunes varía de 2.500 a 2.700 kg/m³. La densidad aparente de los suelos varía según la textura y estructura entre los 1.100 y los 1.900 kg/m³.²⁸
- b) Densidad Aparente: Es aquella que refleja la masa de una unidad de volumen de suelo seco para tomar en cuenta la fase sólida como la líquida, es decir, describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y el espacio poroso.²⁹

TIPO DE HORIZONTE	DENSIDAD APARENTE (MG M -3)
HORIZONTES ARENOSOS	1.45-1.60
HORIZONTES ARCILLOSOS CON ESTRUCTURA	1.05-1.10
HORIZONTES COMPACTOS	1.90-1.95
HORIZONTES DE SUELOS VOLCÁNICOS	0.85
HORIZONTES TURBOSOS	0.25
VALOR MEDIO	1.35

Tabla 8. Valores Orientativos de Densidad Aparente.

²⁷ Autor, S. (2020). Propiedades de Suelos. Retrieved from Propiedades de Suelos: <http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/edafologia/wp-content/uploads/2016/10/UNIDAD-3A-Propiedades-de-los-suelos.pdf>

²⁸ E-Vega, J. (2017). Laboratorio de Edafología General LSA (217). Universidad de Panamá.

²⁹ Keller, T., & Håkansson. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 154: 398-406 .

3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Las propiedades químicas del suelo varían con el tiempo, la meteorización del material junto con la cantidad de agua presente determina las propiedades químicas del mismo, algunas de las sustancias químicas se lixivian a las capas inferiores del suelo mientras que otras sustancias menos solubles se quedan en las capas superficiales. Entre estas propiedades encontramos: CIC, PH, PSB.

CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico): Algunas partículas tienen la capacidad de absorber iones en su superficie que pueden intercambiar con la solución del suelo, esta característica está ligada a los coloides del suelo representada por la arcilla, al conjunto de constituyentes implicados en este proceso de cambio se les conoce como "capacidad de intercambio iónico".

PH: El pH del suelo influye en las propiedades físicas y químicas del suelo:

Propiedades Físicas: Los pH neutros son los mejores para las propiedades físicas en suelos, a pH muy ácidos hay una intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable. En pH alcalino la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones.

Propiedades químicas: La asimilación de nutrientes están influenciados por el pH, los mejores valores de pH en suelos son de 5 a 7.

PSB (Porcentaje de Saturación en Bases): La capacidad de intercambio catiónico calculada por la suma de bases intercambiables y la acidez intercambiable, es la base comúnmente en la computación de PSB para estudio de clasificación de suelos.

3.3 GRANULOMETRÍA

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes, las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que sigue correlativamente.³⁰

La separación en fracciones se hace por mallas con el fin de análisis de su origen como propiedades y cálculo de abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulometría.

La granulometría por tamizado es un proceso mediante el cual se separan las partículas del suelo en diferentes tamaños denominando a la fracción menor (tamiz 200 diámetros superiores a 0.075 mm) limo, arcilla, este ensayo se hace con una serie de mallas normalizadas (a cada número de malla le corresponde una abertura estándar) dispuestos en orden creciente.

A continuación, se ilustra en la siguiente tabla con las normas ISO 3310/1, ISO 3310/2, ASTM E11 y ASTM E323, con todas las luces de malla o chapa que contemplan las normas y sus correspondientes equivalencias³¹:

TABLA COMPARATIVA

ISO 3310 1/2	ASTM E 11/323
125	5"
112	-
106	4,24"
100	4"
90	3 ½"
75	3"
63	2 ½"
53	2 ½"
45	1 ¾"
31,5	1 ¼"
22,4	7/8"

³⁰ Bravo Guzmán Rosario, G. L. (2012). Análisis Granulométrico . México : UNAM. Pág. 3

³¹ Tamices.es. (2015, Julio 8). ¿Tamices con Norma ISO o ASTM?. Retrieved from <https://www.tamices.es/tamices-con-norma-iso-o-astm/>

16	5/8"
11,2	7/16"
8	5/16"
6,3	1 1/4"
4,75	No. 4
4	No. 5
3,35	No. 6
2,8	No.7
2	No. 10
1,70	No. 12
1	No. 18
0,710	No. 25
0,500	No. 35
0,300	No. 50
0,250	No. 60
0,212	No. 70
0,150	No. 100
0,075	No. 200
0,038	No. 400

Tabla 9. Tabla Comparativa Normas Tamices ISO/ASTM

3.4 PLASTICIDAD

La consistencia del suelo se refiere a la consistencia con la que se unen los materiales que lo componen, es decir, la resistencia a la deformación y a la ruptura, la consistencia del suelo se mide por muestras de:

- a) Suelo Mojado
- b) Suelo Húmedo
- c) Suelo Seco

En suelos mojados se expresa como adhesividad y plasticidad. La adhesividad es la capacidad de los materiales de adherirse a otros objetos, la plasticidad es la cualidad del material edáfico de cambiar de forma, pero no de volumen bajo la acción de una presión constante y mantiene su forma al desaparecer la presión.

La plasticidad de un suelo se atribuye a la deformación de la capa de agua adsorbida alrededor de los minerales; desplazándose como sustancia viscosa a lo largo de la superficie mineral, controlada por la atracción iónica.

La plasticidad en las arcillas, por su forma aplanada (lentejas) y pequeño tamaño, es alta. La plasticidad del suelo, depende del contenido de arcilla. Skempton (1953) expresó esta relación matemáticamente con la actividad A de la arcilla, así ³²:

$$A = \frac{IP}{\% \text{ de arcilla}} \Rightarrow \% \text{ de arcilla} = \% \text{ en peso } W_S \text{ de partículas conf } < 2\mu$$

Ilustración 18, Skempton (1953) Tamices ISO/ASTM

La plasticidad de la arcilla se atribuye a la deformación de las capas de agua absorbida, que la liga a ella. La consistencia de la arcilla seca es alta y húmeda es baja.

3.5 LÍMITES DE ATTERBERG

Mauritz Atterberg definió cuatro estados en los que se puede encontrar el suelo, varían según la humedad: sólido, semisólido, plástico y líquido. Un suelo plástico seco se encuentra en estado sólido, al incrementar su humedad varía hasta llegar al estado líquido, cada umbral separa cada uno de los estados, denominados Límites de Atterberg.

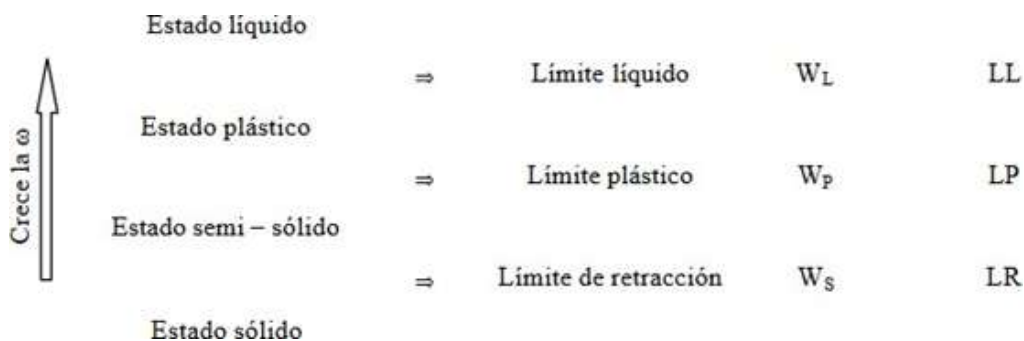


Ilustración 19. Límites para los cuatro estados de los suelos finos Atterberg 1911

El límite líquido LL: Es el contenido de humedad ω_L requerido para que la muestra, en el aparato de Casagrande, cierre una ranura de 1/2" de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por minuto. Los valores comunes son: para arcillas 40 a 60%, para limos 25 a 50%³³.

³² BDigital Repositorio Institucional UN. (2020). Retrieved from Consistencia y Plasticidad.
³³ Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A. (2019). Curso Laboratorio de Mecánica de Suelos. México: México.

El límite plástico LP. Es el menor contenido de humedad ω_P para el cual el suelo se deja moldear. Esto se dice cuando, tomando una porción de suelo húmedo, se pueden formar rollitos de 1/8" sobre una superficie plana, lisa y no absorbente. Los valores típicos entre arenas y arcillas se encuentran entre 5 y 30%³⁴.

El límite de retracción LR (o L. de Contracción). Se define el límite de retracción como el máximo contenido de agua w_l al cual una reducción en humedad no causa una disminución en el volumen de la masa de suelo. Para medirlo, se coloca en una cápsula el suelo húmedo ($\omega > \omega_L$) y se determina su peso W_i y volumen V_i , siendo V_i también el volumen de la cápsula.

Cabe mencionar que tanto en el límite líquido como en el plástico no es posible realizar la prueba en arenas y en límites de retracción no se genera cambio del volumen por secado.

3.6 DEFORMACIÓN


La deformación en suelos es un factor determinante en la elección de cimentaciones, las relaciones entre tensiones y deformaciones del terreno permiten evaluar los asientos (movimientos verticales) y los movimientos horizontales que una estructura pueda sufrir.

El grado de deformación en suelos es causa de diferentes factores como los huecos de aire que contenga, la estructura, la naturaleza del suelo, entre otros.

Existen tres tipos diferentes de asientos en el suelo:

A) Asiento Instantáneo Si: El suelo se deforma respecto a la carga sometida con comportamiento elástico.

³⁴Bowles, J.E. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil (Biblioteca Ingeniería Civil).



B) Asiento de Consolidación Primaria Sc: Se produce a través del tiempo con pérdida de volumen, según se vayan disipando las presiones transmitidas al agua intersticial mediante drenaje.

C) Área de Consolidación Secundaria o de Fluencia Ss: Este es un fenómeno complejo producido en algunos tipos de suelos después del asiento por consolidación. Aparece por efecto de la combinación de varios fenómenos, tales como la fluencia viscosa en contactos entre las partículas del suelo, por la eliminación de la materia orgánica, por degradación de las partículas, etc.

En suelos granulares o arenas y suelos no saturados se producen asientos rápidos y de naturaleza elástica, en suelos cohesivos saturados se presentan los tres tipos de asentamientos y en suelos de rellenos naturales o antrópicos los asentamientos podrán ser importantes.

04

EL SUELO Y LA CEMENTACIÓN

4.1 Tipos de cimentación

4.2 El suelo en la ciudad de México

4.3 Verificación de seguridad en las cimentaciones

4.4 Límites máximos para movimientos y deformaciones en la cimentación

4.5 Asentamientos

4.6 Mejoramiento de rellenos

4.7 Compactación de terrenos

EL SUELO Y LA CIMENTACIÓN

El suelo es una estructura sólida de partículas que forman un sistema intersticial de vacíos intercomunicados, estos vacíos pueden estar total o parcialmente saturados de agua o aire, como se ha mencionado anteriormente la estructura del suelo y el fluido de los vacíos están directamente relacionados con el comportamiento del suelo.

La compresibilidad del suelo está sujeta a la carga y descarga y su capacidad de deformación de vacíos usualmente por desplazamiento de agua. La resistencia de un suelo es su capacidad última de resistencia de carga. Los esfuerzos cortantes sólo pueden ser resistidos por las partículas sólidas, debido a que las partículas líquidas no tienen resistencia a cortante.³⁵

El esfuerzo normal en cualquier plano es transmitido por dos componentes: la presión ejercida por las partículas sólidas de la estructura del suelo y la presión del fluido en los espacios vacíos. La compresibilidad y la resistencia de un suelo dependen de la diferencia entre el esfuerzo total debido a la carga externa σ y la presión de poros μ .

Esta diferencia se denomina esfuerzo efectivo y se expresa por:

$$\bar{\sigma} = (\sigma - \mu)$$

Ilustración 20. Expresión de Esfuerzo Efectivo.

El principio de los esfuerzos efectivos fue propuesto por Karl Terzaghi en 1923, se estableció para suelos saturados o granulares secos. De acuerdo a lo establecido por Lambe y Withman en 1969 el principio de esfuerzos efectivos se enuncia de la siguiente forma³⁶:

1) El esfuerzo efectivo es igual al esfuerzo total menos la presión de poros.

³⁵ Hurtado, D. e. (2012). Diseño de Cimentaciones. Fondo Editorial ICG. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA GERENCIA.

³⁶ Withman. R.V., Lambe. T. (1969). "Soil Mechanics". New York.

2) El esfuerzo efectivo controla ciertos aspectos del comportamiento del suelo saturados o secos.

Bishop y Blight 1963 indicaron que existen condiciones necesarias para que la ecuación de esfuerzo efectivo se cumpla en su totalidad debido al cambio de volumen y la resistencia de suelos saturados a secos³⁷:

1) Las partículas del suelo son incompresibles.

2) El esfuerzo de fluencia en la partícula sólida es independiente del esfuerzo de confinamiento.

Sin embargo, los suelos reales no satisfacen completamente estas condiciones, tal como fue indicado por Skempton (1961)³⁸, el comportamiento mecánico de los suelos y otros materiales porosos está controlado más exactamente por un esfuerzo efectivo que es función del esfuerzo total y la presión de poros en la forma:

$$\bar{\sigma} = \sigma - k\mu$$

Ilustración 21. Expresión para Esfuerzos Efectivos propuesta por Skempton en 1961.

Un suelo parcialmente saturado está compuesto por tres fases, los posibles estados del suelo, aire y agua se presentan en la siguiente ilustración:

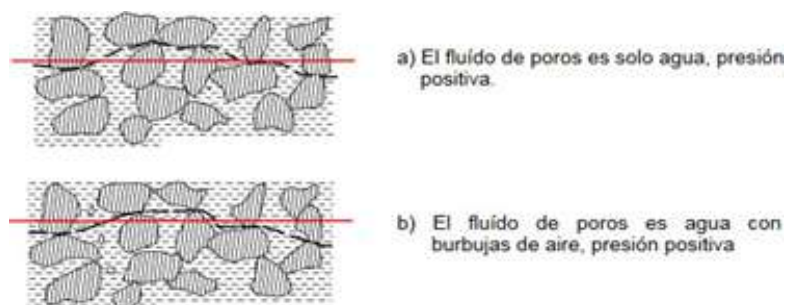


Ilustración 22. Estados del Agua-Aire en Relación con el Principio de Esfuerzos Efectivos (Jennings, 1961).

³⁷ G.E., B. A. (1963). "Some Aspects of Effective Stress in Saturated and Partly Saturated Soils" Geotechnique. Vol.13, pp. 177-197.
³⁸ A.W., S. (n.d.). "Effective Stress in Soils, Concrete and Rocks" Proc. Conference on Pore Pressure and Suction in Soils. pp. 4-16, London.

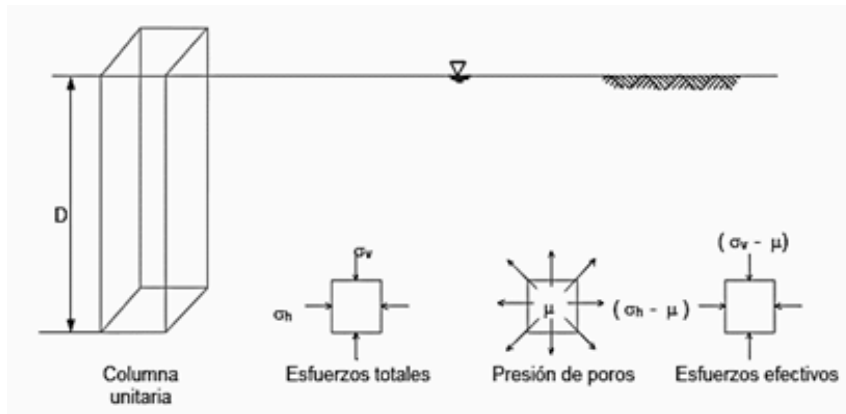


Ilustración 23. Esfuerzos "in situ" en reposo debido al peso del suelo.

El estudio de suelos es necesario para la construcción de cimentaciones para ello es necesario conocer los antecedentes del suelo donde se edificará, realizar estudios de mecánica de suelos y conocimiento práctico de geología.³⁹

4.1 TIPOS DE CIMENTACIÓN

La cimentación es parte de la estructura que se encarga de transmitir los esfuerzos al terreno, está constituida por piezas de volumen considerable con respecto al volumen de las piezas de estructura, como se ha mencionado anteriormente es indispensable conocer las características del suelo donde se edificará a través de la valorización de un estudio de mecánica de suelos, la correcta clasificación de los suelos es de suma relevancia ya que proporciona los primeros datos de las experiencias que puedan anticiparse en la etapa de la construcción.

El proceso de inspección consiste primeramente en una inspección ocular y en la ejecución de pruebas sencillas fáciles de ejecutar en campo y laboratorio clasificando el material en uno de los siguientes grupos⁴⁰:

³⁹ R.B., P. (1962). "Art and Science in Subsurface Engineering" Geotechnique. Vol.XII No.1 .
⁴⁰ Hurtado, D. e. (2012). Diseño de Cimentaciones. Fondo Editorial ICG. Instituto de la Construcción y la Gerencia.

- 1) Grava
- 2) Lino
- 3) Arena
- 4) Arcilla

Las cimentaciones se subdividen respecto a la profundidad en la que soportaran la estructura principal, teniendo:

a) Cimentaciones Superficiales:

Son aquellas que se apoyan en las capas superficiales del suelo debido a que este presenta un buen comportamiento también son empleadas en construcciones secundarias o más ligeras.

Las cimentaciones superficiales se clasifican en:

- 1) Cimentaciones Ciclópeas
- 2) Zapatas Aisladas, Corridas, Combinadas.
- 3) Losas de Cimentación

Cimentaciones Ciclópeas: El procedimiento de su construcción consiste en vaciar dentro de la zanja varias piedras de diferentes tamaños al mismo tiempo que se vacía la mezcla de concreto en proporción 1:3:5⁴¹, evitando la continuidad en las juntas. Entre las precauciones de este procedimiento se encuentran:

- 1) Evitar que las piedras no estén en contacto con la pared de las zanjas
- 2) Alternan las capas de concreto y piedras
- 3) Las piedras deben estar cubiertas por el concreto.

Zapatas: Las zapatas son elementos que dan continuidad a la base de una columna o muro que tiene por objeto transmitir la carga de la estructura a las capas del subsuelo.

Entre los diversos tipos de zapatas se encuentran zapatas aisladas, corridas y combinadas. Las zapatas aisladas generan un apoyo puntual dentro de un área específica a diferencia de las las zapatas corridas que se emplean para soportar muros portantes o hileras de pilares y finalmente las zapatas

⁴¹ Montoya Javier, P. V. (Agosto 2010). Cimentaciones. Mérida.

combinadas, son elementos que sirven de cimentación para dos o más pilares, las profundidades de plano de apoyo se fijan respecto a los resultados del informe geotécnico.

Losas de Cimentación: Las losas de cimentación cubren toda la superficie debajo de la estructura, soporta todos los muros y columnas, las losas de cimentación se proyectan como losas planas y sin nervaduras, es recomendable en ciertos casos sin embargo si no hay una distribución uniforme de las cargas de las columnas o bien del suelo es posible que se presenten casos de asentamientos diferenciales, las losas deben reforzarse para evitar deformaciones excesivas. Es necesario realizar trabajos de drenaje, impermeabilización y protección contra la humedad debido a que es inevitable que ocurran filtraciones de agua.

b) Cimentaciones Semiprofundas:

Se plantean como soluciones intermedias entre las cimentaciones superficiales y las cimentaciones profundas, este tipo de cimentaciones se encuentran condicionadas por los métodos manuales de excavación o bien con métodos mecánicos que pueden llegar hasta 30 mts. de profundidad. Entre las cimentaciones semiprofundas se encuentran⁴²:

- 1) Pozos de Cimentación o Caissons
- 2) Arcos de Ladrillo sobre machones en hormigón o mampostería
- 3) Muros de Contención Bajo Rasante
- 4) Micro Pilotes

Pozos de Cimentación o Caissons: Este tipo de cimentación se emplea cuando el estrato firme se encuentra de 4 a 6 metros, su forma puede ser circular o rectangular, se produce una acción lateral lo que impide el pandeo de este, el encofrado puede ser metálico dependiendo del tamaño del caisson y la disponibilidad del material, el concreto debe ser premezclado y vibrado al momento de su colocación.

⁴² Montoya Javier, P. V. (Agosto 2010). Cimentaciones. Mérida.

Arcos de Ladrillo: regularmente los arcos de ladrillo se realizan con mampostería para ello es recomendable efectuar ensayos de laboratorio para conocer la resistencia de las piedras a emplear, en construcciones sencillas basta con golpear la piedra escuchando el sonido que emiten.

Muros de contención bajo rasante: Este tipo de muros sirven como contención respecto al movimiento de tierras que se pudieran producir y las cargas que este genere.

Micro Pilotes: Se utilizan en terrenos donde la utilización de pilotes convencionales no es posible, ya sea debido por la dificultad de acceso o por las características propias del terreno, son empleados como refuerzo en cimentaciones, recalce de edificios o como cimentación en terrenos no aptos.

c) Cimentaciones Profundas:

Se basan en la fricción vertical entre la cimentación y el terreno es por ello que deben ser más profundas para distribuir la carga dentro de un área mayor para soportar la carga, regularmente se ocupan en terrenos con baja resistencia o para soportar construcciones muy pesadas o extensas. Entre las cimentaciones profundas más empleadas se encuentran⁴³:

- 1) Pilas
- 2) Pilotes
- 3) Pantallas Isostáticas Hiperestáticas

Pilas: En cimentaciones la pila es un elemento subterráneo que transmite las cargas al estrato firme del suelo, para el empleo de este tipo de cimentación se consideran diferentes tipos de cargas:

- 1) Cargas Vivas como el tránsito de vehículos y personas

⁴³ Hurtado, D. e. (2012). Diseño de Cimentaciones. Fondo Editorial ICG. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA GERENCIA.

- 2) Cargas Muertas o peso de la estructura
- 3) Cargas Accidentales
- 4) Cargas Imprevistas

Pilotes: Son miembros estructurales con una sección transversal pequeña respecto a su longitud, se hincan en el suelo a base de golpes generados por maquinaria especializada en grupos o en filas, se construyen en una gran variedad de materiales entre ellos madera, concreto y acero. Los pilotes se clasifican en: Pilotes de Punta y Fricción, la elección de los diferentes tipos de pilote se realiza respecto a las características del subsuelo, el hincado y la economía. Entre las ventajas de este sistema se encuentra una buena distribución de cargas en el subsuelo en terrenos blandos sin embargo es posible que un pilote mal colocado no se pueda extraer o modificar su longitud.

Pantallas: Las pantallas se refieren a muros verticales que soportan las presiones del terreno, en este tipo de cimentación es necesario anclar el muro al terreno. Existen dos tipos de pantallas, las isostáticas con una línea de anclajes y las hiperestáticas con dos o más líneas de anclajes.

4.2 EL SUELO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

La cimentación de una estructura se define como aquella parte de la edificación que está en contacto directo con el terreno y que transmite la carga estructural al suelo, se proyectan en consideración de varios factores tales como la composición y resistencia del terreno, las cargas propias del edificio y otras cargas que inciden, tales como el efecto del viento o sismo⁴⁴. El objetivo principal de las cimentaciones es transmitir las cargas de una estructura a los estratos resistentes del subsuelo, en forma estable y con asentamientos totales y diferenciales que sean tolerables. En la ciudad de México, el diseño de cimentaciones presenta dificultades muy

⁴⁴ Emireth. (Mayo 2013). "Análisis Y Diseño De Cimentaciones, Una Comparación De Prácticas". México.

superiores a las que se encuentran en otras grandes ciudades del mundo. Las causas principales de estas dificultades son:

- a) Características del suelo (blando y compresible).
- b) Hundimiento regional
- c) Alta sismicidad

Lo anterior es particularmente cierto en la zona lacustre donde, además de la alta compresibilidad del subsuelo arcilloso, es necesario tomar en cuenta el hundimiento regional inducido por el bombeo de agua en los estratos profundos y la ocurrencia de eventos sísmicos cuya intensidad alcanza valores extremadamente altos por la amplificación resultante de la deformabilidad de las mismas arcillas blandas.

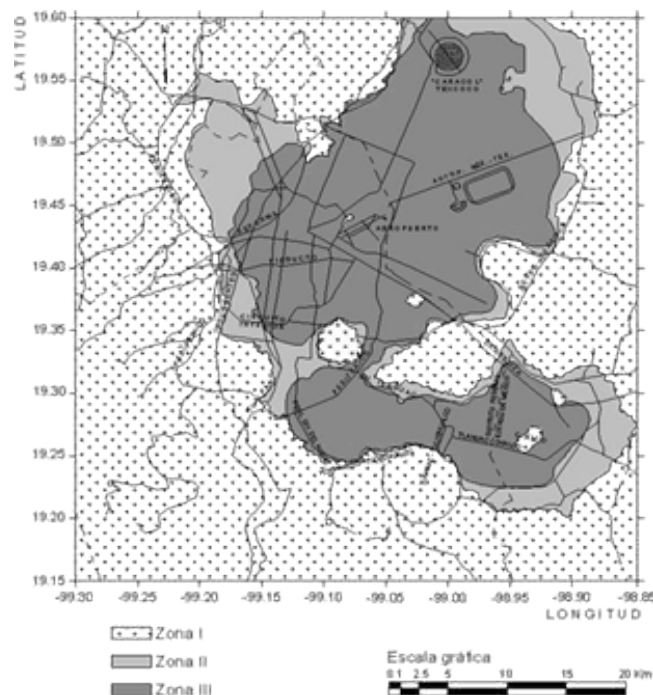


Ilustración 24. Tipo de Suelo en la Ciudad de México. Normas Técnicas Complementarias.

El tipo de suelo en Ciudad Universitaria se encuentra dentro de la zona II Transición. Compuesto de depósitos arcillosos y limosos que cubren estratos de arcilla volcánica muy compresible y de potencia variable.

Ésta se localiza en la parte poniente de la delegación específicamente en la zona de Ciudad Universitaria, Pedregal de Carrasco, Santa Úrsula Coapa, Copilco el Alto, Viveros de Coyoacán, Centro Histórico, etc.⁴⁵

Según lo estipulado en el Reglamento de la Ciudad de México: ZONA II 14

- 1) Inspección superficial detallada después de limpieza y despalme del predio para detección de rellenos sueltos y grietas.
- 2) Pozos a cielo abierto para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la profundidad de desplante.
- 3) En caso de considerarse en el diseño del cimiento un incremento neto de presión mayor de 50 kPa (5t/m²), bajo zapatas o de 20 kPa (2 t/m²), bajo losa general, el valor recomendado deberá justificarse a partir de los resultados de las pruebas de laboratorio o de campo realizadas.

4.3 VERIFICACIÓN DE SEGURIDAD EN LAS CIMENTACIONES

En el diseño de toda cimentación, se considerarán los siguientes estados límite, además de los correspondientes a los miembros de la estructura ⁴⁶:

- a) De falla:
 - 1) Flotación;
 - 2) Flujo plástico local o general del suelo bajo la cimentación; y
 - 3) Falla estructural de pilotes, pilas u otros elementos de la cimentación.

La revisión de la seguridad de una cimentación ante estados límite de falla consistirá en comparar para cada elemento de la cimentación, y para ésta en su conjunto, la capacidad de carga del suelo con las acciones de diseño, afectando la capacidad de carga neta con un factor de resistencia y las acciones de diseño con sus respectivos factores de carga. La capacidad de carga de los suelos de cimentación se calculará por métodos analíticos o empíricos suficientemente apoyados en evidencias experimentales locales o se determinará con pruebas de carga.

⁴⁵ Información extraída del Programa de Desarrollo Delegacional de Desarrollo Urbano de Coyoacán

⁴⁶ Normas Técnicas Complementarias para Estructuras

La capacidad de carga de la base de cualquier cimentación se calculará a partir de la resistencia media del suelo a lo largo de la superficie potencial de falla correspondiente al mecanismo más crítico.

En el cálculo se tomará en cuenta la interacción entre las diferentes partes de la cimentación y entre ésta y las cimentaciones vecinas. Cuando en el subsuelo del sitio o en su vecindad existan rellenos sueltos, galerías, grietas u otras oquedades, éstos deberán tratarse apropiadamente o bien considerarse en el análisis de estabilidad de la cimentación.⁴⁷

De servicio:

- 1) Movimiento vertical medio, asentamiento o emersión de la cimentación, con respecto al nivel del terreno circundante;
- 2) Inclinación media de la construcción, y
- 3) Deformación diferencial de la propia estructura y sus vecinas.

En cada uno de los movimientos, se considerarán el componente inmediato bajo carga estática, el accidental, principalmente por sismo, y el diferido, por consolidación, y la combinación de los tres. El valor esperado de cada uno de tales movimientos deberá garantizar que no se causarán daños intolerables a la propia cimentación, a la superestructura y sus instalaciones, a los elementos no estructurales y acabados, a las construcciones vecinas ni a los servicios públicos.

4.4 LÍMITES MÁXIMOS PARA MOVIMIENTOS Y DEFORMACIONES EN LA CIMENTACIÓN

a) Movimientos verticales (hundimiento o emersión)

Concepto	Límite
<i>En la zona I:</i>	
<i>Valor medio en el área ocupada por la construcción:</i>	
Asentamiento: Construcciones aisladas	5 cm ⁽²⁾
Construcciones colindantes	2.5 cm

⁴⁷ Valores Extraído de las Normas Técnicas Complementarias para Estructuras.

En este caso, se procederá a realizar una inspección de forma cualitativa en base a la observación de los daños estructurales, la degradación de los materiales, así como la investigación histórica, para ello se adoptará un procedimiento de evaluación por fases que recopile las características actuales del inmueble, definiendo en cada una de ellas las condiciones específicas como la disponibilidad del proyecto original, estudios de mecánica de suelos, observación de daños estructurales y cambios en el uso del edificio.

La representación de los resultados en las pruebas o mediciones a las que se someterán las muestras dependerá del método de análisis seleccionado, en este caso que se trata de pruebas no lesivas se intentará dar un valor representativo de la variable correspondiente, se considerarán ciertos riesgos que por situaciones de origen resulten suficientemente tolerables, el alcance de las fases de evaluación se determinarán en función y características del inmueble⁴⁸, para el análisis estructural del edificio deberán contemplar modelos que reflejen el estado actual del edificio, la influencia de los efectos de escala y forma, aplicación de cargas, en caso de encontrar deterioros estructurales se determinaran modelos que permitan predecir el comportamiento futuro del mismo, en cuanto a las verificación, las evaluaciones se realizaran conforme a la capacidad de deformación de los elementos o bien de los materiales, determinando deformaciones importantes o si existen vibraciones.

4.5 ASENTAMIENTOS

Los asentamientos en las edificaciones se presentan como consecuencia de diversas causas entre las principales se encuentran edificaciones cimentadas sobre suelos blandos como arcillas y limos o bien en suelos demasiado secos que se encogen en volumen, son muchas las causas que

⁴⁸ Normas Técnicas Complementarias para Estructuras.

ocasionan un asentamiento, entre estas se encuentran:

- a) El desecamiento de las capas superficiales del terreno
- b) Rotura de tuberías
- c) Excavaciones
- d) Presencia de Materia Orgánica
- e) Vibraciones

Suelos con Poca Capacidad Portante: Las edificaciones que se construyen en suelos débiles y altamente compresibles requieren cimentaciones especiales para distribuir la carga en un área más amplia.

Suelo Mal Compactado: Los sitios de construcción para estructuras comerciales o residenciales a menudo consisten en terrenos que han sido nivelados y rellenos artificialmente para facilitar la construcción. Cuando se compacta correctamente, este suelo de relleno puede proporcionar una base perfectamente sólida para los cimientos de apoyo, pero cuando no se compacta, el suelo puede asentarse y comprimirse de manera desigual debajo de la base, lo que conlleva a daños estructurales.

Cambios en la Humedad del Terreno: Un suelo demasiado seco o demasiado húmedo puede causar el asentamiento de la cimentación. Cuando la humedad se acumula, los suelos se saturan y pierden su capacidad de carga. Los suelos secos se encogen en volumen. Cualquiera de las dos situaciones puede causar un asentamiento diferencial del terreno. Los cambios en la humedad del suelo pueden ocurrir debido a la sequía prolongada o por árboles maduros y otras plantaciones que extraen la humedad del suelo.

Consolidación del Terreno: El peso de un edificio en el suelo subyacente, especialmente los suelos de relleno que se agregaron justo antes de la construcción, comprimirán naturalmente el suelo. Los suelos arcillosos, en

particular, se vuelven muy densos a medida que se exprime la humedad. A medida que el suelo se consolida y se contrae, los cimientos se asientan hacia abajo, un movimiento que puede causar grietas en paredes y otros daños estructurales.

Vibración: La vibración del suelo a causa de la actividad sísmica o incluso del tráfico de carreteras cercanas puede hacer que los suelos se asienten o se desplacen de manera desigual, lo que provoca daños estructurales en el edificio.

4.6 MEJORAMIENTO DE RELLENOS

El término relleno se refiere a los materiales térreos que se usan principalmente para nivelar o elevar la superficie del terreno, y no a las estructuras de contención, como diques de tierra. Sin embargo, casi todos los principios generales que se presentan son aplicables a ambos tipos de obras.

La mayor parte de los terrenos necesitan algún tipo de relleno artificial, al menos para asentar las losas (firmes) para pisos y pavimentos.⁴⁹ No obstante, esos rellenos presentan muchos problemas, como compactación inadecuada, cambios de volumen y asentamientos imprevistos causados por su propio peso. A fin de obviar esos problemas, los rellenos se consideran elementos estructurales del proyecto, de modo que también se diseñan con esmero.

Los materiales y su granulometría, colocación, grado de compactación y espesor, deben ser cuidadosamente elegidos para soportar las cargas previstas.

Existen dos tipos básicos de relleno: el que se hace en seco mediante

⁴⁹ La Mecánica de Suelos y las Cimentaciones en las Construcciones Industriales

maquinaria y técnicas ordinarias de movimiento de tierras, y el que se realiza en húmedo con dragas hidráulicas. Este último tipo es el que se suele utilizar para la construcción de bordes de contención de aguas o para grandes rellenos. Hay una amplia variedad de materiales y tamaños de partículas que resultan adecuados para rellenos en la mayor parte de los casos, aunque se debe evitar el uso de materia orgánica y basura.

La economía sugiere que el banco de materiales de rellenos esté lo más cerca posible del lugar de la obra y, sin embargo, esto mismo cancela la posibilidad de usar ciertos tipos de material. Por ejemplo, es probable que los factores económicos impidan el secado de suelos de grano fino saturados con agua. En casi todos los rellenos, el tamaño máximo de los fragmentos para la capa de 45 cm situada inmediatamente por debajo de los cimientos, losas o a la superficie del terreno, debe ser de 7,5 cm de diámetro, es decir, una sexta parte del espesor.⁵⁰

La prueba más común para evaluar la utilidad aproximada de los suelos como material de relleno y fijar una especificación de compactación mínima es la prueba de relación humedad-densidad (ASTM D698 y D1557)⁵¹, a la también se da el nombre de prueba Proctor. En la figura se presenta un ejemplo de prueba Proctor, con los resultados correspondientes a arenas, limos y arcillas, así como la línea de saturación del 100%, o de cero burbujas de aire.

Es necesario realizar varias pruebas sobre el material de relleno y establecer su relación estándar de humedad -densidad. El punto más elevado de la curva representa la máxima densidad obtenible en laboratorio, según el método de prueba, y el contenido óptimo de humedad. Las dos pruebas de la ASTM representan diferentes niveles de trabajo de compactación. No obstante, en el campo se puede realizar una compactación más intensa que en el laboratorio.

⁵⁰ Jiménez Salas, J. A. (1981). Geotecnia y Cimientos II, Mecánica del Suelo y las Rocas. México.

⁵¹ ASTM D698 Prueba Densidad Humedad

4.7 COMPACTACIÓN DE TERRENOS

El grado necesario de compactación de los rellenos se expresa normalmente como un porcentaje mínimo de la máxima densidad en seco, obtenida mediante una prueba de laboratorio, que se debe lograr dentro de ciertos límites estipulados de humedad. Por lo general se especifican densidades que representan del 90 al 100% de densidad máxima, cuando el contenido de humedad es del 2 al 4% del contenido óptimo de humedad. La prueba (ASTM D1557)⁵² sirve como punto de referencia cuando se necesita una gran capacidad de carga y baja compresibilidad; la (ASTM D698)⁵³ es adecuada si los requisitos no son tan estrictos, como sucede en zonas de estacionamiento, aparcamiento). En casi todos los rellenos, basta con un 90 a 95% de la densidad máxima; la compactación del 100% es necesaria en el caso de carreteras, zapatas de cimentación y otras estructuras de las edificaciones industriales intensamente cargadas.

Las densidades del campo pueden representar más del 100% del valor máximo calculado en laboratorio. Además, si se hace un trabajo de compactación más intenso, esas densidades se pueden lograr con humedades por debajo de la curva establecida en el laboratorio. No obstante, no se debe sobrecompactar los materiales de grano fino que estén en el lado seco de la curva óptima, ya que luego pueden expandirse y aflojarse al saturarlos con agua.⁵⁴

Los rellenos ordinarios, en las construcciones industriales, se construyen en capas de 10 a 60 cm de espesor. Cada capa se compacta antes de colocar la siguiente. El grado de compactación real se determina por medio de pruebas de densidad, efectuadas en el campo, sobre muestras de cada capa. Para ese fin, es necesario medir la densidad húmeda y el contenido de humedad, aparte de calcular la densidad en seco.

Las densidades se miden en el campo con los métodos de cono de arena

⁵² ASTM D 1557 Prueba Humedad

⁵³ ASTM D 698 Prueba de Compresibilidad

⁵⁴ NLT Normas de Ensayos del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX" - Suelos. MOPT

(ASTM D1556)⁵⁵ o de globo volumétrico (ASTM D2167)⁵⁶, si la muestra no está alterada, o en caso contrario con el medidor nuclear de humedad-densidad (Densímetro Nuclear). A menudo basta con una prueba por cada 350 a 900 m³ de relleno. En proyectos a gran escala, en los que se utiliza maquinaria pesada de compactación, es posible tender capas de 45 a 60 cm y más de espesor. Sin embargo, en casi todos los proyectos los espesores de las capas deben ser limitados al máximo que garanticen la densidad exigida los equipos de compactación disponibles en Obra.

El uso adecuado de diques internos, vertederos y técnicas de decantación impide tal acumulación. Siempre se debe tener presente que los rellenos son cargas muertas muy pesadas, por lo que pueden someter a esfuerzos muy intensos los estratos subyacentes del suelo, incluso los profundos. Una capa de 30 cm de relleno compactado equivale, en carga, a 1.5 niveles de un edificio ordinario de oficinas. Se pueden presentar problemas indeseables, tales como, si una edificación está plantada a horcajadas encima de la línea de contención de un relleno, es muy probable que ocurra un asentamiento diferencial perfectamente delineado.⁵⁷

Los rellenos hidráulicos profundos llegan a ocasionar hundimientos superficiales del orden de varios decímetros. Las estructuras apoyadas en pilotes, con firmes (losas a nivel del terreno) asentados en rellenos profundos, pueden, conforme el relleno se asienta, sufrir daños ocasionados por la diferencia de movimiento de los firmes, entradas de servicio y entradas principales respecto a la estructura piloteada.

Los tirantes de anclaje que se utilizan para los bordos de contención de aguas y que pasan a través del relleno hidráulico llegan a tener sobrecargas debidas al asentamiento subsecuente del relleno; a fin de evitar esas sobrecargas, los tirantes deben quedar alojados dentro de tubos antes de cubrirlos con el relleno.

⁵⁵ ASTM D1556 Prueba de Densidad mediante Cono de Arena

⁵⁶ ASTM 2167 Prueba de Densidad mediante Globo Volumétrico

⁵⁷ NLT Normas de Ensayos del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX" - Suelos. MOPT

05 | ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA EDIFICACIÓN

5.1 Descripción arquitectónica y estructural del objeto de estudio

5.2 Inspección visual de elementos estructurales y no estructurales

5.3 Gestión de la información y evaluación técnica

5.4 Procedimiento de inspección de edificios con asentamientos verticales

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA EDIFICACIÓN

El estudio de los asentamientos en la Unidad de Posgrados UNAM se compone por diferentes fases con las que se generó un diagnóstico del estado actual de la edificación respecto a los desniveles exteriores e interiores en firmes, para ello fue indispensable en la primera fase conocer los antecedentes de la edificación y su entorno entre ellos: el año en que se inició la construcción, recopilación geológica del lugar, documentación de antecedentes, entrevistas, cronologías, fotografías, cualquier información relevante del subsuelo además de información del inmueble como planos arquitectónicos, estructurales, cimentación e instalaciones

El edificio de la Unidad de Posgrados UNAM se proyectó y construyó en los años 2012 y 2013 por la Dirección General de Obras y Conservación de la UNAM en la zona sur de Ciudad Universitaria, en Cto. De los Posgrados S/N, C.U., colindante a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. El complejo estudiantil tiene 32,248 metros cuadrados, se conforma de diez edificios y un auditorio distribuidos de forma radial dejando entre cada circunferencia jardineras, la doble estructura circular limita las visuales e iluminación natural una de otra, cuenta con dos accesos, uno para la entrada peatonal y otra que conecta al estacionamiento con tres niveles en 10,387 metros cuadrados.

Se edificó sobre una fracción del derrame original de lava del volcán Xitle , un área basáltica irregular geomorfológicamente correspondiente al tipo de solidificación pahoehoe o dermolítico principalmente, este tipo de solidificación presenta formas diversas, tales como costeras acordonadas, fragmentos torcidos de lava, surcos acordonados, vesicularidades y oquedades, específicamente en el área de estudio dentro de Ciudad Universitaria es posible encontrar derrames

compactos, masivos y vesiculares en capas superiores ⁵⁸, estas capas presentan cavidades irregulares de orientación preferentemente horizontal, las fracturas en la zona son principalmente de compresión y su apertura superficial es de 2 m, disminuyendo a profundidad, este sistema de fracturas tiene longitudes de hasta 40 metros y está asociado principalmente a crestas de presión así mismo se encuentran lavas plateaux las cuales son de forma semicircular de estructura acordonada, semicircular y hondonada con bordes asociados a crestas de presión y cavernas, éstas depresiones llegan a alcanzar hasta tres metros de profundidad.

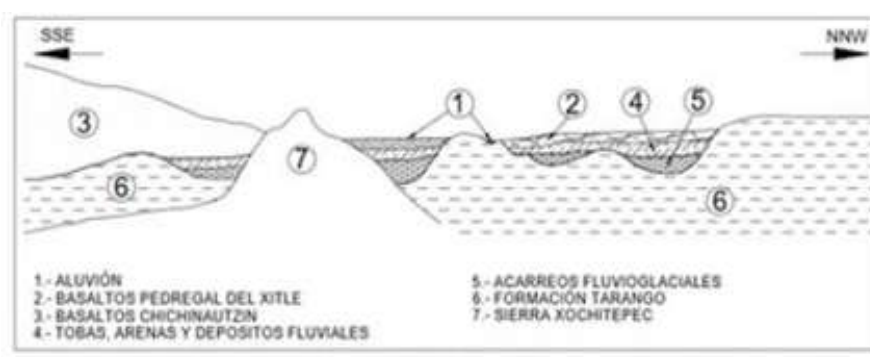


Ilustración 25. Sección Chichinautzin-Lomas Cortando el Pedregal de San Angel

Respecto a la información geológica que se encontró en el Atlas de Riegos del Gobierno ⁵⁹ de la Ciudad de México de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil se analizaron los siguientes aspectos:

- a) Vulcanismo
- b) Geología Estructural
- c) Inestabilidad de Laderas
- d) Fracturas
- e) Litología
- f) Suelos
- g) Zonificación Geotécnica
- h) Hundimientos

⁵⁸ Salvador, E. d. (2020, Julio 1). Las Lavas del Pedregal. Retrieved from Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel, Ecología, Historia Natural y Manejo: http://www.repsa.unam.mx/documentos/Enciso_1994_Lavas_pedregal.pdf

⁵⁹ Atlas de Riesgos de la Ciudad de México, instrumento de prevención de desastres en la Ciudad de México, fue creado en el año 2017, contiene información de sitios de servicios, edificios agrietados tras los sismos, información geológica y localización de zonas vulnerables a inundaciones y socavones.

De los cuales se obtuvo la siguiente información:

TAXONOMÍA	GEOLÓGICO
FENÓMENOS	Minas
FUENTE	Cartas Geológicas escala 1:50000 elaboradas por INEGI
CV_MUN	003
NOM_MUN	Coyoacán
LATITUD	19.308399200439453
LONGITUD	99.18160247802734
ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	ZONA 1

Ilustración 26. Datos Obtenidos del Atlas de Riesgos de la Ciudad de México Vigente.

El perfil de elevación mostró una variación de 2.301 a 2.313m en la zona de estudio y la clasificación de suelo se encuentra en la Zona Tipo 1 según las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones vigente al momento del estudio, las cuales indican que en esta zona se investigará si existen materiales sueltos, grietas, oquedades naturales, galerías de minas en caso afirmativo se sugiere hacer un estudio detallado de la zona, se tomará en cuenta los datos que proporcionen los habitantes y la observación del comportamiento del terreno así como fotografías antiguas del lugar todo ello para descartar que los derrames basálticos yacen sobre materiales arcillosos compresibles.

Las exploraciones recomendadas para este tipo de suelo son:

Zona 1:
a) Detección por procedimientos directos, eventualmente apoyados en métodos indirectos, de rellenos sueltos, galerías de minas, grietas y otras irregularidades.
b) Pozos a cielo abierto para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la profundidad de desplante.
c) En caso de considerarse en el diseño del cimiento un incremento neto de presión mayor de 80kPa (8t/m ²), el valor recomendado deberá justificarse a partir de los resultados de las pruebas de laboratorio o de campo realizadas.

Ilustración 27. Requisitos Mínimos para la Investigación del Subsuelo. Información extraída de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones Vigente.

5.1 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA Y ESTRUCTURAL DEL OBJETO DE ESTUDIO

La Unidad de Posgrados se refiere a un proyecto de Infraestructura Educativa reciente (2011) impulsado por la mimetización del entorno natural, se trata de un juego de circunferencias de diferentes alturas y con áreas públicas ajardinadas entre sí, las fachadas tienen un recubrimiento aparente en tonos rosas-beige y herrerías en tono rojo, las principales vías de acceso son dos: la entrada principal donde arriban los autobuses del campo y la segunda donde se encuentra el estacionamiento.

El complejo cuenta con una capacidad para recibir a más de 26,000 estudiantes de posgrado de todas las facultades y cuenta con un área de 32,248 metros cuadrados⁶⁰. Consta de 10 edificios interconectados entre sí con tres y cuatro niveles y en un quinto piso la azotea, sótanos, áreas de servicio, un auditorio con dos salas y capacidad para 300 personas en cada uno, biblioteca, cafetería, salas de exposición, laboratorios, coordinaciones, sanitarios en cada nivel, ascensores, rampas para personas discapacitadas.

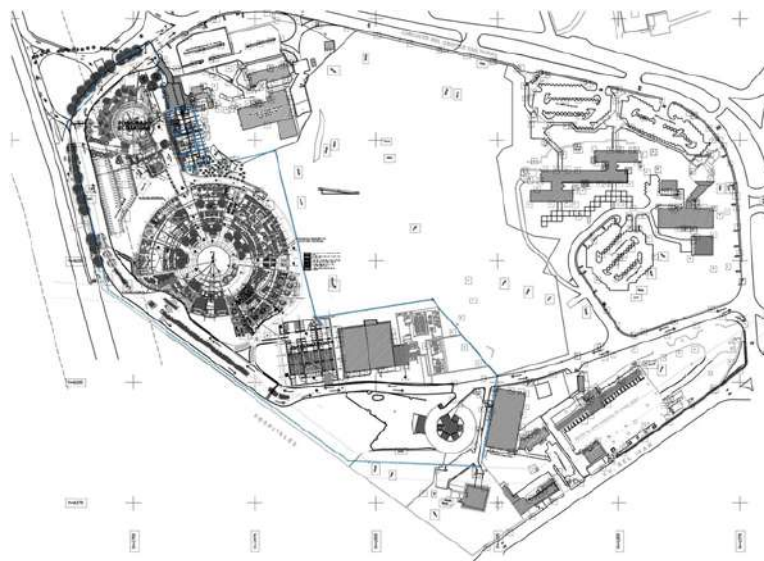


Ilustración 28. Planta de Conjunto Unidad de Posgrados UNAM.

⁶⁰ Kochen, J. J. (2013, Abril 24). Arquine. Retrieved from Las (donaciones de la UNAM: <https://www.arquine.com/las-donaciones-a-la-unam/>.

• SÓTANOS:

En los edificios A-B, se encuentra el Posgrado Nacional de Artes Plásticas, en los sótanos de estos edificios se encuentran diferentes talleres con mesas de trabajo, áreas de guardado de material, el área de pulido entre otros, los firmes en esta zona son de concreto $f'c=200$ kg/cm³ de 10.0 cm de espesor armado con malla electrosoldada 6x6-8/8, con colado en franjas longitudinales de 1.80 m terminado con pisos de cemento pulido con pintura epóxica.

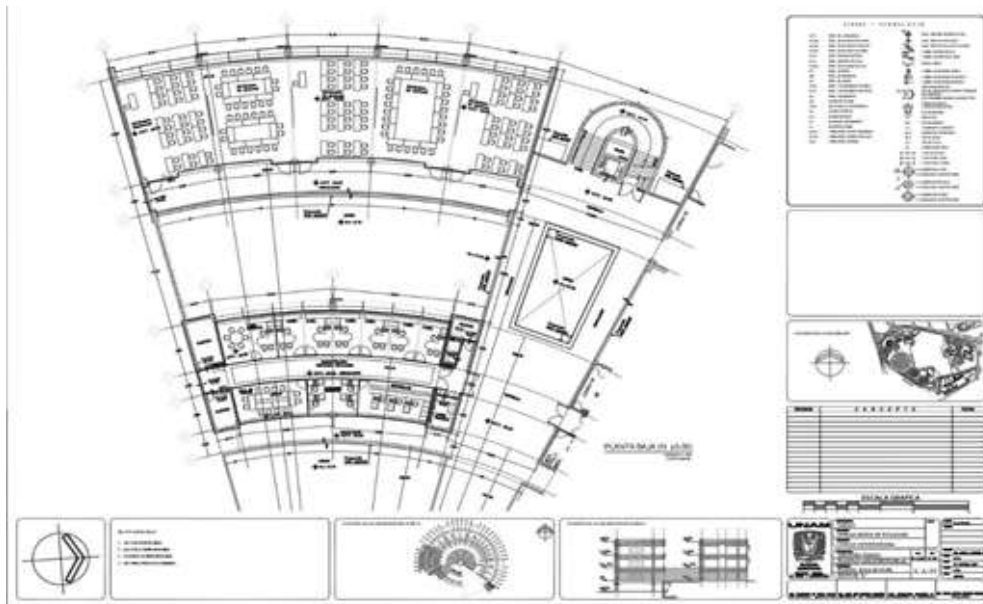


Ilustración 29. Sótanos Edificios A-B. Unidad de Posgrados UNAM [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

En los edificios C-D se encuentran los laboratorios de Investigación y Producción del Libro Alternativo D-S01 de igual forma el firme de concreto en esta zona es de $f'c=200$ kg/cm³ de 10.0 cm de espesor armado con malla electrosoldada 6x6-8/8, con colado en franjas longitudinales de 1.80 m terminado con pisos de cemento pulido con pintura epóxica.

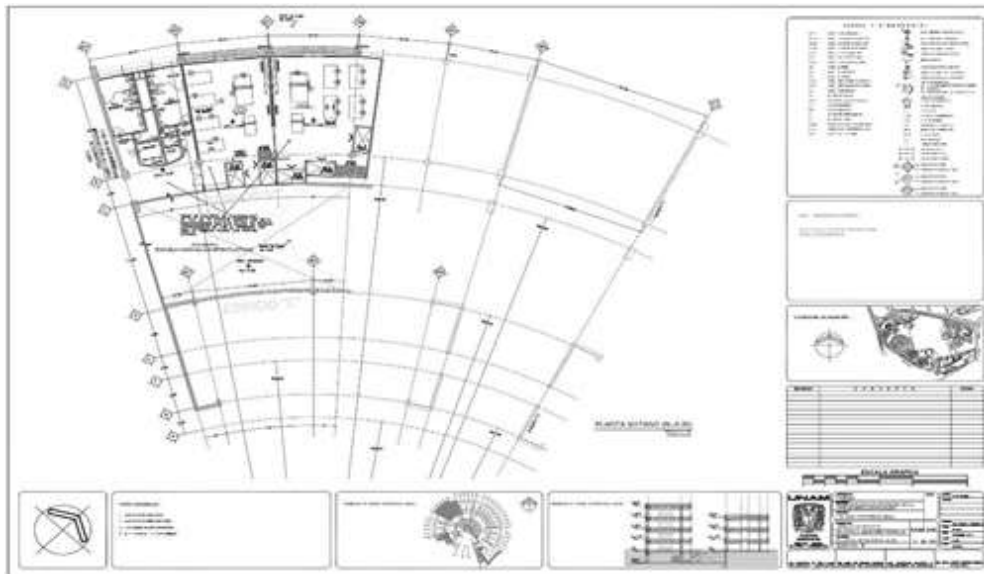


Ilustración 30. Sótanos Edificios C-D. Unidad de Posgrados UNAM [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

En los edificios E-F no se encuentra ningún sótano por ser la zona más alta respecto al nivel de suelo firme encontrado. Los edificios G-H que son los que presentan afectaciones de asentamientos verticales no diferenciales se encuentran: archivo, almacén, sub estación eléctrica, bombas y tanque hidroneumático, dos cisternas con nivel de carcamo a -3.55 m, un comedor para trabajadores y un cuarto de utilería de jardinería.

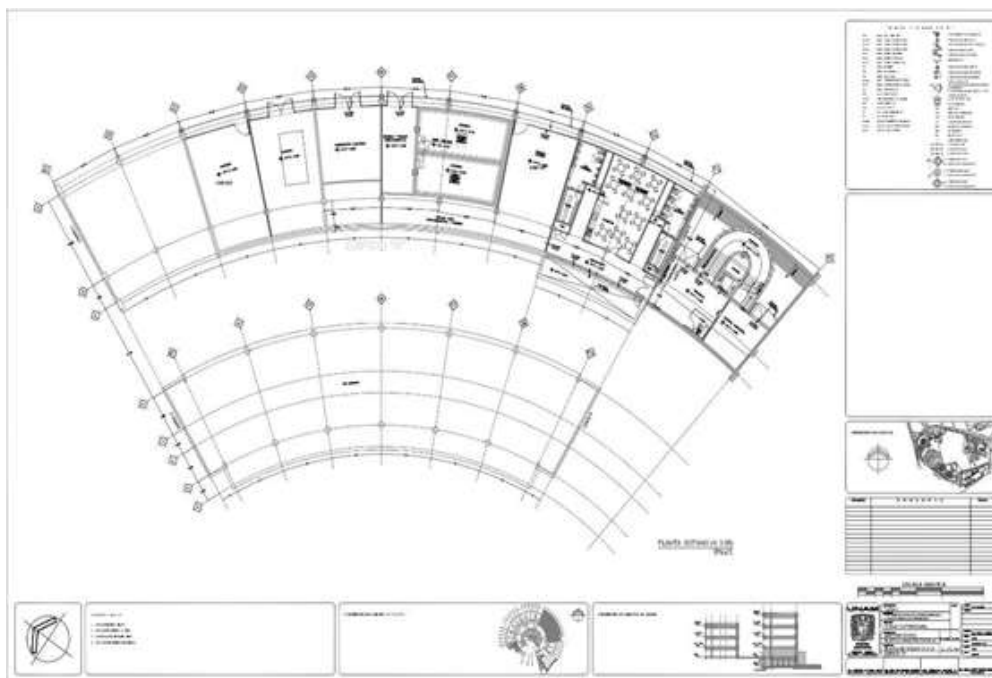


Ilustración 31. Sótanos G-H. Unidad de Posgrados UNAM. [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

En el edificio I no se encuentra ningún sótano sin embargo en el edificio J se encuentra el Laboratorio de Iluminación Arquitectónica y el Laboratorio de Diseño Industrial en sótano y primer nivel respectivamente, en el cual se notaron fisuras en losetas, sin embargo, se descartó que fueran causadas por movimiento del suelo cuando se realizaron los estudios de topografía.

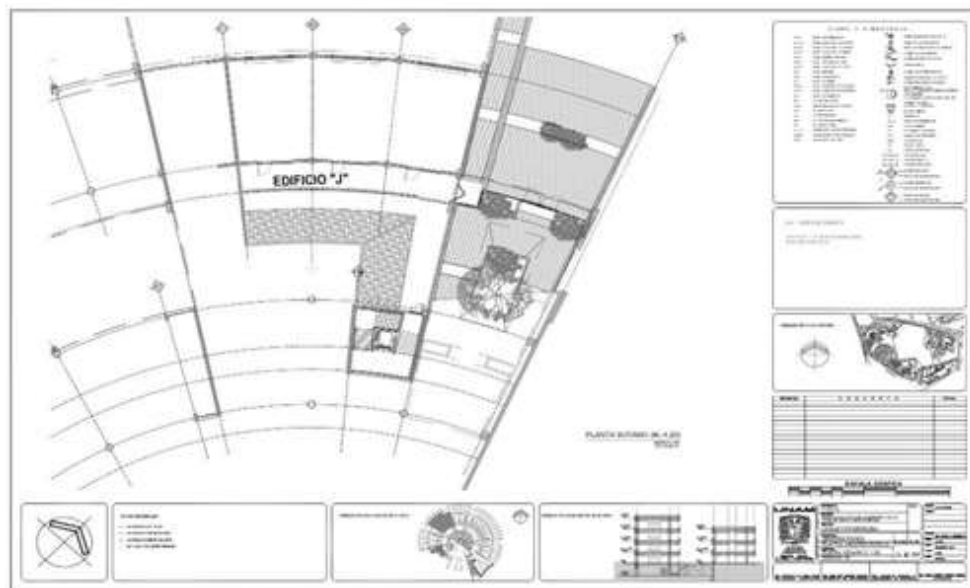


Ilustración 32. Sótanos Edificio J. Unidad de Posgrados UNAM. [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

• PLANTAS BAJAS:

En la planta baja de los edificios A-B se encuentran los Talleres de Diseño, de Pintura y Dibujo pertenecientes a la Facultad de Artes y Diseño, además de la Dirección de Posgrado y Secretaría Académica de la misma

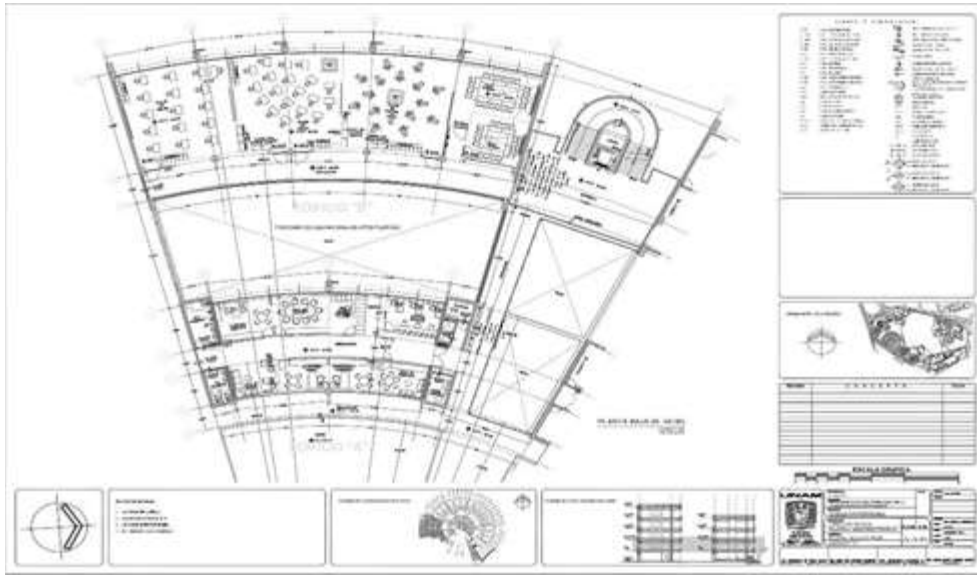


Ilustración 33. Planta Baja Edificios A-B. Unidad de Posgrados UNAM.[Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

En la planta baja de los edificios C-D, se encuentran los Talleres de las Facultades de la Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia y de la Facultad de Artes y Diseño, salas de computo, una sala de usos múltiples y sanitarios.

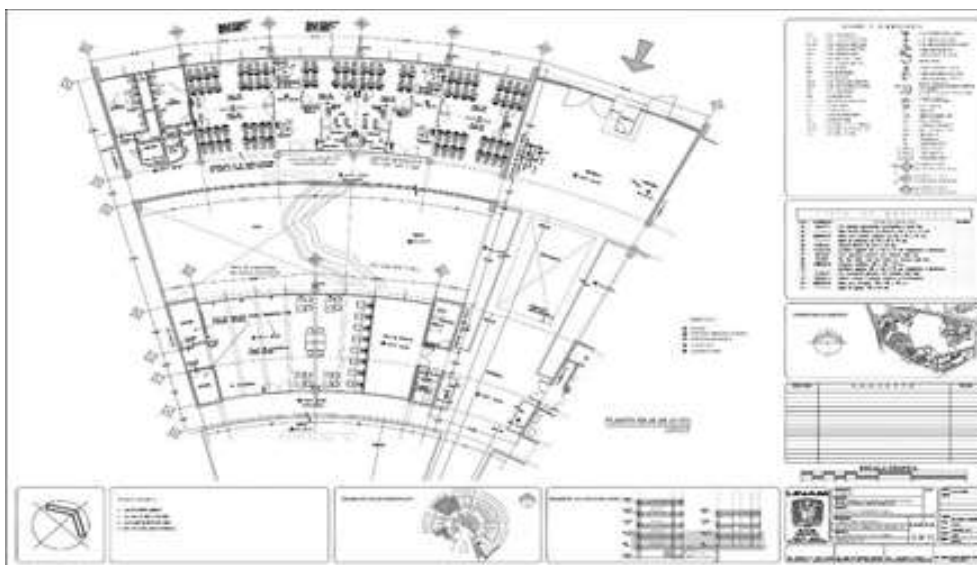


Ilustración 34. Planta Baja Edificios C-D. Unidad de Posgrados UNAM [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

En la planta baja de ellos edificios C-D se conforman por el Posgrado de Medicina y la el Posgrado de la Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia donde se encuentran talleres, centros de cómputo, cubículos, salas de juntas y las coordinaciones.

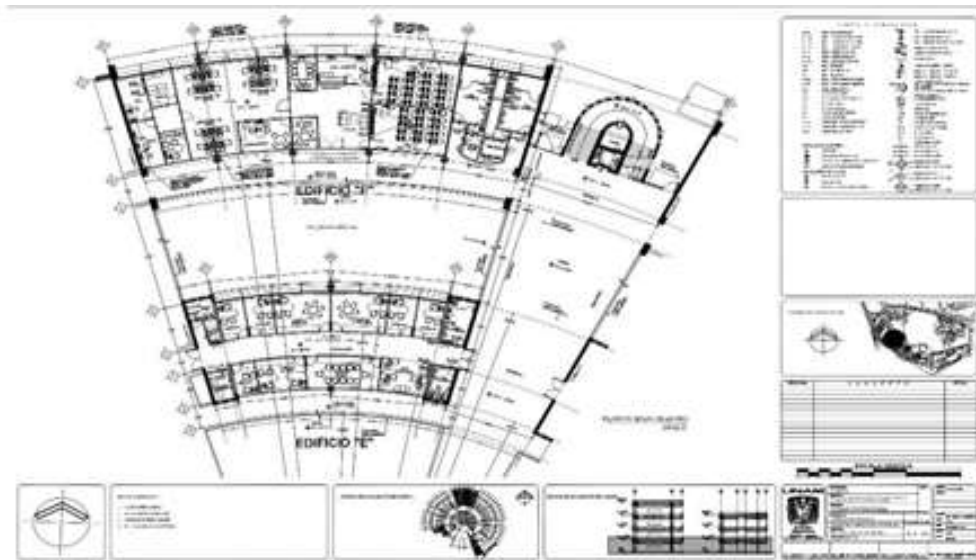


Ilustración 35. Planta Baja Edificios E-F. Unidad de Posgrados UNAM [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

En la Planta Baja de los Edificios G-H (edificios con afectaciones de asentamientos verticales), se encuentra la Coordinación de Estudios de Posgrados, Unidades Administrativas y la Subdirección de Asuntos Escolares SAEP.

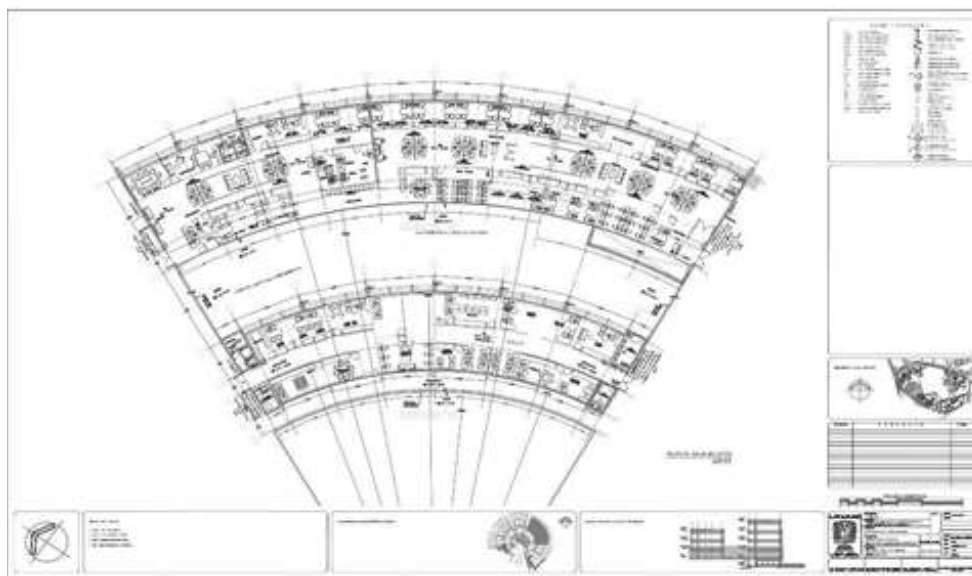


Ilustración 36. Planta Baja. Edificios G-H. Unidad de Posgrados UNAM [Ilustración] Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

En los Edificios I y J que de igual manera presentan afectaciones se encuentran los Laboratorios de Diseño Industrial, Laboratorio de Conservación del Patrimonio Natural y Cultural, así como el Laboratorio de Interacción con el Medio de la Facultad de Arquitectura y la Cafetería.

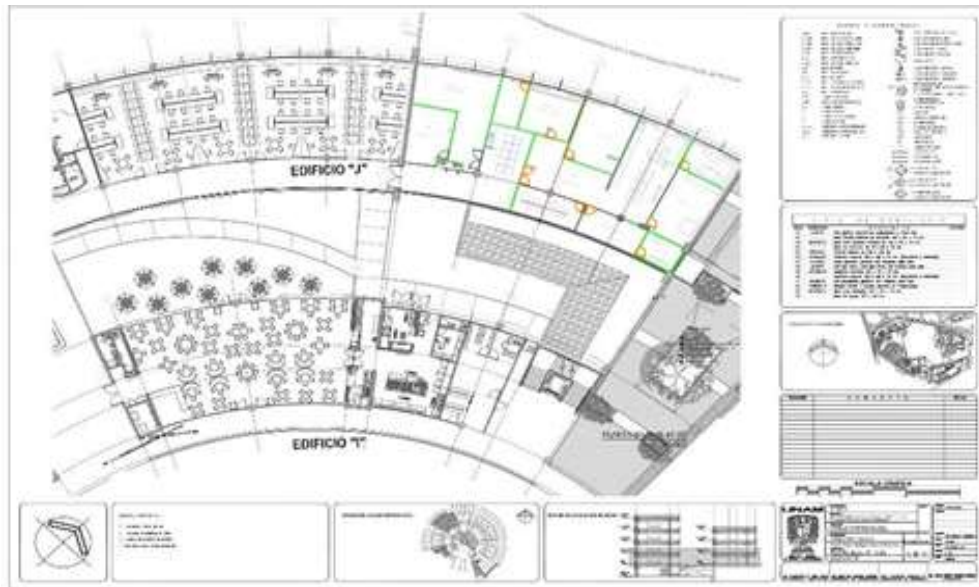


Ilustración 37. Planta Baja Edificios I-J. Unidad de Posgrados UNAM. [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

- **PLANTAS TIPO:** Las Plantas Bajas se repiten tres veces en los edificios de la circunferencia interior y cuatro en los edificios de circunferencia exterior, entre cada edificio se encuentran los módulos de sanitarios, escaleras y elevador.
- **AZOTEAS:** Toda el área contiene pendiente del 2% para poder desalojar el agua pluvial, además de contener una capa de impermeabilizante.
- **CIMENTACIÓN:** La cimentación se conforma por zapatas de diferentes medidas y muros de contención, armadas con diámetros variables.
- **DESPALME Y TRAZO:** Se eliminó la capa vegetal del terreno hasta llegar a terreno firme, se realizaron pozos a cielo abierto para confirmar terreno volcánico.

TABLA DE ZAPATAS						
TIPO	A (CM)	B (CM)	H1 (CM)	H2 (CM)		
Z-1	350	350	50	70	#6@15	#6@15
Z-2	430	430	50	90	#6@15	#6@15
Z-3	360	360	60	80	#6@20	#6@20
Z-4	400	400	50	90	#6@15	#6@15
Z-5	400	720	50	90	#6@15	#6@15
ZC-1	450	---	70	110	#8@15	#8@15
ZC-2	VARIABLE 250-350	---	40	80	#6@15	#6@20
ZC-3	350	---	60	80	#6@20	#6@15
ZC-4	400	---	60	100	#8@15	#8@20
ZC-5	370	---	50	90	#8@15	#6@15
ZC-6	430	---	100	60	#8@15	#8@20

Tabla 10. Dimensiones de Zapatas Plano de Cimentación Unidad de Posgrados UNAM.

- **ESTRUCTURA:** La estructura del complejo consta de traveses prefabricados de diferentes dimensiones.

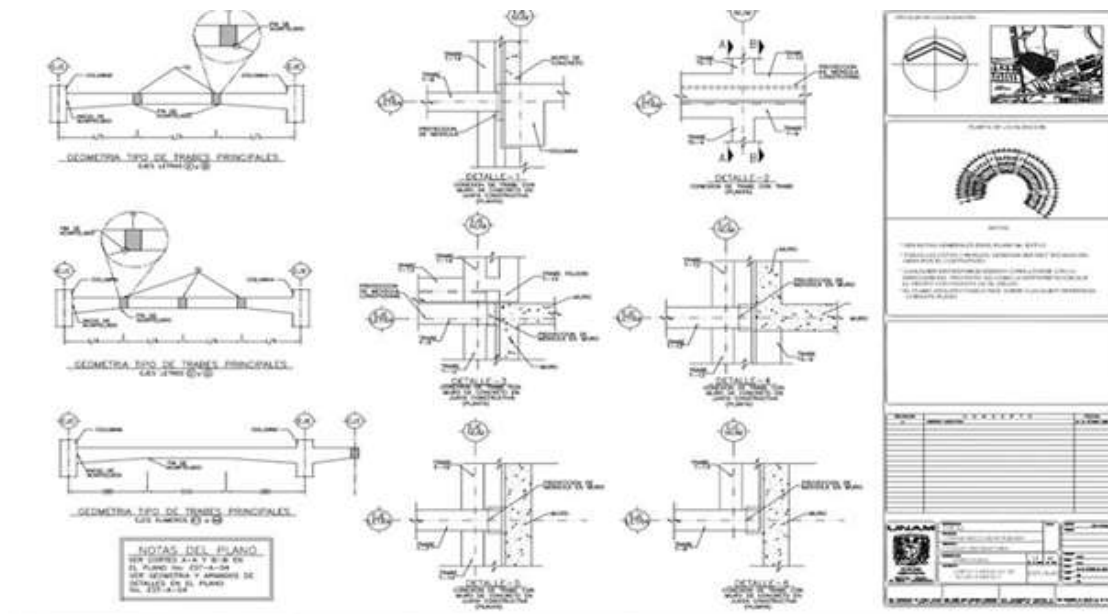


Ilustración 40. Detalles Armado de Traveses. Planos Estructurales. Unidad de Posgrados UNAM. [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

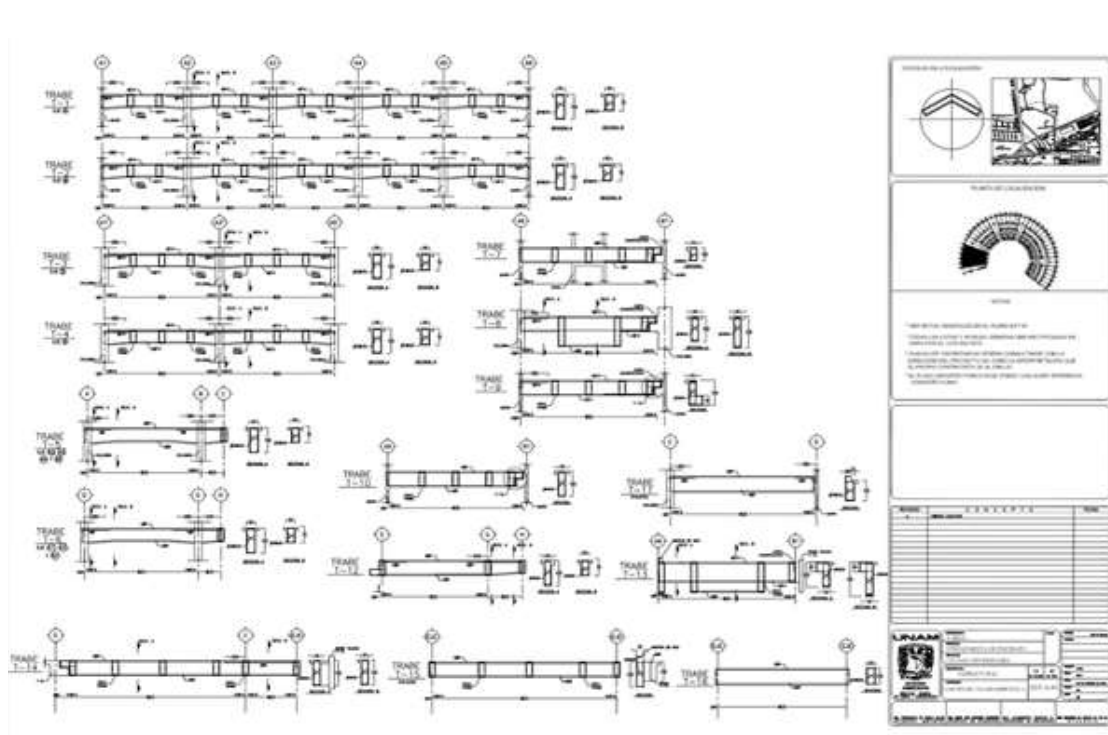


Ilustración 41. Detalles Armado de Traveses. Planos Estructurales. Unidad de Posgrados UNAM. [Ilustración]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

5.2 INSPECCIÓN VISUAL DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

Con el fin de identificar las zonas de afectaciones, se realizó una ficha de inspección rápida de los elementos constructivos y no constructivos de cada edificio:

FICHA DE EVALUACION DE DAÑOS PARA INSPECCION DE EDIFICIOS SEPTIEMBRE 2018

UNIDAD DE POSGRADOS UNAM
MAESTRÍA EN ARQUITECTURA CAMPO TECNOLOGÍAS

1. IDENTIFICACIÓN DEL INSPECTOR

Nº Serie: EDIFICIO I Fecha de Inspección: 9/09/2018 Hora de Inspección: 1:30
Nombre del Evaluador: Nayeli Pérez Contreras Firma: _____
Institución a la que pertenece: Maestría en Arquitectura Campo Tecnologías UNAM Profesión: Arquitecto

2. IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE

Región: _____ Provincia: _____ Comuna: _____ Localidad: _____
Nombre del Edificio: Unidad de Posgrados UNAM Dirección (O coord. UTM) 2306.00
Sector: ESC Uso o Tipo de Edificio: Educativo
Nº de pisos 3 Nº de subterráneos 1 Superficie 12.4 x 30 = 372 m²

3. SISTEMA ESTRUCTURAL

<input type="radio"/> Hormigón Armado	<input type="radio"/> Albañilería		<input type="radio"/> Acero		<input type="radio"/> Madera
Estructura	Estructura	Tipo de Bloques	Estructura	Uniones	Estructura
<input checked="" type="radio"/> Marcos	<input checked="" type="radio"/> Simple	<input type="radio"/> Fiscal	<input type="radio"/> Marcos Arriostrados	<input type="radio"/> Soldadas	<input type="radio"/> Marcos de Madera
<input type="radio"/> Muros	<input type="radio"/> Confinada	<input type="radio"/> Cerámico	<input checked="" type="radio"/> Marcos Rígidos	<input checked="" type="radio"/> Apernadas	<input type="radio"/> Muros de Madera
<input type="radio"/> Mixtos	<input type="radio"/> Armada	<input type="radio"/> Hormigón		<input type="radio"/> Mixto	<input type="radio"/> Quincha
	<input type="radio"/> Contrafuerte	<input type="radio"/> Adobe			
	<input checked="" type="radio"/> Muros Tablaroca	<input type="radio"/> Piedra			
		<input checked="" type="radio"/> Otro			

4. INSPECCIÓN GENERAL. Método de Inspección del inmueble.

Inspección sólo exterior Inspección exterior y visual interior, indicar pisos _____

INSPECCIÓN 1. Inspección General de todo el Inmueble.

Aquí se juzga el daño a primera vista normalmente del exterior. Si el inmueble es obviamente inseguro por el daño observado, marque la alternativa apropiada, sáltese las inspecciones 2 y 3, clasifique la edificación como INSEGURA en el resumen final.

CATEGORÍA	A	B	C
a) Colapso Total o Parcial	<input checked="" type="radio"/> No	-----	<input type="radio"/> Si
b) Daño producto de Edificaciones Adyacentes o Falla del Suelo Colindante	<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Incierto	<input checked="" type="radio"/> Si
c) Asentamiento del Edificio debido a Falla del Suelo	<input type="radio"/> < 0,2 m	<input checked="" type="radio"/> Entre 0,2 y 1,0 m	<input type="radio"/> > 1,0 m
d) Inclinación del Edificio completo o una parte debido a Asentamiento Diferencial	<input type="radio"/> < 1/60 rad	<input type="radio"/> Entre 1/60 y 1/30 rad (aparentemente inclinado)	<input checked="" type="radio"/> > 1/30 rad (fácil de notar)

FICHA DE EVALUACION DE DAÑOS PARA INSPECCION DE EDIFICIOS SEPTIEMBRE 2018

UNIDAD DE POSGRADOS UNAM
MAESTRÍA EN ARQUITECTURA CAMPO TECNOLOGÍAS

1. IDENTIFICACIÓN DEL INSPECTOR

Nº Serie: EDIFICIO I Fecha de Inspección: 9/09/2018 Hora de Inspección: 1:30
 Nombre del Evaluador: Nayeli Pérez Contreras Firma: _____
 Institución a la que pertenece: Maestría en Arquitectura Campo Tecnologías UNAM Profesión: Arquitecto

2. IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE

Región: _____ Provincia: _____ Comuna: _____ Localidad: _____
 Nombre del Edificio: Unidad de Posgrados UNAM Dirección (O coord. UTM) 2306.00
 Sector: ESC Uso o Tipo de Edificio: Educativo
 Nº de pisos 3 Nº de subterráneos 1 Superficie 12.4 x 30 = 372 m²

3. SISTEMA ESTRUCTURAL.

<input type="radio"/> Hormigón Armado	<input type="radio"/> Albañilería		<input type="radio"/> Acero		<input type="radio"/> Madera
Estructura	Estructura	Tipo de Bloques	Estructura	Uniones	Estructura
<input checked="" type="radio"/> Marcos	<input checked="" type="radio"/> Simple	<input type="radio"/> Fiscal	<input type="radio"/> Marcos Arriostrados	<input type="radio"/> Soldadas	<input type="radio"/> Marcos de Madera
<input type="radio"/> Muros	<input type="radio"/> Confinada	<input type="radio"/> Cerámico	<input checked="" type="radio"/> Marcos Rígidos	<input checked="" type="radio"/> Apernadas	<input type="radio"/> Muros de Madera
<input type="radio"/> Mixtos	<input type="radio"/> Armada	<input type="radio"/> Hormigón		<input type="radio"/> Mixto	<input type="radio"/> Quincha
	<input type="radio"/> Contrafuerte	<input type="radio"/> Adobe			
	<input checked="" type="radio"/> Muros Tablaroca	<input type="radio"/> Piedra			
		<input checked="" type="radio"/> Otro			

4. INSPECCIÓN GENERAL. Método de Inspección del inmueble.

Inspección sólo exterior Inspección exterior y visual interior, indicarpisos _____

INSPECCIÓN 1. Inspección General de todo el Inmueble.

Aquí se juzga el daño a primera vista normalmente del exterior. Si el inmueble es obviamente inseguro por el daño observado, marque la alternativa apropiada, sátese las inspecciones 2 y 3, clasifique la edificación como INSEGURA en el resumen final.

CATEGORÍA	A	B	C
a) Colapso Total o Parcial	<input checked="" type="radio"/> No	-----	<input type="radio"/> Si
b) Daño producto de Edificaciones Adyacentes o Falla del Suelo Colindante	<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Incierto	<input checked="" type="radio"/> Si
c) Asentamiento del Edificio debido a Falla del Suelo	<input type="radio"/> < 0,2 m	<input checked="" type="radio"/> Entre 0,2 y 1,0 m	<input type="radio"/> > 1,0 m
d) Inclinación del Edificio completo o una parte debido a Asentamiento Diferencial	<input type="radio"/> < 1/60 rad	<input type="radio"/> Entre 1/60 y 1/30 rad (aparentemente inclinado)	<input checked="" type="radio"/> > 1/30 rad (fácil de notar)

FICHA DE EVALUACION DE DAÑOS PARA INSPECCION DE EDIFICIOS SEPTIEMBRE 2018

UNIDAD DE POSGRADOS UNAM
MAESTRÍA EN ARQUITECTURA CAMPO TECNOLOGÍAS

1. IDENTIFICACIÓN DEL INSPECTOR

Nº Serie: EDIFICIO I Fecha de Inspección: 9/09/2018 Hora de Inspección: 1:30
 Nombre del Evaluador: Nayeli Pérez Contreras Firma: _____
 Institución a la que pertenece: Maestría en Arquitectura Campo Tecnologías UNAM Profesión: Arquitecto

2. IDENTIFICACIÓN DEL INMUEBLE

Región: _____ Provincia: _____ Comuna: _____ Localidad: _____
 Nombre del Edificio: Unidad de Posgrados UNAM Dirección (O coord. UTM) 2306.00
 Sector: ESC Uso o Tipo de Edificio: Educativo
 Nº de pisos 3 Nº de subterráneos 1 Superficie 12.4 x 30 = 372 m²

3. SISTEMA ESTRUCTURAL.

<input type="radio"/> Hormigón Armado	<input type="radio"/> Albañilería		<input type="radio"/> Acero		<input type="radio"/> Madera
Estructura	Estructura	Tipo de Bloques	Estructura	Uniones	Estructura
<input checked="" type="radio"/> Marcos	<input checked="" type="radio"/> Simple	<input type="radio"/> Fiscal	<input type="radio"/> Marcos Arriestrados	<input type="radio"/> Soldadas	<input type="radio"/> Marcos de Madera
<input type="radio"/> Muros	<input type="radio"/> Confinada	<input type="radio"/> Cerámico	<input checked="" type="radio"/> Marcos Rígidos	<input checked="" type="radio"/> Apernadas	<input type="radio"/> Muros de Madera
<input type="radio"/> Mixtos	<input type="radio"/> Armada	<input type="radio"/> Hormigón		<input type="radio"/> Mixto	<input type="radio"/> Quincha
	<input type="radio"/> Contrafuerte	<input type="radio"/> Adobe			
	<input checked="" type="radio"/> Muros Tablaroca	<input type="radio"/> Piedra			
		<input checked="" type="radio"/> Otro			

4. INSPECCIÓN GENERAL. Método de Inspección del inmueble.

Inspección sólo exterior Inspección exterior y visual interior, indicar pisos _____

INSPECCIÓN 1. Inspección General de todo el Inmueble.

Aquí se juzga el daño a primera vista normalmente del exterior. Si el inmueble es obviamente inseguro por el daño observado, marque la alternativa apropiada, séltese las inspecciones 2 y 3, clasifique la edificación como INSEGURA en el resumen final.

CATEGORÍA	A	B	C
a) Colapso Total o Parcial	<input checked="" type="radio"/> No	-----	<input type="radio"/> Sí
b) Daño producto de Edificaciones Adyacentes o Falla del Suelo Colindante	<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Incierto	<input checked="" type="radio"/> Sí
c) Asentamiento del Edificio debido a Falla del Suelo	<input type="radio"/> < 0,2 m	<input checked="" type="radio"/> Entre 0,2 y 1,0 m	<input type="radio"/> > 1,0 m
d) Inclinación del Edificio completo o una parte debido a Asentamiento Diferencial	<input type="radio"/> < 1/60 rad	<input type="radio"/> Entre 1/60 y 1/30 rad (aparentemente inclinado)	<input checked="" type="radio"/> > 1/30 rad (fácil de notar)

5.3 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y EVALUACIÓN TÉCNICA

Se analizaron diferentes puntos en diversas etapas para conformar un diagnóstico de la edificación.

ETAPA I	ESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> - Inspección de visual de los elementos estructurales (columnas, trabes) para determinar el estado de seguridad de la edificación. Irregularidades geométricas: <ul style="list-style-type: none"> Elevación Planta Formas Alargadas Piso débil - Irregularidades en Resistencia: <ul style="list-style-type: none"> Asimetría en disposición y rigidez de elementos estructurales Aberturas importantes en diafragmas - Recopilación de información disponible (planos estructurales)
	INSTALACIONES	<ul style="list-style-type: none"> -Identificar las instalaciones (Agua, Luz, Gas) -Drenaje y servicios rotos.
ETAPA II	TOPOGRAFÍA	<ul style="list-style-type: none"> -Recopilación de la información disponible. -Fotogrametría
	GEOTECNIA	<ul style="list-style-type: none"> -Recopilación bibliográfica y cartográfica. -Recorridos de Campo
ETAPA III	LEVANTAMIENTO GEOTÉCNICO	<ul style="list-style-type: none"> -Litología -Reconocimiento de discontinuidades (Grietas aisladas en puntos débiles de la estructura, Grietas que excedan los 3mm de ancho, Agrietamiento Simultaneo.) -Fenómenos geodinámica externa e interna. <ul style="list-style-type: none"> Interna: Fallas Geológicas Externos: Temperatura, Humedad, Aguas Pluviales, Agentes biológicos.
	GEOFÍSICA	<ul style="list-style-type: none"> -Localización de roca sana. -Localización del nivel de aguas freáticas. -Estratigrafía -Calidad de los materiales
	PRUEBAS DE CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> -Resistencia y deformabilidad. -Permeabilidad

ETAPA IV	LOCALIZACIÓN Y CUBICACIÓN DE BANCOS Y ENSAYES DE MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> -Obtención de Materiales de Construcción. -Definición de métodos constructivos, (técnicas, normativas, especificaciones).
ETAPA V	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> -Instrumentación agrietamientos. -Pruebas del material a emplear para analizar su comportamiento. -Influencia de la obra en los procesos geológicos.

Tabla 11. Etapas diagnóstico de la Edificación

Después de analizar la información de cada una de las etapas se realizó un procedimiento de inspección de edificios con asentamientos verticales donde en las primeras etapas de investigación del inmueble, el dictamen técnico visual de la edificación y delimitación de las zonas afectadas, es posible determinar un prediagnóstico con las hipótesis iniciales y proceder con obras complementarias, por lo contrario si en la evaluación de resultados de las etapas iniciales no son positivos entonces se procederá a realizar un diagnóstico que comprenda las etapas de levantamiento topográfico, delimitación de áreas afectadas y exploración por medio de los métodos más apropiados a las condiciones del suelo en el que se encuentre.

Evaluando los resultados de cada etapa será posible generar una propuesta de solución aplicada a las necesidades de cada problema con base en el fundamento de un diagnóstico, entonces se podrá considerar el proceso como una gestión de la información, análisis técnico y toma de decisiones para la oportuna intervención de edificaciones con asentamientos verticales.

5.4 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE EDIFICIOS CON ASENTAMIENTOS VERTICALES

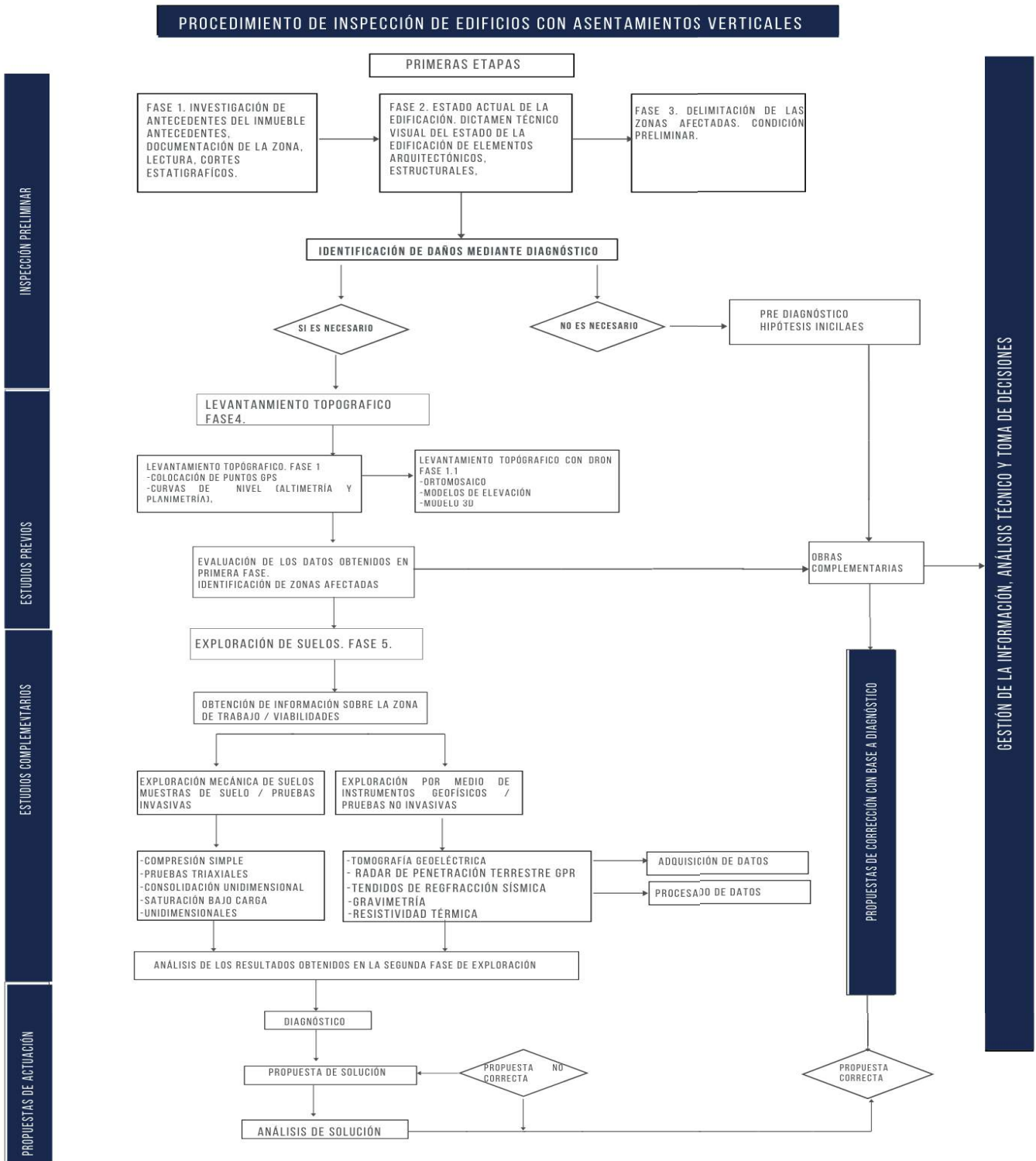


Ilustración 43. Procedimiento de Inspección de Edificios con Asentamientos Verticales

06

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

6.1 Planimetría y altimetría

6.2 Instrumentos y calibración

6.3 Sistemas de posicionamiento global (GPS)

6.4 Coordenadas y cotas topográficas

6.5 Levantamiento fotogramétrico con dron

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La topografía representa gráficamente la superficie, sus formas y detalles con el objetivo de conocer las características superficiales del terreno, límites de obra o predios, así como elementos circundantes, la importancia de la topografía radica en supervisar la correcta ejecución de una obra tomando en cuenta métodos de cálculo, para ello los trabajos de campo necesarios para llevar a cabo un levantamiento topográfico, consiste en esencia, en la medida de ángulos y distancia.⁶¹

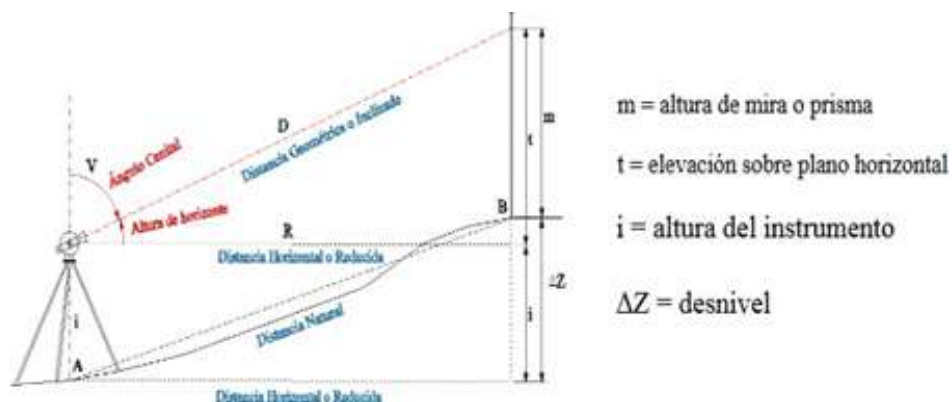


Ilustración 44. Esquema de un aparato topográfico lanzando una visual a un prisma.

La finalidad de un levantamiento topográfico consiste en la recopilación de información del terreno de forma técnica y descriptiva examinando las características físicas y geográficas del mismo, posteriormente con la información recabada se generará un plano que servirá de referencia al momento de identificar los desniveles y obtener una representación gráfica lo más precisa posible del fenómeno. Entre los métodos de medición se encuentran:

⁶¹ Peña, J. S. (2005). Manual de Prácticas de Topografía Cartografía. España: Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones.

MÉTODO USADO	PRECISIÓN	APLICACIÓN PRÁCTICA
PASOS	1/100 – 1/200	Se utiliza para el reconocimiento y comparación entre medidas efectuadas con cinta.
ESTADIMETRICO (INDIRECTO)	1/100 – 1/300	Para el levantamiento de detalles, comprobación de medidas más precisas.
CINTA (DIRECTA)	1/10000 – 1/50000	Se utiliza en poligonales para levantamientos topográficos.
CINTA DE PRECISIÓN	1/10000 – 1/30000	Para poligonales de planos de población, base de triangulación de mediana precisión.
ELECTRÓNICO	1/10000 – 1/300000	Para levantamiento de alta precisión en base de triangulación.

Tabla 12. Métodos de Medición. Ing, Sergio Navaroo Hundiel

Por la naturaleza de la investigación se optó por realizar un levantamiento electrónico de alta precisión, con ello se obtuvo una base de datos que permitió la revisión de la estructura respecto a estos desniveles horizontales a través del tiempo, para ello se requirió establecer las posiciones relativas en el plano horizontal, es decir, la planimetría y su altura entre varios puntos, tomando como referencia el plano horizontal.

6.1 PLANIMETRÍA Y ALTIMETRÍA

PLANIMETRÍA: Se refiere a una representación horizontal, se estudian los procedimientos para fijar las posiciones de puntos proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones, como se mencionó anteriormente la ubicación de los diferentes puntos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de

puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal.

El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina Poligonal Base y es la que conforma la red fundamental o esqueleto del levantamiento, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés, el resultado de los trabajos de planimetría es un esquema horizontal del terreno.

ALTIMETRÍA: Se refiere a la medición de los diferentes niveles o elevación entre los diferentes puntos del terreno, las determinaciones de las distancias verticales se pueden realizar a partir de las pendientes de inclinación del terreno básicamente tiene como objeto determinar las diferentes alturas entre puntos situados en el terreno.

ALTIPLANIMETRIA: La fusión de las dos áreas de topografía permite elaborar propiamente un "Levantamiento Topográfico" donde es posible mostrar los diferentes puntos de elevación de terreno propiamente llamado como "Curvas de Nivel", estas unen los puntos de elevación con la misma altura.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS DE NIVEL

1.- Toda curva se cierra sobre sí misma, no puede dividirse o ramificarse.

2.- No se pueden fundir dos o más curvas en una sola; existen casos donde pueden verse juntas pero en realidad están superpuestas, una sobre otra, pero cada cual en su nivel.

3.- Si en determinado lugar se cruzan las curvas podría significar una cueva o saliente en volado.

4.- Al representar zonas de pendiente uniforme las curvas deben quedar equidistantes.

5.- La separación de las curvas depende de ciertas características: si están muy separadas es porque existe una pendiente suave, si están muy juntas la pendiente es fuerte, y si están superpuestas

indican corte vertical "a pico"

6.-Una serie de curvas cerradas, concéntricas indican un promontorio (altura de tierra considerable) o una oquedad (hueco), según las curvas vayan creciendo hacia el centro o decreciendo respectivamente.

Tabla 13. Características Curvas de Nivel

6.2 INSTRUMENTOS Y CALIBRACIÓN

La Estación Total surge para reemplazar el instrumento conocido como Teodolito en la Topografía, se trata de un instrumento mucho más versátil ya que integra otros instrumentos de gran utilidad para la medición de distancias y una computadora para los cálculos necesarios con memoria interna para el almacenamiento de datos, esta herramienta es factible para levantamientos referenciados con GPS.

Una Estación Total se conforma por cuatro elementos:

- a) Distanciométero- Láser
- b) Teodolito
- c) Computadora
- d) Nivel de Precisión

Como se ha mencionado anteriormente la medición de distancias con una Estación Total se realiza con una precisión láser y en ángulos de forma digital a diferencia de un Teodolito o Nivel que lo hacen a través de una precisión óptica, a partir de ángulos y distancias horizontales y verticales más la ubicación de la Estación Total calcula y almacena las coordenadas geográficas a partir de los puntos (N,E,Z) para digitalizar el levantamiento en un software CAD. El funcionamiento de la Estación Total es a base de tres puntos comúnmente llamados "triangulación"⁶²:

⁶² Valencia, M. L. (2011). Manual de la Operación de la Estación Total. México.

a) Coordenadas de la Estación: Coordenada gráfica sobre la cual se colocará el instrumento, a partir de este punto se observarán los puntos de interés.

b) Vista Atrás (Back Sight): Se trata de la coordenada geográfica de un punto visible desde la ubicación del aparato, se refiere a cualquier punto al que ya se le haya colocado coordenadas.

c) Observación: Cualquier punto visible desde la ubicación donde se haya colocado el instrumento desde las Coordenadas de Estación y la Vista Atrás.

Para calibrar los instrumentos es necesario:

a) Montar el instrumento sobre el tripoide, comprobar que quede bien sujeto a la base y que esté bien apoyado sobre el suelo.

b) Limpiar los instrumentos.

c) Observar que el origen de los ángulos se encuentre en posición de 0°.

d) Observar el sentido de las horizontales.

Los niveles electrónicos empleados y Estaciones Totales se calibraron en la Facultad de Ingeniería y Geomática respecto a los estándares del Centro Nacional de Meteorología:

I		II		III		IV		V		VI	
Servicio de Calibración y Medición			Alcance o Punto de medición			Condiciones de Medición			Incertidumbre Expandida		
Magnitud	Tipo de Instrumento	Método de Medición		Parámetro	Especificaciones	Valor	Unidades				
Ángulo	Nivel electrónico	Comparación contra generador de pequeños ángulos	Hasta 1000"	Temperatura	20±0,5°C	0,32	Segundos Sexagesimales	2 con inc., absoluta.			

Tabla 14. Características Curvas de Nivel

6.3 SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

El sistema GPS (Global Positioning System) tiene una aplicación amplia en la topografía. Este sistema está basado en el uso de satélites artificiales y receptores específicos, se puso en funcionamiento en 1973 por el departamento de defensa de Estados Unidos en 1973 por el Departamento de Defensa de Estados Unidos lanzándose el primer satélite en febrero de 1978.⁶³

Existen tres sectores fundamentales del sistema GPS:

SISTEMA GPS	
SECTOR ESPACIAL	Formado por la constelación de satélites NAVSTAR (NAVigation System with Time And Ranking), organizado por 24 satélites distribuidos en seis órbitas casi circulares con cuatro satélites cada una. La altitud de los satélites es de unos 20.200 Km. Toda esta constelación está pensada para que exista cobertura a cualquier hora del día y en cualquier lugar del mundo.
SECTOR UNITARIO	Compuesto por un conjunto de aparatos que sirven para recibir y almacenar la señal emitida por los satélites y calcular en base a estos datos la posición en la que nos encontramos. Se compone de varios elementos, entre los que destacan la antena, el receptor y el terminal o unidad de control. A través de la antena se reciben y amplifican las señales de los satélites. El receptor recibe la señal y la decodifica, transformándola en información legible.
SECTOR DE CONTROL	Formado por cinco estaciones de seguimiento en Colorado Springs, Ascensión, Diego García, Kwajalein y Hawai. La principal misión de estas estaciones es la sincronización del tiempo de los satélites.

Tabla 15. Sistema de Posicionamiento Global

⁶³ Luna, P. G. (2018). Fotografía Aérea con Drones. San Isidro Lima 27: Robotyc Air Systems.

6.4 COORDENADAS Y COTAS TOPOGRÁFICAS

Dentro de la topografía, se le denomina cota a la distancia vertical que hay entre un punto del terreno y el plano de horizontal de referencia definido, este plano está referenciado a nivel de mar y representa la altura de un punto. Las coordenadas (Px, Py) está formado por el corte perpendicular de dos rectas desde el origen, son grupos de números que describen una posición a lo largo de una superficie o en el espacio.

Se realizó el levantamiento topográfico de los edificios: E, G e I, y en puntos de intersección entre los Edificios G-H, E-F e I-J. Se colocaron dos puntos geo-referenciados sobre nivel de mar de los cuales se partió para colocar cotas en cada una de las columnas y así contar con información actualizada, partiendo de la cota 2306.00.

El monitoreo de las columnas en edificios E,G e I y intersecciones se realizó del 27 de febrero del 2019 al 7 de Junio de 2019 sin presentar desplazamientos, al momento de realizar la medición se consideraron como variables dependientes la inclinación del nivel y estaciones totales (calibración de los instrumentos), la influencia de error en la observación y la insolación potencial (ángulo de incidencia del sol) y como variables independientes: la orientación, la pendiente y elevación y como constantes al litología y geología (derrames volcánicos y fallas geológicas), para el control de ellas se estableció un margen de error de ± 2 , las mediciones nunca sobrepasaron este margen, de tal manera que cada una de las columnas cuenta con una coordenada para ser validada en momentos posteriores.

EDIFICIO G									
PUNTO	COTA	COTA CONTROLADA	28 DE FEBRERO 2019	14 DE MARZO 2019	21 DE MARZO 2019	4 DE ABRIL 2019	18 DE ABRIL 2019	2 DE MAYO 2019	16 DE MAYO 2019
G-1	2306.363	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.363	2306.363	2306.363	2306.363	2306.363	2306.363
G-2	2306.340	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.340	2306.340	2306.340	2306.340	2306.340	2306.340
G-3	2306.354	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.354	2306.354	2306.354	2306.354	2306.354	2306.354
G-4	2306.361	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.361	2306.361	2306.361	2306.361	2306.361	2306.361
G-11	2306.357	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.357	2306.357	2306.357	2306.357	2306.357	2306.357

G12	2306.359	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.359	2306.359	2306.359	2306.359	2306.359	2306.359
G-13	2306.355	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.355	2306.355	2306.355	2306.355	2306.355	2306.355
G-14	2306.352	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.352	2306.352	2306.352	2306.352	2306.352	2306.352
G-15	2306.355	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.355	2306.355	2306.355	2306.355	2306.355	2306.355
G-16	2307.183	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2307.183	2307.183	2307.183	2307.183	2307.183	2307.183
G-17	2307.191	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2307.191	2307.191	2307.191	2307.191	2307.191	2307.191
G-18	2307.191	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2307.191	2307.191	2307.191	2307.191	2307.191	2307.191
G-19	2307.184	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2307.184	2307.184	2307.184	2307.184	2307.184	2307.184
G-20	2307.185	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2307.185	2307.185	2307.185	2307.185	2307.185	2307.185

Tabla 16. Coordenadas Edificio G

EDIFICIO E									
PUNTO	COTA	COTA CONTROLADA	28 DE FEBRERO 2019	14 DE MARZO 2019	21 DE MARZO 2019	4 DE ABRIL 2019	18 DE ABRIL 2019	2 DE MAYO 2019	16 DE MAYO 2019
E-1	2306.366	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.366	2306.366	2306.366	2306.366	2306.366	2306.366
E-2	2306.362	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.362	2306.362	2306.362	2306.362	2306.362	2306.362
E-3	2306.341	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.341	2306.341	2306.341	2306.341	2306.341	2306.341
E-4	2306.34	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.34	2306.34	2306.34	2306.34	2306.34	2306.34
E-12	2307.184	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2307.184	2307.184	2307.184	2307.184	2307.184	2307.184
E-13	2306.358	2307.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.358	2306.358	2306.358	2306.358	2306.358	2306.358

Tabla 16. Coordenadas Edificio E

EDIFICIO CAFETERIA I									
PUNTO	COTA	COTA CONTROLADA	28 DE FEBRERO 2019	14 DE MARZO 2019	21 DE MARZO 2019	4 DE ABRIL 2019	18 DE ABRIL 2019	2 DE MAYO 2019	16 DE MAYO 2019
I-1	2306.353	2308.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.353	2306.353	2306.353	2306.353	2306.353	2306.353
I-2	2306.351	2308.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.351	2306.351	2306.351	2306.351	2306.351	2306.351
I-3	2306.351	2308.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.351	2306.351	2306.351	2306.351	2306.351	2306.351
I-4	2306.366	2308.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.366	2306.366	2306.366	2306.366	2306.366	2306.366
I-5	2306.841	2308.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.841	2306.841	2306.841	2306.841	2306.841	2306.841
I-6	2306.381	2308.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.381	2306.381	2306.381	2306.381	2306.381	2306.381
I-7	2306.565	2308.000	MONTAJE DE EQUIPO	2306.565	2306.565	2306.565	2306.565	2306.565	2306.565

Tabla 16. Coordenadas Edificio I



Ilustración 45, 46, 47, 48. Levantamiento Topográfico Edificio Unidad de Posgrados marzo 2019

6.5 LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO CON DRONE

Los drones son vehículos aéreos portátiles con sensores que en la actualidad son empleados en diferentes áreas, la topografía es una de ellas donde es posible realizar levantamientos topográficos de gran precisión en poco tiempo, la escala de los drones es ideal para cubrir grandes hectáreas y kilómetros lineales.

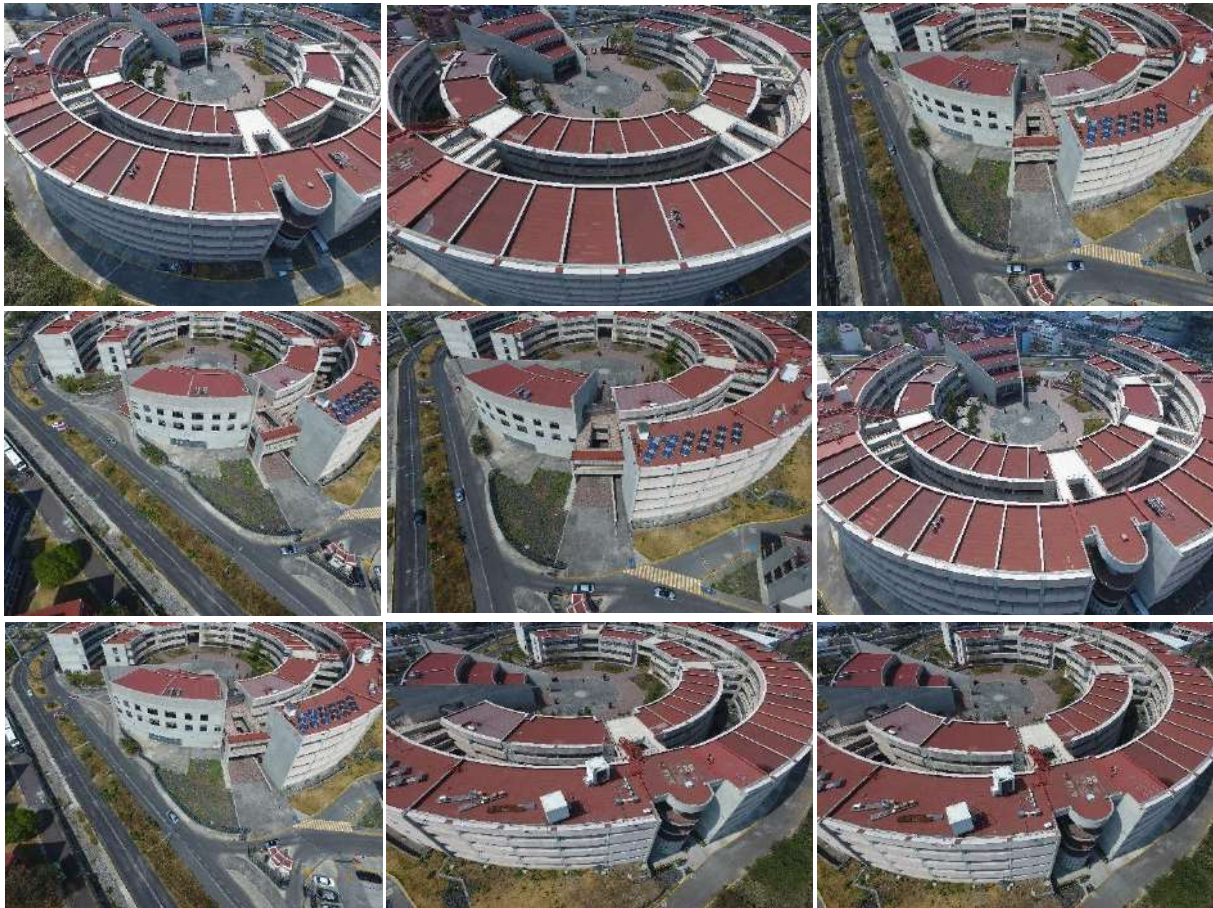
Un levantamiento fotogramétrico consiste en adquirir información del lugar mediante la toma de fotografías aéreas verticales consecutivas y homogéneas que se unen entre ellas para crear pares estereoscópicos entre las fotos, después las imágenes son procesadas por software especializado tomando la información de calibración de la cámara, el punto donde se tomó la foto y las coincidencias entre las múltiples fotos genera una nube de puntos georreferenciadas de la superficie del terreno

sobrevolado⁶⁴.

La calidad de las fotografías es de suma importancia debido a que es la materia principal para la creación de nube de puntos, de su correcta ejecución dependerá el resultado para generar los volúmenes. La precisión del levantamiento topográfico realizado con dron se basa en la diferencia que pueda surgir entre las coordenadas obtenidas del mismo punto en la reconstrucción tridimensional.



Ilustración 49, 50, 51. Levantamiento con Drone, febrero 2019



⁶⁴ Luna, P. G. (2018). Fotografía Aérea con Drones. San Isidro Lima 27: Robotyc Air Systems.



65



66

⁶⁵ Fotografías tomadas con DJI Phantom Drone
⁶⁶ Ortomosaico Photoscan Drone

07

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

7.1 Principio básico de resistividad

7.2 Procesamiento de datos

7.3 Tomografía de resistividad eléctrica

7.4 Método del GPR

7.5 Fundamento teórico

7.6 Prospección de georadar

7.7 Adquisición de datos

EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

La prospección geofísica es un conjunto de técnicas físicas y matemáticas, aplicadas a la exploración del subsuelo para la búsqueda y estudio de yacimientos de sustancias útiles (petróleo, aguas subterráneas, minerales, carbón, etc.), por medio de observaciones efectuadas en la superficie de la Tierra⁶⁷. Mediante la aplicación de métodos geofísicos es posible determinar la estratificación de suelos y rocas, midiendo los cambios de características físicas de los materiales, como pueden ser la velocidad de propagación de ondas, la resistividad o conductividad del suelo y/o subsuelo, la susceptibilidad magnética entre otras.

ESTUDIOS SÍSMICOS

Consisten en producir artificialmente ondas sísmicas con el impacto sobre la superficie de un objeto de gran peso. Los estudios sísmicos detectan hidrocarburos. La Sísmica de Refracción, basada en la observación de los tiempos de llegada de los primeros movimientos del terreno en diversos sitios son generados por una fuente de energía específica en un lugar determinado.

ESTUDIOS GRAVÍMETRICOS

Son aquellos que consisten en medir la intensidad de la fuerza gravitatoria de la Tierra, la cual llega a cambiar cuando se está en presencia masas mineralizadas. Se hacen mediciones relativas, es decir, se mide las variaciones laterales de la atracción gravitatoria de un lugar al otro puesto, en estas mediciones se pueden lograr una precisión alta en comparación con las mediciones del campo gravitatorio absoluto. El método gravimétrico se puede emplear como un método de reconocimiento general en hidrología subterránea.

⁶⁷ Aceves, A. A. (2003). Geofísica Aplicada en los Proyectos de Ingeniería Civil. Querétaro: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte.

**ESTUDIOS
MAGNOMÉTRICOS**

La magnetometría es un método que permite caracterizar el subsuelo a través de la distribución de la susceptibilidad magnética de los distintos materiales del subsuelo relacionados con el contenido de minerales con propiedades magnéticas, además de permitir caracterizar el subsuelo desde algunos metros hasta kilómetros de profundidad.

**ESTUDIOS
GEOELECTRICOS**

Permiten investigar la distribución de resistividades eléctricas o conductividades en el subsuelo desde unos pocos metros hasta varios kilómetros, los métodos inductivos se trabajan con corrientes inducidas en el subsuelo a partir de frecuencias relativamente altas (entre 100 Hz y 1 MHz) mediante sondeos eléctricos, existe una variante de esta que es Tomografía de Resistividad Eléctrica(TRE), la cual consta de un arreglo de electrodos para realizar una imagen 2D del subsuelo y mediante resistividad/conductividad, interpretar la composición del subsuelo. En el caso de los métodos conductivos, se introduce en el subsuelo una corriente continua o de baja frecuencia (hasta unos 15 Hz), mediante electrodos. Entre los usos de este método se encuentran: detección de agua subterránea, investigación de depósitos de minerales, determinación de intrusión salina en acuíferos costeros, detección de plumas contaminantes por hidrocarburos o lixiviados, determinación de la estratigrafía del subsuelo, evaluación de bancos de materia (arena y grava), determinación de la profundidad al nivel freático.

Tabla 16. Tipos de Exploración Geofísica

Consiste en relacionar la estructura geológica del subsuelo a través de la distribución de alguna propiedad física del subsuelo, esto depende del método que se utilice.

7.1 PRINCIPIO BÁSICO DE RESISTIVIDAD

Los métodos convencionales sólo precisan 4 electrodos y se basan en introducir en el terreno, un campo eléctrico de corriente continua mediante dos electrodos de corriente (A, B) conectados a un miliamperímetro, mientras que con los otros dos electrodos (M, N) y que están conectados a un voltímetro con el cual mediremos la diferencia de potencial que se genera debido al suministro de corriente en los electrodos respectivos, de esta manera podremos calcular la resistividad del punto de atribución de medición dado la geometría del arreglo. Factores que afectan la resistividad⁶⁸:

- a) El grado de saturación del terreno
- b) La temperatura
- c) Porosidad y forma de los poros
- d) La salinidad del fluido
- e) El tipo de roca
- f) Procesos geológicos

7.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

La adquisición del método ERT inicia por el trazado de las líneas a adquirir y, posteriormente, la configuración de cada uno de los equipos que será utilizada. Es importante mencionar que previamente se debe de seleccionar el arreglo geométrico a elegir para alcanzar el objetivo determinado, para ello se consideran parámetros tales como, arreglo y tipo de adquisición, apilamiento, y cantidad de corriente a suministrar. Posteriormente se procede a activar el modo de adquisición en este caso se selecciona adquisición automática en cada uno de los equipos. Es importante que la transmisión de corriente sea buena y las señales del

⁶⁸ Zeitlinge, L. S. (1980). Standards Graphs for Resistivity Prospecting. European Association of Exploration Geophysicist.

pulso eléctrico estén acopladas y se observen una buena relación señal ruido, de forma opuesta se perderá la información ya que al haber una mala relación señal ruido es indicio de mala conductividad de los pulsos eléctricos en los electrodos. Cuando se termina la adquisición, los datos son transferidos por una memoria externa hacia una plataforma de procesado. El software utilizado para el procesado fue Res2INV.

• **SECUENCIA DE PROCESAMIENTO DE DATOS:**

1. Corrección Por valores nulos. Se elimina una sección de los datos en la cual se considera que no hay información útil. Esto debe realizarse en la fase posterior de la carga de datos en formato binario.
2. Incorporación a los archivos de la información topográfica en caso de ser requerido.
3. Control espacial de la geometría e interpolación geoestadística de los datos para generar la sección de iso-resistividad aparente.
4. Filtrado digital de dos dimensiones incluye suavizado y filtro de achatamiento vertical.
5. Rutina de inversión por mínimos cuadrados y/o diferencias finitas previo análisis de sensibilidad en el modelo de bloques mediante el software res2inv.
6. Construcción de las resistividades verdaderas.

Por último, se realiza una interpretación de las secciones de resistividad, y modelos en 3D resaltando aquellas formas, estructuras o anomalías de resistividad de relevancia hacia el objetivo buscado. Levantamiento del sitio. La adquisición del método ERT inicia por el trazado de las líneas a adquirir y, posteriormente, la Secciones de iso-resistividad.

7.3 TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

Esta técnica, de uso generalizado tanto en Europa como en EE. UU, es fundamental en la resolución de problemas ingenieriles, hidrogeológicos geológicos y recientemente el ámbito de ensayos no destructivos aplicados a la arqueología y conservación del patrimonio cultural.

Por su parte en la bibliografía anglosajona, se distinguen dos nomenclaturas en función de la disposición de los electrodos en el terreno: “Electrical imaging” en el caso que se dispongan en superficie, o “Electrical Tomography” si se hallan en el interior de sondeos verticales.

La aparición de la Tomografía de Resistividad Eléctrica ha supuesto un salto cualitativo con respecto a los métodos de resistividad convencionales, técnicas que, aunque se han estado utilizando durante varias décadas en estudios de exploración de agua, su limitada resolución 2-D les confería en general un papel secundario frente a otras técnicas (i.e. Potencial espontáneo, transitorios electromagnéticos).

Este avance se debe específicamente a dos razones: En primer lugar, porque estos métodos convencionales sólo utilizan cuatro electrodos, siendo necesario para cada medida variar manualmente sus posiciones en el terreno (proceso relativamente lento y pesado). En cambio, el método de Tomografía de Resistividad Eléctrica es una técnica multielectródica⁶⁹, en el que todo el proceso de adquisición de datos está totalmente automatizado, esto nos permitirá realizar un gran número de medidas, tanto en profundidad como lateralmente, en un breve espacio de tiempo (del orden de 500 medidas en una hora y media), obteniendo por tanto modelos 2-D y 3D de gran resolución; y en segundo lugar porque el empleo de técnicas numéricas nos permitirá poder procesar eficazmente todo este gran volumen de información.

El objetivo de este método se basa en obtener una sección 2-D y 3D de resistividades reales del subsuelo, modelo a partir del cual podremos determinar la presencia de anomalías en profundidad, mediante la localización de áreas en donde tengamos una disminución anómala del valor de la resistividad del terreno.

⁶⁹ Aizawa, T. (. (2014). Application Manual of Geophysical Methods to Engineering and Environmental Problems. European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE). The Netherlands.

Para ello será preciso el empleo de un programa de inversión, (Res2Dinv) con el que transformar las resistividades aparentes obtenidas del trabajo de campo, a valores de resistividad real.

7.4 MÉTODO DEL GPR

El método del GPR (Ground Penetrating Radar) utiliza la propagación de ondas electromagnéticas de alta frecuencia y basado en las señales de estas ondas reflejadas en el subsuelo se ha podido cartografiar el suelo.

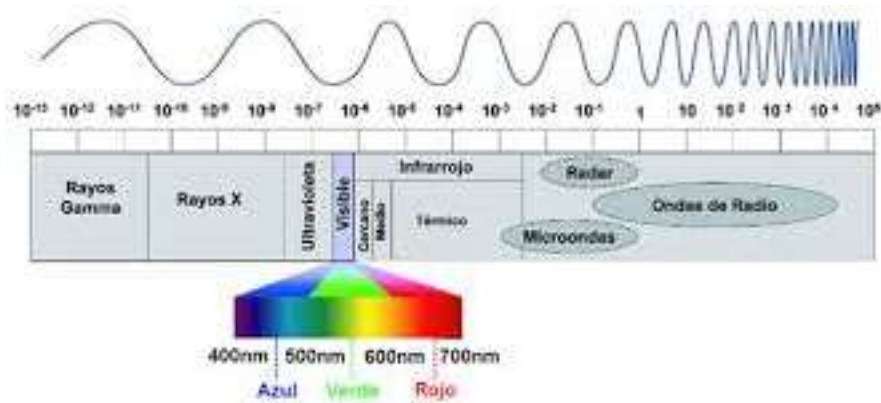
El método del Georradar se ha utilizado en investigaciones para suelos superficiales o medios geológicos, Ingeniería, Minería y Arqueología. Es una técnica no destructiva que detecta los posibles problemas a solventar a poca profundidad, desde el punto de vista Geofísico.

La propagación de ondas en el suelo está determinada por las características de los materiales y las propiedades electromagnéticas tales como permeabilidad dieléctrica y magnética, conductividad. El equipo a utilizar se conforma de una unidad central que controla los tiempos de envío de señales eléctricas, la antena emisora, la antena receptora, ordenador portátil y el odómetro.

7.5 FUNDAMENTO TEÓRICO

Las cargas eléctricas generan campos eléctricos y todo campo eléctrico genera un campo magnético que crea ondas electromagnéticas. Estas ondas se caracterizan por su frecuencia y su longitud de onda. Las diferentes señales electromagnéticas existentes se clasifican según su frecuencia en el llamado espectro electromagnético, así como la banda de frecuencias y sus longitudes de onda que van desde los 3 KHz hasta los

300 GHz.



BANDA	DENOMINACION	FREC. MIN	FREC. MAX	λ MAX	λ MIN
ELF	EXTREMELY LOW FREQUENCY	-	3 kHz	-	30 GHz
VLF	VERY LOW FREQUENCY	3 kHz	30 kHz	100 km	10 km
LF	LOW FREQUENCY	30 kHz	300 kHz	10 km	1 km
MF	MEDIUM FREQUENCY	300 kHz	3 MHz	1 km	100 m
HF	HIGH FREQUENCY	3 MHz	30 MHz	100 m	10 m
VHF	VERY HIGH FREQUENCY	30 MHz	300 MHz	10 m	1 m
UHF	ULTRA HIGH FREQUENCY	300 MHz	3 GHz	1 m	10 cm
SHF	SUPER HIGH FREQUENCY	3 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm
EHF	EXTREMELY HIGH FREQUENCY	30 GHz	300 GHz	1 cm	1 mm

Ilustración 52. Espectro de Onda y Frecuencias Electromagnéticas [Ilustración] Fuente: Propiedades de la Radiofrecuencia.

La emisión, trasmisión, reflexión, refracción y difracción de las ondas electromagnéticas están gobernadas por las ecuaciones de Maxwell, estas ecuaciones describen los campos eléctricos y magnéticos de las ondas en términos de las propiedades electromagnéticas del material a través del cual se propaga.

La técnica del Georradar o GPR (Ground Penetrating Radar), es un sistema electromagnético para la detección y localización de elementos, formaciones y/o anomalías en el subsuelo, construcciones u objetos materiales.

En el caso en que la onda se propaga a través del vacío, los campos eléctricos y magnéticos están en fase y son ortogonales entre si y se propagan a la velocidad de la luz. A continuación, se presentan las ecuaciones de Maxwell:

$$\text{LEY DEL CIRCUITO MODIFICADO DE MAXWELL} \quad \nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (2.1)$$

$$\text{LEY DE INDUCCION DE FARADAY} \quad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.2)$$

$$\text{TEOREMA DE GAUSS EN ELECTROSTATICA} \quad \nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad (2.3)$$

$$\text{TEOREMA DE GAUSS EN MAGNETOSTATICA} \quad \nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2.4)$$

Estas ecuaciones relacionan la variación de las magnitudes de un campo con respecto al tiempo en un punto cualquiera del espacio. Para medios homogéneos e isotrópicos, las ecuaciones de Maxwell se complementan con las siguientes ecuaciones:

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} \quad (2.5)$$

$$\vec{D} = \varepsilon \cdot \vec{E} \quad (2.6)$$

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H} \quad (2.7)$$

Ilustración 53. Ecuaciones de Maxwell

Dónde:

σ = Conductividad eléctrica (mhos/m) ε = Permitividad dieléctrica (F/m)

μ = Permeabilidad magnética (H/m)

Estos parámetros definen el paso de una onda electromagnética. Las dos últimas relaciones corresponden a las ecuaciones constitutivas de un medio dieléctrico y de un medio magnético respectivamente, mientras que la primera es conocida como la ley de Ohm puntual.

7.6 PROSPECCIÓN DE GEORADAR

El Georradar es un instrumento de geofísica moderno que trasmite ondas electromagnéticas de alta frecuencia. A continuación, se observa una figura de cómo trabaja el Georradar en general.

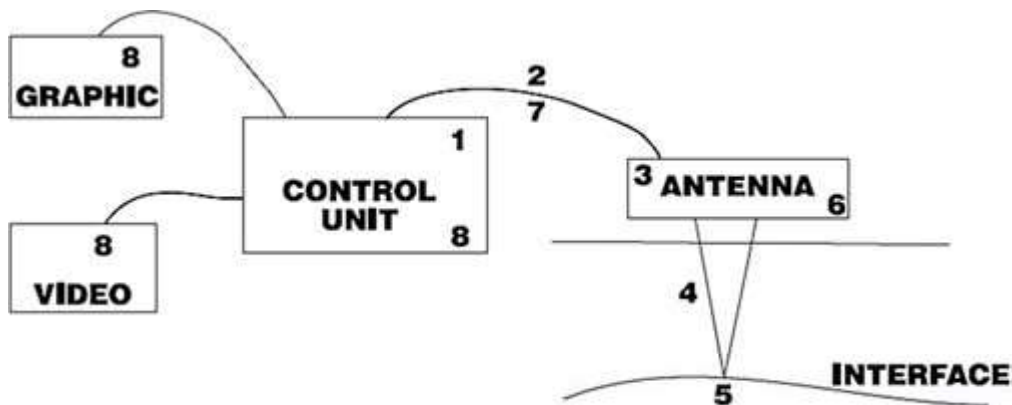


Ilustración 54. Unidades de un Georradar

Independientemente de la marca del Georradar o las empresas que lo venden, el sistema de Georradar debe de tener lo siguiente:

1.- Un disparador generador de pulsos en la unidad de control a una tasa de repetición de 50 KHz.

- Tiempo de ascenso es de $-1/2$ a 2 ns
- El tiempo de caída varia con la antena
- A 50 KHz, el tiempo de recepción es de 20 microsegundos (para una antena de potencia normal)
- A 25 KHz, el tiempo de recepción es de 40 microsegundos (para una antena de alta potencia).

2.- El pulso es enviado a través del cable de control al transmisor electrónico en el transductor.

3.- En el transductor, cada pulso es transformado en un pulso bipolar con una amplitud mayor que él pulso inicial. La forma del pulso varia con la antena.

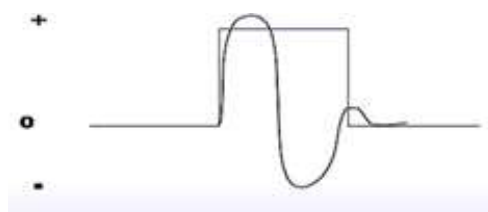


Ilustración 55. Amplitud de Onda Georadar

4.- El pulso transmitido se propaga entonces a lo largo de la antena y es radiado hacia el subsuelo. El tamaño de la antena y las propiedades del subsuelo determinan la frecuencia de la onda que se propaga (entre más grande la antena, menor es la frecuencia).

5.-En el subsuelo, las reflexiones ocurren en los límites donde existe contraste en las propiedades dieléctricas. La porción de señal reflejada regresa a la antena.

6.- El receptor de la antena detecta la señal que retorna y la envía a la unidad de control.

7.- En la unidad de control la señal es procesada y mostrada.

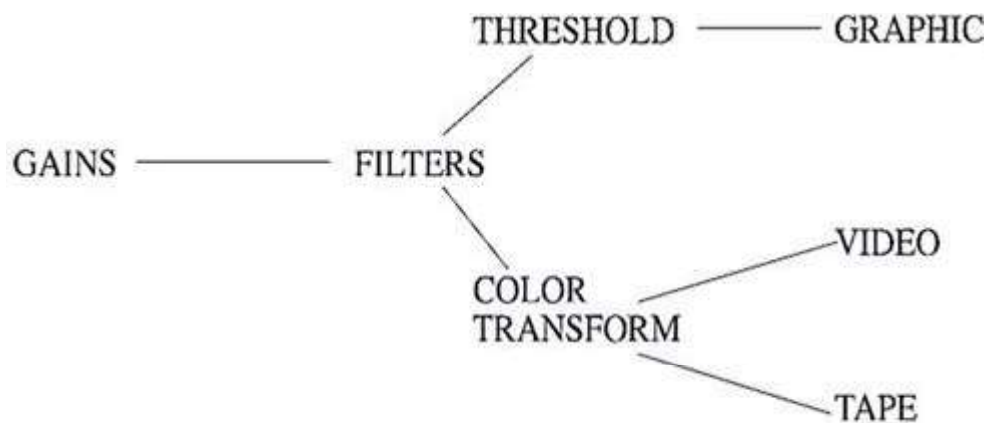


Ilustración 56. Procesamiento de Datos Georradar

8.- la salida del grafico grabado o desplegado en el monitor es una representación de la señal analógica.

- El eje horizontal es la distancia a lo largo de la superficie.
- El eje vertical es el tiempo doble de tránsito en nanosegundos
- La amplitud de la señal determina la gama de grises o de color en la impresión o en la pantalla del monitor.

7.7 ADQUISICIÓN DE DATOS

Los métodos en adquirir datos se pueden clasificar en tres grupos: reflexión, medición de la velocidad del medio y sondeos. El método que más se utiliza en estudios de Georradar es el método de reflexión, por lo que se hará una explicación de ese método de adquisición.



El método empleado en los estudios de campo realizados fue de tipo Perfiles 2-D:

PERFILES 2-D

Para su adquisición de datos, se desplaza la antena sobre una sección que queremos medir. El caso de una antena biestática hay que mantener la separación entre antena emisora y receptora constante. Algunos equipos de Georradar permiten acoplar un GPS y así referenciar el trabajo. La adquisición de datos es en realidad de tipo puntual pero dado que el Georradar emite pulsos de corta duración, la información que disponemos se considera como continua. Pero para que se cumpla esta continuidad es importante que la toma de datos se realice con una velocidad constante o lo que es todavía más práctico, utilizar un odómetro (Broseta Raúl, 2010).

08

RESULTADOS OBTENIDOS

8.1 Tomografía de resistividad eléctrica,
línea 1 ert y línea 2 ert

Eléctrica línea 1 ert_ edificios g y h

8.2 Georadar de penetración estándar, radagramas
e interpretación

8.3 Conclusiones y recomendaciones, estudio
geofísico.

8.4 Instalación sanitaria, propuesta final

RESULTADOS OBTENIDOS

8.1 TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA, LÍNEA 1 ERT Y LÍNEA 2 ERT ELÉCTRICA LÍNEA 1 ERT_ EDIFICIOS GY H

Esta técnica nos permite reconocer la distribución de resistividad en el subsuelo con mayor detalle dada la condición geométrica de la colocación de los electrodos de corriente y de potencial. El arreglo geométrico que se utilizó es el dipolo- dipolo el cual es muy sensible a los cambios de resistividad laterales.

Para la prueba de campo se tomaron dos carretes con 24 nodos a una profundidad de 11.8 metros en la línea 1 y en la línea 2 con una profundidad de 8.55 metros, con un transmisor de 1000 watts de potencia y 120 volts de corriente eléctrica, el equipo es de manufactura nacional de la marca SISMOCONTROL modelo TR 1000.

Dentro de los principales objetivos de la prueba es localizar las áreas con mayor humedad, zonas con grietas por desecación, zonas de relleno mal compactadas y posibles zonas con cavidades.

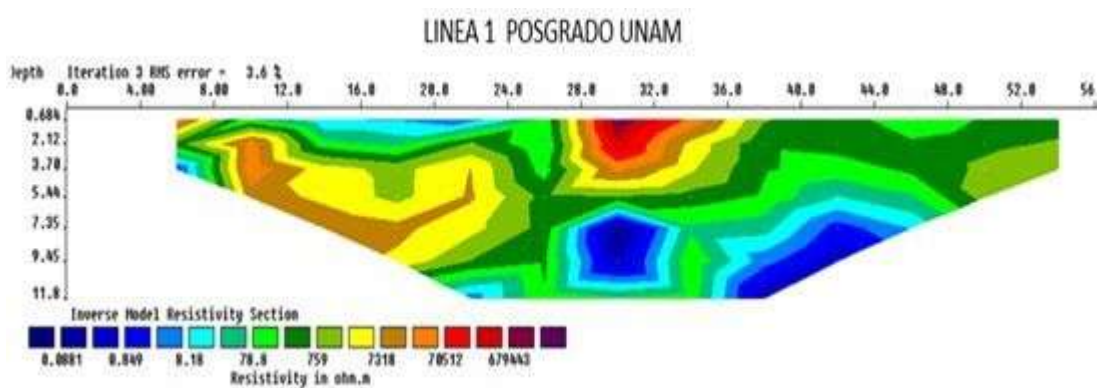


Ilustración 57. Línea de Tomografía 1

ESCALA DE RESISTIVIDAD



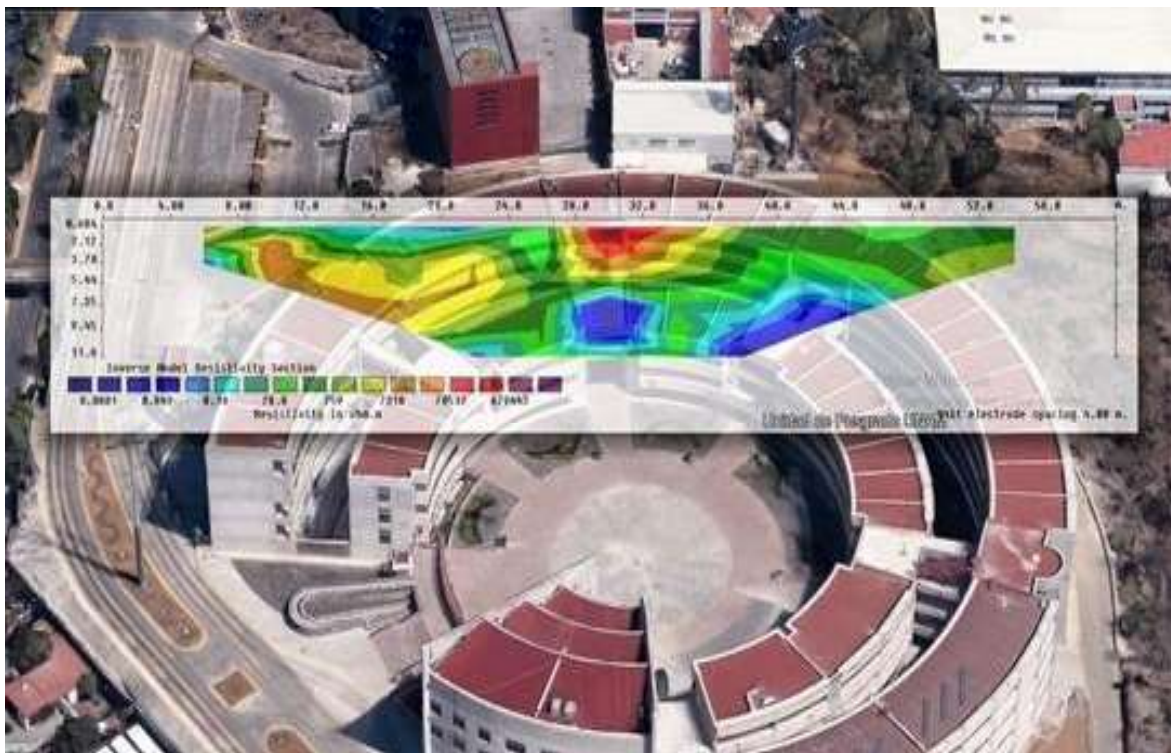


Ilustración 57. Línea de Tomografía 1

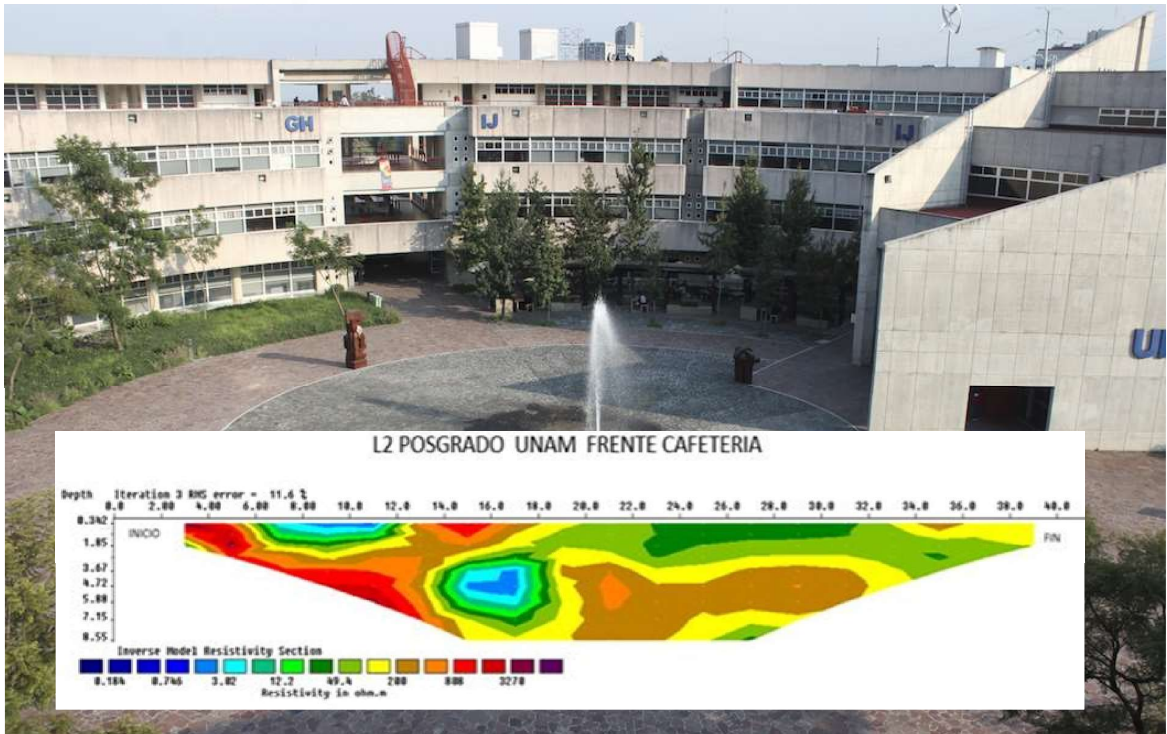
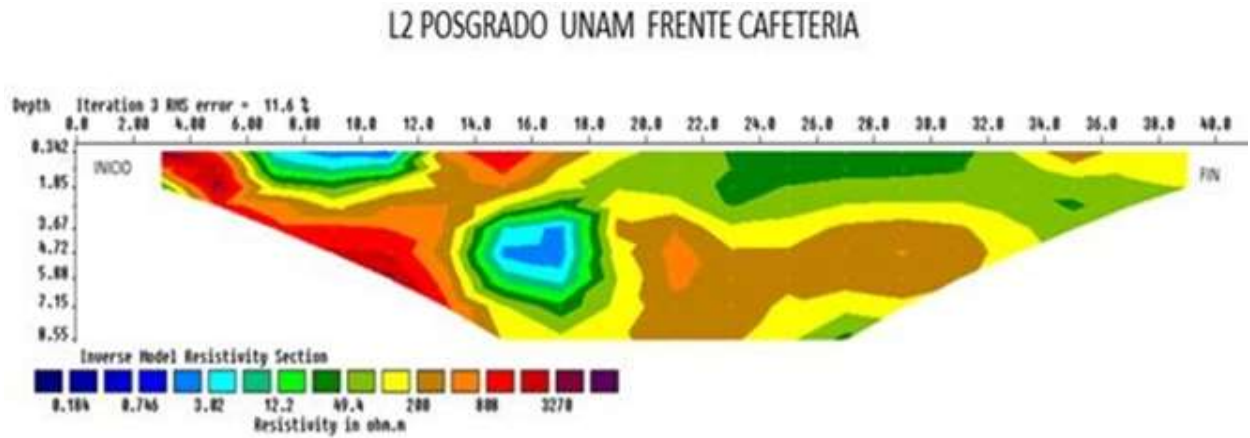
INTERPRETACIÓN:

De la sección de resistividad, que se muestra a través de la técnica de resistividad eléctrica observamos amplios contrastes de materiales que corresponden tanto a suelos saturados por humedad como se observa en las tonalidades azul clara, sin embargo, existe una anomalía en el centro de la sección la cual al estar envuelta por una zona de mayor resistividad nos da la pauta para poder establecer el muy posible socavamiento, (anomalías de tono azul claro).

Del contacto con la roca que presenta mayores valores de resistividad por arriba de los $700,000 \Omega /m$ tiene una proyección hacia el NE-SW y a una profundidad de los 1 A 2 m aproximadamente (Anomalías de color marrón).

Las presencias de cavidades dados los valores de resistividad obtenidos son muy probables, sin embargo, el grado de consolidación es de regular a malo dado un muy probable trabajo deficiente de compactación y preparación del terreno previo a la construcción.

LÍNEA 2 ERT_ FRENTE A LA CAFETERÍA



LINEA DOS EDIFICIO DE POSGRADO UNAM.
TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

INTERPRETACIÓN:

De la sección de resistividad se observa en tonos azules los valores bajos de resistividad que se encuentran en el intervalo de los 5 a los 50 Ω/m esto es producido muy probablemente por captación de humedad superficial, escurrimientos que se infiltran. La región más resistiva por la presencia de rellenos muy poco consolidados con posibles cavidades que han provocado asentamientos diferenciales y desplomes.

8.2 GEORADAR DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR, RADAGRAMAS E INTEPRETACIÓN GPR _INTERIORES_ CAFETERÍA

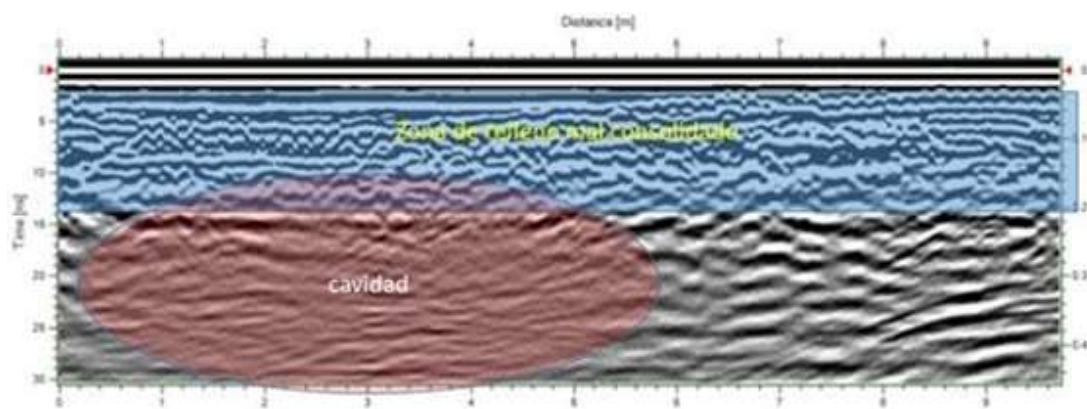
La prospección geofísica con la metodología GPR, (georadar terrestre o radar de penetración del subsuelo por sus siglas en inglés) es una técnica de reciente tecnología que permite investigar la capa terrestre más somera enfocada a la ingeniería, su propósito es establecer la presencia de anomalías geofísicas en el subsuelo e intentar correlacionarlas con la presencia de servicios como drenaje, tuberías de gas, oleoductos, gaseoductos, telefonía, fibra óptica y en general con cualquier elemento que pudiera representar un riesgo durante la excavación en un área determinada, además permite conocer las variaciones laterales del terreno, siendo útil en el análisis de secuencias sedimentarias, paleo-causes y/o plumas contaminantes.

El equipo que se utilizó fue convencional de manufactura internacional. La antena que se ocupó al realizar las pruebas de 400 HZ.



Ilustración 59, 60, 61. Equipo Georadar de Penetración Estándar

RADAGRAMA 01_ CAFETERÍA_ LINEA VERTICAL



En una sección de 9 m por 4 m de profundidad se encontró que el relleno se encuentra consolidado hasta los dos metros de profundidad y una cavidad en los dos metros posteriores.

RADAGRAMA 02_ CAFETERÍA_LÍNEA HORIZONTAL

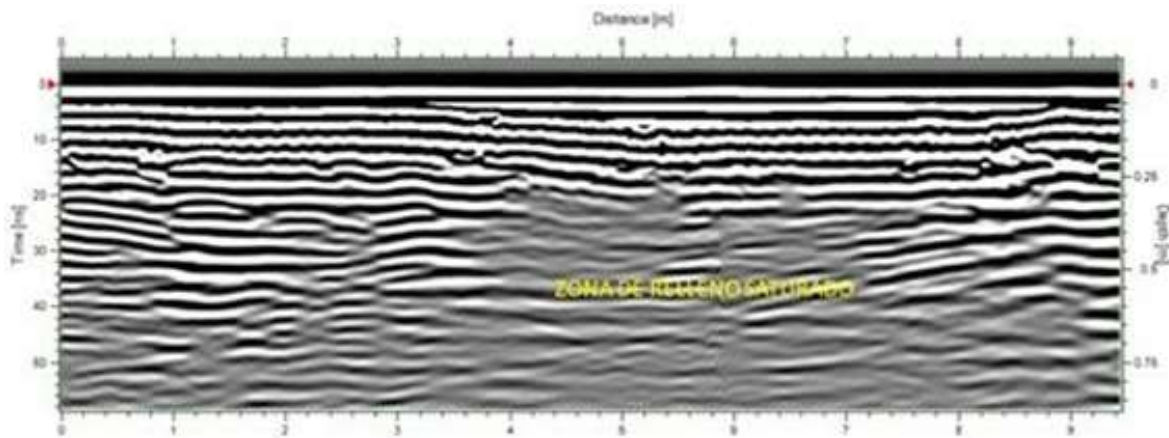


Figura 23. Radagrama 03_

El radigrama 03_ se generó de manera vertical paralela al orden de las columnas, donde se concentra el mayor daño con 9 metros lineales, y una profundidad de 1 m de los cual se puede apreciar que a partir de los primeros 25 cm es posible apreciar la zona de relleno saturado.

RADAGRAMA 04_ CAFETERÍA

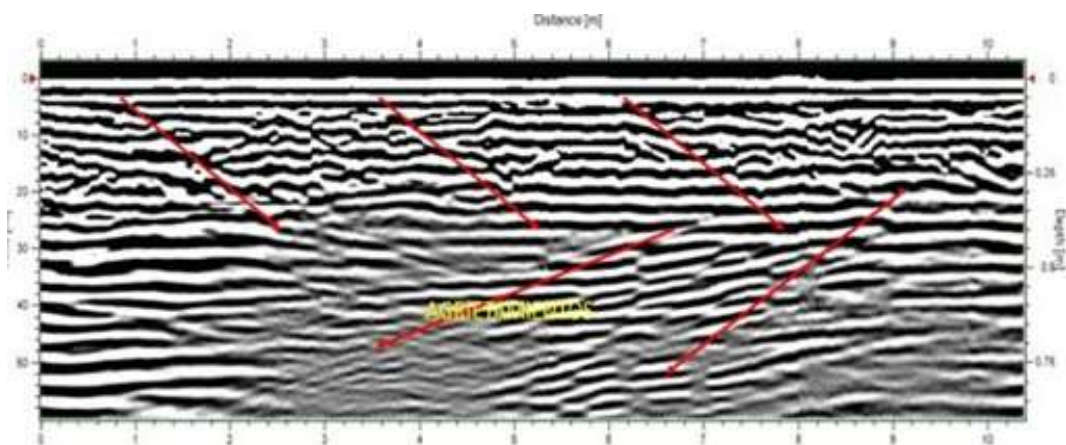


Figura 24. Radagrama 04_

El radagrama se realizó de forma vertical paralela al eje de las columnas en 10 ml , de igual manera en el área con mayor asentamiento de lo cual se observó agrietamientos transversales hasta 1 metro de profundidad.

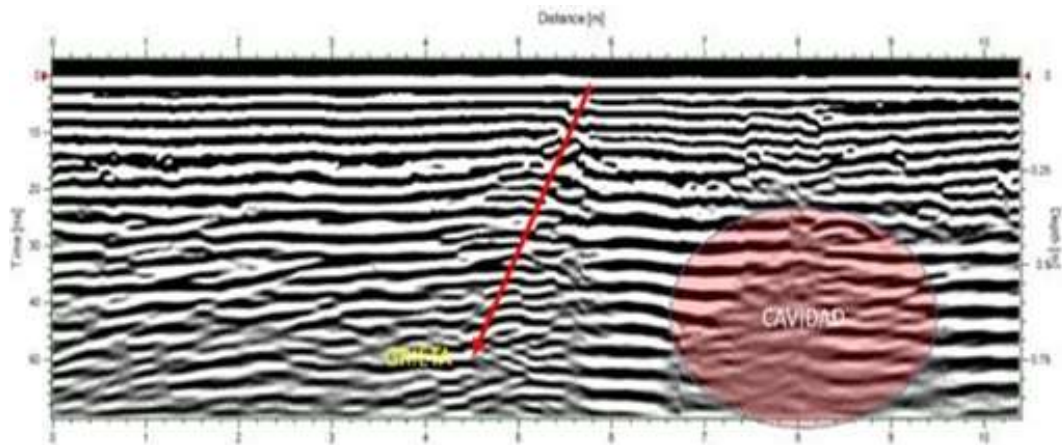


Figura 25. Radagrama 05_

8.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, ESTUDIO GEOFÍSICO.

- 1.-El método empleado cumplió satisfactoriamente con el objetivo de caracterizar el subsuelo y encontrar las zonas con mayor porcentaje de saturación.
- 2.-Existe la posibilidad de encontrar cavidades a partir de los 7.35 m de profundidad por lo que se recomienda tomar las medidas pertinentes en procesos de exploración posteriores.
- 3.-Dados los valores de resistividad se hace evidente la presencia de zonas saturadas que puedan poner en riesgo la infraestructura urbana-.
- 4.-Es importante realizar estudios complementarios para conocer las fuentes de humedad de los sitios, así como tomar medidas de mitigación para incrementar la capacidad de carga de los suelos con menor grado de consolidación.
- 5.-Se encontró relleno mal compactado hasta una profundidad de 2 metros y zona saturada hasta los cuatro metros de profundidad.
- 6.-Existen agrietamientos transversales en el suelo con 30 cm de profundidad.

7.-Se encontraron dos zonas de cavidades con una extensión de dos metros y 60 cm de profundidad.

8.-Se recomienda incrementar la capacidad de los suelos con menor grado de compactación.

- **APORTACIONES A LA ARQUITECTURA:** Los métodos exploratorios geofísicos empleados para la prospección de suelos actualmente se utilizan dentro de la arquitectura en áreas como restauración de monumentos históricos y arqueología debido a ser ensayos no destructivos.

- **ESTUDIOS A FUTURO:** Debido a que en los estudios de tomografía se encontraron zonas con baja resistividad que pudieran ser cavidades a 7.35 metros de profundidad será pertinente realizar estudios de resistividad complementarios para descartar la unión de estas.

8. INSTALACIÓN SANITARIA, PROPUESTA FINAL

La instalación sanitaria en un edificio tiene como función retirar en forma segura las aguas negras y pluviales, en el caso particular debido a que la deficiencia se encontró en los suelos altamente saturados se propone una red de colectores pluviales que controlen la pronta consolidación del terreno y así evitar deformaciones en firmes.

En el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas se localizó un Flujo de Agua proveniente de la Región Hidrológica Panuco con un área de 43,622.05 km² y un perímetro de 1480.81 km.



Ilustración 57. Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. SIATL. INEGI.

Entre los datos particulares de la zona se encontró que, en los meses de mayo, junio y julio, la temperatura media mensual es de 16° centígrados mientras que en enero y diciembre se presentan temperaturas de alrededor de 12° centígrados, en cuanto a la precipitación media mensual los meses de junio, julio, agosto y septiembre son los que presentan valores más altos en todo el ciclo del año.

Intensidades Medias para Lluvias Máximas				
I= Intensidad de la Lluvia (cm/hora)				
	Frecuencia de Lluvia (años)			
Minutos	2	5	10	20
5	10.79	17.06	24.13	34.13
6	9.92	15.69	22.19	31.38
7	9.24	14.62	20.67	29.23
8	8.69	13.75	19.44	27.49
9	8.24	13.02	18.41	26.04
10	7.85	12.41	17.54	24.81

Tabla 17. Intensidades Medias para Lluvias Máximas

La frecuencia de presentación de la lluvia de máxima intensidad es un factor importante que debe considerarse en la determinación de los colectores. A continuación, los valores recomendados para diferentes proyectos:

Uso de Suelo	Frecuencia F en Años
Zonas sin Urbanizar	5 años
Zonas suburbanas	10 años
Zonas Residenciales	20 años
Centros de Ciudades	25 años
Plantas Industriales	20 años
Azoteas de Edificios	20 años
Bajantes Pluviales	20 años

Tabla 18. Frecuencia en Años de Lluvia Máxima

Coefficiente de Escurrimiento:

Uso del Suelo y Pendiente del Terreno	Textura del Suelo		
Pastizales	Gruesa	Media	Fina
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11-30% pendiente)	0.22	0.42	0.60

Tabla 19. Coeficiente de Escurrimiento

Análisis Numérico del Caso de Estudio Área G-H:

Determinación del Gasto			
A	Área Drenada	10,387	Metros cuadrados
	Frecuencia de la Lluvia	10	años
F	Parámetros Básicos	0.125	Obtenido de Unidades de Escurrimiento
	Coeficiente de Escurrimiento		
	Intensidades Medias para Lluvias Máximas	17.54	cm/hora
	Gasto	0.18	M3/s
		180	Lt/s

Tabla 20. Análisis Numérico

METODO DE LA FORMULA RACIONAL			
Para aplicar el siguiente método empírico debe realizarse el siguiente trabajo de gabinete:			
1.- Determinar el área de influencia de la cuenca en hectáreas.			
2.- Estimar una intensidad de lluvia máxima (mm/h)			
3.- Aplicar cálculos con la fórmula racional			
$Q = C \cdot i \cdot A / 360$		Q: Caudal máximo de escorrentía que provocara una máxima avenida. (m3/s) u Coeficiente de escorrentía	
		A: Área de influencia de la cuenca (ha) (< 500 has)	
		i: intensidad máxima de lluvia (mm/h)	
coeficiente escorrentía (C):			
A	cultivos generales en topografía ondulada (S = 5 a 10 %)		
B	cultivos generales en topografía inclinada (S = 10 a 30 %)		
C	cultivos de pastos en topografía ondulada (S = 5 a 10 %)		
D	cultivos de pastos en topografía inclinada (S = 10 a 30 %)		
E	cultivos de bosques en topografía ondulada (S = 5 a 10 %)		
F	cultivos de bosques en topografía inclinada (S = 10 a 30 %)		
G	áreas desnudas en topografía ondulada (S = 5 a 10 %)		
H	áreas desnudas en topografía inclinada (S = 10 a 30 %)		
indicar la letra correspondiente al coeficiente seleccionado			
coeficiente escorrentía adoptado (C):		C	= 0,36
Área de la cuenca adoptada (A) =		1.0387	has
Intensidad máxima de lluvia adoptada (i) =		174	mm/h
Caudal máximo:	$Q_{max} = C \cdot i \cdot A / 360 =$	0.18	m3/s
			180 lts/s

El área de superficie horizontal se divide en dos zonas ajardinadas entre los edificios E-F con un área de 348.5 m² y entre los edificios G-H con un área de 684 m², correspondientes a diámetros de 90 mm y 125 mm respectivamente.

DIAMÉTRO DE LAS BAJANTES DE AGUAS PLUVIALES PARA UN RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO DE 100 MM/H

SUPERFICIE EN PROYECCIÓN HORIZONTAL SERVIDA (M ²)	DIAMETRO NOMINAL DE LA BAJANTE (MM)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125

Tabla 21. Diámetro de las Bajantes de Aguas Pluviales para un Régimen Pluviométrico.



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

Actualmente, la arquitectura es, una disciplina formada por un conjunto de leyes, normas o reglas que permiten en su aplicación conseguir objetivos de habitabilidad, confort, estéticos y técnicos , es así como a través de esta definición se piensa en lo multidisciplinar que puede llegar a ser el trabajo en campo, específicamente al ejecutar una construcción debido a que en el proceso intervienen diversas ramas como la administración y diversas ingenierías como lo son la ingenierías: estructural, eléctrica, hidráulica, etc.

Uno de los aspectos que es fundamental al ejecutar una construcción es el estudio de la interacción entre la construcción y el suelo es la geotecnia, básicamente porque al conocer las propiedades mecánicas del suelo es posible diseñar las cimentaciones para la estructura de edificios, como arquitectos, las exigencias del trabajo en campo demandan conocimientos sobre estos temas no sólo por cuestiones de proceso de ejecución sino también porque es posible contemplar desde el proceso de proyección nuevas posibilidades de diseño, así pues, el que hacer arquitectónico se ha vuelto, más que nunca, materia multidisciplinar.

El estudio de la Unidad de Posgrados se realizó con el objetivo de analizar las posibles causas de los asentamientos verticales que se presentan en interiores y exteriores, el conjunto de edificios se inauguró en el año 2013, sin embargo, en el año 2015, se empezaron a presentar asentamientos irregulares únicamente en zonas exteriores:



Ilustración 58. Grupo de Fotografías. Unidad de Posgrados UNAM. [FOTOGRAFÍA]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM. En el año 2019, cuando se empezó esta investigación los asentamientos irregulares ya eran notorios en zonas interiores y exteriores, específicamente en los edificios E, F, G y H.



Ilustración 59. Grupo de Fotografías. Unidad de Posgrados UNAM. [FOTOGRAFÍA]. Fuente: Dirección General de Obras y Conservación UNAM.

PRIMERAS ETAPAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

La primera etapa del proceso de investigación consistió en recopilar toda la información disponible por medio de entrevistas, planos arquitectónicos, estructurales, fotografías para posteriormente realizar una inspección

física y visual de los elementos estructurales y no estructurales, además de identificación de instalaciones, de lo que se concluyó:

- La estructura principal se encuentra en buen estado, ninguna columna, trabe muro o unión presentó fisuras o agrietamiento.
- Las losas en primeros niveles presentan agrietamientos de importancia.
- Las instalaciones hidráulico-sanitarias presentaban roturas.
- Se presentaron daños no estructurales en plafones, cancelería, muros falsos.

Las primeras etapas nos permitieron identificar las zonas donde se presentan principalmente estos asentamientos.

ETAPAS INTERMEDIAS DE LA INVESTIGACIÓN

Posteriormente se procedió a realizar las nivelaciones del edificio y de las zonas con afectaciones visibles por medio de equipo topográfico calibrado y georreferenciado durante seis meses, de esta etapa se pudo concluir:

- Las columnas de los edificios no presentaron variaciones de alcance manteniéndose en cota controlada +2307.00 por un período de seis meses, por lo cual se descartó algún daño estructural o en cimentación.
- Las principales zonas afectadas contaron con un desnivel de 30 a 50 cm en zonas exteriores y en interiores entre 15 a 20 cm.
- Con la vista en planta del modelo 3D se pudo descartar un asentamiento de relevancia en los edificios que componen la Unidad.
- Después de consultar el Atlas de Riesgos y la Carta Geotécnica de la CDMX se descartó que se estuviera ante una falla geológica sin embargo es posible que se encuentren cavernas en el subsuelo al ser un suelo volcánico.

ETAPAS FINALES DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Después de analizar la topografía se inició con la fase de experimentación,

al identificar con precisión las zonas se procedió a realizar estudios de prospección geoelectrica no invasivos por medio de dos líneas de tomografías, un georradar y un escáner láser, de esta etapa se concluyó:

- Los métodos empleados fueron los correctos para identificar las zonas con mayor porcentaje de saturación, causa principal de los asentamientos.
- El estudio se realizó a una profundidad de 11 metros, la zona saturada se encontró hasta 7 metros de profundidad.
- Existe la posibilidad de encontrar cavidades de agua o aire a partir de los 7.35 por lo que se recomienda hacer estudios posteriores de la zona.
- En los estudios complementarios con el escáner láser se observaron afectaciones de corrosión en las partes bajas de armados en columnas posiblemente causados por la humedad en el suelo. (Zuleta, 2018)

CONCLUSIONES FINALES DE LA INVESTIGACIÓN

Después de analizar las diferentes etapas durante la investigación se puede concluir lo siguiente:

- El fenómeno que se presenta está relacionado con la saturación del suelo y no con el desempeño de la estructura principal, por lo que no es necesario la construcción, de contratraves, zapatas aisladas o muros de contención.
- Es recomendable realizar estudios de prospección geoelectrica posteriores para analizar las oquedades y en general el subsuelo de la Unidad de Posgrados.
- Se encontraron diversos agrietamientos en suelo en forma transversal, este tipo de agrietamientos son causados por las épocas de lluvias y secas a lo largo del año, en su conjunto generan los asentamientos verticales.
- Dado que la principal causa de los asentamientos es la saturación de áreas exteriores al no haber una zona de descarga se propone una instalación de recolección de aguas pluviales para controlar



uniformemente los asentamientos.

-Es necesario extraer las capas de relleno antrópico en edificios y áreas exteriores por tepetate sano, en secciones y con especificación de porcentaje de grado de compactación respecto a la densidad del material en seco (kg/m^2), debido a que la humedad existente puede traspasar a otras áreas.

-Se recomienda hacer revisiones periódicas del estado de las nivelaciones y dar seguimiento de corrosión en columnas.

-Se recomienda reemplazar tuberías rotas o en mal estado.



REFERENCIAS

REFERENCIAS

- A.W., S. (n.d.). "Effective Stress in Soils, Concrete and Rocks" Proc. Conference on Pore Pressure and Suction in Soils. pp. 4-16, London.
- Aceves, A. A. (2003). Geofísica Aplicada en los Proyectos de Ingeniería Civil. Querétaro : Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte.
- Aizawa, T. (. (2014). Application Manual of Geophysical Methods to Engineering and Environmental Problems. European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE). The Netherlands.
- Autor, S. (2020, Abril 14). Edafología. Ciencias Ambientales. Retrieved from Propiedades del suelo. Propiedades físicas. Estructura.: <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFEstructura.htm>
- Autor, S. (2020). Propiedades de Suelos. Retrieved from Propiedades de Suelos:<http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/edafologia/wp-content/uploads/2016/10/UNIDAD-3A- Propiedades-de-los-suelos.pdf>
- Badillo Juárez, R. R. (2005). Mecánica de Suelos. México: Limusa, Noriega.
- Barton, L. L. (2000). Clasificación Q Barton. Maciszos Rocosos.
- BDigital Repositorio Institucional UN. (2020). Retrieved from Consistencia y Plasticidad. Bieniawski, Z. T. (1989). Clasificación geomecánica de Bieniawski.
- Bravo Guzmán Rosario, G. L. (2012). Análisis Granulométrico. México: UNAM.
- Brillarent Andrea, G. A. (n.d.). Sondeos Geofísicos. Retrieved from Ciencias de la Tierra. Sedimentología y Estratigrafía:

<http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/CT-SeEs/Billarent-SondGeof-1.pdf>

Carvajal, R. R. (1997). Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los Suelos. Santafé de Bogotá: Fenalce-Sena-Sac.

Constructor Civil. (2011, abril 28). Retrieved from Tips para la Construcción de Edificaciones, Casas Materiales y Equipos de Construcción.: <https://www.elconstructorcivil.com/2011/04/suelos-sedimentarios.html>

Coyoacán, I. e. (n.d.). dearkitectura. (20202). Tipos de Mecánica de Suelos. Retrieved from <http://dearkitectura.blogspot.com/2013/02/tipos-de-sondeo-en-la-mecanica-de-suelos.html>.

Dra. Lourdes FloresDelgadillo, T. J. (2010). Manual de Procedimientos Análíticos. México: Instituto de Geología UNAM.

Emireth. (Mayo 2013). "Análisis Y Diseño De Cimentaciones, Una Comparación De Prácticas". México. E-Vega, J. (2017). Laboratorio de Edafología Genral LSA (217). Universidad de Panamá.

G.E., B. A. (1963). "Some Aspects of Effective Stress in Saturated and Partly Saturated Soils" Geotechnique. Vol.13, pp. 177-197.

Hoek-Brown. (1980). Criterio de Rotura.

Hurtado, D. e. (2012). Diseño de Cimentaciones. Fondo Editorial ICG. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA GERENCIA.

Jímenez Salas, J. A. (1981). Geotecnia y Cimientos II, Mecánica del Suelo y las Rocas. México. Juárez Badillo, R. R. (n.d.). Mecánica de Suelos. Flujo de Agua en Suelos-. Tomo III. Limusa.

Julia María Domínguez Soto¹, A. D. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

Keller, T., & Håkansson. (2010). Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 154: 398-406 .

Kochen, J. J. (2013, Abril 24). Arquine. Retrieved from Las (dona)ciones de la UNAM: <https://www.arquine.com/las-donaciones-a-la-unam/>.

Luna, P. G. (2018). Fotografía Aérea con Drones. San Isidro Lima 27: Robotyc Air Systems.

M., G. (Agosto, 2012). "Método de Análisis Simplificado Para Un Nuevo Tipo de Cimentación Para Suelos Blandos". México.

Montoya Javier, P. V. (Agosto 2010). Cimentaciones. Mérida.

Niño, V. A. (n.d.). Prueba Cross-Hole. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá.

Peña, J. S. (2005). Manual de Prácticas de Topografía Cartografía . España: Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones.

R.B., P. (1962). "Art and Science in Subsurface Engineering" *Geotechnique*. Vol.XII No.1.

R.V., L. T. (1969). "Soil Mechanics". New York.

Salvador, E. d. (2020, Julio 1). Las Lavas del Pedegral. Retrieved from Reserva Ecológica del Pedegral de San Angel, Ecología, Historia Natural y

Manejo:

http://www.repsa.unam.mx/documentos/Enciso_1994_Lavas_pedregal.pdf

Silla, R. O. (2015). Síntesis de la Evolución del Conocimiento en Edafología. Revista Eubacteria.

Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A. (2019). Curso Laboratorio de Mecánica de Suelos. México: México.

Sonora, U. d. (n.d.). Exploración de Suelos.

Tamices.es. (2015, Julio 8). ¿Tamices con Norma ISO o ASTM? Retrieved from <https://www.tamices.es/tamices-con-norma-iso-o-astm/>

Valencia, E. D. (2015). Geotécnia y Cimentaciones. Ecuador.

Valencia, M. L. (2011). Manual de la Operación de la Estación Total. México.

Zeitlinge, L. S. (1980). Standards Graphs for Resistivity Prospecting. European Association of Exploration Geophysicist.

ASTM 2167 Prueba de Densidad mediante Globo Volumétrico. (s.f.).

ASTM D1556 Prueba de Densidad mediante Cono de Arena. (s.f.).

ASTM D2435 Pruebas de Compresibilidad. (s.f.).

ASTM D698 Prueba Densidad Humedad. (s.f.).

NLT Normas de Ensayos del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX" - Suelos. MOPT. (s.f.).

Normas Técnicas Complementarias para Estructuras. (s.f.).



GLOSARIO

A) Suelo: Conjunto de partículas Gminerales o de materia orgánica en forma de depósito, generalmente minerales, pero a veces de origen orgánico que pueden separarse por medio de una acción mecánica sencilla y que incluyen cantidades variables de agua y aire.

B) Arcillas: Cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consta de un material muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados

C) Edafología: Rama de la Ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que lo rodea, dentro de la edafología se encuentran varias ramas teóricas y aplicadas que se relacionan con la física, la química y la biología.

D) Limo: Es una tierra compuesta de partículas de los tres tamaños: arcilla, lodo y arena según la proporción de materia orgánica.

E) Geotecnia: Rama de la Ingeniería Civil que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico.

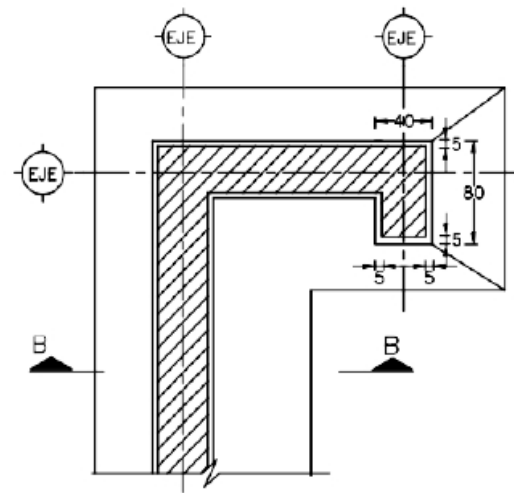
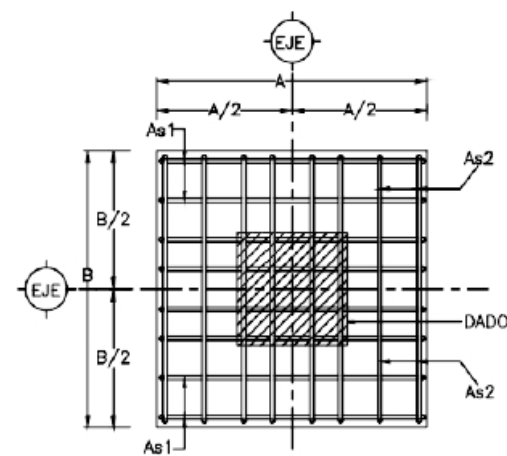
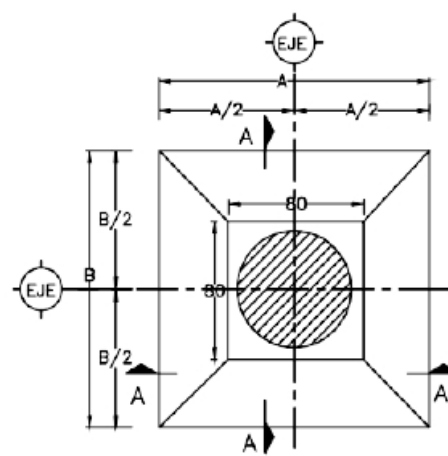
F) Geomatica: Ciencia que se ocupa de la gestión de información geográfica mediante la utilización de tecnologías de la información y comunicación.

G) Geosestadística: reunión de un conjunto de metodologías apropiadas para el análisis de datos que corresponden a la medición de variables aleatorias en diversos sitios (puntos del espacio o agregaciones espaciales) de una región.

H) Variograma: herramienta que permite analizar el comportamiento espacial de una variable sobre un área definida, obteniendo como resultado un variograma experimental que refleja la distancia máxima y la forma en que un punto tiene influencia sobre otro punto a diferentes distancias.



ANEXOS



ZAPATA Z-1, Z-2, Z-3, Z-4 Y Z-5
PLANTA

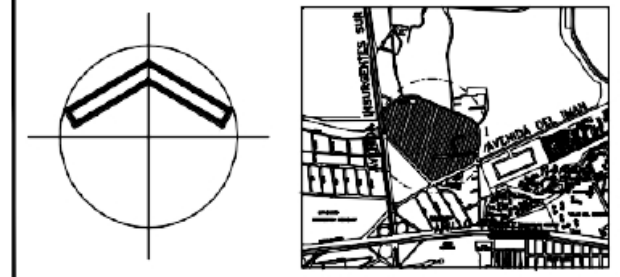
DISTRIBUCION DE REFUERZO
EN ZAPATA TIPO
PLANTA

ZAPATA ZC-2
PLANTA

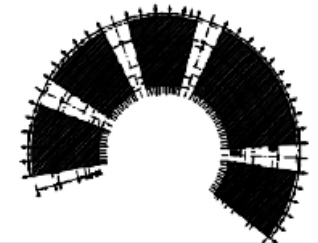
TABLA DE ZAPATAS						
TIPO	A (cm)	B (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	As1	As2
Z-1	350	350	50	70	#6@15	#6@15
Z-2	430	430	50	90	#6@15	#6@15
Z-3	360	360	60	80	#6@20	#6@20
Z-4	400	400	50	90	#6@15	#6@15
Z-5	400	720	50	90	#6@15	#6@15
ZC-1	450	---	70	110	#8@15	#8@15
ZC-2	VARIABLE 250-350	---	40	80	#6@15	#6@20
ZC-3	350	---	60	80	#8@20	#6@15
ZC-4	400	---	60	100	#8@15	#8@20
ZC-5	370	---	50	90	#8@15	#6@15
ZC-6	430	---	100	60	#8@15	#8@20

NOTA.- VER DIMENSIONES DE ZAPATAS CORRIDAS (ZC) EN LA PLANTA DE CIMENTACION DEL PLANO CIM-01

CROQUIS DE LOCALIZACION :

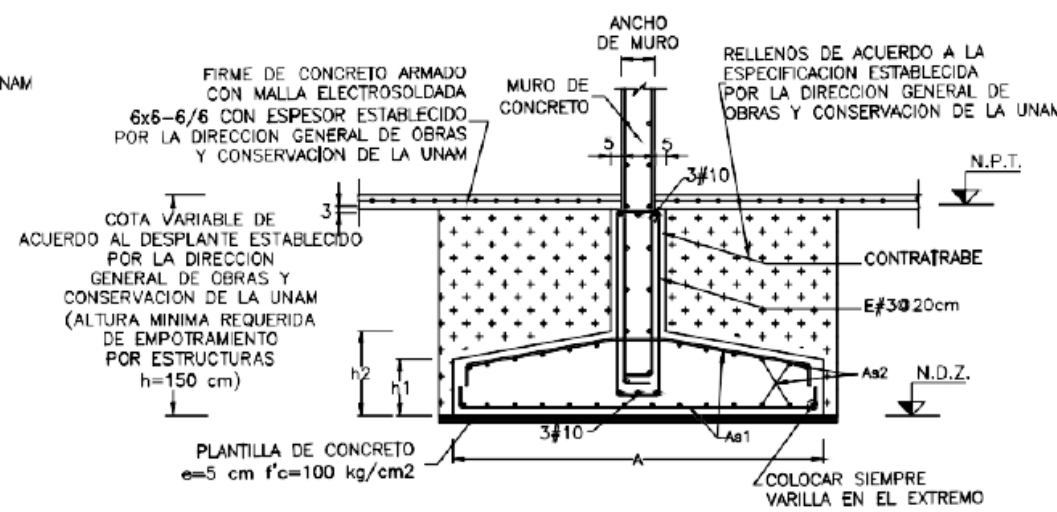
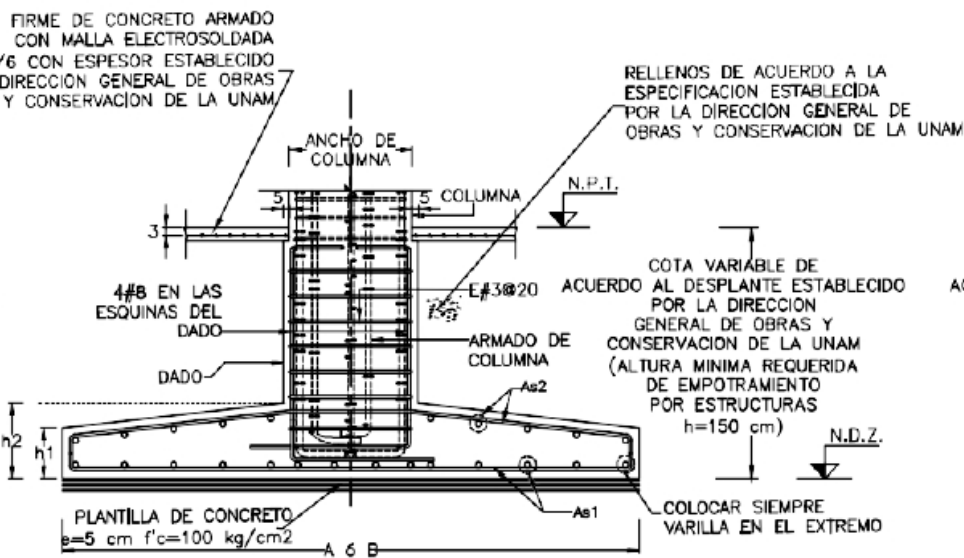
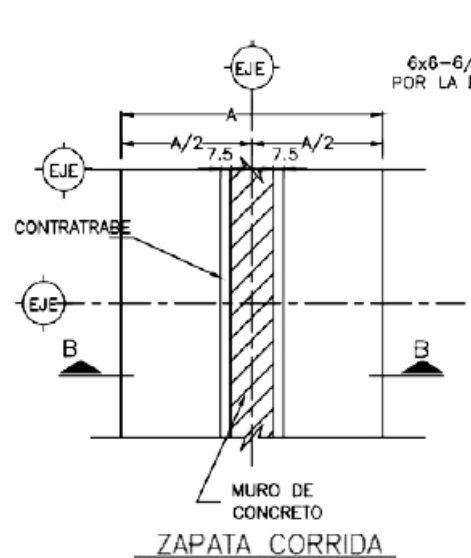


PLANTA DE LOCALIZACION



NOTAS

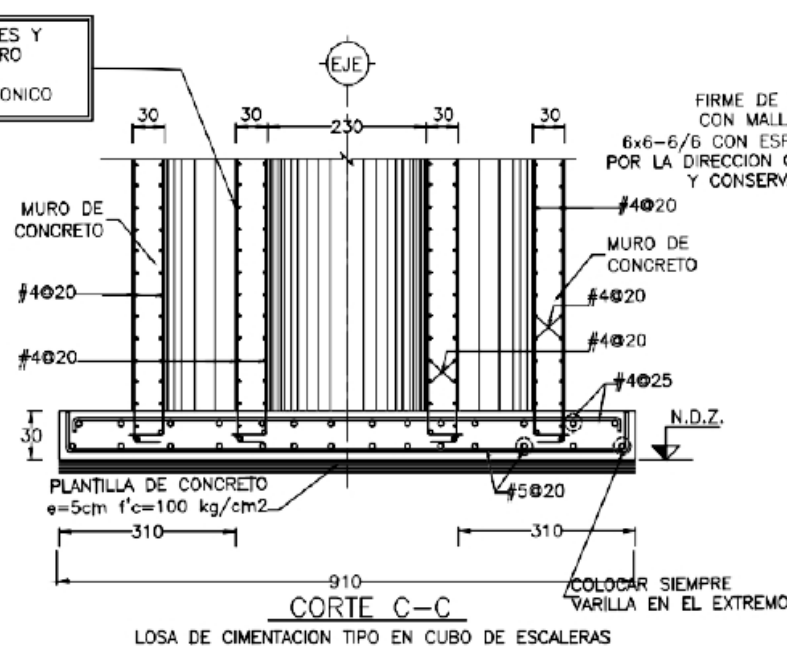
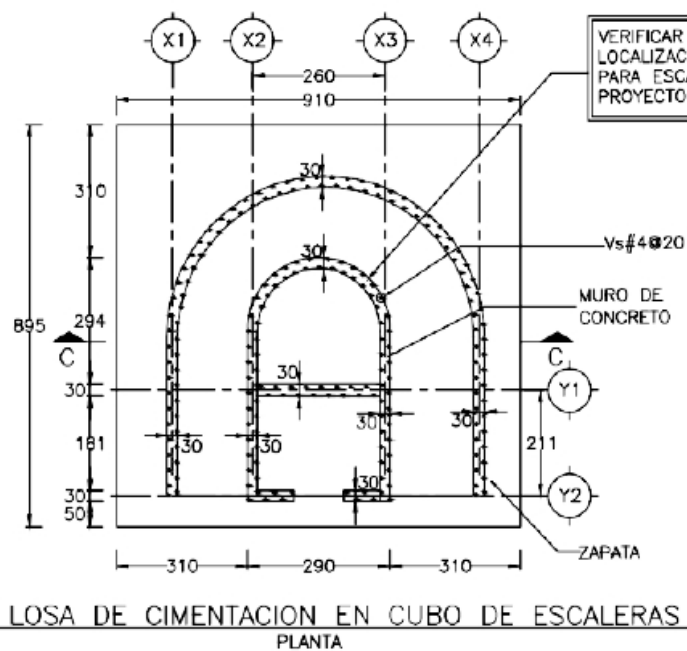
- * VER NOTAS GENERALES EN EL PLANO CIM-01
- * TODAS LAS COTAS Y NIVELES, DEBERAN SER RECTIFICADAS EN OBRA POR EL CONTRATISTA
- * CUALQUIER DISCREPANCIA DEBERA CONSULTARSE CON LA DIRECCION DEL PROYECTO ASI COMO LA INTERPRETACION QUE EL PROPIO CONTRATISTA DE AL DIBUJO.
- * EL PLANO ARQUITECTONICO RIGE SOBRE CUALQUIER DIFERENCIA CON ESTE PLANO.



ZAPATA CORRIDA
ZC-1, ZC-3, ZC-4, ZC-5 Y ZC-6
PLANTA

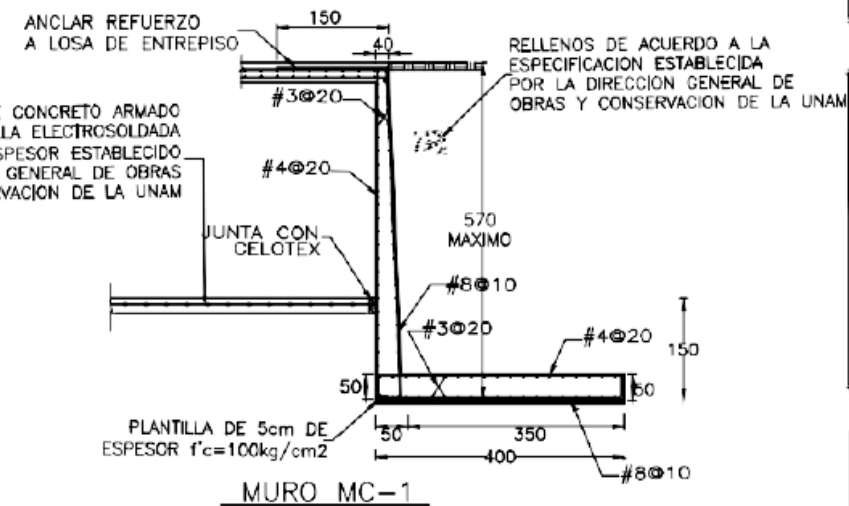
CORTE A-A
(ZAPATA TIPO)

CORTE B-B
ZAPATA CORRIDA ZC-1 Y ZC-2



LOSA DE CIMENTACION EN CUBO DE ESCALERAS
PLANTA

LOSA DE CIMENTACION TIPO EN CUBO DE ESCALERAS
CORTE C-C



MURO MC-1

SIMBOLOGIA

- N.D.Z. NIVEL DE DESPLANTE DE ZAPATA (SERA ESTABLECIDO POR LA DIRECCION GENERAL DE OBRAS Y CONSERVACION DE LA UNAM)
- N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO

REVISION	CONCEPTO	FECHA
0	EMISION EJECUTIVA	22 DE OCTUBRE 2009

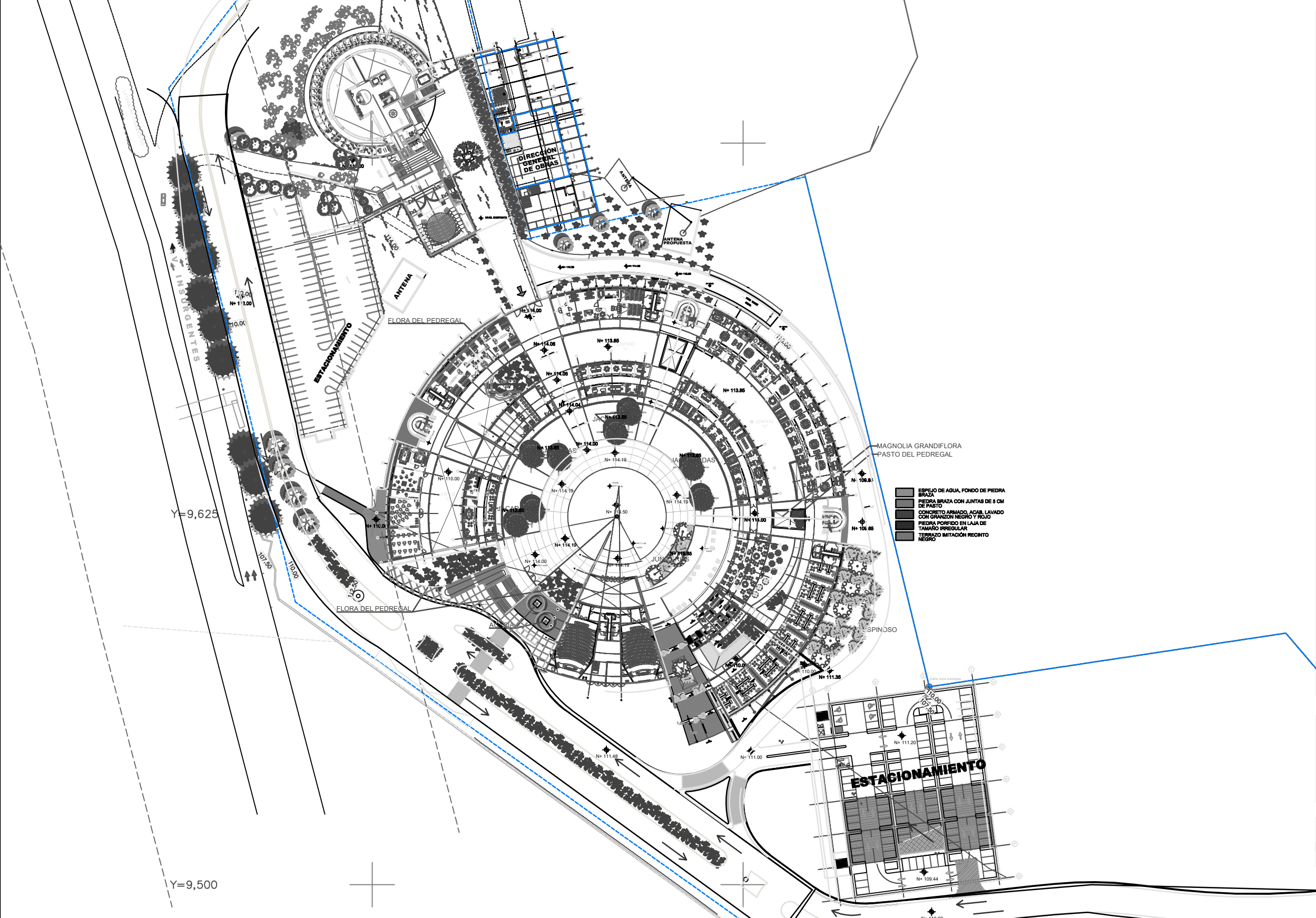
UNAM
SECRETARIA ADMINISTRATIVA
DIRECCION GENERAL DE OBRAS Y CONSERVACION

OPCION VARIAS
PROYECTO UNIDAD MIXTA DE PARRADO
LUGAR CIUDAD UNIVERSITARIA

DESCRIPCION ESTRUCTURAL
CONTENIDO CORTES Y DETALLES DE CIMENTACION

FECHA 3 DE 41
DIA 23 DE OCTUBRE 2009

CIM-02

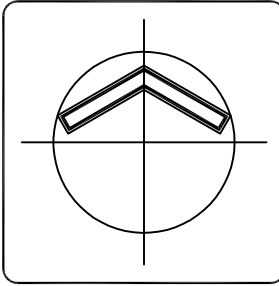
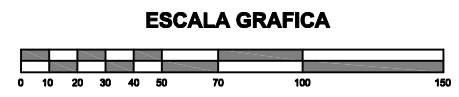


SIMBOLOGIA :

- ACCESO
- ARBOL
- ARBOTANTE
- REGISTRO
- POSTE
- BANCO DE NIVEL
- CONSTRUCCION
- REJILLA
- REGISTRO ELECTRICO
- REGISTRO DE AGUA POTABLE
- REGISTRO DE LUZ Y FUERZA
- POSTE DE RETEN
- POSTE DE USO MULTIPLE
- POSTE LINEA ECOLOGICA
- POSTE EMERGENCIA
- VEGETACION ARBUSTIVA
- TALLA MEDIANA DE 2 A 3 METROS
- ARBUSTOS DE BAJO MANTENIMIENTO
- NATIVOS DEL PEDREGAL(PASTOS Y SUCULENTAS)
- PERENIFOLIOS
- LIQUIDAMBAR
- MAGNOLIA
- CADUCIFOLIAS
- ARBOLES DE TALLA BAJA
- PROYECTO VIAL

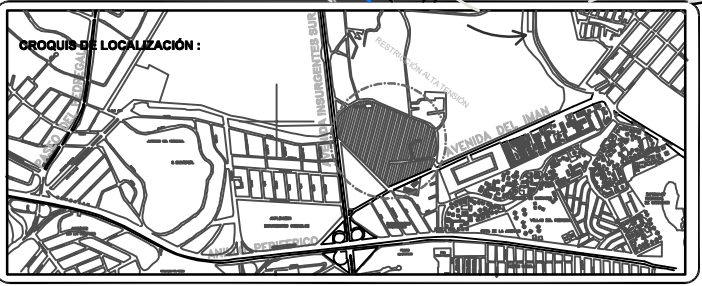
CON MIÑUSCULAS NOMBRE COMPLETO <small>Director de (Indicar Dependencia)</small> fecha	CON MIÑUSCULAS NOMBRE COMPLETO <small>Funcionario de (Indicar Dependencia)</small> fecha
---	--

REVISION	C O N C E P T O	FECHA



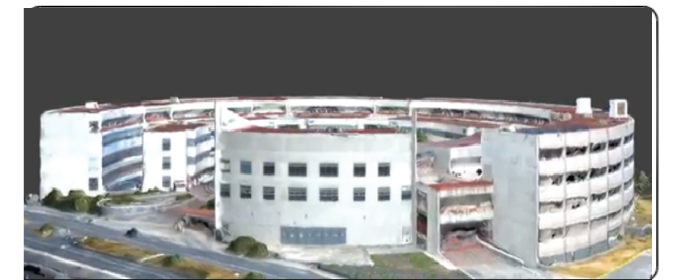
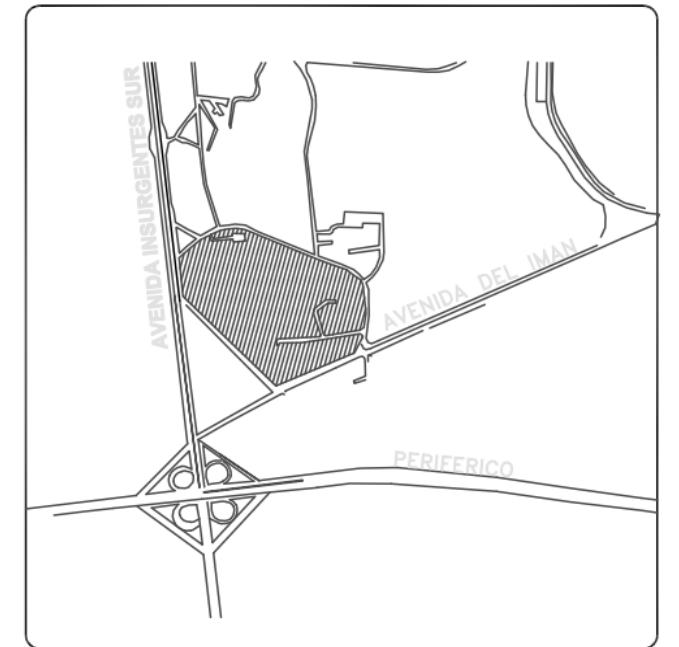
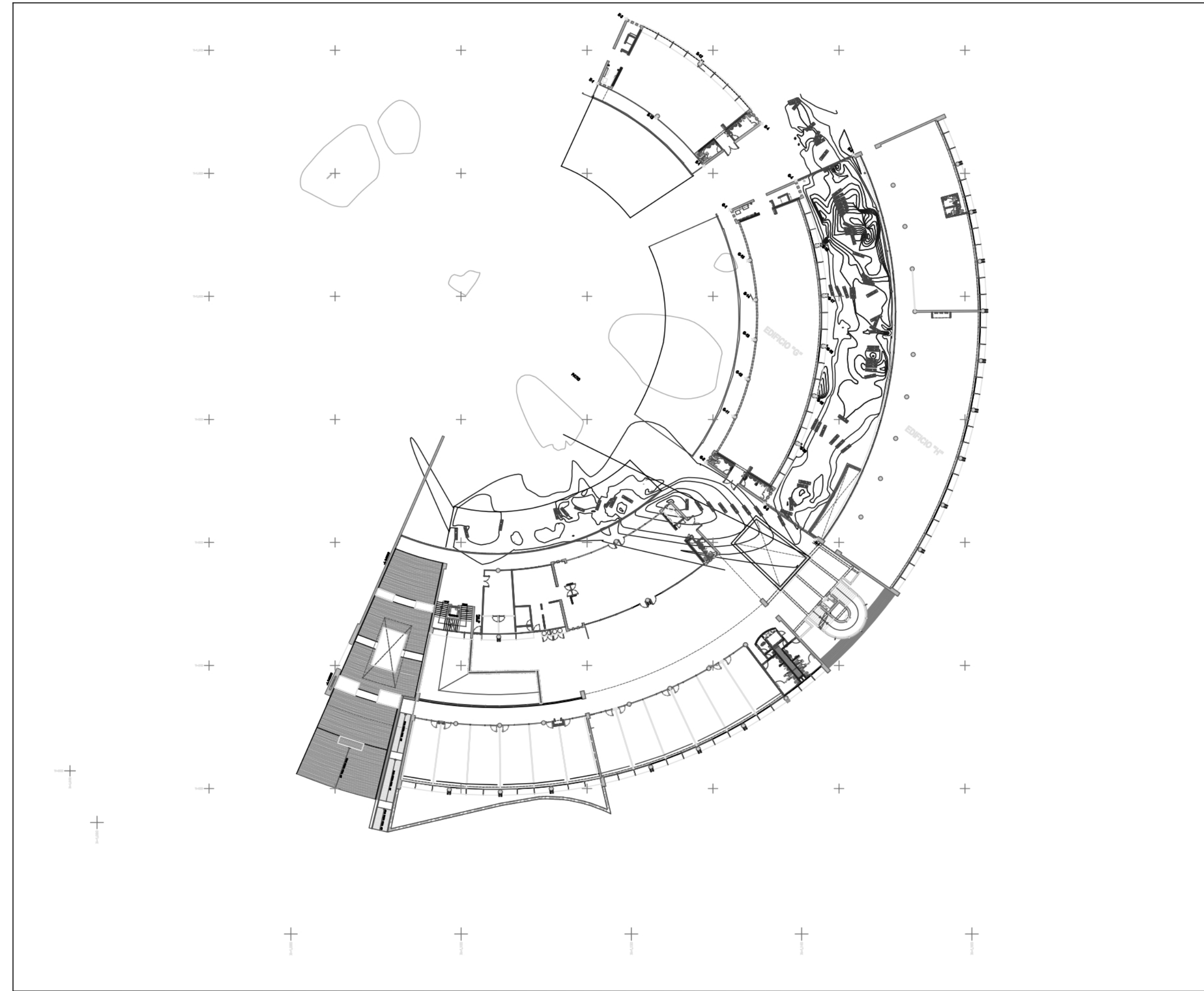
NOTAS GENERALES :

- LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO
- LAS COTAS ESTAN EN METROS
- * EL ORIGEN DE LAS COORDENADAS ES ARBITRARIO.
- * EL NORTE ES MAGNETICO.
- * EL BN. ES ARBITRARIO

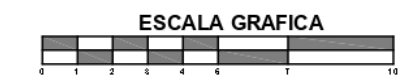


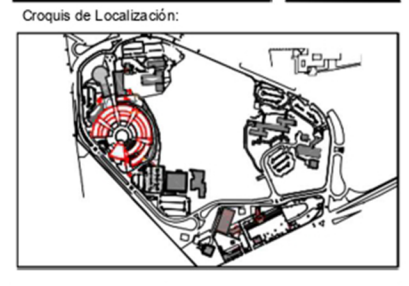
CROQUIS DE LOCALIZACION EN ALZADO :

DEPENDENCIA VARIAS	clase	ARCHIVO	VEREDA
PROYECTO			
UBICACION CIUDAD UNIVERSITARIA			
DESCRIPCION ARQUITECTONICO	no. de plan	no. total	propio
CONTENIDO PLANTA BAJA DE CONJUNTO			
escala			1 : 1 2 5 0
fecha			MEMOS



PROYECTO	UNIDAD MIXTA DE POSGRADO	
UBICACION	CIUDAD UNIVERSITARIA	
DESCRIPCION	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	010 027
CONTENIDO		





- Simbología:
- Curvas Maestra @ 3.00m
 - Curvas Nivel @0.60m
 - Limite de Zona de Amortiguamiento.
 - Polígono de estudio
 - Reja divisoria
 - Capa de Corteza triturada > 50cm sobre cascajo
 - Capa de Corteza triturada < 50 cm sobre cascajo
 - Capa de corteza sobre macizo rocoso.
 - Relleno de Cascajo
 - Roca Triturada
 - Macizo rocoso.
 - Adoquín.
 - Cuadrantes para estudio de suelo/Ver documento anexo.

Notas:

Alumno:
Valdivieso Aguilón Luis Humberto.

Asesores:
Rocío López de Juambelz
Alicia Ríos Martínez
Alejandro Cabeza Pérez

Proyecto: Jardín para la investigación y avistamiento de colibríes en la Unidad de Posgrado

Fecha: 21/04/2016
Plano: Análisis de suelo

Escala: 1:100
Cota: " " Clave: **A-S**

