

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



**UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCION

**DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION
Y ESTRUCTURAS**

**MAESTRIA EN INGENIERIA
SALIDA EN SEGURIDAD ESTRUCTURAL**

TESINA

**PROPUESTA ESTRUCTURAL EN NUEVAS VIVIENDAS UBICADAS
SOBRE FALLAS GEOLOGICAS**

REALIZADA POR:

Miguel Angel Romero Navarro

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Angel Ortiz Lozano

Aguascalientes, Ags., México

Marzo de 2009

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

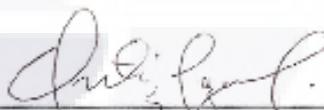
M. EN A. MARIO ANDRADE CERVANTES
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL
DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN
P R E S E N T E.

Por este conducto le informo que el Ing. Miguel Angel Romero Navarro, ha concluido su tesina, que lleva por título: "**PROPUESTA ESTRUCTURAL EN NUEVAS VIVIENDAS UBICADAS SOBRE FALLAS GEOLOGICAS**", de acuerdo con los objetivos y contenidos planteados para su autorización.

Como es de su conocimiento, en la elaboración de este trabajo fungí como asesor, por lo que he autorizado al sustentante para que realice la impresión final del documento y lleve a cabo los trámites pertinentes para obtener el grado de Maestría en Ingeniería con salida terminal en Seguridad Estructural por la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Agradezco la atención que se sirva tener a la presente y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Aguascalientes, Ags., a 23 de Febrero de 2009



DR. JOSE ANGEL ORTIZ LOZANO
DIRECTOR DE TESIS

c.c.p.- Ing. Miguel Angel Romero Navarro
c.c.p.- Archivo



RESUMEN

En la vida diaria de la ciudad de Aguascalientes, la población convive con el tema de la seguridad estructural, como un tópico de actualidad por los daños ocasionados en las construcciones debidos a la actividad de las fallas geológicas que han aparecido en la ciudad, como una respuesta al fenómeno de subsidencia regional causado por la sobreexplotación del acuífero.

Es por todos conocido que la explotación del acuífero es una actividad generada por el ser humano, que se realiza para satisfacer su necesidad de agua, sobre todo en la región donde se ubica nuestro Estado, cuyo clima es semidesértico y no cuenta con otros recursos importantes de donde proveerse. Esta situación agrega complejidad al problema porque no resulta fácil establecer otra forma de suministrar el agua para las actividades de agricultura, industria y todas aquellas relacionadas con la vida cotidiana.

Uno de los problemas de mayor trascendencia que esto ha ocasionado a la sociedad es el relativo a la vivienda, que en la mayoría de los casos constituye todo el patrimonio de las familias afectadas.

Desde luego la infraestructura urbana y rural se ve seriamente afectada por el efecto de las fallas geológicas, lo que provoca un impacto, tanto en los costos de reparación o rectificación como en las actividades de planeación y desarrollo.

La presente tesina, trata sobre un trabajo de investigación consistente en establecer una Propuesta de Estructuración en Nuevas Viviendas ubicadas sobre Grietas Geológicas, como se les conoce comúnmente. Este trabajo tiene como propósito primordial la obtención del grado en la Maestría en Ingeniería con salida terminal en Seguridad Estructural, sin menoscabo de la utilidad que tendrá para la población en general.

Este trabajo de investigación está dedicado a proporcionar una vía de aprovechamiento y uso de los predios afectados directamente por las fallas geológicas y que actualmente permanecen como lotes baldíos por toda la ciudad.

La investigación está dirigida a situaciones reales, lo cual involucró la elección de un predio urbano afectado por falla junto al que se localiza una casa habitación recientemente construida con un sistema tradicional. Es precisamente el proyecto arquitectónico de la casa existente es el que se utilizó para la nueva propuesta de estructuración.

Esto permitió que se cumplieran los objetivos del Capítulo 5 en el que se establece un análisis de costo comparativo contra un sistema constructivo tradicional.

Aunque la propuesta no resultó óptima desde los puntos de vista estructural y de costos, sí se alcanzaron los objetivos de la investigación así como la comprobación de las hipótesis planteadas para llevarla a cabo.

SUMMARY

In the everyday occurrence of the Aguascalientes city, people must live with the structural security issue, as a current situation due to the damages induced in constructions and buildings by the geological faults activity, as a response to the regional subsidence phenomenon, caused by the aquiferous overexploitation.

Everybody know that the aquiferous exploitation is a mankind activity, fulfilled in order to satisfy their water needs, especially in the region were our state is located. This situation adds complexity to the problem, because it is not easy to establish another way to supply with water for farming, industry and every activity related with daily human life.

One of the problems with bigger significance to the society is that which deals with housing that in the majority of cases constitutes all the inheritance of the affected families.

Of course, the urban as well as the rural infrastructure are seriously affected by the geological faults, which provokes an impact in the repair costs as well as planning and development activities.

This researching work consists in the establishment of a Structuring Proposal for New Housing located over Geological Faults, as they are commonly known. This work has as a mean purpose, the obtaining the master degree in engineering with specialty in structural security, without diminishing the utility that will bring to the people in de state.

This researching work is dedicated to provide a way of suitability and use of the land directly affected by geological faults and that nowadays stay as vacant lots scattered in the entire city.

The research is focused to real situations; these means the choice of an urban affected lot, near to that is located a new home, recently constructed with a traditional system. It is precisely that existing home architectural project, which is going to be used for the new structuring proposal.

This choice will allow that the target of chapter 5, in which is established a comparative cost analysis versus a traditional constructive system, will be accomplished.

Although the proposal is not optimal in terms of structural and cost issues, the objectives of the research were accomplished as well as the hypothesis over which the work was done.

INDICE

	<u>Página</u>
CAPITULO 1. INTRODUCCION	
1.1 Introducción	3
1.2 Objetivos	4
1.3 Hipótesis	5
1.4 Metodología	6
 CAPITULO 2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO	
2.1 Introducción	11
2.2 Fenómeno de subsidencia regional del Valle de Aguascalientes	12
2.3 Comportamiento de las fallas geológicas	17
2.4 Comportamiento estructural de viviendas dañadas por fallas geológicas	18
2.5 Estadística de viviendas dañadas	20
2.6 Estadística de fallas	22
 CAPITULO 3. PROPUESTA DE ESTRUCTURACION PARA NUEVA VIVIENDA UBICADA SOBRE FALLA GEOLOGICA	
3.1 Introducción	25
3.2 Proyecto arquitectónico tipo para el estudio de la propuesta: casa habitación de tipo medio en dos niveles	26
3.3 Descripción del proyecto	27
3.4 Descripción de la falla	27
3.5 Mecánica de suelos	30
3.6 Propuesta de materiales	38
3.7 Planteamiento estructural	39
3.8 Análisis y diseño estructural	43
 CAPITULO 4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	
4.1 Descripción del procedimiento constructivo de la propuesta estructural	63
4.2 Detalles constructivos	67

CAPITULO 5. ANALISIS DE COSTO Y COMPARATIVO CONTRA UN SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

5.1	Análisis de costo de la propuesta	73
5.2	Análisis de costo del mismo proyecto con un sistema constructivo tradicional sobre terreno sano	74
5.3	Comparativo de costos	75

CAPITULO 6. ANALISIS DE RESULTADOS Y PERSPECTIVAS DE DESARROLLO

6.1	Análisis de resultados estructurales	79
6.2	Análisis del comparativo de costos	80

CAPITULO 7. CONCLUSIONES

7.1	Conclusiones del trabajo de investigación	85
7.2	Líneas futuras de investigación relacionadas	87

REFERENCIAS	89
--------------------------	----

APENDICE A – Proyecto Arquitectónico y Ubicación de Falla	93
--	----

APENDICE B – Características de la Falla Geológica	103
---	-----

APENDICE C – Análisis Estructural	111
--	-----

APENDICE D – Análisis Geotécnico	121
---	-----

APENDICE E – Presupuestos de Obra	125
--	-----

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Capítulo



Introducción

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

1.1 INTRODUCCION

Uno de los problemas que más aqueja a la ciudadanía del Estado de Aguascalientes, es el de las fallas geológicas.

Estas fallas geológicas son la manifestación de un fenómeno que se conoce como subsidencia, que por definición es un desplazamiento vertical lento bajo el peso de depósitos sedimentarios que sufre la corteza terrestre, en este caso provocados por la extracción de agua del subsuelo, que para el estado de Aguascalientes representa una de las principales fuentes de abastecimiento (Trueba, 2005).

Al presentarse el fenómeno de subsidencia se generan las fracturas que se conocen como fallas geológicas, identificadas en los reglamentos municipales como discontinuidades de tipo geológico. En este documento se hará referencia a esas discontinuidades como fallas geológicas.

La construcción de viviendas en zonas de fallas geológicas ha sido hasta hoy un tema muy definido por los riesgos que representa para la inversión y sobre todo para la seguridad de los posibles usuarios, lo que ha dado como resultado que se evite realizar cualquier tipo de construcción en esas zonas.

En cuanto a las construcciones afectadas, la aparición de daños como consecuencia de la actividad de las fallas geológicas ha representado un costo importante para los propietarios, así como para las autoridades por el deterioro inducido que se presenta en la infraestructura urbana adyacente, en los sectores de afectación.

La magnitud del problema está sujeta en primer término al origen, que se encuentra en las discontinuidades geológicas provocadas por el fenómeno de subsidencia del Valle de Aguascalientes. Aunque se han establecido otras teorías que centran el foco del fenómeno en la actividad tectónica, o en el “creep” de materiales no consolidados, es en la sobreexplotación de acuíferos donde se hace evidente.

Cada falla geológica presenta un comportamiento distinto como consecuencia de las diversas condiciones que la identifican. En Aguascalientes se tienen condiciones que pueden ser consideradas heterogéneas en su conjunto, aunque en la mayor parte del graben las características estratigráficas son similares, pero los asentamientos se presentan de manera no uniforme.

En la ciudad de Aguascalientes el problema se encuentra extendido no solamente a la mancha urbana, sino a las zonas agrícolas del propio municipio y del resto de los municipios del Estado, aunque es en la mancha urbana donde se hace más evidente debido a los daños visibles en las construcciones y la infraestructura urbana. Solamente en la ciudad se tienen más de 50 km lineales de fallas.

En cuanto a la actividad que registran las fallas, ésta es variable; algunas registran una actividad importante mientras que otras prácticamente no registran movimiento en años recientes.

Los elementos teóricos que se tomaron en cuenta para este proyecto de investigación, consisten fundamentalmente en las teorías de origen y comportamiento de discontinuidades geológicas, así como en las teorías estructurales y conceptos básicos de resistencia de materiales, haciendo uso por supuesto, de la experiencia de construcción en métodos tradicionales y modernos.

Por lo tanto, el problema se identifica específicamente con proponer un sistema estructural viable para construir sobre fallas geológicas, basados en el marco teórico mencionado.

El estudio e investigación se basa en el estado del arte del conocimiento de las fallas en el Estado de Aguascalientes para el momento determinado en el que se desarrolla la propuesta estructural.

Debido a que el fenómeno de las fallas es temporal y sus efectos nocivos evolucionan en las construcciones e infraestructura, se debe tomar en cuenta este aspecto en la propuesta estructural, que considera como parte del sistema, los mecanismos de ajuste como respuesta a la actividad de las fallas.

1.2 OBJETIVOS

A partir de la información generada en la investigación, se pretende determinar un punto de partida para el planteamiento de soluciones viables y reales, confiables y de ser posible, económicas, que probablemente se puedan aplicar también a trabajos de reparación de fincas dañadas por la misma causa.

Como objetivo principal se reconoce el establecimiento de una propuesta estructural factible para que se puedan construir nuevas viviendas sobre fallas geológicas, tomando en cuenta también los aspectos relacionados con la mecánica de suelos para el diseño de cimentación.

En este contexto, se pretende que los resultados de esta investigación sirvan para el aprovechamiento de terrenos que por estar afectados por discontinuidades de tipo “geológico” se encuentran actualmente en desuso.

Se pretende que la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, donde existe mayor índice de predios en estas condiciones, tenga la posibilidad de aumentar su densidad de construcción y coadyuvar con ello a desacelerar el crecimiento de la mancha urbana.

La necesidad de convivir con el fenómeno de las fallas geológicas, comporta que los habitantes de Aguascalientes tengan una visión de adaptación al comportamiento y desarrollo de las fallas, para lo cual se pretende que contribuya esta tesina.

1.3 HIPOTESIS

Existen diferentes variables que afectan la forma y magnitud de los daños causados por una falla geológica en interacción con una construcción

Para el desarrollo de la investigación se plantearon las siguientes hipótesis.

Hipótesis No. 1 (H.1).

“Los aspectos relativos a las características de la falla geológica, son los que ejercen mayor influencia en la propuesta de estructuración de nuevas viviendas”.

La estructura de esta hipótesis es la siguiente:

Unidad de análisis: las viviendas.

Variables: el tipo de agrietamiento y las características de la falla.

Relación lógica: Ejercen influencia.

Definición conceptual:

Características de la falla.- Son todas aquellas propiedades de situación física, registro de actividad e historial.

Definición operacional:

Características de la falla.- Proviene de la información contenida en el Sistema Digital de Discontinuidades en el subsuelo de Aguascalientes (SIDDIS, 2007) y documentos relacionados con el fenómeno.

Tipo de agrietamiento.- Desplazamiento vertical en cm, buzamiento y rumbo.

Hipótesis No. 2 (H.2).

“La propuesta de estructuración depende de las características del proyecto arquitectónico y de la posición de la construcción con relación a esa falla geológica.”

Estructura:

Unidad de análisis: Construcciones sobre la falla geológica.

Variables: Propuesta de estructuración y posición de la construcción

Relación lógica: Depende de.

Definición conceptual:

Propuesta de estructuración.- Solución estructural viable a un proyecto de vivienda determinado.

Posición de la construcción.- Ubicación de la construcción con relación a la orientación de la falla.

Definición operacional:

Propuesta de estructuración.- Se genera esta información de la aplicación de un diseño estructural para unas características específicas de proyecto.

Posición de la construcción.- Planteamiento de ubicación dependiendo de la forma y dimensiones del lote, relativo a la traza de la falla, determinada en campo.

1.4 METODOLOGIA

El tipo de investigación a desarrollar es de tipo documental y numérico, toda vez que será realizada sobre la base de la obtención de datos relativos al comportamiento de las fallas y a la aplicación de las teorías estructurales y reglamentos y normas de construcción vigentes.

Se trata de una investigación simple, ya que aún cuando existen diversas variables, se han identificado en el planteamiento de las hipótesis, las que ejercen mayor influencia para el planteamiento de la propuesta estructural.

De acuerdo al nivel de análisis, la investigación será explicativa, ya que requiere un estudio detallado de la documentación y de las variables identificadas como importantes. De hecho, el punto de partida para la decisión de realizar esta investigación, es la necesidad de convivir con el fenómeno de agrietamiento por fallas geológicas.

Será una investigación actual y transversal. Aunque el fenómeno de las fallas geológicas que afectan a las construcciones y a la infraestructura urbana, está sujeto a variaciones con el tiempo, el estudio se hará para un momento determinado.

Se trata de una investigación aplicada porque se pretende que los resultados de la investigación sean de utilidad para los beneficiarios directos e indirectos, como son la ciudadanía en general, así como los usuarios y propietarios de viviendas. Estos resultados podrían ser utilizados también por las dependencias de gobierno relacionadas con la vivienda.

Es importante señalar que la investigación se sitúa en la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, Ags. La razón consiste en que es precisamente en esa zona donde más se han estudiado y documentado los eventos relacionados con las fallas geológicas, tal como aparece documentado en la propia cartografía oficial (ORBIT, SIDIFAG, SIDDIS, CIFAG), y en la bibliografía de esta tesina.

Los elementos teóricos de apoyo, consistentes en documentos relativos a la reglamentación, investigaciones realizadas sobre el tema de la subsidencia en el Estado de Aguascalientes, estudios para definir el comportamiento y efectos de las fallas geológicas, las teorías estructurales vigentes y los conceptos básicos de resistencia de materiales fueron obtenidos

de la literatura disponible en el centro de información bibliográfica de la UAA, el acervo de profesionales locales relacionados con la materia, y el propio. Obviamente los mismos tópicos en internet fueron investigados.

Se contó con las herramientas de apoyo en los programas de computadora consistentes en procesadores de texto, hojas de cálculo, procesamiento de imágenes y dibujo asistido por computadora (CAD) y calculadora. El uso de programas especializados se centró en el SAP 2000, para todo lo relacionado al análisis estructural de la propuesta contenida en esta tesina.

La propuesta se realiza sobre un proyecto específico de vivienda de tipo medio en dos niveles de construcción. Se estima que este tipo de vivienda cubrirá las características típicas de viviendas de interés social y medio, aunque no abarque a vivienda residencial. En esta última las características de proyecto arquitectónico suelen ser más variables por tratarse normalmente de lotes de mayores dimensiones en los que además se puede localizar la construcción fuera de la zona de afectación de las fallas geológicas.

Para lograr el objetivo de la presente investigación, fue seleccionado un lote afectado por falla, con una construcción nueva adyacente, que sirve de comparación tanto en el aspecto estructural como en el de costo.

Los estudios que se realizaron para el conocimiento de las condiciones locales, consistieron en mecánica de suelos con apoyo topográfico y nivelación. La caracterización de la falla llevó a cabo con apoyo en estudios geofísicos de resistividad realizados con el método geoelectrico.

Finalmente, con los elementos antes mencionados y mediante la aplicación de las teorías y metodologías estructurales vigentes, así como las reglamentaciones locales, se logró integrar la propuesta; sin embargo para cada caso deberá realizarse un estudio similar, lo que significa que la información de esta investigación no podrá ser extrapolada a cualquier vivienda, debido a que las condiciones locales tanto de proyecto como del estado físico y de comportamiento de las fallas pueden registrar variaciones importantes.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Capítulo



Estado del conocimiento

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

2.1 INTRODUCCION

Entre los aspectos que definen el marco teórico del anteproyecto de investigación, se tienen los conocimientos en materia de geología, sin los que resulta imposible entender el fenómeno de subsidencia, el cual a su vez constituye otro de los elementos básicos para entender el fenómeno de las fallas geológicas.

A continuación se presenta de manera breve una descripción de esos aspectos.

2.1.1 Geología del Valle de Aguascalientes.

Tal como se consigna en el Atlas Estatal de Riesgos (1994), “las sierras del oeste de Aguascalientes están constituidas en riolitas que alternan con extensos bancos horizontales de tobas riolíticas. La sierra de Tepezalá está formada por calizas, lutitas y rocas metamórficas, atravesadas por intrusiones de dioritas. El Valle de Aguascalientes, que ocupa la parte central, está compuesto por aluviones que reposan sobre series formadas por tobas, conglomerados poco cimentados y rocas ígneas”.

2.1.2 Subsidencia del Valle de Aguascalientes.

El fenómeno de subsidencia, se entiende como el movimiento lento de hundimiento de una parte de la corteza terrestre bajo el peso de depósitos sedimentarios y por acción de deformaciones causadas por la extracción de agua, gas, petróleo o cualquier material susceptible de ser explotado o extraído del subsuelo¹.

En el caso de la ciudad de Aguascalientes, se ha determinado que la subsidencia es consecuencia de la sobreexplotación de los acuíferos y no se manifiesta como un movimiento homogéneo, al contrario, “la superficie del terreno se asienta de manera no uniforme” (Trueba, 2005, pág. 1) como consecuencia de la heterogeneidad del subsuelo, la irregularidad del basamento incompresible expresada en los distintos espesores y características físicas y mecánicas de los materiales que lo componen, así como las características de plasticidad de los suelos o sedimentos de relleno localizados sobre ese basamento.

Esto provoca que la subsidencia se presente acompañada de asentamientos diferenciales tridimensionales, que conducen a fallas por esfuerzo cortante y se reflejan en la aparición de agrietamientos al interior de la masa del suelo. Estas grietas pueden ser apreciadas a simple vista cuando afloran a la superficie.

Estos agrietamientos han causado en diversos sectores de la ciudad, múltiples y muy costosos problemas entre los que se pueden enumerar los daños a la infraestructura urbana, los que afectan, tanto a edificios públicos como a edificios privados, y sobre todo a un gran

¹ Los vacíos generados por la extracción de materia del subsuelo, como el agua, tienden a ser ocupados por los materiales de las capas superiores por efecto de su propio peso y de cargas externas naturales o producto de la actividad humana.

número de viviendas, daños a pozos de bombeo de agua subterránea, cambios en la elevación y pendientes de los cauces, canales, drenes, colectores, etc.

2.1.3 Acciones correctivas.

En la revisión de la bibliografía disponible se localiza un sinnúmero de referencias sobre trabajos de renivelación de casas que se encuentran afectadas por asentamientos diferenciales provocados por la deformación excesiva de estratos subyacentes de materiales arcillosos, especialmente cuando sufren cambios en su régimen de humedad por fugas en instalaciones hidráulicas y sanitarias enterradas.

Los métodos y equipos utilizados en los trabajos de renivelación son muy variados y ciertamente resultan ilustrativos y útiles para los fines del presente trabajo de investigación, porque se pueden aplicar tanto a la solución estructural como a los procedimientos de funcionamiento del proyecto durante su vida útil, especialmente los que involucran el uso de gatos hidráulicos. En este trabajo no se considera el uso de sistemas de resortes por dos causas principales que son el costo y la limitación en desplazamiento vertical por la carrera del resorte.

Los procedimientos de funcionamiento a que se hace referencia pudieran ser entendidos, si se quiere, como trabajos de mantenimiento y consisten en la renivelación programada para revertir las deformaciones sufridas por los movimientos de la falla. Estos procedimientos son distintos a aquellos que se mencionan en los dos párrafos anteriores, que no son otra cosa que correcciones a daños causados por fallas no previstas; pero en este caso la solución consiste en que sí se prevén dichas deformaciones, aunque no se conozca la magnitud que alcanzarán, y por lo tanto el método propuesto así lo considera.

2.2 FENOMENO DE SUBSIDENCIA REGIONAL DEL VALLE DE AGUASCALIENTES

Como el fenómeno de subsidencia y agrietamiento del suelo es dinámico y obedece de manera directa a la temporalidad de los eventos, es importante establecer antecedentes que nos permitan conocer cuál es el origen de la cuestión para ubicarnos y establecer posteriormente con claridad cuál es la situación actual del problema.

2.2.1 Historia.

El fenómeno del agrietamiento del suelo en el Valle de Aguascalientes, se viene presentando desde hace más de 25 años, es decir, desde fines de la década de los 70's y principios de los 80's.

En 1985 se cuenta con los primeros registros cartografiados de las grietas existentes hasta ese momento (Aranda y Aranda, 1985).

En los años subsecuentes, las autoridades municipales de Aguascalientes retoman la actividad de la actualización permanente de la carta de agrietamientos, actualmente representada en el sistema denominado SIDDIS 2007 (Sistema Digital de Discontinuidades en el Subsuelo de la Ciudad de Aguascalientes versión 2007).

2.2.2 Causas.

Cuando a finales de la década de los 70's del siglo XX se comenzaron a manifestar los daños por las discontinuidades geológicas en viviendas, el fenómeno se explicó de diversas maneras entre las que se contaban la posibilidad de que hubiera vallados o antiguas acequias en las que los rellenos recientes se estaban consolidando; inclusive se consideró la existencia de túneles antiguos.

En el año de 1985 se emprendió una investigación con la participación del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de Aguascalientes, con la finalidad de establecer el origen de las grietas, estableciéndose que éstas podrían ser:

- a) De origen tectónico
- b) Causadas por la consolidación de los depósitos aluviales inducida por la sobreexplotación de acuíferos.
- c) Por fenómenos de movimiento lento en masa de material no consolidado (creep).

Actualmente es aceptado que el principal agente que hace propicio el fenómeno de subsidencia regional, es la segunda causa ó sobreexplotación de los acuíferos².

2.2.3 Hundimiento.

El hundimiento promedio en la ciudad de Aguascalientes es de 12 cm anuales, mientras que en puntos críticos de otras ciudades localizadas en el centro del país, el hundimiento promedio es de la tercera parte del registrado en Aguascalientes (El Agrietamiento en Aguascalientes, UAA, 2004, pág. 12)

2.2.4 Características.

Por su extensión, la discontinuidad más importante en Aguascalientes es la falla Oriente, que abarca una longitud de 58,709 m (SOP, 2002, Aguascalientes.gob.mx/sop/fallas). Esta falla representa el límite oriental del graben de Aguascalientes y es la causante del mayor daño en la zona urbana, el Puertecito de la Virgen, la colonia El mezquite y buena parte de la zona rural donde atraviesa.

² Las grietas de origen tectónico existían antes de que hubiera asentamientos humanos en el Valle de Aguascalientes; sin embargo la subsidencia o hundimiento del subsuelo que actualmente se registra es considerado un fenómeno antropogénico.

Existe una zona de la trayectoria de esta falla que representa un verdadero conflicto en su identificación y definición, desde el punto de vista estructural, localizada en el sector comprendido entre la 14ava. Zona Militar y la Avenida Siglo XXI Oriente donde sufre desviaciones y rompimientos ocasionados por fallas con trayectorias de rumbo Nordeste.

2.2.5 Definiciones.

De acuerdo con el “Estudio Geológico Estructural del Valle de Aguascalientes” (SOP-Gobierno del Estado de Aguascalientes, 2002) se definen los conceptos geológicos relacionados con esta tesina como se indica:

Graben.- Fosa tectónica o fosa de hundimiento. Bloque hundido entre dos fallas paralelas.

Falla.- Rotura a lo largo de la cual se puede observar un desplazamiento, debido a algún movimiento geológico.

Fractura.- En geología el término implica generalmente una rotura sin desplazamiento apreciable a lo largo de una dirección o direcciones que no son de esquistosidad o exfoliación. Se aplica tanto a rocas como a minerales.

Grieta.- Abertura longitudinal de poca anchura y profundidad variable, se origina naturalmente en la tierra o en las rocas por procesos mecánicos o térmicos.

Discontinuidades.- Roturas a lo largo de las cuales se puede observar un desplazamiento, debido a algún movimiento geológico.

En la terminología actual de la reglamentación municipal en Aguascalientes, las grietas y las fallas quedan comprendidas en el término “discontinuidades”³.

Entre los elementos que constituyen el soporte para lograr visualizar la situación actual de problema se tienen las características de orientación⁴, los casos documentados y los daños registrados en infraestructura y edificaciones, así como el aspecto de sismicidad en el Valle de Aguascalientes.

2.2.6 Orientación de discontinuidades.

Las discontinuidades originadas por subsidencia en el Valle de Aguascalientes, se orientan en su mayoría en sentido Norte – Sur, aunque hay algunas con orientación Nordeste – Sudoeste como las de las colonias Altavista, La Purísima y Las Brisas⁵.

³ Originalmente se hacía una distinción entre “fallas” y “grietas” que solía causar confusión en su interpretación, por lo cual se optó por utilizar solamente el término “discontinuidad”. En este documento se identifican simplemente como “fallas geológicas”, que es un término con el que la población tiene familiaridad.

⁴ La orientación de las fallas está íntimamente relacionada con la geología del Valle de Aguascalientes.

⁵ La orientación de la mayoría de las discontinuidades se asocia con la forma del graben del Valle de Aguascalientes, que es alargado precisamente en el sentido Norte – Sur.

Normalmente, al existir un desplazamiento vertical relativo entre los bloques de la falla, uno de ellos parece permanecer en su sitio, mientras que el otro se hunde. El bloque hundido es hacia el poniente y aunque originalmente se creía que el buzamiento de las grietas es vertical, se ha comprobado en observaciones físicas que no es así, ya que se trata en todos los casos de fallas de tipo normal de gran ángulo de inclinación de entre 80 y 90° (UAA, 2004, pág. 38). En estas fallas el desplazamiento vertical es el más importante y hasta la fecha no se tiene documentada ninguna falla cuyo componente horizontal sea de importancia.

2.2.7 Daños a infraestructura.

Se sabe que en el Estado de Aguascalientes los costos económico – ambientales causados por la sobreexplotación del acuífero son enormes y conllevan la desaparición del flujo de agua en ríos y cauces naturales, que desde la década de 1970 han disminuido dramáticamente hasta casi desaparecer en la actualidad, con los impactos ambientales que esto genera (Trueba, Venancio, 2005).

Entre esos altos costos se cuentan además los de los daños causados a la infraestructura urbana y rural.

En el campo y en la ciudad se han abandonado pozos por el abatimiento del acuífero, habiéndose detectado además un grave deterioro en la calidad del agua por las altas concentraciones de flúor (Trueba, Venancio, 2005).

En la ciudad se ha visto dañada la infraestructura urbana, principalmente las instalaciones hidráulicas y sanitarias por la ruptura de tuberías, lo que ocasiona que en el caso de las sanitarias se genere un flujo de aguas servidas hacia el acuífero, causándole contaminación por coliformes fecales y otras sustancias nocivas (SIDIFAG 2006).

Superficialmente podemos apreciar los daños por las deformaciones y rupturas en pavimentos, banquetas, centrales y líneas de conducción eléctricas.

2.2.8 Daños en construcciones.

Los daños a las edificaciones públicas y privadas, tal vez sean más notorios y difundidos por los medios, toda vez que afectan directamente al patrimonio tanto de personas físicas como de personas morales.

Actualmente existe un gran número de casas habitación así como edificios públicos y privados afectados por daños causados por la presencia y actividad de discontinuidades geológicas.

Estos daños van desde pequeñas fisuras que no ponen en riesgo estructural a las fincas, hasta la destrucción casi total, con agrietamientos importantes en muros, losas y pisos;

deformación de cancelería y ruptura de elementos estructurales que ponen en serios riesgos a los usuarios y habitantes de las construcciones⁶.

2.2.9 Casos.

En Aguascalientes existen muchos casos de construcciones dañadas por el efecto de las fallas geológicas.

Como ejemplo se presenta el siguiente comentario *“El caso más reciente se presentó la semana pasada, planteando una situación de relativa emergencia que afectó a un buen número de familias del fraccionamiento Casa Blanca.*

Independientemente de que hace más de 10 años se tomaron medidas tanto en catalogar las fallas existentes como en modificar los ordenamientos legales relativos al desarrollo urbano y la construcción, las fallas continúan presentando ramificaciones manifestadas en grietas que rebasan ya más de 50 en todo el Estado y principalmente en la ciudad de Aguascalientes” (Gómez Esparza, 2003, Senado de la República).

En el sistema SIDIFAG 2006 aparecen documentadas 841 fichas técnicas para igual número de inmuebles dañados, de 1,200 que están en proceso de documentarse.

En el sistema SIDDIS 2007 en cambio, aparecen ya documentadas 1342 fichas técnicas del mismo número de inmuebles dañados, con cientos aún en proceso.

Para tener una idea de la magnitud de este problema y su evolución en el tiempo, se presenta la siguiente cita *“Actualmente en Aguascalientes existen no menos de 400 casas habitacionales que han resultado dañadas en diferentes medidas pro el fenómeno, desde muy levemente a intensamente; en no pocos casos ha sido necesario demolerlas”* (Atlas de riesgos, 1994, pág. 37)”

2.2.10 Sismicidad

Aunque tradicionalmente Aguascalientes no era considerada como zona sísmica, en la actualidad sí se considera como tal.

En la sección oriente del graben del Valle de Aguascalientes se han hecho patentes algunos episodios de sismicidad, los que se podrían asociar con posible actividad tectónica del sistema de fallas regional (UAA, 2004, pág. 183), aunque también pudiera deberse a sismicidad inducida como resultado de esfuerzos diferenciales generados al reducirse el peso de los estratos o capas más superficiales.

⁶ Se han detectado casos en los que las casas habitación están a punto de colapsar y aún son habitadas por sus propietarios, normalmente en serio riesgo. En la mayoría de estos casos se trata de viviendas humildes que constituyen todo el patrimonio de quien las habita.

Las fallas ubicadas en el graben del Valle de Aguascalientes son susceptibles de generar sismos de magnitud del orden de los 4 a 5 grados (UAA, 2004, pág. 183).

Por otro lado el riesgo sísmico en el Valle de Aguascalientes está relacionado con los fenómenos interplaca regional y local, así con la actividad tectónica continental (UAA, 2004, pág. 183).

2.3 COMPORTAMIENTO DE LAS FALLAS GEOLOGICAS

“Las fallas son fracturas a lo largo de las cuales las paredes opuestas se han movido la una con relación a la otra” (Bolívar, 1984, pág. 131).

Se sabe que algunas fallas tienen solamente unos cuantos centímetros de largo, pero existen otras cuya longitud se puede medir en kilómetros.

En la figura 2.1 se aprecia la terminología comúnmente utilizada para una falla. El bloque que está encima de la falla se conoce como techo y el que se encuentra por debajo, como piso.

La línea de intersección de una falla con la superficie del terreno es conocida como línea de falla, afloramiento o traza de falla.

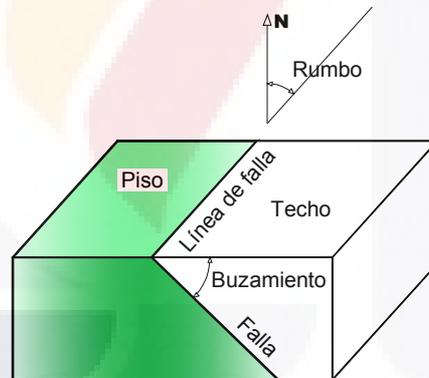


Figura 2.1. Terminología de una falla (Bolívar, 1984)

En la figura 2.2 se ilustran algunas de las clases de movimientos relativos que pueden tener lugar a lo largo de una falla traslacional.

Cuando el techo se mueve hacia arriba en relación con el piso como en (a), la falla es inversa; en el caso (b), en el que el techo se mueve hacia abajo con relación al piso, la falla se denomina normal y cuando el desplazamiento relativo es como el que se indica en (c), la falla es de deslizamiento.

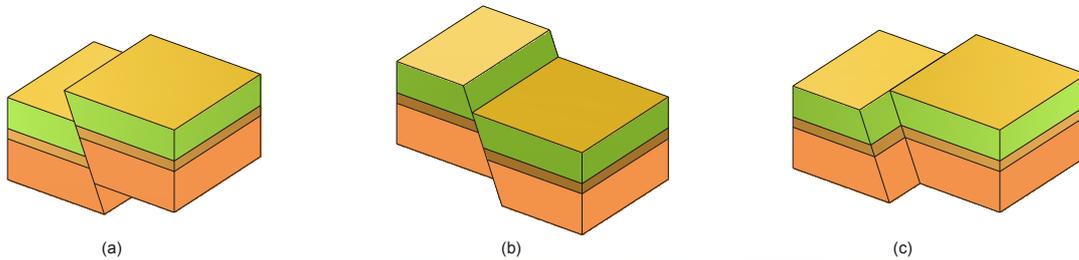


Figura 2.2. Tipos principales de fallas (del autor)

Las fallas normales (b) son las más frecuentes y se originan por fuerzas de tensión. Generalmente presentan buzamientos fuertes. Por otro lado, las fallas inversas tienen su origen por fuerzas de compresión y presentan buzamientos más tendidos (si el buzamiento es demasiado tendido la falla es de tipo acuchillado). Realmente existen diversas clasificaciones para definir el movimiento de las fallas, pero en la práctica puede resultar complicado establecerlas con precisión por lo que es común que solamente se les denomine normales o inversas.

Se sabe que la “búsqueda” de fallas no siempre resulta sencilla y en ocasiones dichas fallas se manifiestan durante o posterior a que la obra haya sido construida; sin embargo, para fines del presente trabajo, la aplicación de la solución propuesta radica en establecer la existencia previa de una falla geológica afectando al terreno destinado para la construcción, tanto así que el predio no haya podido ser utilizado por tal razón.

2.4 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE VIVIENDAS DAÑADAS POR FALLAS GEOLOGICAS

Debido a su comportamiento, las fallas geológicas inducen deformaciones en las construcciones en la forma de asentamientos diferenciales. Estos asentamientos se caracterizan porque el hundimiento en una sección no es uniforme y es precisamente esa diferencia lo que le da el nombre a ese tipo de asentamiento.

Los sistemas tradicionales de construcción de vivienda, en su mayoría conllevan la transferencia de las cargas de los sistemas de piso, por los muros, hacia una cimentación corrida.

En la ciudad de Aguascalientes, estos sistemas involucran la construcción de muros de mampostería de carga, ya sea de barro recocido o de materiales prefabricados como block de concreto. Es precisamente en base a este tipo de material del que últimamente se construye más y más vivienda en Aguascalientes, especialmente aquellas del tipo interés social.

Las modalidades más utilizadas son las de muro confinado con cadenas y castillos de concreto armado, muro con refuerzo interior y de muros no reforzados interiormente ni confinados.

En algunos casos aislados se han utilizado sistemas monolíticos de muro y losa, especialmente con el uso de concreto reforzado colado con cimbra modular.

Los sistemas de losa suelen ser de vigueta y bovedilla prefabricadas, losas macizas o reticulares de concreto armado y en casos especiales de paneles prefabricados tipo sándwich o aún de sistemas de “losacero” o similares.

Por tratarse de transferencia de carga por muros, la cimentación suele ser corrida, con zapata de concreto reforzado y muretes de nivelación de tabicón de concreto, o simplemente de mampostería de piedra de la región.

Sea cual sea el sistema de que se trate, normalmente la construcción no se diseña para resistir, absorber o distribuir esfuerzos generados por la presencia de asentamientos diferenciales. Este tipo de asentamientos que es característico de la presencia de fallas geológicas, se comienza a hacer evidente sobre todo en los muros, que como elementos verticales, son los primeros que acusan los efectos de una deformación en su cimentación.

Generalmente, en estas condiciones, un muro presenta agrietamientos en sentido diagonal, de una forma característica que muestra cuál parte de su cimentación está sufriendo un desplazamiento relativo hacia abajo, como se aprecia en la figura 2.3:

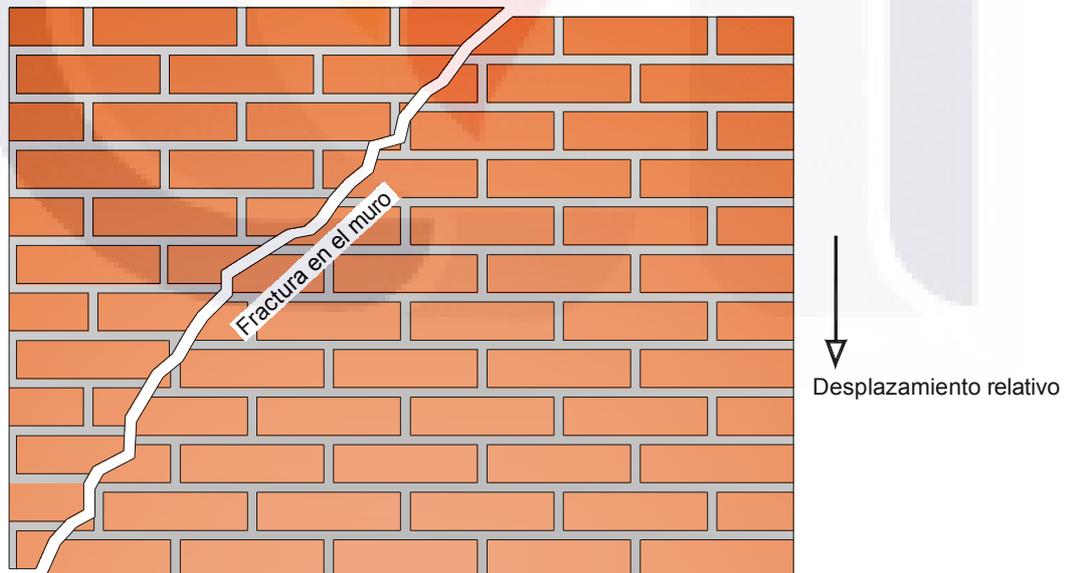


Figura 2.3. Agrietamiento típico en muro

Al presentarse el asentamiento o desplazamiento relativo de uno de los bloques de la falla con respecto al otro, se genera una pérdida de sustentación o apoyo para el muro, proporcional a la relación que existe entre la diferencia de desplazamiento entre dos puntos contra la distancia entre ellos, o en otras palabras, lo que se conoce como distorsión angular, lo que se traduce para el muro, en la aparición de esfuerzos de tensión diagonal y eventualmente esfuerzos cortantes en el plano vertical del elemento, para los que generalmente no está diseñado el muro.

La propia forma y orientación del agrietamiento en el muro es un índice de los desplazamientos que se están presentando en el suelo donde apoya la cimentación del muro.

Los elementos estructurales que suelen agrietarse posteriormente son aquellos horizontales como trabes, losas y sistemas de piso.

2.5 ESTADISTICA DE VIVIENDAS DAÑADAS

Día con día se reportan nuevos daños en fincas existentes en la ciudad de Aguascalientes, así como en los municipios del interior del Estado, cuyo origen se asigna a la actividad de fallas previamente detectadas y a otras de reciente afloramiento.

Es por esto que se tiene en proceso constante, por parte de las autoridades municipales, la captura de datos de levantamiento y de las estadísticas de daños en viviendas, actividades que se realizan de manera cotidiana, principalmente por parte del personal de base de la Secretaría de Obras Públicas Municipales de Aguascalientes (SOPMA), y eventualmente por el personal e instituciones del comité de seguimiento, en las campañas que para tal fin se organizan con miras a la actualización del sistema de cartografía SIDDIS.

Para la elaboración y actualización del sistema SIDDIS 2007 (Sistema Digital de Discontinuidades, del cual se aprecia una vista en la figura 2.4) se realizaron 1,500 visitas a viviendas dañadas por parte de los integrantes del comité de seguimiento, de las que se incluyen en el propio sistema 1,342 fichas técnicas.

En este contexto se consideró que los inmuebles afectados de forma directa son aquellos en los que la trayectoria de la falla los cruza de manera franca; en cambio una afectación indirecta a un inmueble se da cuando se presentan daños por la influencia de otra finca dañada que se recarga contra los inmuebles adyacentes en lo que se ha dado por llamar “efecto dominó”.

Es posible que actualmente no se conozca con precisión el número de inmuebles dañados, aunque se estima que existe una representatividad adecuada, tanto en el sistema SIDDIS 2007, que abarca la zona urbana del municipio de Aguascalientes, como en el sistema CIFAG (Comité Interinstitucional de Fallas y Grietas), que es la contraparte estatal del SIDDIS, que se encuentra en proceso y que abarcará toda la extensión del estado de Aguascalientes y del cual se podrá apreciar un fragmento en la figura 2.5.

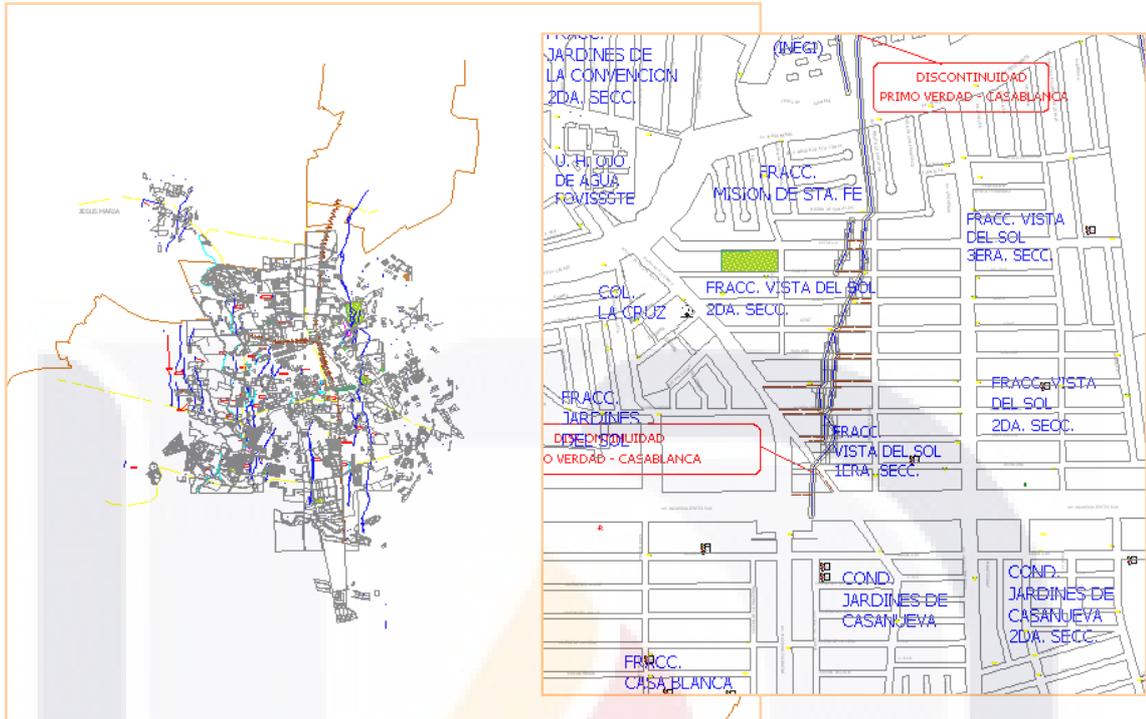


Figura 2.4. Vista general y detalle de representación de una falla del sistema SIDDIS 2007

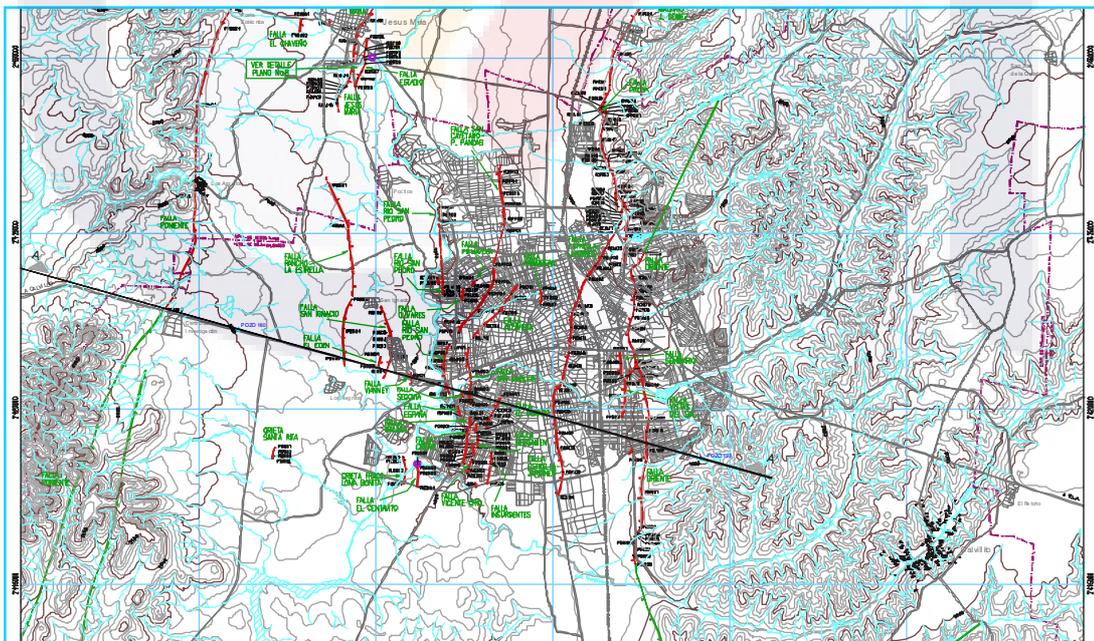


Figura 2.5. Vista parcial de Estudio Geológico Estructural del Valle de Aguascalientes, Levantamiento y Análisis de las Fallas Geológicas para el sistema CIFAG

2.6 ESTADISTICA DE FALLAS

De acuerdo con la información contenida en el SIDDIS 2007, existen 185 monumentos instalados en 5 líneas de monitoreo ubicadas al centro y en los cuatro puntos cardinales de la ciudad. La monumentación consistió en la instalación de placas que sirven como bancos de nivel en aquellos sitios específicos en que se desea conocer los desplazamientos verticales de los bloques que conforman las fallas.

Para la preparación del SIDDIS 2007 fueron estudiadas de manera total o parcial las siguientes fallas (o discontinuidades):

De forma total, las denominadas Marista –España – Crena; Del Valle II – San Marcos; Del Valle – Moderno; Marista – San Marcos, Moderno; Marista, Marista – Moderno, La Purísima I; La Purísima II; Centro La Purísima; Circunvalación Norte – Altavista; Colinas del Río; Olivares – Concordia; Las Brisas – Olivares; Colinas del Río – CBTIS y Estrella.

De forma parcial se estudiaron las siguientes: Vicente Guerrero; Del Valle II – Pirules; Seminario; Primo Verdad – Casa Blanca; Primavera; Altavista y San Cayetano – Miravalle.

La falla que corresponde al sitio de estudio seleccionado es la denominada “Primo Verdad – Casa Blanca, que tiene las siguientes estadísticas:

Su registro se inicia en 1995, detectada desde la calle Iztaccíhuatl hasta la calle Crepúsculo, con una longitud aproximada de 1817 m.

En 1998 permanece con la misma estadística.

En 2002 es estudiada desde la calle Iztaccíhuatl hasta la Avenida Aguascalientes Sur, con una longitud aproximada de 2,324.60 m.

En 2004 es estudiada desde la calle Iztaccíhuatl hasta la Avenida Aguascalientes Sur, con una longitud aproximada de 2,387.60 m.

En el registro de 2006 permanece con la misma información que en el año de 2004.

Finalmente en el registro de 2007 aparece con el mismo tramo de registro pero con longitud corregida a 2,367.54 m, de los cuales la longitud de la falla principal alcanza 1,813.34 m y 554.20 m en ramificación.

Dada la gran cantidad de fallas o discontinuidades, así como del gran número de fincas dañadas por los efectos del comportamiento de éstas, es que se justifica la investigación del sistema estructural que constituye esta propuesta.

Capítulo



**Propuesta de estructuración para nueva vivienda
ubicada sobre falla geológica**

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

3.1 INTRODUCCION

Para la elección del sitio de la investigación se comenzó con la revisión de la cartografía del SIDDIS 2007, con la finalidad de conocer cuáles son los predios urbanos de tipo medio que se encuentran afectados por la presencia de discontinuidades geológicas, para posteriormente efectuar las visitas a los diversos lugares que presentaran las condiciones adecuadas a los objetivos del presente trabajo.

Finalmente fue elegido un predio localizado en la calle Cenit # 406 del fraccionamiento Vista del Sol (lote intermedio acera norte en la figura 3.1), que se localiza al sur de la ciudad de Aguascalientes.

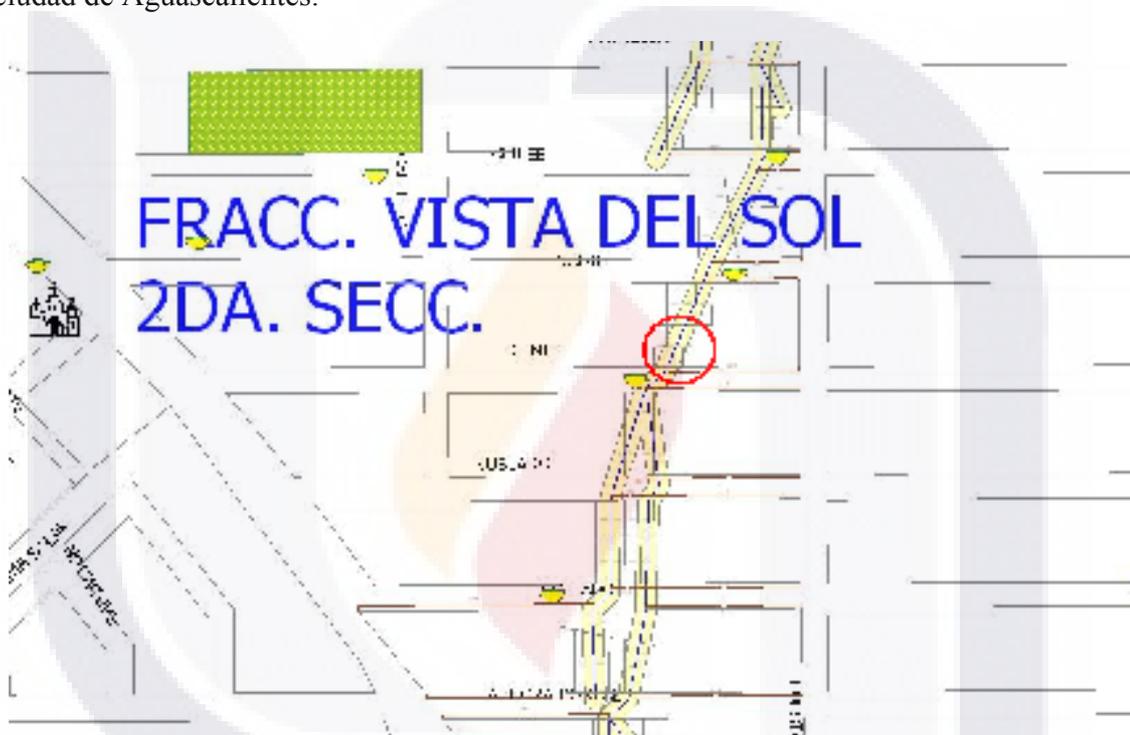


Figura 3.1. Localización del sitio de investigación. Grieta Primo Verdad – Casa Blanca (SIDDIS, 2007)

Este sitio resulta ideal para el objetivo de la investigación, ya que en el domicilio marcado con el # 402 de la misma calle (y acera) se ubica una construcción reciente. Aunque actualmente la numeración indica que existe un lote intermedio, en realidad se trata de lotes adyacentes cuyas dimensiones originales han sido modificadas por fusión de lotes. En la figura 3.6 se presenta a mayor detalle la delimitación de estos lotes.

La construcción a que se hace referencia para el # 402, consiste en una casa habitación de dos niveles, del mismo propietario del predio en el # 406, y que definitivamente permite establecer una comparación, tanto estructural como de costo entre la construcción existente y la de proyecto, tal y como se plantea en el “CAPITULO 5. ANALISIS DE COSTO Y COMPARATIVO CONTRA UN SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL.”, de la tesina, en condiciones reales.

3.2 PROYECTO ARQUITECTONICO TIPO PARA EL ESTUDIO DE LA PROPUESTA: CASA HABITACION DE TIPO MEDIO EN DOS NIVELES

En la figura 3.2 (a) se puede apreciar la fachada poniente de la finca recientemente construida en la calle Cenit # 406. En (b) se puede apreciar el desnivel que existe entre los bloques Oriente (derecha, superior) y Poniente (izquierda inferior) en una vista longitudinal del trazo de la falla. (c) y (d) son vistas en sentidos Sur – Norte y Norte – Sur respectivamente.



Figura 3.2. Vista del sitio de estudio: (a) Fachada de la edificación de la vivienda para el estudio comparativo; (b) Vista de la falla en el predio adyacente, sentido S-N; (c) Vista de la falla en la calle Cenit, sentido S-N; (d) Vista de la falla en el predio adyacente, sentido N-S

3.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO.

La edificación de la casa habitación en dos niveles es una construcción de tipo medio convencional en la que se utilizaron materiales y sistemas constructivos tradicionales:

- Cimentación. Zapata corrida de concreto armado. Dalas de concreto armado y murete de enrase con tabicón de concreto simple.
- Los muros son de carga, de tabique rojo recocido en la modalidad de muro confinado con cadenas y castillos de concreto armado.
- Las losas de entrepiso y azotea se construyeron con el sistema de semivigueta de concreto armado y bovedilla de poliestireno prefabricados.

El proyecto contempla una distribución para cada planta como se describe a continuación:

- Planta baja: Vestíbulo, sala, comedor, baño, cocina, estudio y bodega.
- Planta Alta: Sala de tv, dos recámaras, baño, recámara principal con baño y vestidor, blancos.

Esta distribución se podrá apreciar en los planos de proyecto presentados en las figuras del Apéndice A.

La edad aproximada de la construcción es de 3 años; su estado actual es sano y hasta la fecha no manifiesta ningún tipo de afectación por influencia de la falla.

3.4 DESCRIPCION DE LA FALLA.

Para lograr un acercamiento a las condiciones de la falla se hace referencia a un estudio de resistividad geoelectrica (Fuentes, 2002) realizado hacia el norte del sitio, en los edificios del INEGI Primo Verdad, afectados por la misma falla denominada en el SIDDIS 2007 como “Grieta Primo Verdad – Casa Blanca”.

Los perfiles geofísicos obtenidos sobre los lados Norte y Sur del Edificio INEGI, muestran la existencia de dos rangos principales de resistividad aparente.

El primer rango se considera de baja resistividad (1 a 17 Ohms/m), y que se presenta configurado en tonos amarillo a café claro (Apéndice B); el segundo rango se consideró de mediana resistividad (valores de 18 a 47 Ohms/m), configurado en tonos café oscuro a azul (Apéndice B).

La configuración del subsuelo obtenida con ambos perfiles permite considerar que el terreno del lugar se comporta en forma de bloques escalonados y con movimientos relativos

de hundimiento independientes; el caso de mayor hundimiento diferencial se registra en el bloque Poniente, en tanto que el bloque Oriente de la falla permanece relativamente estable.

Existe otro estudio más reciente realizado con el mismo método y para la misma falla “Grieta Primo Verdad – Casa Blanca” (Fuentes, 2006), del que se hace referencia y que corresponde al predio donde se localiza el centro escolar CETIS # 155, localizado en la colindancia Norte de los edificios del INEGI, del estudio al que se hizo referencia previamente.

El estudio se realizó sobre dos perfiles: un perfil geoelectrico N-S de 125 m de extensión, y otro en dirección W-E, de 230 m de largo y que cubre el sector de mayor interés, como se podrá apreciar en la figura 3.3.

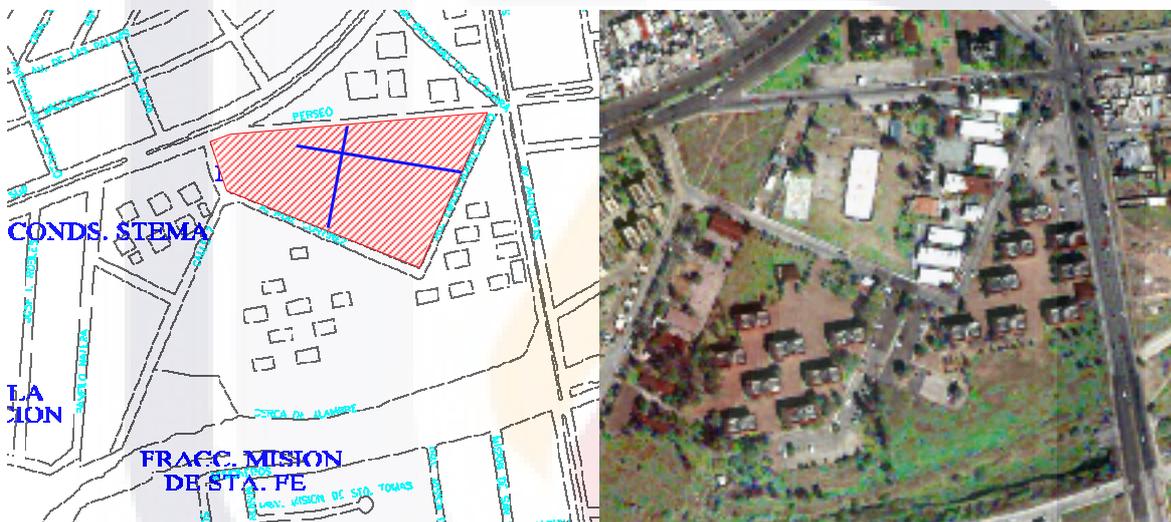


Figura 3.3. Ubicación del sitio y de las líneas para los perfiles geoelectricos CETIS # 155 (Fuentes, 2006)

Del informe de este estudio se desprenden entre otras, las siguientes conclusiones:

“1.- La configuración del subsuelo mostrada en el modelo de resistividad poniente – oriente, nos permite concluir que los estratos o unidades del subsuelo, se comportan en forma de bloques escalonados y con movimientos relativos de hundimiento, posiblemente independientes; en este caso el mayor hundimiento diferencial se registra en el bloque ubicado poniente de la trayectoria de falla No.1, en tanto el bloque al oriente de la falla permanece relativamente estable.”

“4.- De acuerdo con la interpretación del modelo de resistividad poniente - oriente, se determinó que a través de la trayectoria de falla, identificada cerca de la zona edificada del CETIS # 155, dicha falla actúa sobre sedimentos rígidos detectados hasta la base del perfil, por lo que se espera que su comportamiento continúe con tendencia a la ruptura frágil y a la distensión del material, el hundimiento diferencial del bloque ubicado al

poniente de la línea de falla, parece estar controlado por el contenido de humedad de los sedimentos finos subyacentes; aunque una infiltración súbita de agua, puede favorecer la erosión de materiales en la franja de alteración y el deslizamiento consecuente entre bloques.”

De acuerdo con la información de la nivelación topográfica (Figura 3.6), se comprueba que existe un desplazamiento relativo entre ambos lados de la falla, que indica que el bloque poniente desciende con relación al bloque oriente y el buzamiento es prácticamente de 90° (vertical), lo que concuerda con la información de los estudios citados.

El buzamiento se pudo apreciar en el perfil del sondeo excavado ex profeso para tal fin, así como para la obtención de muestras de material para el estudio de mecánica de suelos que se presenta en el siguiente apartado. En la figura 3.4 se aprecian las imágenes de la falla tal como fueron observadas en la excavación exploratoria.



Figura 3.4. Vista de la falla en zona de relleno superficial (izquierda) y vista del cambio de materiales en la estratigrafía de la zona de falla (derecha). En toda la sección excavada el buzamiento observado es prácticamente de 90° (vertical).

En la zona de falla correspondiente a los estratos resistentes no se observa degradación de los materiales adyacentes, lo que significa que al menos en la zona de influencia directa de las cargas de cimentación el corte es bastante “limpio”.

3.5 MECANICA DE SUELOS.

3.5.1 Información geológica del sitio de estudio.

El Estado de Aguascalientes se encuentra dentro de tres grandes provincias como son la Sierra Madre Occidental, la Mesa del Centro y el Eje Neovolcánico, predominando en la entidad las rocas de origen ígneo extrusivo ácido como las tobas y riolitas, siguiendo en importancia las rocas de origen sedimentario continental como areniscas y conglomerados del terciario.

Sierra Madre Occidental. Ocupa la porción occidental del Estado. Limita al Oriente con la Mesa del Centro y hacia el Sur con el Eje Neovolcánico. Las principales estructuras geológicas que se presentan en esta porción de la provincia son fallas de tipo normal, fracturas y coladas de lava.

Mesa del Centro. Abarca la porción Oriental del Estado y está limitada hacia el Poniente por la Sierra Madre Occidental y hacia el Sudeste por el eje Neovolcánico. La provincia de la Mesa del Centro, está representada por la subprovincia Llanos de Jalisco, con valles extensos y mesetas muy disectadas y elevaciones de 2,000 a 2,350 m.s.n.m. Dentro de esta provincia se localiza el sitio de estudio, en el que, como en prácticamente toda la ciudad y sus alrededores predomina una toba del Terciario Neógeno, Arenisca – Conglomerado Polimíctico (TnAr-Cgp). En la figura 3.5 se puede apreciar la geología y la secuencia estratigráfica correspondiente.

Eje Neovolcánico. Comprende la porción Sur del Estado. Limita al Norte con la Sierra Madre Occidental y hacia el Noreste con la mesa del Centro. Está representada por la subprovincia de los Altos de Jalisco, caracterizándose por lomeríos suaves.

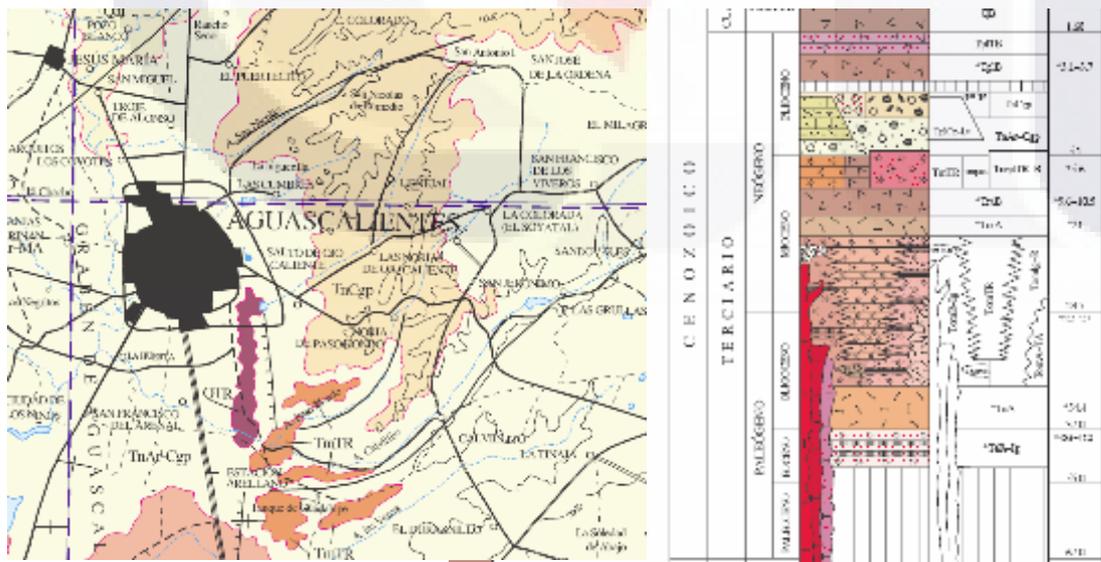


Figura 3.5. Geología y secuencia estratigráfica del sitio de estudio (Servicio Geológico Mexicano, Carta Geológica-Minera Aguascalientes F13-9)

3.5.2 Topografía.

Las características topográficas del sitio que se desprenden del levantamiento realizado por el autor de esta tesina, muestran terreno sensiblemente plano, aunque con ligera pendiente uniforme de Oriente a Poniente.

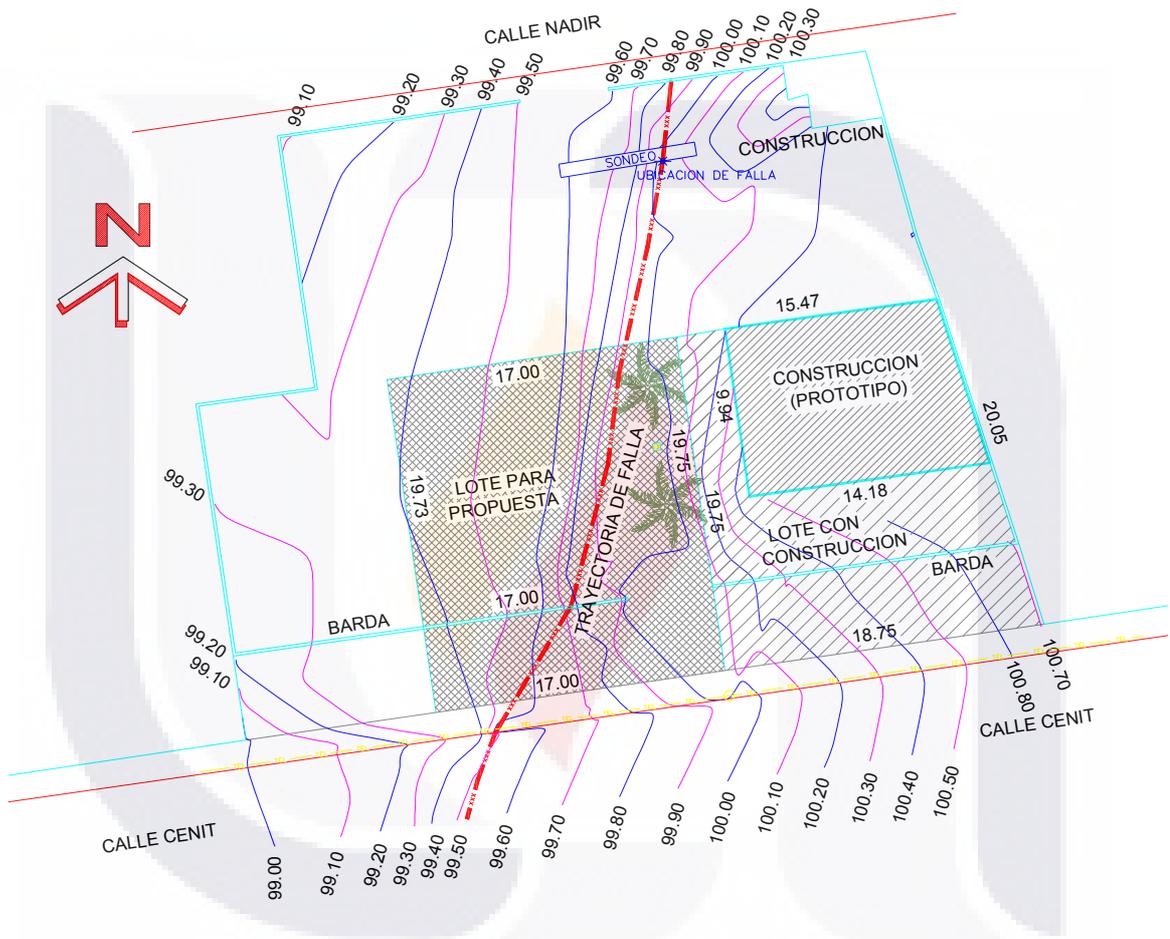


Figura 3.6. Topografía del sitio de estudio

La forma es regular porque se trata de lotes perfectamente definidos del fraccionamiento Vista del Sol 2ª. Sección. En la Figura 3.6 se puede apreciar el desnivel entre piso y techo de la falla normal, representado por medio de las curvas de nivel dibujadas con separación vertical de 10 cm.

Las curvas denotan la modificación del terreno natural como consecuencia de la construcción (prototipo) localizada al oriente de la falla.

3.5.3 Estratigrafía.

Para la revisión de la estratigrafía del sector local de la falla se excavó un sondeo a cielo abierto en la parte norte de los terrenos afectados, en forma de ranura transversal al eje de la falla, abarcando parte del piso y del techo de ésta. La excavación a cielo abierto se realizó hasta una profundidad media de 4.0 m.

Con estas acciones se definió la estratigrafía exclusivamente para la zona de influencia de las cargas transmitidas al suelo por la construcción, considerando de manera intrínseca para ello la teoría de Boussinesq.

El cimiento corrido, con ancho promedio de 0.60 m y profundidad de desplante de 1.30 m, tiene una influencia efectiva del orden de 1.50 m, con lo que se alcanza una profundidad total de 2.80 m.

Para el caso del cimiento aislado, con una profundidad de desplante de 1.40 m y un ancho de 0.80 m, el incremento de esfuerzos verticales es prácticamente nulo a la profundidad de exploración, que es de 4.0 m.

La descripción del perfil estratigráfico es la siguiente:

Superficialmente y con espesor promedio de 0.95 m, se localiza un suelo de relleno areno arcilloso con escombros, suelto y blando, del cual no se consideran características mecánicas aceptables para el proyecto (figura 3.7).

Subyaciendo al material superficial se localiza un estrato intermedio de espesor variable de entre 1.2 y 2.0 m con un suelo en coloración café claro, semicompacto y escasamente cementado, clasificado como limo arenoso (ML) de compresibilidad media a baja y baja plasticidad, conocido regionalmente como “tepetate” (figura 3.7).

El estrato inferior, aunque varía en apariencia porque presenta una coloración rojiza, es prácticamente el mismo tipo de material, pues tiene los mismos parámetros físicos y mecánicos (ML). En cuanto al estado natural de compactación y cementación, también es muy similar al del estrato que le antecede (figura 3.7).

No se localizó nivel freático ni humedad capilar a la profundidad de exploración. La humedad natural de los materiales (estudio realizado en temporada de estiaje, en Octubre del 2008) se presenta en el rango de 22 a 25%, considerado como normal para el tipo de suelo y estratigrafía, que en la zona es típica.

El peso volumétrico promedio natural de los materiales limo arenosos encontrados es de 1.76 Ton/m³ y para el estrato superficial, de 1.57 Ton/m³.

Las características estratigráficas del sondeo a cielo abierto se podrán apreciar con mayor detalle en la figura D-2 del Apéndice D.

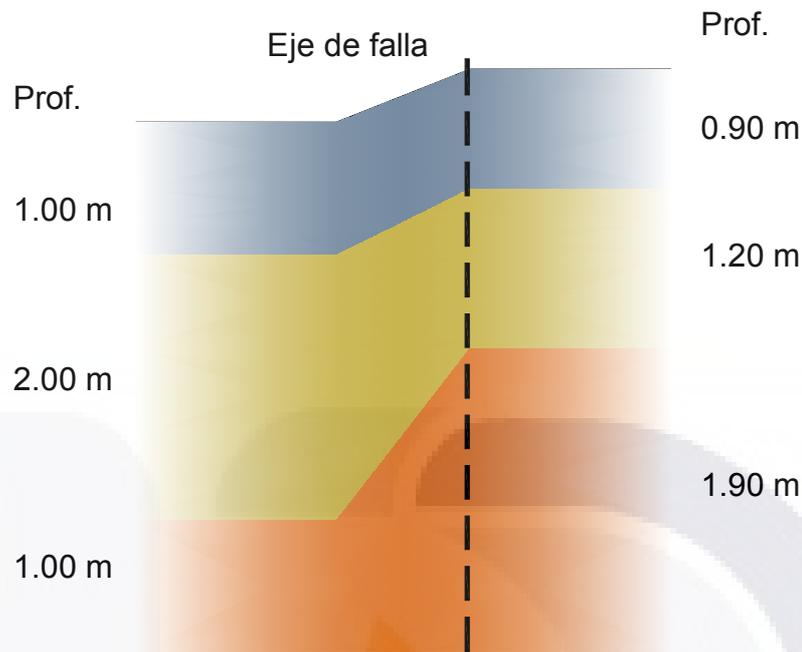


Figura 3.7. Perfil estratigráfico del sondeo a cielo abierto

3.5.4 Determinación de la capacidad de carga.

La valoración de la capacidad de carga, hace uso de la teoría de Meyerhof para un ángulo de fricción interna de 25 grados y cohesión de 3 Ton/m², que son los parámetros mecánicos que definen al suelo natural limo arenoso (ML) compacto, o “tepetate”, que es el material en que se apoya la cimentación, tanto del prototipo ya construido como el de proyecto.

El tipo de cimentación que se adopta para el cálculo de la capacidad de carga es combinado, bajo las siguientes premisas:

Existe un desplazamiento vertical relativo que indica que el bloque poniente desciende con relación al bloque oriente de la falla, con buzamiento de 90°.

Se asume que el bloque oriente permanece, por lo que en esa sección la cimentación podrá ser corrida y en el bloque poniente que es el que tiene un desplazamiento relativo, la cimentación será aislada de acuerdo con el sistema constructivo propuesto en el apartado 3.6 PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL.

De esta manera la capacidad de carga tendrá dos valores, uno para cimiento corrido y otro para cimiento aislado.

En el caso del cimiento corrido, el criterio de Meyerhof indica que

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (3.1)$$

Donde:

$c' =$ cohesión = 3 Ton/m²

$q =$ esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación

$\gamma =$ peso específico del suelo

$B =$ ancho de la cimentación

$Fcs, Fqs, F\gamma s =$ factores de forma

$Fcd, Fqd, F\gamma d =$ factores de profundidad

$Fci, Fqi, F\gamma i =$ factores por inclinación de la carga

$Nc, Nq, N\gamma =$ factores de capacidad de carga

$$N_{\phi} = \tan^2(45 + \phi/2) = \tan^2(45 + 27/2) = 2.46$$

$D_f = 0.40$ m en estrato firme (lado oriente)

Se toma $B/L = 0.1$ (cimiento corrido)

Factores de forma:

$$Fcs = 1 + 0.2(B/L)N_{\phi} = 1 + 0.2(0.1)(2.46) = 1.05$$

$$Fqs = F\gamma s = 1 + 0.1(B/L)N_{\phi} = 1 + 0.1(0.1)(2.46) = 1.025$$

Factores de profundidad:

$$Fcd = 1 + 0.2(D_f/B)(\sqrt{N_{\phi}}) = 1 + 0.2(0.4/0.6)(\sqrt{2.46}) = 1.133$$

$$Fqd = F\gamma d = 1 + 0.1(D_f/B)(\sqrt{N_{\phi}}) = 1 + 0.1(0.4/0.6)(\sqrt{2.46}) = 1.067$$

Y para $\phi = 25^\circ$ (en gráfico de factores de capacidad de carga de Meyerhof para cimiento superficial largo, Figura D-1 del Apéndice D).

$$Nq = 11$$

$$Nc = 21$$

$$N\gamma = 7$$

Sustituyendo en (3.1):

$$q_u = 3(21)(1.05)(1.133) + [(1.57)(0.9) + (0.4)(1.76)](11)(1.025)(1.067) + 0.5(1.76)(0.6)(7)(1.025)(1.067)$$

$$q_u = 104.45 \text{ Ton} / \text{m}^2$$

y con un $FS = 3$

$$q_{adm} = 104.45 / 3 = 34.81 \approx 35 \text{Ton} / m^2$$

Para el caso del cimiento aislado, se tiene que la profundidad de desplante en estrato firme es también de 0.40 m y con ancho de cimiento aislado cuadrado de 0.80 m.

En este caso aplica solamente la corrección por profundidad de desplante:

$$Fcd = 1 + 0.2(D_f / B)(\sqrt{N_\phi}) = 1 + 0.2(0.4 / 0.8)(\sqrt{2.46}) = 1.16$$

$$Fqd = F\gamma d = 1 + 0.1(D_f / B)(\sqrt{N_\phi}) = 1 + 0.1(0.4 / 0.8)(\sqrt{2.46}) = 1.08$$

Y para cimiento superficial cuadrado (en gráfico de factores de capacidad de carga de Meyerhof para cimiento superficial cuadrado, Figura D-1 del Apéndice D).

$$Nq = 14$$

$$Nc = 35$$

$$N\gamma = 8.5$$

Sustituyendo en (3.1):

$$q_u = 3(3.5)(1.133) + [(1.57)(1.0) + (0.4)(1.76)](11)(1.08) + 0.5(1.76)(0.8)(7)(1.08)$$

$$q_u = 151.30 \text{Ton} / m^2$$

y con un FS = 3

$$q_{adm} = 151.30 / 3 = 50.43 \approx 50 \text{Ton} / m^2$$

3.5.5 Cálculo de asentamientos elásticos.

Es necesario revisar el nivel de asentamientos que se tendrían con presiones de contacto equivalentes a la capacidad de carga admisible para ambos casos.

Tal como se hizo notar en el apartado 3.5.3 Estratigrafía, aunque visualmente se definen estratos por diferencias en la coloración, el material evidentemente granular limo arenoso es prácticamente el mismo, por lo que para la evaluación de los asentamientos elásticos se hará uso del *factor de influencia de la deformación unitaria* propuesto por Schmertmann y Hartman (1978).

$$Se = C_1 C_2 (q - q_0) \sum_0^{z_2} \frac{I_z}{E_s} \Delta Z \quad (3.2)$$

Donde:

I_z = factor de influencia de la deformación unitaria (de figura 3.8)

C_1 = factor de corrección para la profundidad de desplante de la cimentación

$$C_1 = 1 - 0.5 \left[\frac{q}{(\bar{q} - q)} \right]$$

C_2 = factor de corrección para tomar en cuenta el flujo plástico en el suelo

$$C_2 = 1 + 0.2 \log (\text{tiempo en años} / 0.1)$$

\bar{q} = esfuerzo al nivel de la cimentación

$$q = \gamma D_f$$

La figura 3.8 muestra la variación del factor de influencia de la deformación unitaria con la profundidad debajo de la cimentación

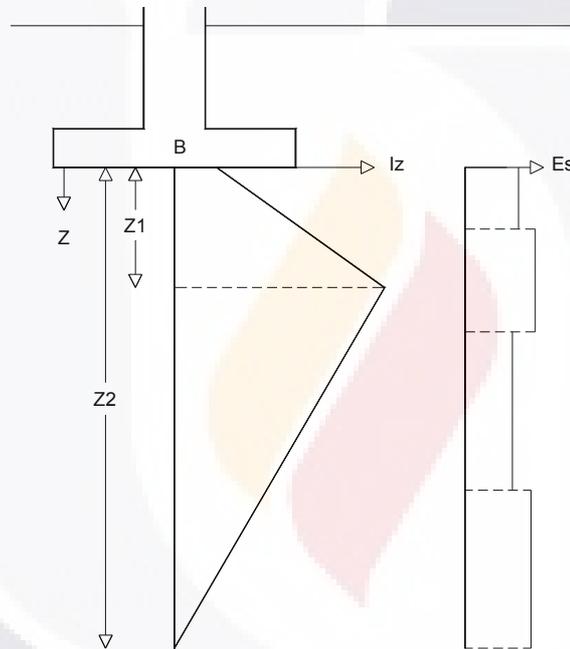


Figura 3.8. Variación del factor de influencia de la deformación unitaria

Los asentamientos como respuesta a las cargas aplicadas no tienen que ser idénticos para cada tipo de cimentación debido a que cada uno es independiente del otro por estar localizados en lados distintos de la falla; además, se presentará a futuro un desplazamiento relativo entre piso y techo de la falla por el movimiento de ésta.

En el tipo de suelo encontrado no se esperan asentamientos de tipo plástico a largo plazo y los que se presenten, ocurrirán de manera inmediata a la aplicación de carga.

Para el cimiento corrido ($L/B \geq 10$), referido a la figura 3.8 se tiene que:

$$I_z = 0.2 \text{ para } Z = 0$$

$$I_z = 0.5 \text{ para } Z = Z1 = 0.5B = 0.5(0.60) = 0.30 \text{ m}$$

$$I_z = 0 \text{ para } Z = Z2 = 2B = 2(0.60) = 1.20 \text{ m}$$

$$q = \gamma Df = 1.57(0.9) + 1.76(0.40) = 2.117 \text{ Ton/m}^2$$

$$\bar{q} = 35 \text{ Ton/m}^2$$

$$C_1 = 1 - 0.5(2.117/35 - 2.117) = 0.968$$

Para el parámetro de corrección de flujo plástico se considera un tiempo igual a 3 años

$$C_2 = 1 + 0.2 \log (3/0.1) = 1.295$$

Z (m)	Prof. (m)	Es (ton/m ²)	Iz	ΔZ (m)	(Iz/Es)ΔZ
0	0.90	2400	0.2	0	0
0.3	1.20	2400	0.5	0.3	6.25E-5
0.6	1.50	2400	0.333	0.3	4.16E-5
0.9	1.80	2400	0.167	0.3	2.08E-5
1.20	2.10	2400	0	0.3	0
				Suma	1.25E-4

Tabla 3.1. Cálculo del factor (Iz/Es)Δz para el cimiento corrido

Sustituyendo en (3.2):

$$S = 0.968(1.295)(35 - 2.117)(1.25E-4) = 0.0052 \text{ m} = 0.52 \text{ cm}$$

Para el cimiento cuadrado, se tiene que:

$$I_z = 0.1 \text{ para } Z = 0$$

$$I_z = 0.5 \text{ para } Z = Z1 = 0.5B = 0.5(0.80) = 0.40 \text{ m}$$

$$I_z = 0 \text{ para } Z = Z2 = 2B = 2(0.80) = 1.60 \text{ m}$$

$$q = \gamma Df = 1.57(1.0) + 1.76(0.40) = 2.274 \text{ ton/m}^2$$

$$\bar{q} = 50 \text{ ton/m}^2$$

$$C_1 = 1 - 0.5(2.274/50 - 2.274) = 0.976$$

Para el parámetro de corrección de flujo plástico se considera el mismo período de tiempo igual a 3 años.

$$C_2 = 1 + 0.2 \log (3/0.1) = 1.295$$

Z (m)	Prof. (m)	Es (ton/m ²)	Iz	ΔZ (m)	(Iz/Es)ΔZ
0	1.0	2400	0.2	0	0
0.4	1.40	2400	0.5	0.4	8.33E-5
0.8	1.80	2400	0.333	0.4	5.55E-5
1.20	2.20	2400	0.167	0.4	2.78E-5
1.60	2.60	2400	0	0.4	0
				Suma	1.667E-4

Tabla 3.2. Cálculo del factor $(Iz/Es)\Delta z$ para el cimiento cuadrado

Sustituyendo en (3.2):

$$S = 0.976(1.295)(50-2.274)(1.667E-4) = 0.01 \text{ m} = 1.0 \text{ cm}$$

Los asentamientos elásticos calculados son admisibles y tal como se prevé no se presentarán asentamientos de tipo plástico a mediano o largo plazo.

3.6 PROPUESTA DE MATERIALES

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos del presente trabajo consiste en utilizar materiales que se encuentren fácilmente en el mercado y de ser posible, aquellos de los que se haga un uso más generalizado, simplemente se tomarán esos materiales, adaptados desde luego a las condiciones del proyecto.

En la medida de lo posible se evitará el uso de materiales cuya tecnología actualmente no los hace accesibles a los bolsillos de los posibles usuarios de la propuesta estructural.

Es conveniente hacer una distinción aquí entre los materiales que intervendrán en la cimentación y en la superestructura, así como aquellos destinados al sistema de monitoreo.

En el caso de los materiales de cimentación, tal como se mencionó en 3.5.4 *Determinación de la capacidad de carga*, existirán dos tipos, adaptados uno para cimentación corrida en el bloque oriente de la falla y otro para el bloque poniente en el que se contempla un sistema de cimentación aislado, sin que esto comporte que el sistema estructural de muros sea modificado, porque se considera que dicho sistema será el mismo que el utilizado para la construcción existente, es decir, sobre la base de un sistema de mampostería confinada con cadenas y castillos de concreto armado.

Lo anterior significa que en la zona del bloque poniente de la falla, deberá existir un mecanismo de transmisión de carga que garantice que el peso de la parte de la vivienda que se localiza en ese sector, sea transferido uniformemente hacia el cimiento aislado que está en contacto directo con el suelo resistente natural.

3.7 PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL

El planteamiento estructural parte de una suposición fundamental, consistente en que el bloque Poniente se desplaza con relación al bloque Oriente de la falla y que su movimiento es exclusivamente vertical. Se sabe que en estas fallas el desplazamiento vertical es el más importante y hasta la fecha no se tiene documentada ninguna falla cuyo componente horizontal sea de importancia (UAA, Zermeño et al, 2004).

La estructuración del bloque oriente se hará de la manera tradicional, utilizando el mismo sistema con que se construyó la casa existente.

En cuanto al bloque poniente, la parte de la casa que se ubica sobre éste, será desplantada sobre un marco de vigas metálicas, que constituye el mecanismo que repartirá las cargas de losas y muros hacia la cimentación aislada.

Tradicionalmente se han implementado sistemas de voladizo para el bloque que permanece, de tal suerte que la casa quede “aislada” del movimiento de la falla, especialmente en fincas existentes que han resultado dañadas por el movimiento inducido por las discontinuidades en el suelo.

En este caso el objetivo de que la cimentación sea aislada, obedece a que el concepto general de la vivienda construida sobre la falla, tenga la posibilidad de nivelarse cuando así se requiera, exclusivamente en la parte del bloque descendente; sin embargo, debido a la posición de la falla con relación al proyecto arquitectónico, resulta obligado que una parte de la estructura del bloque oriente quede en voladizo.

La ubicación del eje de la falla con respecto al proyecto se indica en la figura 3.9 (que aparece también en el apéndice “A”).

Parte de la zona correspondiente a cocina y comedor de la planta baja, así como el sector de recámaras 1 y 2 de la planta alta, se localizan en el sector oriente y el resto de la casa en el sector poniente que es el que se desplaza.

Como la traza de la falla es diagonal con respecto a los ejes de proyecto (figura 3.9) de la casa habitación, será necesario, además de separar los sistemas constructivos, apoyar una parte del sector oriente en voladizo.

El punto de referencia para la ubicación de la vivienda sobre la falla será el cruce de ejes “b-5”, de tal suerte que el propio eje 5 es el que define la separación de los sectores oriente y poniente de la vivienda para fines estructurales, aunque a mayor detalle, el muro sobre ese eje pertenecerá al sector poniente.

Sobre el eje “c”, la distancia en voladizo contada desde el eje de falla hasta el paño interior de muro o límite de la parte oriente, es de 1.48 m; esa distancia, en el caso del eje “d”, es de 2.39 m.

El análisis de carga considera la techumbre con el sistema de semivigueta de concreto y bovedilla de poliestireno prefabricadas, que es el sistema utilizado en la construcción existente, así como los muros de carga de tabique rojo recocido, tal como se describió en 3.2 Proyecto Arquitectónico Tipo para el Estudio de la Propuesta.

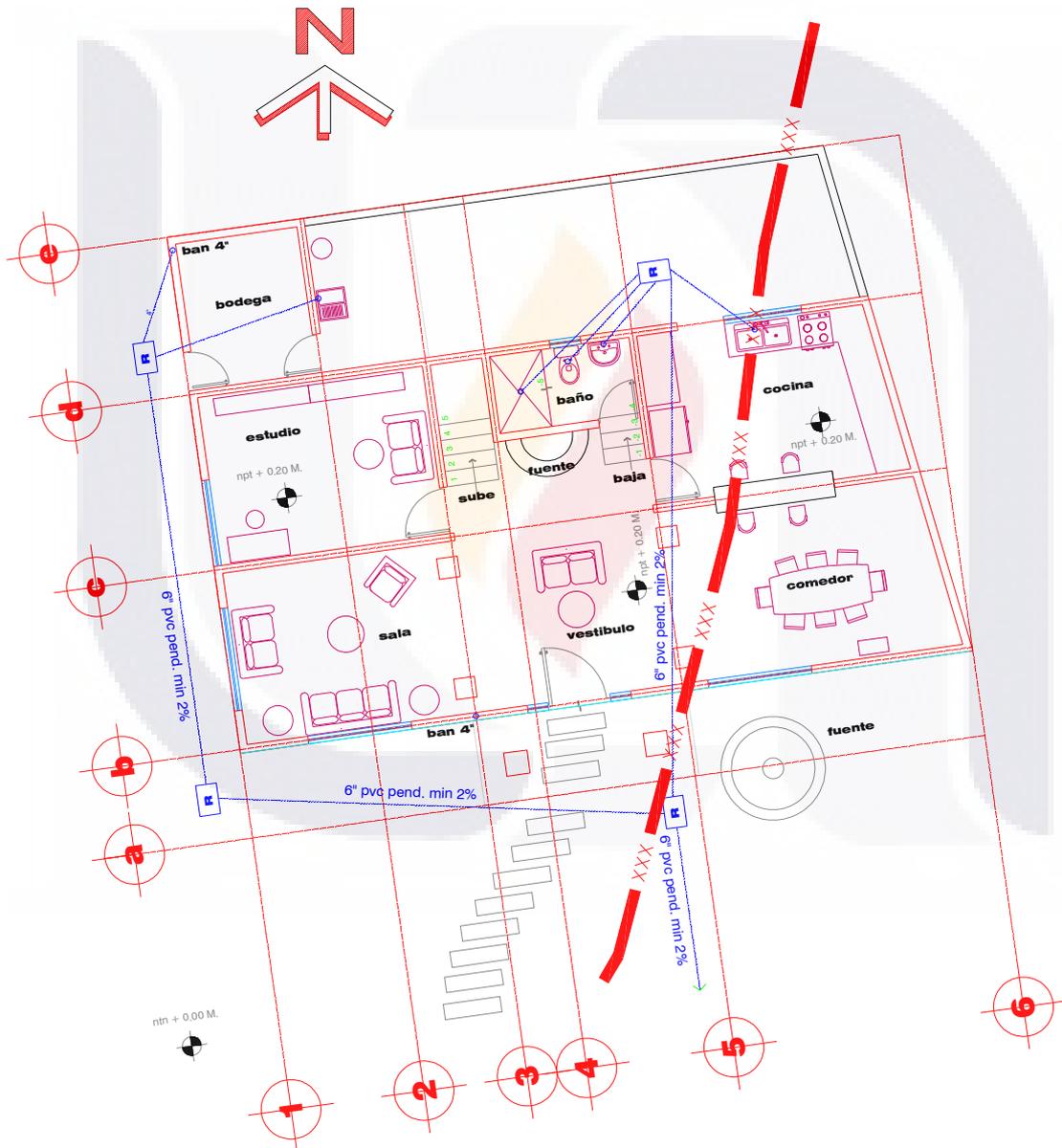


Figura 3.9. Ubicación del eje de falla en planta arquitectónica de la vivienda de proyecto

La distribución de la vigueta se hace en el sentido corto de todos los claros, lo que hace necesaria una trabe en el eje “c” entre los ejes 3 y 5, así como en los claros de acceso y ventanas, como ejemplo para la planta baja.

En la planta alta se aplica el mismo criterio, aunque por las condiciones del propio proyecto, cambia el sentido de apoyo de viguetas con respecto a las de entrepiso.

El análisis de la trabe considera un apoyo simple de la vigueta sobre la trabe, para evitar empotramientos que puedan llegar a inducir esfuerzos cortantes en la vigueta por diferencia de deformaciones entre los elementos estructurales.

En todos los análisis realizados en SAP, se considera carga gravitacional, ya sea distribuida en los elementos que reciben muros o concentrada en aquellos que reciben trabes. Como la intención es básicamente establecer un comparativo contra la construcción desplantada en terreno sin falla, no se incluyen los efectos de sismo en ninguno de los dos casos; pero de cualquier forma la solución propuesta permite alcanzar el objetivo de establecer la factibilidad de la propuesta.

3.6.1 Memoria descriptiva para la propuesta.

Inicialmente se presenta la memoria descriptiva para los sistemas estructurales que se utilizarán en ambos lados de la falla.

Lado oriente.

- Cimentación. Zapata corrida de concreto armado. Contratraves de concreto armado y murete de enrase con tabicón de concreto simple.
- Firmes. De concreto simple, de al menos 10 cm de espesor sobre tepetate compactado al 95% de su estándar de laboratorio. La sección en la que la estructura trabaja como voladizo contará con un entrepiso de concreto en lugar del firme en todo el tablero a que corresponda.
- Muros de tabique rojo recocido en la modalidad de mampostería confinada con cadenas y castillos, junteada con mortero cemento – cal – arena.
- Losas. Sistema prefabricado de semivigueta de concreto y bovedilla de poliestireno. Vigueta apoyada en el sentido corto de los claros, tal como se indica en los planos del apéndice B Distribución de semi-vigueta prefabricada.

Lado poniente.

- Cimentación. La transmisión de la carga de la superestructura a la cimentación, se hará mediante un marco metálico, construido con vigas de perfil I, cuya función es la repartición de cargas hacia las zapatas aisladas, a través del dado. Estas zapatas

sirven tanto de apoyo a la estructura como a los gatos hidráulicos que serán utilizados para renivelar esa parte de la estructura.

- Firmes. El sistema de firmes realmente se trata de una losa de entrepiso en los tableros idénticos a los de la losa de entrepiso de planta baja hacia planta alta.
- Muros de tabique rojo recocido en la modalidad de mampostería confinada con cadenas y castillos, junteada con mortero cemento – cal – arena.
- Losas. Sistema prefabricado de semivigueta de concreto y bovedilla de poliestireno. Vigueta apoyada en el sentido corto (ejes número).
- Trabes. De concreto reforzado. Sección y armado variables. Estos elementos no se diseñarán porque son iguales para ambos casos.
- Columnas. De concreto reforzado. Sección y armado variables. Estos elementos no se diseñarán porque son iguales para ambos casos.
- Acabados. Los acabados que se consideran más adecuados a las condiciones locales, son aquellos que brinden mayor elasticidad y capacidad de deformación como lo es una mezcla de cemento – cal – arena para exteriores.
- Especiales. Como condiciones especiales se tienen las juntas y su sellado en aquella sección de la casa en la que se divide el sistema constructivo (eje 5), así como todos aquellos elementos de monitoreo para los asentamientos controlados en el bloque poniente.

Toda junta deberá llevar elementos verticales de remate (castillos) en ambos extremos de los muros que formen la junta.

Materiales. Concreto hidráulico $f^c = 200 \text{ Kg/cm}^2$, excepto donde se indique otra resistencia.
 Acero de refuerzo $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en elementos que así lo indiquen
 Acero de refuerzo $f_y = 6,000 \text{ Kg/cm}^2$ en armaduras prefabricadas, malla electrosoldada e hilos de refuerzo horizontal de muros.
 Acero estructural A-36 para el marco de cimentación del bloque poniente.
 Tabique rojo recocido macizo en dimensiones nominales de 7x14x28, de 14 cm de espesor
 Mortero tipo II de proporción 1:0.5:3 (cemento: cal: arena) en muros de block pesado de concreto ($f^c=75 \text{ Kg/cm}^2$).
 Concreto de relleno de celdas para castillos interiores $f^c = 125 \text{ Kg/cm}^2$, TM 10 mm.

Reglamentos. Código Municipal de Aguascalientes.
 Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y Normas Técnicas Complementarias 2004 (NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de

Concreto; NTC para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería)
 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-08).
 Specification for Structural Steel Buildings, AISC-LRFD, 2005.

Comentarios. El sistema no admite la demolición posterior de muros, por lo que no se consideran futuras modificaciones al proyecto arquitectónico.

3.8 ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

Se presenta la memoria de cálculo y diseño estructural de la nueva propuesta para construcción sobre la falla geológica. Esta propuesta será comparada con la vivienda existente.

El análisis estructural está centrado en las condiciones de la cimentación, que son las que sufren cambios con respecto a las características originales de la finca.

Por esta razón la estructura de la casa de la propuesta permanece igual a la del proyecto prototipo.

En el lado Oriente de la falla, la cimentación corrida es idéntica a la de la construcción existente, sobre zapata corrida de concreto armado, desplantada a una profundidad promedio de 1.20 m sobre el estrato de suelo natural limo arenoso (ML) semicompacto y de escasa cementación.

En este caso, también existe una parte de la construcción que estará trabajando en voladizo y que se describe en 3.6 *PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL*, representada en la figura 3.9, específicamente en el tramo Poniente de la falla geológica, entre ésta y el eje “5”, para los ejes “c” y “d”.

Esta parte se analiza en función del mismo análisis de cargas y considerando la geometría de la planta arquitectónica con relación a la ubicación de la propia falla.

Análisis de carga.

Carga permanente y carga viva

Azoteas:

Peso propio	240	Kg/m ²
Relleno, enladrillado e impermeabilización	150	Kg/m ²
Carga viva gravitacional (Wm)	100	Kg/m ²
Total	490	Kg/m ²
Wu =	686	Kg/m ²

Entrepiso:

Peso propio	240	Kg/m ²
Firme y recubrimientos	120	Kg/m ²
Carga viva gravitacional (Wm)	200	Kg/m ²
Total	560	Kg/m ²
Wu =	784	Kg/m ²

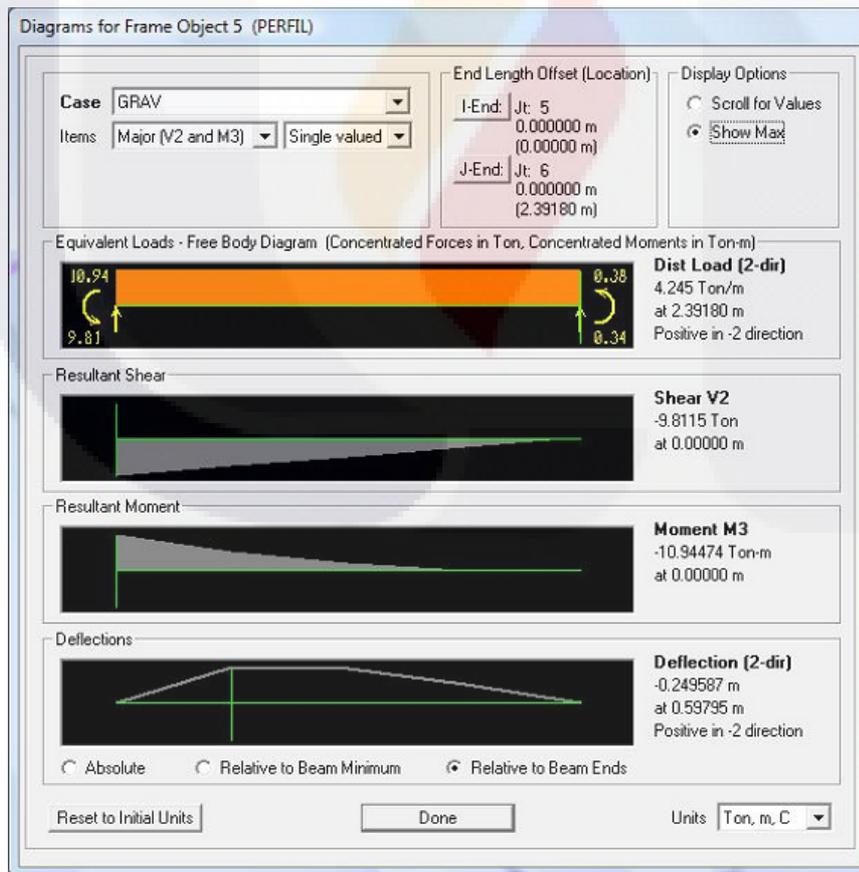
Peso del muro de tabique con aplanados planta alta = 920 Kg/m²

Peso del muro de tabique con aplanados planta baja = 730 Kg/m²

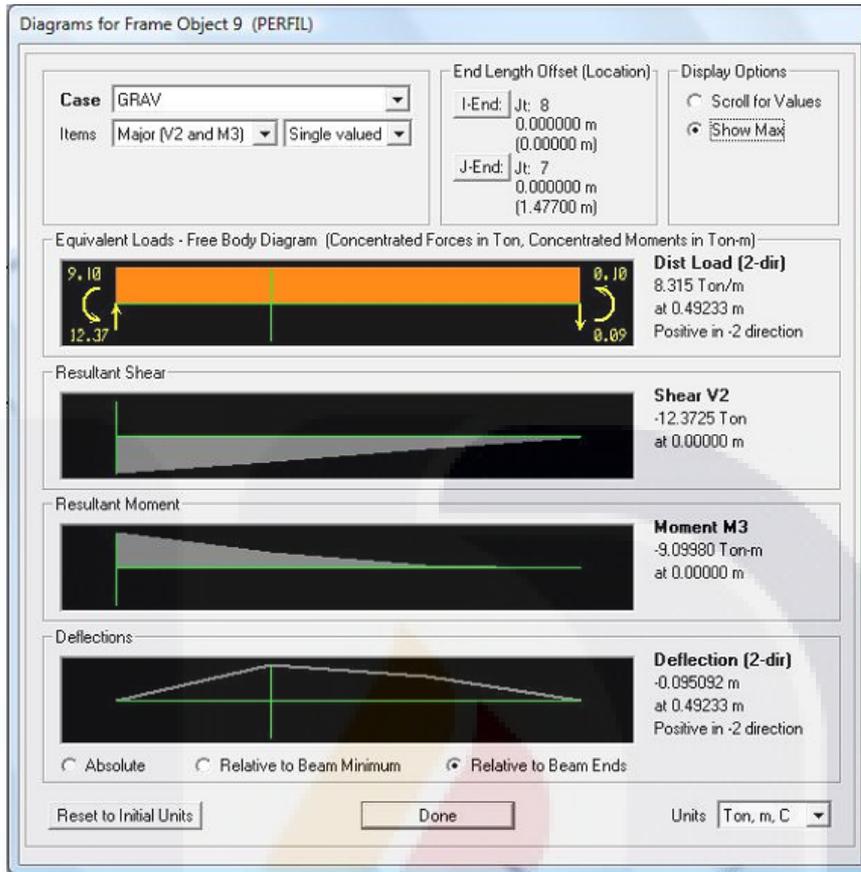
No se indican las cargas vivas para sismo, porque el análisis solamente es gravitacional.

Lado Oriente.

En la figura 3.10 se muestran los elementos mecánicos entre los que se encuentran los momentos obtenidos de la corrida en SAP 2000 en el empotramiento para la sección en voladizo, son de: -10.9447 Ton-m para el eje “d” (miembro 5) y de -9.0998 Ton-m para el eje “c” (miembro 9).



(a)



(b)

Figura 3.10. Resultados de la corrida en SAP 2000 para el miembro 5 del eje “d” (a) y para el miembro 9 del eje “c” (b).

Como estos momentos son muy similares, se utilizará el mayor de ellos para el diseño del elemento estructural empotrado (trabe en voladizo).

$$\begin{aligned}
 M_u &= 10,950 \text{ Ton-m} \\
 f'_c &= 250 \text{ Kg/cm}^2 \\
 F_y &= 4,200 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

La sección propuesta es rectangular, de de 20 cm de base, 35 cm de peralte y 5 cm de recubrimiento. Los recubrimientos laterales y superior serán de 2 cm.

$$M_r = \phi b d^2 f'_c w (1 - 0.59w) \quad \text{Simplemente armada ACI-318} \quad (3.3)$$

$$\phi = 0.9 \quad \text{Flexión}$$

Resolviendo la ecuación 3.3:

$$w_1 = 1.465$$

$$w_2 = 0.230$$

Se toma el menor:

$$w = 0.230$$

$$\rho = w(f'c / fy) = 0.0137$$

$$\rho_{min} = 14 / fy = 0.0033$$

$$\beta_1 = (1.05 - \frac{f'c}{1400}) = 0.87 \quad \text{Se toma 0.85}$$

$$\rho_b = \frac{\beta_1 (0.85 f'c) * (6,000)}{fy(6,000 + fy)} = 0.0253$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.019 \quad \rho < \rho_{max} \quad \text{OK}$$

$A_s = 9.6 \text{ cm}^2$ 4 varillas No. 6 lecho superior; 2 vs No. 4 lecho inferior

Revisión por cortante:

$$V_c = 0.5 \sqrt{f'c} b_w d = 5,533.98 \text{ Kg} \quad \phi = 0.75 \quad \text{Cortante}$$

$$\phi V_c = 4,150.48 \text{ Kg}$$

$$V_u = 12,372 \text{ Kg} \quad V_s = (V_u / \phi) - V_c = 10,962.01$$

$$V_s \leq 2.0 \sqrt{f'c} b_w d = 22,135.9 \quad \text{Caso 2}$$

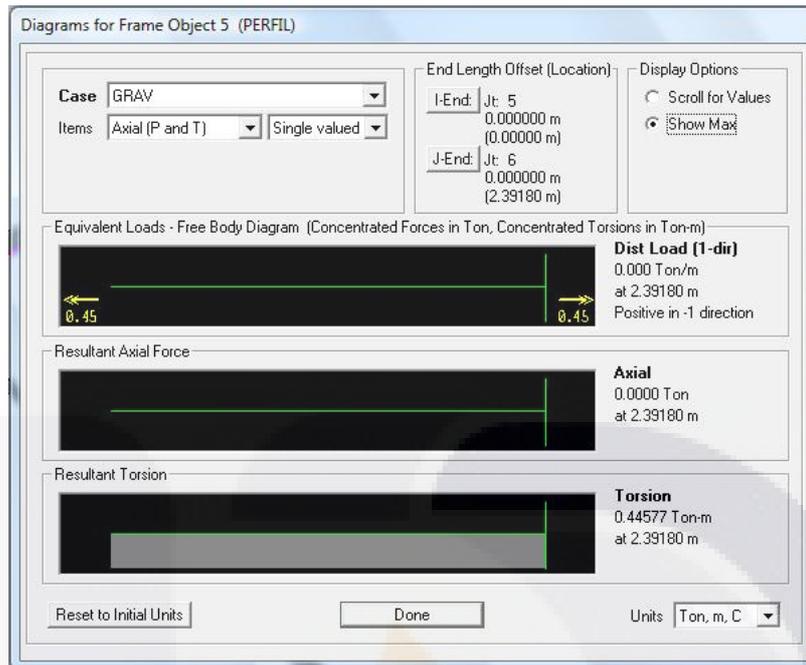
$$\text{Caso 2 (ACI-318):} \quad V_u = \phi V_c \quad \text{y} \quad V_s \leq 2 \sqrt{f'c} b_w d$$

$$V_s = (V_u / \phi) - V_c \quad s = A_v f_y d / V_s$$

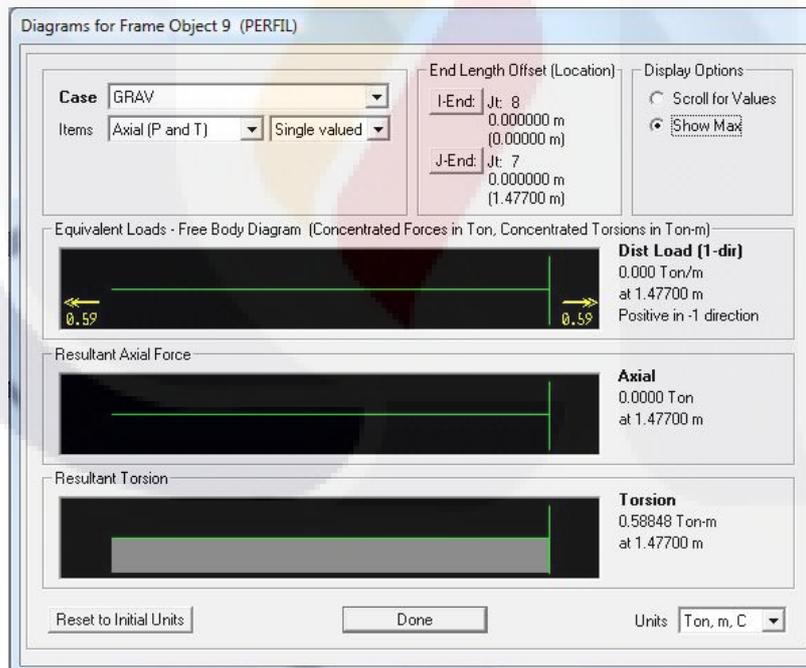
Con lo que la separación de estribos es de: $s = 19.04 \text{ cm}$

La longitud de empotramiento será de cuando menos 1.50 m en el eje “c” y de 2.0 m en el eje “d”.

Los resultados del análisis con SAP 2000, representados en la figura 3.11, muestran que se generan esfuerzos de torsión en los elementos de los ejes “c” y “d”.



(a)



(b)

Figura 3.11. Resultados de la corrida en SAP 2000. Torsión para el miembro 5 del eje “d” (a) y para el miembro 9 del eje “c” (b).

Estos esfuerzos de torsión son equivalentes a $T_u = .0445$ Ton-m en el eje “d”, miembro 5; y $T_u = 0.588$ Ton-m en el eje “c”, miembro 9.

De acuerdo con el ACI-318 el valor a partir del cual se requiere considerar los efectos de torsión es:

$$T_u > \phi 0.25 \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (3.4)$$

$$\phi = 0.75$$

$$A_g = 20 \times 40 = 800 \text{ cm}^2$$

$$p_{cp} = 20(2) + 40(2) = 120 \text{ cm}$$

$$\text{Concreto } f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

Sustituyendo en 3.4:

$$0.75(0.25)\sqrt{250} \frac{(800)^2}{120} = 15,811.38 \text{ Kg-cm} = 0.158 \text{ Ton-m} < 0.588 \text{ Ton-m}$$

Por lo tanto, sí es necesario considerar los efectos de torsión.

Revisión del tamaño de la sección transversal propuesta.

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 2\sqrt{f'c} \right) \quad (3.5)$$

$$p_h = \text{perímetro del estribo} = 98 \text{ cm}$$

$$A_{oh} = \text{área dentro del estribo} = 528 \text{ cm}^2$$

$$V_c = 0.75(0.5\sqrt{f'c})b_w d = 0.75(0.5\sqrt{250})(20)(35) = 4,150.5 \text{ Kg}$$

Sustituyendo en 3.5:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d} \right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{9,440}{(20)(35)} \right)^2 + \left(\frac{(58,800)(98)}{(1.7)(528^2)} \right)^2} = 18.15 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 2\sqrt{f'c} \right) = 0.75 \left(\frac{4,150.5}{(20)(35)} + 2\sqrt{250} \right) = 28.16 \text{ Kg/cm}^2$$

$$18.15 < 28.16 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto las dimensiones de la sección son suficientes.

El cortante en la sección crítica utilizado, resultado de análisis en SAP 2000 es:

$V_u = 9,440 \text{ Kg}$, obtenido de la figura 3.10 (b) que es la más desfavorable, a una distancia “d” del empotramiento:

$$V_u = \frac{(147.7 - 35)(12.3725)}{147.7} = 9.44 \text{ Ton.}$$

Cálculo de la resistencia por acero transversal.

$$T_n = \frac{2A_0 A_t f_{yv}}{S} \cot \theta \tag{3.6}$$

$$\theta = 45^\circ$$

$$A_0 = 0.85 A_{oh}$$

La separación de estribos calculada, de 19.04 cm, se ajusta a 15 cm, utilizando varilla No.3 (3/8”), con lo que A_t propuesta es de 0.71 cm².

Sustituyendo en 3.6:

$$T_n = \frac{2(0.85)(528)(0.71)(4,200)}{15} = 1.7844 \times 10^5 \text{ Kg-cm}$$

$$T_u = \phi T_n = 0.75(1.7844) = 1.338 \text{ Ton-m} > 0.588 \text{ Ton-m}$$

Por lo tanto los estribos se consideran suficientes.

Revisión del acero longitudinal.

$$A_t = \frac{A_t}{S} P_h \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cot^2 \theta \tag{3.7}$$

$$\theta = 45^\circ, f_{yv} = f_{yt}$$

Sustituyendo en 3.7:

$$A_l = \frac{0.71(98)}{15} = 4.64 \text{ cm}^2 < 9.6 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se considera suficiente el acero longitudinal.

Cimentación.

Para la zona oriente de la falla, la cimentación corrida tal como se menciona en 3.6.1 "Memoria descriptiva para la propuesta", consiste en zapata corrida de concreto reforzado, con contratrabe de concreto armado y murete de enrase de tabicón de concreto simple.

La carga repartida factorizada de diseño es de 8.31 Ton/m y la capacidad de carga admisible de 35 Ton/m².

Para la zapata se considera concreto $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ que es el mismo utilizado para la trabe empotrada de la sección en voladizo.

En estas condiciones se requiere un área de contacto de 2,374 cm², lo que significa un ancho mínimo del cimiento de 23.74 cm; sin embargo como esta dimensión no resulta práctica desde el punto de vista constructivo se plantea la utilización de un ancho como el de la cimentación corrida existente, de 50 cm, con peralte de zapata de 15 cm como mínimo, de acuerdo con el ACI 318-08, sección 15.7.

En estas condiciones, la capacidad de carga admisible realmente no se utiliza en su totalidad, porque la presión de contacto real es de únicamente 16.6 Ton/m². Aunque la respuesta del suelo disminuye, aumenta la sección de la zapata y el momento de diseño es de:

$$M_u = 25,450 \text{ Kg-cm}$$

Y obviamente el momento resistente es mucho mayor (casi 10 veces más).

El cortante actuante es de 0.58 Kg/cm² y el resistente de 4.10 Kg/cm², por lo que tampoco existen problemas de cortante.

El área de acero calculada para estas condiciones es de 0.90 cm², equivalente a barras transversales del No. 3 a cada 33 cm centro a centro; sin embargo, la zapata construida tiene acero No. 3 en parrilla de 20 x 20 cm, que resulta "sobrada" para las solicitaciones reales.

Con la finalidad de mantener el parámetro de comparación para la cimentación, contra las modificaciones obligadas por la falla geológica, para la parte oriente, se mantendrá la

misma sección y armado que en la construcción existente, habiendo únicamente cambio en lo relativo a las traveses de la zona en voladizo. Estos mismos datos se tomarán en cuenta para el presupuesto comparativo.

Lado Poniente.

Para realizar el análisis de la parte de la casa localizada en el bloque Poniente, se plantea un modelo de marco metálico de carga sobre el que descansarán los muros y columnas.

La intención principal de usar el marco de carga es determinar la localización y características de puntos de apoyo sobre pilastras de concreto para transmitir la carga al suelo de desplante y utilizar estos mismos puntos de apoyo para la nivelación sucesiva del marco de carga y consecuentemente de la superestructura de la casa cuando se presenten los desplazamientos verticales como consecuencia de la actividad de la falla geológica.

Se plantea el modelo del marco estructural para repartición de carga hacia la cimentación y se utilizó el programa SAP 2000 para el análisis correspondiente. El marco será de acero estructural A-36 con perfiles I soldados, aunque el diseño y detallado de conexiones soldadas no se incluye porque no se considera relevante para valorar la viabilidad de la propuesta, de acuerdo con los objetivos de la tesina.

En la figura 3.12 se muestra una vista tridimensional del modelo del marco de carga en el programa SAP 2000.

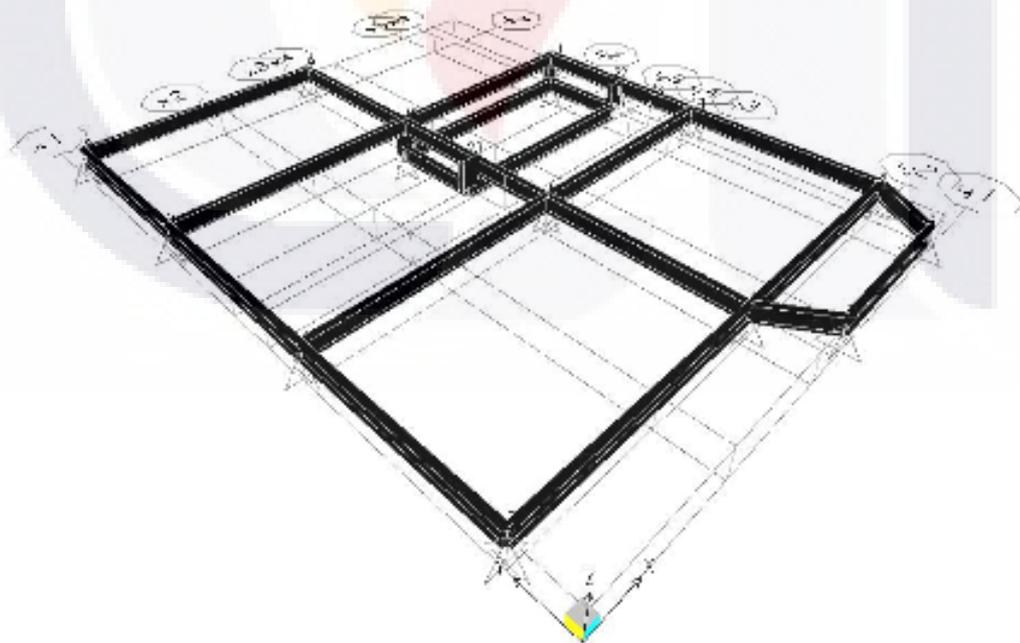


Figura 3.12. Modelo del marco de carga para análisis en programa SAP 2000

El análisis de cargas se hace considerando los elementos estructurales mencionados con anterioridad y teniendo en cuenta que obviamente el sistema de losas trabaja en una sola dirección por tratarse de vigueta y bovedilla prefabricadas.

En el Apéndice C, se muestran los diagramas con la numeración de elementos, distribución de cargas y reacciones en los nudos de apoyo. En el mismo apéndice se presentan los diagramas correspondientes al análisis del sector oriente de la casa y los esquemas con la distribución de vigueta utilizados para la bajada de cargas.

De acuerdo con los resultados de las corridas de análisis estructural realizadas en el programa SAP 2000, se tienen los momentos resultantes, que se utilizan para la selección de los elementos en el “Manual of Steel Construction” de la AISC - LRFD (Segunda edición, 1994).

Se agrupan los valores de momento flexionante (M3) en rangos de 100 a 165 Kips-pie; 70 a 100 Kips-pie y todos los menores de 70 Kips-pie.

Todos los elementos serán de acero A-36, con $F_y = 36$ Ksi.

De acuerdo con el Capítulo F del manual “Specification for Structural Steel Buildings” de la AISC (edición 2005) para sección compacta doblemente simétrica (sección F-2), se aplica la fórmula (F2-1), para LRFD:

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.9)$$

De donde: $Z_{requerida} = \frac{M_u}{\phi_b F_y}$

$$\phi_b = 0.9 \text{ (LRFD)}$$

Para un momento de $M_u = 161.12$ Kips-pie, se requiere un módulo de sección plástico (Z_x) de:

$$Z_{req} = \frac{161.12(12)}{0.9(36)} = 59.67 \text{ in}^3$$

Los perfiles de las vigas serán seleccionados de tal forma que tengan el módulo de sección plástico mínimo requerido, pero que además sean de la misma altura que los que corresponden al resto de los elementos.

Para este caso se selecciona un perfil W12x45 cuyo módulo plástico es de $Z_x = 64.70 \text{ in}^3$

Con $M_u = 95.35$ Kips-pie:

$$Z_{req} = \frac{95.35(12)}{0.9(36)} = 35.38in^3$$

Para este valor se selecciona un perfil W12x26 con módulo plástico $Z_x = 40.20 in^3$

Y para un $M_u = 68.71$ Kips-pie:

$$Z_{req} = \frac{68.71(12)}{0.9(36)} = 25.45in^3$$

Al que corresponde un perfil W12x22 con $Z_x = 29.30 in^3$

En la tabla 3.3 se presentan los resultados y las secciones de perfiles I seleccionados:

ELEMENTO	Mmáx(+)	Mmáx(-)	PERFIL W	Zx	Mn = Mp	Ømn
No.	Kips-pie	Kips-pie	Acero A-36	in³	Kips-pie	Kips-pie
1	0	-33.27	W12x22	29.3	87.9	79.11
2	59.93	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
3	21.96	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
4	95.54	-118.58	W12x26	37.2	111.6	100.44
5	137.14	-138.33	W12x45	64.7	194.1	174.69
9	161.12	0.00	W12x45	64.7	194.1	174.69
10	49.08	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
11	88.80	-103.18	W12x26	37.2	111.6	100.44
12	18.63	-23.93	W12x22	29.3	87.9	79.11
13	0.00	-33.13	W12x22	29.3	87.9	79.11
14	68.72	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
15	132.59	-145.28	W12x45	64.7	194.1	174.69
16	0.00	-25.05	W12x22	29.3	87.9	79.11
17	0.00	-33.19	W12x22	29.3	87.9	79.11
18	60.99	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
19	159.35	-133.60	W12x45	64.7	194.1	174.69
20	66.16	-105.77	W12x22	29.3	87.9	79.11
21	82.27	0.00	W12x26	37.2	111.6	100.44
22	16.94	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
23	96.12	0.00	W12x26	37.2	111.6	100.44
24	12.41	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
25	64.53	-64.88	W12x22	29.3	87.9	79.11
26	0.00	-77.68	W12x22	29.3	87.9	79.11
27	0.00	-63.55	W12x22	29.3	87.9	79.11
28	16.16	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
29	0.00	-26.11	W12x22	29.3	87.9	79.11
30	0.00	-46.53	W12x22	29.3	87.9	79.11
31	21.49	0.00	W12x22	29.3	87.9	79.11
32	84.63	-74.73	W12x26	37.2	111.6	100.44

Tabla 3.3. Perfiles “I” para los diversos elementos del marco de carga.

Las columnas “Mmáx(+)” y “Mmáx(-)”, representan los momentos mayores alrededor de 3-3, positivo y negativo, para diseño.

En la columna “Perfil W” se anota la nomenclatura del perfil seleccionado de acuerdo al manual, para los valores de la columna “Zx”, que es el módulo de plástico y de los momentos máximos.

La columna “Mn=Mp” muestra los valores de los momentos nominales correspondientes a cada perfil.

La columna “ØMn” muestra los valores de los momentos nominales afectados por el factor de reducción de 0.9, de acuerdo con el LRFD.

Como se puede apreciar en la tabla 3.3, no se consideró conveniente utilizar un solo tipo de perfil por razones de tipo económico, aunque hay elementos que de cualquier forma quedan sobredimensionados.

La razón de ese sobredimensionamiento para algunos miembros estructurales del marco, está en función de que su valor de momento máximo los ubica en la parte inferior del rango seleccionado; sin embargo tampoco es práctico utilizar una mayor diversidad de tamaños por razones de fabricación.

En tales circunstancias se fijaron tres rangos para igual número de tipos de perfiles “W” estructurales de acero.

Por la longitud de los elementos, es necesario colocar atiesadores (arriostramientos) para rigidizar contra el pandeo torsional lateral.

De acuerdo con la misma sección F-2 del manual (F2.2), cuando $L_b \leq L_p$, no se aplica el estado limite de pandeo lateral – torsional.

Y tenemos que:

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.10)$$

Donde:

E = módulo de elasticidad del acero = 29,000 Ksi

F_y = esfuerzo de fluencia del tipo de acero = 36 Ksi

r_y = radio de giro alrededor del eje Y

Sustituyendo en 3.10, se obtienen los valores comparativos de L_p con las longitudes de claros entre atiesadores o arriostramientos laterales propuestos (L_b), que se pueden apreciar en la tabla 3.4:

ELEMENTO	Long.	PERFIL W	ry	Lb	Lp	Observaciones
No.	(pies)	Acero A-36	in	in	in	
1	3.91	W12x22	0.848	23.48	42.36	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO
2	8.85	W12x22	0.848	35.40	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
3	3.91	W12x22	0.848	23.46	42.36	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO
4	13.12	W12x26	1.51	52.48	75.43	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
5	14.76	W12x45	1.95	88.56	97.41	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO
9	14.76	W12x45	1.95	88.56	97.41	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO
10	9.84	W12x22	0.848	39.36	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
11	13.12	W12x26	1.51	52.48	75.43	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
12	1.96	W12x22	0.848	23.52	42.36	NO REQUIERE ARRIOSTRAMIENTO
13	2.95	W12x22	0.848	35.40	42.36	NO REQUIERE ARRIOSTRAMIENTO
14	11.48	W12x22	0.848	34.44	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS CUARTOS
15	14.76	W12x45	1.95	88.56	97.41	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO
16	8.28	W12x22	0.848	33.12	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
17	2.95	W12x22	0.848	35.40	42.36	NO REQUIERE ARRIOSTRAMIENTO
18	11.48	W12x22	0.848	34.44	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS CUARTOS
19	14.76	W12x45	1.95	88.56	97.41	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO
20	13.12	W12x22	0.848	39.36	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS CUARTOS
21	13.12	W12x26	1.51	52.48	75.43	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
22	5.41	W12x22	0.848	32.46	42.36	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO
23	13.12	W12x26	1.51	52.48	75.43	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
24	5.41	W12x22	0.848	32.46	42.36	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO
25	9.84	W12x22	0.848	39.36	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
26	11.23	W12x22	0.848	33.69	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS CUARTOS
27	1.96	W12x22	0.848	23.52	42.36	NO REQUIERE ARRIOSTRAMIENTO
28	8.28	W12x22	0.848	33.12	42.36	ARRIOSTRAMIENTOS A LOS TERCIOS
29	1.96	W12x22	0.848	23.52	42.36	NO REQUIERE ARRIOSTRAMIENTO
30	1.96	W12x22	0.848	23.52	42.36	NO REQUIERE ARRIOSTRAMIENTO
31	1.96	W12x22	0.848	23.52	42.36	NO REQUIERE ARRIOSTRAMIENTO
32	11.48	W12x26	1.51	68.88	75.43	ARRIOSTRAMIENTO AL MEDIO

Tabla 3.4. Arriostramientos para evitar pandeo torsional - lateral

La columna “ry” representa los valores del radio de giro en “y” para cada perfil seleccionado.

La columna “Lb” indica la longitud entre puntos arriostrados contra desplazamiento lateral, en pulgadas.

“Lp” representa los valores de longitudes restrictivas no arriostradas lateralmente para el estado límite de fluencia, en pulgadas.

Cimentación.

Las reacciones obtenidas para cada uno de los puntos de apoyo, equivalen a las cargas que se transmiten a la cimentación, las cuales serán utilizadas para el análisis y diseño de las zapatas aisladas.

Estas reacciones resultaron mayores a lo que normalmente se esperaría para una construcción de dos niveles, principalmente debido a que tanto en la planta baja como en la planta alta se manejan alturas de piso a techo mucho mayores a las acostumbradas para vivienda de tipo medio, siendo para la planta baja de 2.70 m y para la alta de 3.43 m, contra los 2.30 ó 2.40 m de uso corriente.

Por otro lado el sistema de piso de la planta baja, en lugar de tratarse de un firme común, es en realidad una losa de entrepiso de vigueta y bovedilla igual a la del entrepiso de planta baja hacia planta alta. La razón para esto es que no hay contacto directo con el suelo y por lo tanto la losa forma parte del sistema de cimentación. En el análisis de costo así se considera.

Los valores obtenidos de las reacciones, así como las dimensiones requeridas para las zapatas, se presentan en la tabla 3.5. Se agrupan las dimensiones de base de zapatas en medidas de 0.6, 0.75, 0.9, 1.15 y 1.3 m y se utilizan dados de 40x40 cm a 60x60 cm, para el apoyo del marco de carga.

Dado que se pretende nivelar y renivelar sucesivamente el marco de carga, el apoyo del marco sobre los dados (denominados también como “pilastras” en las descripciones previas), será simple, de tal suerte que puedan ser colocadas placas metálicas de ajuste en cada renivelación.

En el análisis con SAP 2000, fue este el criterio considerado en los apoyos, al momento de indicar las restricciones a que estarían sujetos los apoyos.

Todas las zapatas calculadas son cuadradas, con las dimensiones en planta indicadas en la columna “Lado”, de la tabla 3.5.

Nudo No.	REACCION (Ton)	q adm. (Ton/m ²)	Area req. m ²	Lado (m)	Lado real (m)	q real (Ton/m ²)
1	81.11	50	1.62	1.27	1.3	48
2	18.15	50	0.36	0.60	0.6	50
3	17.69	50	0.35	0.59	0.6	49
4	41.37	50	0.83	0.91	0.9	51
5	36.79	50	0.74	0.86	0.9	45
6	65.04	50	1.30	1.14	1.15	49
7	59.43	50	1.19	1.09	1.15	45
8	35.78	50	0.72	0.85	0.9	44
9	37.35	50	0.75	0.86	0.9	46
13	36.65	50	0.73	0.86	0.9	45
15	80.97	50	1.62	1.27	1.3	48
16	26.33	50	0.53	0.73	0.75	47
17	22.48	50	0.45	0.67	0.75	40

Tabla 3.5. Dimensiones reales requeridas para el área de contacto de zapatas

En las condiciones particulares para el lote donde se ubicará esta casa y dada la superficie de desplante que no alcanza los límites del lote, todas las cimentaciones, tanto corridas como aisladas serán centrales.

Los dados de cada zapata tendrán adosadas las bases de apoyo de los gatos de carga para las renivelaciones sucesivas, de acuerdo con la figura 3.13:

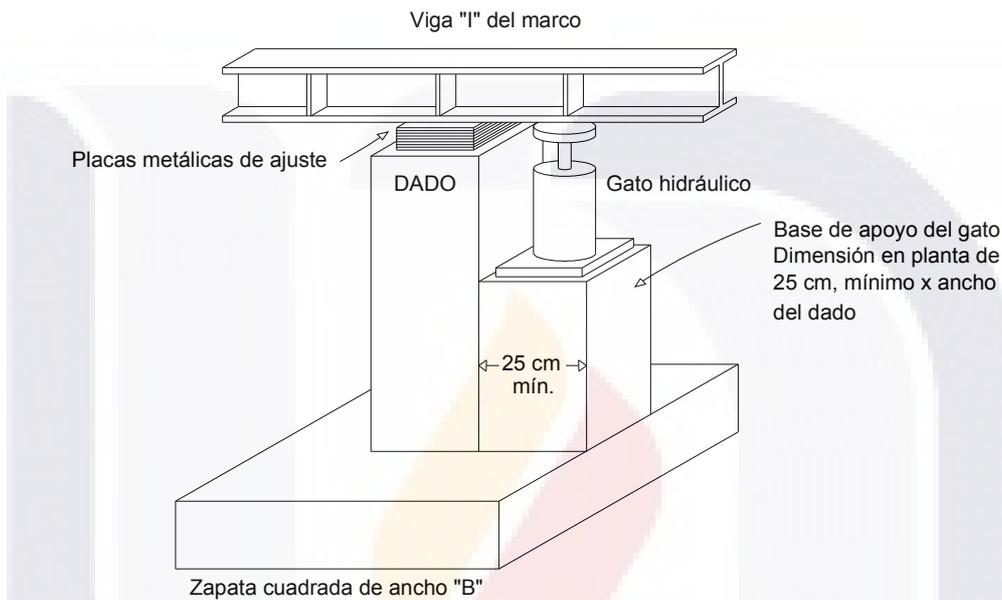


Figura 3.13. Base para apoyo del gato hidráulico (sin escala)

El diseño de zapatas y dados considera concreto $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$ y acero $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ para las barras de refuerzo longitudinal y transversal.

Al momento de la nivelación, el dado deja de cargar el peso de la estructura que le corresponde para transferirlo al apoyo del gato hidráulico y obviamente al existir la transferencia momentánea de la carga del dado hacia este apoyo, la cimentación trabaja como zapata de colindancia y no como zapata central, del tal suerte que se debe revisar esa condición por ser más desfavorable. No existen zapatas de colindancia como tales, porque no hay limitaciones de espacio, solo debido a las condiciones del apoyo para el gato hidráulico.

En algunas zapatas como es el caso de las localizadas bajo los nudos 1 y 15, se tendrán más de una base de apoyo para el gato, debido a que la carga en los puntos donde éstas se localizan, excede la capacidad de los gatos hidráulicos comerciales.

Como mínimo habrá dos apoyos en las zapatas de los nudos más demandados y se colocarán en lados opuestos, con la finalidad de lograr que el trabajo de la zapata no sea más desfavorable que el de una de colindancia, para el cual fue realizado el análisis.

La capacidad de los gatos dependerá de las cargas por manejar, pero se plantea el uso de gatos de 30 y 50 ton de capacidad, adaptados a la necesidad de cada nudo.

El número de gatos hidráulicos para igual número de apoyos en cada nudo es el que se presenta en la tabla 3.6:

Nudo No.	REACCION (Ton)	Número de gatos	Capacidad (Ton)
1	81.11	2	50
2	18.15	1	30
3	17.69	1	30
4	41.37	2	30
5	36.79	2	30
6	65.04	2	50
7	59.43	2	50
8	35.78	2	30
9	37.35	2	30
13	36.65	2	30
15	80.97	2	50
16	26.33	1	30
17	22.48	1	30

Tabla 3.6. Número de apoyos para gatos hidráulicos por nudo

Al analizar la cimentación como zapatas de colindancia, se obtienen las dimensiones y armados que aparecen indicados en la tabla 3.7.

Zapata en nudo No.	Dado (cmxcm)	Lado (cm)	Peralte (cm)	Armado No. de barras	Diámetro (")	Separación 1@(cm)	Sentido
1	60x60	130	31	10	3/4	15	Ambos
2	40x40	60	15	4	3/8	20	Ambos
3	40x40	60	15	4	3/8	20	Ambos
4	40x40	90	23	7	5/8	15	Ambos
5	40x40	90	23	7	5/8	15	Ambos
6	50x50	115	29	8	3/4	16	Ambos
7	50x50	115	29	8	3/4	16	Ambos
8	40x40	90	23	7	5/8	15	Ambos
9	40x40	90	23	7	5/8	15	Ambos
13	40x40	90	23	7	5/8	15	Ambos
15	60x60	130	31	10	3/4	15	Ambos
16	40x40	75	16	4	5/8	25	Ambos
17	40x40	75	16	4	5/8	25	Ambos

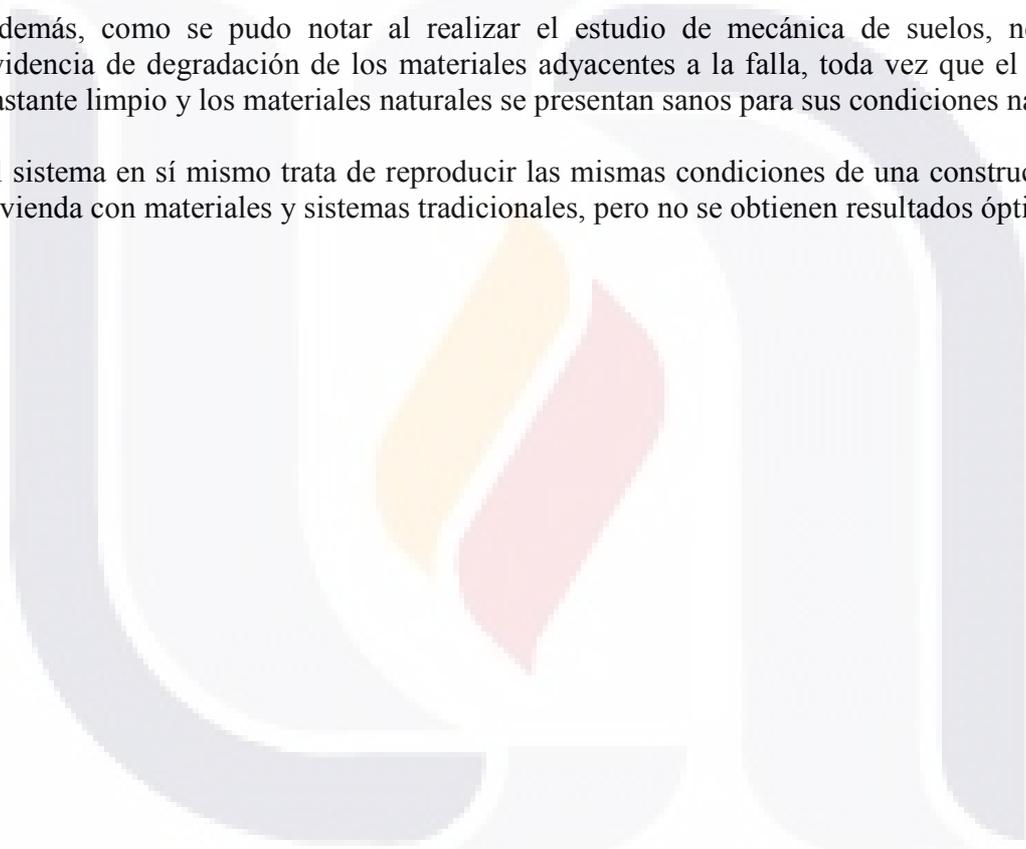
Tabla 3.7. Dimensiones y armados de zapatas

Si tomamos en cuenta que se trata de una construcción de solamente dos niveles y que las condiciones locales del suelo de cimentación que son bastante favorables, estas dimensiones de zapatas son un poco grandes, lo cual se debe a que los materiales tradicionales propuestos son pesados para el tipo de sistema y éste concentra cargas importantes en los puntos destinados al apoyo y eventual renivelación de la estructura.

En otros tipos de suelos, especialmente arcillosos, es común tener dimensiones de cimentación considerables, no así en terrenos de tipo granular cementado como en el caso de este proyecto.

Además, como se pudo notar al realizar el estudio de mecánica de suelos, no existe evidencia de degradación de los materiales adyacentes a la falla, toda vez que el corte es bastante limpio y los materiales naturales se presentan sanos para sus condiciones naturales.

El sistema en sí mismo trata de reproducir las mismas condiciones de una construcción de vivienda con materiales y sistemas tradicionales, pero no se obtienen resultados óptimos.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Capítulo



Procedimiento constructivo

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

4.1 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA PROPUESTA ESTRUCTURAL.

El procedimiento constructivo se plantea exclusivamente para los trabajos de cimentación, ya que lo concerniente a la superestructura es el mismo de uso corriente en sistemas constructivos tradicionales, tal y como fue ejecutada la obra existente.

4.1.1 Preliminares.

La preparación del sitio de la obra consiste en los trabajos regulares de limpia, trazo y nivelación, considerando que deberá prepararse una superficie adecuada mediante el despalme y compactación del terreno natural, previo a los trabajos de trazo.

En este punto, el tratamiento de ambas partes (Oriente y Poniente) es prácticamente el mismo; sin embargo en la zona Poniente el espesor del despalme deberá ser mayor al de la zona Oriente, para prever el espacio que deberá existir para el ingreso del personal que realizará los trabajos de nivelación en la cimentación, cuando esto sea necesario.

En el caso de la zona Poniente, realmente llega a convertirse en apertura de cajón.

4.1.2 Cimentación.

Lado Oriente.

Para esta parte de la estructura los trabajos de la cimentación corrida consisten en la excavación, colado de plantilla, colocación de armado y colado de la zapata.

Posteriormente se construye el murete de enrase con tabicón de concreto simple hasta el nivel requerido para posteriormente colar la dala de desplante.

La diferencia contra un proceso “normal”, radica en que una parte de esta cimentación conlleva el uso de trabes en voladizo en los ejes “c” y “d” y deberán realizarse las preparaciones para el empate de estas trabes con la dala de desplante, con lo que esto involucra en el uso de cimbras, etc.

Este detalle se podrá apreciar en las figuras 4.2 y 4.3 del apartado *4.2 DETALLES CONSTRUCTIVOS*.

La otra situación distinta que también se aprecia en las mismas figuras, es que una parte del piso en la sección correspondiente al voladizo consistirá en losa maciza de concreto armado, cuyo refuerzo se extiende al resto del firme que apoya directamente en el terreno. La cimbra en esa parte puede ser perdida o recuperada según el espacio que se proporcione para la realización de los trabajos.

La losa maciza apoyará perimetralmente sobre las traveses en voladizo y parte en terreno con materiales de banco compactados, en lo que se indica como firme de concreto, que desde luego, será armado.

Lado Poniente.

Una vez preparada la superficie, se procede a ejecutar los trabajos de excavación de las zapatas hasta la profundidad de desplante. En condiciones óptimas se podría pensar que al nivel de apertura de cajón se colocara un riego de sello asfáltico para mantener la superficie limpia (este concepto no está incluido en el presupuesto que se presenta en el Capítulo 5).

El procedimiento en esta etapa es como en cualquier otra obra en la que se preparan las plantillas de concreto $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ de cuando menos 5 cm de espesor para recibir la parrilla de acero de refuerzo calzada con silletas, que constituye el armado de las zapatas, dados y apoyos para los gatos hidráulicos.

Una vez colocado el refuerzo y la cimbra correspondiente se procederá al colado de los elementos. En este punto es importante que se deje ahogada una placa de apoyo tanto para las placas metálicas de ajuste (inicialmente podrá apoyar directamente el marco metálico de distribución de carga), como para el gato hidráulico, con la finalidad de que el cabezal de la zapata y del apoyo del gato no sufran deterioro por despostillado del concreto por falta de uniformidad en la repartición de la carga.

La revisión de la placa de apoyo se hace para el caso más desfavorable con la siguiente información:

Carga = 81,000 Kg

W12x45 ancho de patín 8"

Dado de dimensiones de: 0.60 x 0.60 m.

En estas condiciones, si el ancho del patín de la viga W12x45, es de 8" ó 20 cm, se propone colocar una placa de 20x20 cm, con lo que el esfuerzo transmitido a la placa es de:

$$F_a = \frac{81,000}{(20 \times 20)} = 202 \text{ Kg/cm}^2 < 250 \text{ Kg/cm}^2$$

Con esta dimensión propuesta para la placa, en el caso más desfavorable, ésta no sobresale del ancho de la viga, por lo que no se requiere una revisión adicional, y en cuanto al espesor de la placa, se recomienda colocarla de 1/2", que es aproximadamente el espesor del patín de la viga metálica.

Para garantizar que la placa no tienda a deslizarse sobre el concreto, se recomienda colocar 4 tramos de varilla No. 4 (1/2"), de 10 cm de longitud cada uno, soldados a la placa y que queden ahogados dentro del colado del dado. De manera alternativa estas varillas se pueden suplir con tramos de ángulo de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4".

Este detalle se podrá apreciar en la figura 4.1 y es el mismo que se utilizará para las bases de apoyo para los gatos hidráulicos.

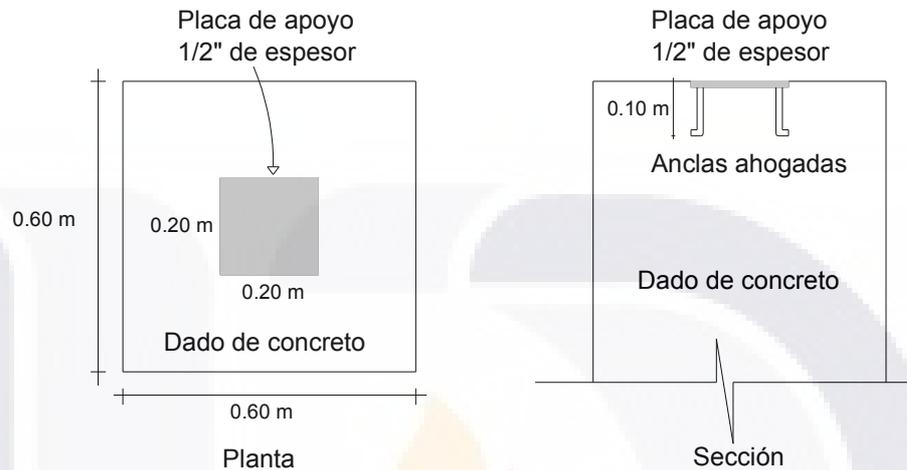


Figura 4.1. Detalle de colocación de placa de apoyo y anclas

El procedimiento de curado del concreto recomendado, una vez retirada la cimbra, es con la colocación de membrana sintética (“Curacreto”) blanca para evitar la pérdida de humedad.

Posteriormente se realizarán los trabajos de relleno en las excavaciones practicadas para las zapatas, con material de banco compactado por capas de no más de 20 cm de espesor compacto, al 95% de su estándar de laboratorio.

Para la construcción del marco metálico de carga, se recomienda que la mayor parte de la soldadura se ejecute en taller, de manera que el tamaño y peso de cada pieza permita un adecuado transporte y maniobrabilidad para su colocación en campo. Obviamente el resto de la soldadura para unión de las piezas provenientes del taller, se ejecutará en campo por personal calificado.

Como el apoyo de la estructura sobre los dados es simple, solamente se podrán colocar de manera opcional, guías para la colocación del marco, con perfiles de ángulo soldados a la placa base que va anclada al dado.

Existe un aspecto de tipo práctico que consiste en que el nivel de apertura de cajón para este sector, quedará por debajo del nivel de terreno natural, con las repercusiones que esto implica en cuanto a la situación de drenaje.

Esta situación obliga a que el perímetro de la zona de construcción, quede sellado y que exista un acceso al espacio que quedará convertido de esta manera como un “sótano” de baja altura, que será utilizado única y exclusivamente para los trabajos de nivelación.

Es en este espacio donde eventualmente podrán quedar alojadas algunas de las tuberías hidrosanitarias, aunque se prefiere que se ubiquen en la periferia del área construida por razones de funcionamiento y mantenimiento.

La zona Poniente se considera más adecuada por la simple razón de que es donde se ubica el bloque descendente y no existirían problemas posteriores por contrapendientes ocasionadas por el desplazamiento vertical del bloque, si es que éstas tuvieran que cruzar la zona de falla hacia el oriente para luego dirigirse hacia la vialidad de ubicación del lote.

Si toda la instalación sanitaria e hidráulica se ubica en ese bloque y se evita cruzar la falla, el mantenimiento requerido será mínimo.

De la cimentación hacia arriba, prácticamente todo el proceso a seguir es en las condiciones normales, excepto por la junta que existirá entre ambos lados de la falla.

Esta junta está considerada con un relleno bituminoso (silicón) sobre un respaldo de tipo “Foamtech” o cintilla de poliuretano (“backer rod”) como las que se utilizan en pisos industriales, de manera que al presentarse el movimiento exista la posibilidad de sustituirlo si es necesario. Este detalle aparece en la figura 4.4.

Por la parte exterior de la junta, así como por la parte superior en el nivel de azotea, deberá colocarse un “botaguas” de lámina tipo “Pintro” que recorrerá todo el camino de la junta horizontalmente, para luego doblarse en el pretil y seguir hacia abajo para tapar la junta del muro, tal como se aprecia en la figura 4.5.

En los extremos de muros para la junta, deberán colocarse castillos. Como el espacio entre ambos es de apenas 1/4”, para su construcción se deberá colocar una placa recuperable de ese espesor, como las cuchillas metálicas ranuradoras que se utilizan para las juntas de contracción en pisos; si es necesario, se colocaría una por cada lado para facilitar su recuperación.

El sistema de monitoreo consistirá en la colocación de plaquitas metálicas de 8x8 cm y espesor comercial de 1/4”, fijadas con anclas ahogadas en los castillos que se formarán hacia ambos lados de la junta, en donde se marcará simplemente una línea horizontal y escala como se indica en la figura 4.6, que será la que indique de manera gráfica si está ocurriendo un desplazamiento relativo. Este mecanismo se colocará por la parte interior para evitar problemas de deterioro por intemperismo.

Se prevé que para que no existan daños en el sistema, la renivelación debería ser llevada a cabo cuando se registren desplazamientos máximos de 1/4” , de manera que las propias placas de ajuste que se colocarán en el cabezal de los dados de cimentación sean de ese mismo espesor comercial.

4.2 DETALLES CONSTRUCTIVOS.

Se presentan los detalles constructivos de cimentación y del sellado de la junta, así como las placas metálicas para monitoreo de los desplazamientos verticales relativos entre ambos lados de la falla.

Todos estos detalles probablemente no abarquen la totalidad de los que existirán en la obra; sin embargo son los que tendrán una mayor relevancia, al menos desde el punto de vista de factibilidad de la propuesta.

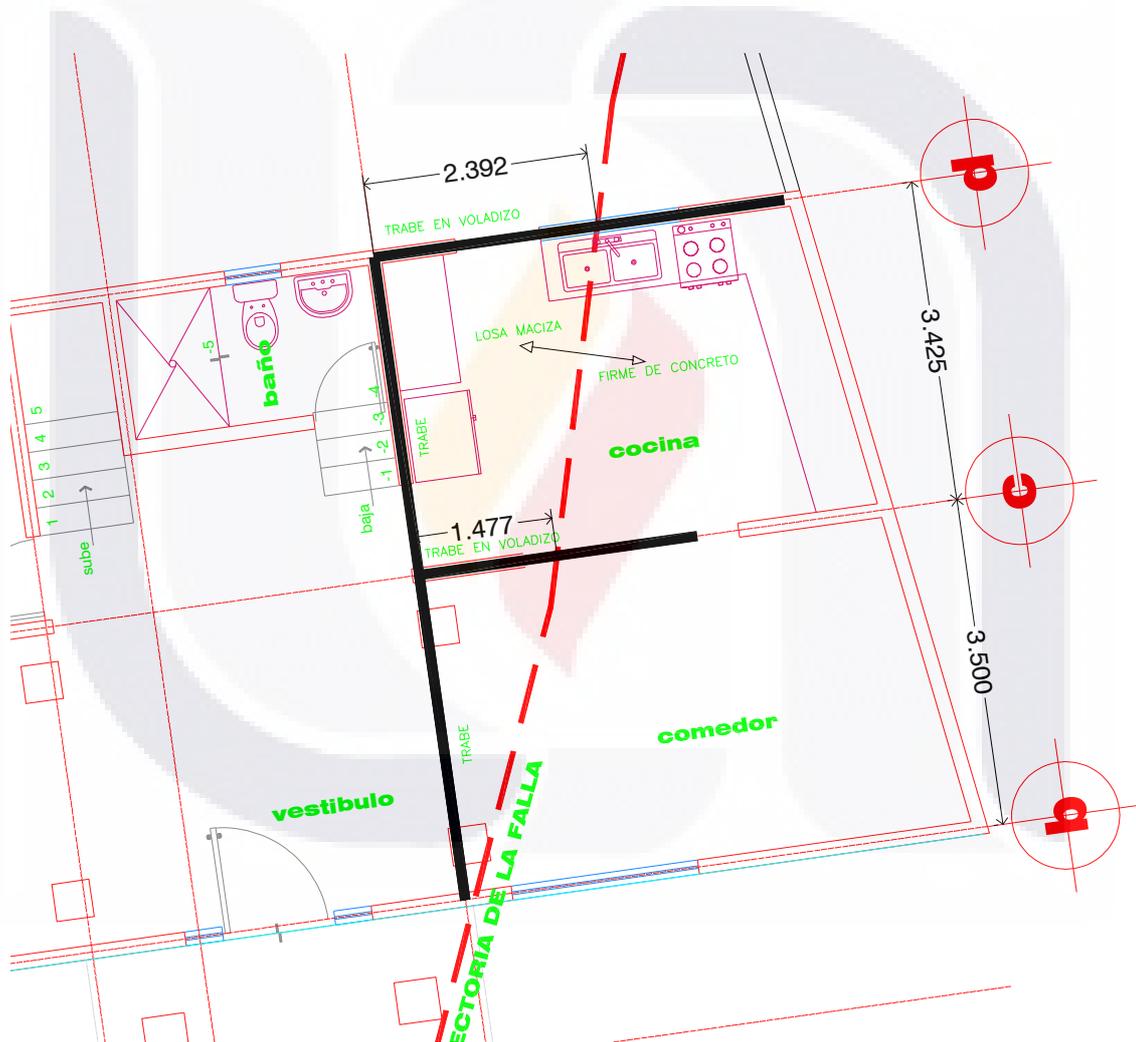


Figura 4.2. Vista en planta de las trabes en voladizo para la zona oriente de la falla.

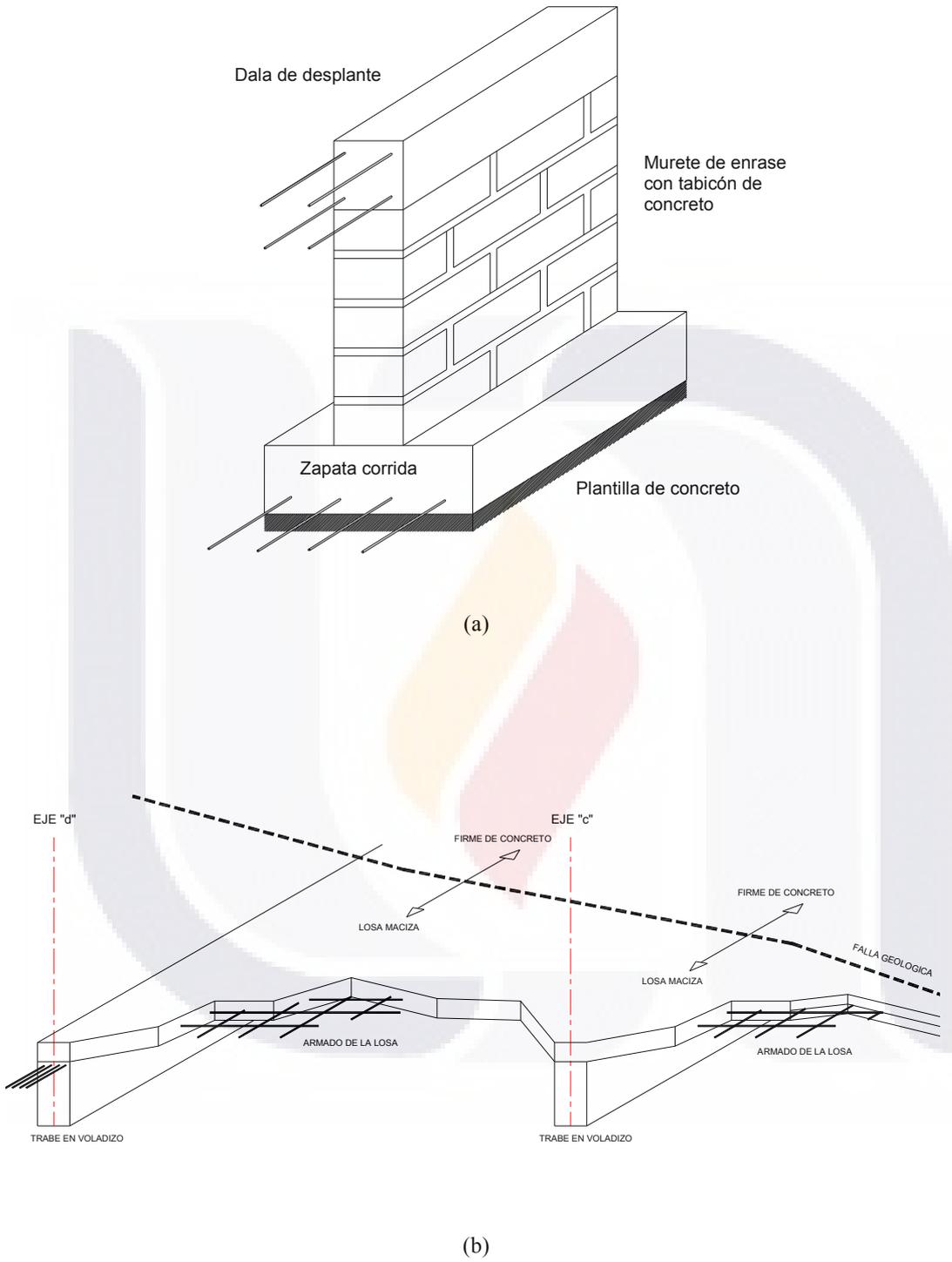
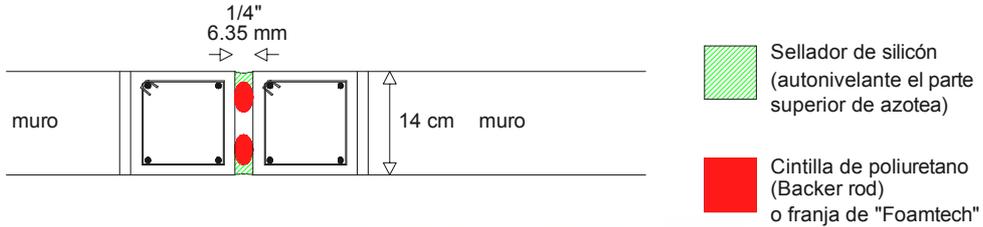


Figura 4.3. Murete de enrase en sección de cimentación normal (a); y traveses en voladizo para la zona oriente de la falla (b). (Sin escala)

JUNTA TIPO EN UNION DE ZONA ORIENTE Y ZONA PONIENTE
SIN ACABADOS



JUNTA TIPO EN UNION DE ZONA ORIENTE Y ZONA PONIENTE
CON ACABADOS

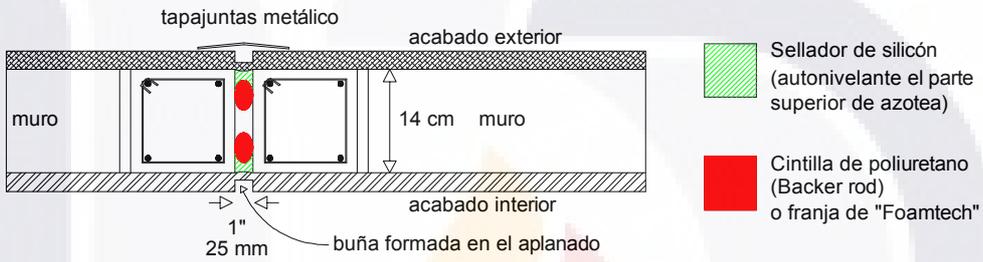
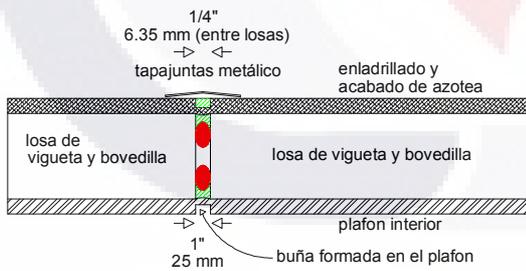


Figura 4.4. Junta tipo en muros. Sección en planta.

JUNTA TIPO EN UNION DE LOSAS
CON ACABADOS



DETALLE EN SECCION DE COLOCACION
DE TAPAJUNTAS

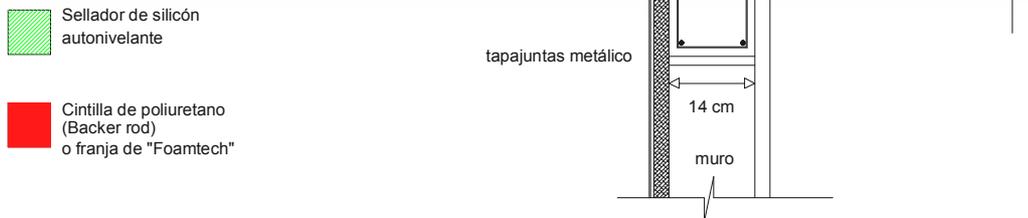


Figura 4.5. Junta tipo en losas y colocación de tapajuntas metálico.



Figura 4.6. Colocación de placas metálicas de 8 x 8 cm x 1/4" de espesor, ancladas a castillos en junta tipo entre muros. Las placas estarán ranuradas y con escala para medición de desplazamientos verticales. La separación entre placas será de 2 mm.

En su concepto general el sistema constructivo se ajusta bastante a uno tradicional, desde su concepción de procesos y sobre todo de materiales y presenta como ventajas la de establecer un monitoreo fácil y accesible, así como la posibilidad de la renivelación de la estructura; sin embargo también plantea procesos constructivos de detalle que no se utilizan comúnmente en edificaciones de vivienda como son los relativos a la colocación de los elementos ahogados en dados y apoyos para los gatos hidráulicos, las placas metálicas para monitoreo, así como las juntas constructivas entre la zona Oriente y la Poniente de la edificación.

Por otro lado, resulta fácil entender que no se trata de una construcción típica de vivienda desplazada sobre terreno que no presenta ningún problema y por lo tanto es de esperar que existan condiciones diferentes como las señaladas.

Capítulo



**Análisis de costo y comparativo contra un sistema
constructivo tradicional**

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

5.1 ANALISIS DE COSTO DE LA PROPUESTA.

Para la elaboración del presupuesto de la casa bajo las condiciones de la propuesta estructural, se omitieron conceptos que no fueron considerados como relevantes para los fines de este trabajo.

Estos conceptos se refieren a trabajos de carpintería, herrería, chapas y herrajes, algunos trabajos de instalaciones, etc., incluso se omitieron algunos conceptos relativos a la estructura de la casa cuando estos coinciden con los de la construcción existente y que no aportarían ninguna información adicional al propósito de la evaluación del costo.

La intención principal es desde luego conocer cuánto cuesta la propuesta, pero más con fines comparativos que con la finalidad del costo por sí mismo, es decir, se considera que existen variables no relacionadas con la estructura como son por ejemplo, los acabados, que en algunos casos pueden llegar a comportar una parte importante del costo total.

De esta manera el análisis se conforma con las siguientes partidas y su costo, las cuales aparecen en la tabla 5.1, y que pueden ser consultados para mayor detalle del catálogo de conceptos en el Apéndice E.

PARTIDA	DESCRIPCION	COSTO
No.	DE LA PARTIDA	\$
I	PRELIMINARES	16,279.66
II	CIMENTACION	246,747.59
III	MUROS Y CASTILLOS PLANTA BAJA	83,276.89
IV	LOSA DE ENTREPISO	62,336.60
V	MUROS Y CASTILLOS PLANTA ALTA	82,552.02
VI	LOSA DE AZOTEA	52,808.26
VII	ACABADOS AZOTEA Y PRETILES	48,337.23
VIII	ACABADOS INTERIORES	115,237.07
IX	ACABADOS EXTERIORES	25,466.40
X	INSTALACIONES	44,148.33
	TOTAL PRESUPUESTO	777,190.05
	IVA	116,578.51
	TOTAL	893,768.56

Tabla 5.1. Costo de la propuesta por partidas

Resalta de inmediato que la partida con mayor peso es desde luego la cimentación, debido a la cantidad de acero y concreto que comporta su diseño.

Como el análisis de costo se hace considerando los rendimientos normales de mano de obra, es probable que debido a la complejidad inherente a la propuesta, que la distingue de los procedimientos constructivos normales, dichos rendimientos no sean los esperados y

resulten en la práctica menores a los normales, y con esto se tenga un sobrecosto por esa diferencia; sin embargo esto no se evalúa en el presupuesto del Apéndice E.

5.2 ANALISIS DE COSTO DEL MISMO PROYECTO CON UN SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL SOBRE TERRENO SANO.

Los criterios para la elaboración del presupuesto de la casa existente, que se construyó con un sistema tradicional sobre el terreno que no presenta falla, son exactamente los mismos que para la propuesta estructural en terreno con la falla.

No se cuenta con información del costo real de cuando se construyó, del tal forma que pudiera establecerse una actualización, que permitiera también ampliar los factores de comparación; aunque de cualquier manera puede resultar más representativo el análisis a costo actual como si la vivienda fuera a construirse sobre terreno sano.

Los resultados de este análisis son los siguientes:

PARTIDA	DESCRIPCION	COSTO
No.	DE LA PARTIDA	\$
I	PRELIMINARES	17,911.40
II	CIMENTACION	78,544.85
III	MUROS Y CASTILLOS PLANTA BAJA	83,276.89
IV	LOSA DE ENTREPISO	62,336.60
V	MUROS Y CASTILLOS PLANTA ALTA	82,552.02
VI	LOSA DE AZOTEA	52,808.26
VII	ACABADOS AZOTEA Y PRETILES	48,337.23
VIII	ACABADOS INTERIORES	115,237.07
IX	ACABADOS EXTERIORES	25,466.40
X	INSTALACIONES	44,148.33
	TOTAL PRESUPUESTO	610,619.05
	IVA	91,592.86
	TOTAL	702,211.91

Tabla 5.2. Costo de la construcción sobre terreno sin falla

El costo de la cimentación para este caso resulta normal, si consideramos que se trata de cimiento corrido de concreto armado, con murete de enrase de tabicón de concreto simple, es decir un sistema tradicional sin variantes sobre el uso normal para este tipo de obra.

Igual que para el caso de la propuesta, se pretende conocer el costo más con fines comparativos y que existen las mismas variables no relacionadas con la estructura.

5.3 COMPARATIVO DE COSTOS.

En la tabla 5.3, se presenta el comparativo simple entre la propuesta estructural y la construcción sobre terreno sin falla.

PARTIDA	DESCRIPCION	COSTO (\$)	COSTO (\$)	INCREMENTO	INCREMENTO EN
No.	DE LA PARTIDA	PROPUESTA	NORMAL	\$	%
I	PRELIMINARES	16,279.66	17,911.40	-1,631.74	-9.11
II	CIMENTACION	246,747.59	78,544.85	168,202.74	214.15
III	MUROS Y CASTILLOS PLANTA BAJA	83,276.89	83,276.89	0.00	0.00
IV	LOSA DE ENTREPISO	62,336.60	62,336.60	0.00	0.00
V	MUROS Y CASTILLOS PLANTA ALTA	82,552.02	82,552.02	0.00	0.00
VI	LOSA DE AZOTEA	52,808.26	52,808.26	0.00	0.00
VII	ACABADOS AZOTEA Y PRETILES	48,337.23	48,337.23	0.00	0.00
VIII	ACABADOS INTERIORES	115,237.07	115,237.07	0.00	0.00
IX	ACABADOS EXTERIORES	25,466.40	25,466.40	0.00	0.00
X	INSTALACIONES	44,148.33	44,148.33	0.00	0.00
	TOTAL PRESUPUESTO	777,190.05	610,619.05	166,571.00	27.28
	IVA	116,578.51	91,592.86	24,985.65	27.28
	TOTAL	893,768.56	702,211.91	191,556.65	27.28

Tabla 5.3. Costo comparativo de la propuesta contra la construcción sobre terreno sin falla

Es evidente que la diferencia se centra en el costo de la cimentación. El incremento total en pesos para esta partida es de \$168,202.74, que representa un aumento de costo del 214.15% con relación al costo de la cimentación normal.

Se observa un decremento del 9.11 % en la partida de preliminares, debido a que disminuye el volumen de relleno y compactación con material producto de excavación al cambiar para la zona Poniente de cimentación corrida a cimiento con zapatas aisladas, aunque por los montos, esto realmente no influye en los porcentajes globales.

El resto de las partidas no se ve realmente afectado, aunque es posible que en la práctica sí existan diferencias provocadas por variaciones en los rendimientos de la mano de obra al aplicarse a procesos constructivos que involucran detalles como los que se generan al aplicar la propuesta estructural.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Capítulo



Análisis de resultados y perspectivas de desarrollo

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

6.1 ANALISIS DE RESULTADOS ESTRUCTURALES.

La propuesta estructural se fundamenta en que el desplazamiento del bloque Poniente con relación al bloque Oriente es exclusivamente vertical y que desde luego se trata de una falla normal.

Además, se asume que no existe milonitización o degradación importante del material de las caras de la fractura.

En el sondeo exploratorio que se practicó justo en la ubicación de la falla, se puede comprobar que la fractura es bastante “limpia”, cuando menos hasta la zona de influencia de las cargas transmitidas por la cimentación, de tal suerte que dicha consideración resulta confiable al menos hasta esa profundidad.

Con relación a la hipótesis No. 1, que se refiere a que *“Los aspectos relativos a las características de la falla geológica, son los que ejercen mayor influencia en la propuesta de estructuración de nuevas viviendas”*, se estima que en parte resulta cierta, en el sentido de que si existen condiciones como las del sitio utilizado para la investigación, que son bastante favorables desde el punto de vista mencionado en párrafo anterior, entonces sí hay una influencia directa en la propuesta estructural, desde el momento en que resulta factible proponerla.

De otro modo, si las condiciones muestran una zona de influencia con suelo totalmente degradado en las zonas adyacentes de la falla, no se puede pensar en un planteamiento estructural coherente, lo que significa que ni siquiera resulta factible pensar en ello.

Lo anterior indica que, previo a cualquier intención estructural, es necesario investigar las condiciones de la falla, poniendo especial énfasis en las condiciones físicas de los suelos adyacentes, sin menoscabo desde luego, de los aspectos que se refieren al tipo de estructuras geológicas, desplazamientos, historial de actividad de la falla, y de todos aquellos que ejercen una influencia importante en el conocimiento de una discontinuidad y de su comportamiento.

La hipótesis No. 2 *“La propuesta de estructuración depende de las características del proyecto arquitectónico y de la posición de la construcción con relación a esa falla geológica.”*, resulta totalmente cierta porque la propuesta estructural estará totalmente condicionada a la posición de la falla en el terreno, así como a las condiciones del proyecto arquitectónico; sin embargo este último también puede ser modificado para que la adaptación con relación a la ubicación de la discontinuidad, sea lo más favorable posible.

En el caso del proyecto arquitectónico utilizado, el enfoque fue que no se cambiara absolutamente nada, precisamente para poder analizarlo y estar en condiciones de establecer una comparación con el existente, pero en el caso de cualquier otro predio con otras características geométricas y de ubicación, sería conveniente pensar que el planteamiento arquitectónico tome “ventaja” de la posición de la falla para que la propuesta estructural sea más sencilla, eficiente y económica.

Los resultados del análisis estructural demuestran que el tipo de construcción, por los materiales que utiliza resulta muy pesado para el tipo de propuesta, dando lugar a que los elementos diseñados, sobre todo en el sector Poniente resulten de secciones bastante considerables, lo que sin lugar a dudas impacta en el costo.

En el sector oriente, a pesar de que se tiene una sección trabajando en voladizo, realmente no existe un incremento importante.

6.2 ANALISIS DEL COMPARATIVO DE COSTOS.

Una vez que elaborados los presupuestos y habiendo establecido el comparativo de los costos de la propuesta contra la construcción en condiciones normales, queda claro que la partida de cimentación es la que se ve más afectada por sufrir grandes incrementos.

Para poder pensar en que el incremento de costo en la construcción de la cimentación es viable, sería necesario tomar en cuenta otros factores, como lo es el valor de calle o valor de mercado para un predio, dada su ubicación.

Es posible que en zonas donde el valor comercial del terreno es alto, como pueden ser la zona centro, donde aún es asequible la construcción de casas habitación de tipo medio, se justifique dicho incremento, pero para terrenos ubicados en zonas como la del que se utilizó para la propuesta, probablemente no resulte conveniente, a no ser que existan condiciones muy particulares del propietario para estimarlo como factible.

En terrenos de tipo residencial con problemas de discontinuidades geológicas, sobre todo en aquellos donde se dispone de mayor área, no se estima que una solución de este tipo aporte beneficios, toda vez que al existir más cantidad de terreno, es probable que el proyecto desde su concepción arquitectónica se adecúe a la traza de la falla, evitándola si es posible, y no tenga las limitaciones que suelen presentarse en un lote de menores dimensiones como son los de tipo medio.

Por otro lado para una vivienda ubicada en desarrollos de tipo popular o de interés social, es aún menos probable implementar soluciones de este tipo.

Para el caso analizado las condiciones fueron bastante favorables debido a que existe terreno adicional en el perímetro de la construcción, que si bien no permite una óptima ubicación de la propuesta arquitectónica, sí deja margen para buscar un acomodo más o menos adecuado, a diferencia de muchos terrenos ubicados en fraccionamientos de tipo medio, en donde debido a las dimensiones reducidas de los predios, no se dispone de ese margen.

Además es típico que en desarrollos de tipo medio hacia los tipos popular e interés social, las construcciones se desplanten prácticamente pegadas unas con las otras, lo que en algunos sectores que presentan daños como consecuencia de las discontinuidades, origina

que se presente un problema denominado en el argot como “Efecto dominó”, que no es otra cosa que las deformaciones causadas a la estructura de una finca por el recargue de las fincas adyacentes, comenzando con una construcción ubicada en un lote fallado.

En el caso de la propuesta analizada no ocurre lo anterior, pero es un factor a tomar en cuenta para propuestas en esas condiciones, porque es conveniente tratar de dejar un margen de terreno en la periferia de la construcción, que permita evitar la cercanía entre construcciones de diferentes lotes.

En resumen, la diferencia de costo para este proyecto en particular es bastante alta y el caso merece un mayor estudio para reducir los incrementos a rangos que puedan convertirlo en una posibilidad real.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Capítulo



Conclusiones

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

7.1 CONCLUSIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION.

En el área relacionada con el tema de esta tesina ha resultado evidente que existen antecedentes que tienen que ver con la interacción de construcciones de casas con el fenómeno de subsidencia o aún con situaciones locales de suelos de mala calidad como arcillas blandas y deformables, la mayoría de ellos dirigidos hacia reparaciones y renivelaciones, pero no hacia construcciones nuevas. El tipo de vivienda a que se refieren esos antecedentes es de tipo ligero, con materiales de tipo paneles prefabricados y madera.

Para esta investigación no se trata de dirigir los resultados hacia el tema de reparación de viviendas dañadas, sino de construcción de vivienda nueva en la que ya se conoce la presencia de falla geológica y en condiciones de suelo cuyo comportamiento mecánico es de tipo frágil cuya falla suele manifestarse con fracturas para un índice de deformación relativamente bajo, como es el caso de los materiales locales (toba) descritos en el apartado 3.5 *MECANICA DE SUELOS*, y no en condiciones de suelo altamente deformable, de tipo plástico, como es el caso de las arcillas.

En cuanto a los resultados obtenidos en el tema dirigido a la construcción de vivienda nueva sobre falla geológica para esta investigación, existen diferentes puntos clave de carácter técnico por los que la propuesta no se considera viable, entre los que se encuentran:

- Los materiales de uso común y corriente en la zona son muy pesados, lo que obliga a que las dimensiones tanto de los elementos estructurales de la cimentación, como de los apoyos, los conviertan en piezas muy voluminosas. De la misma forma se aumenta, por necesidad, la capacidad de los gatos hidráulicos y en general el sistema resulta costoso y pesado.
- El uso de paneles ligeros puede solucionar en parte esta cuestión; sin embargo esos materiales han demostrado que no resultan satisfactorios para las personas que adquieren o construyen una vivienda, ya que se sigue prefiriendo el uso de materiales tradicionales.
- El marco de carga por las mismas razones resulta de secciones grandes. En este punto resulta importante recalcar que debido a la distribución del proyecto específico que se analizó, y por la necesidad de uniformizar las dimensiones de las secciones transversales de los perfiles, se sobredimensionan muchos de ellos, lo que impacta directamente en el costo, más aún si consideramos que es precisamente el acero uno de los materiales que han sufrido mayores incrementos en su precio de mercado.
- Para lograr optimizar el marco metálico sería necesario, para un proyecto específico, garantizar que la repartición de cargas fuera lo más uniforme posible; sin embargo esto significaría adaptar todo un concepto arquitectónico a esa necesidad.

- Aparte del tema económico, existe también el aspecto de fabricación de la estructura del marco metálico, que comporta que en campo se realicen trabajos de soldadura, ya que no todas las conexiones pueden ser de taller y probablemente las posiciones de soldado no sean las más adecuadas.

Esto exige que aun cuando no existen anclas propiamente dichas para conexión de la estructura con la cimentación, sí se deba tener cuidado en el trazo, nivelación y construcción de las zapatas, dados y apoyos para los gatos hidráulicos, de tal suerte que la estructura fabricada ensamble perfectamente en sus apoyos.

Es cierto que las hipótesis planteadas resultan verdaderas. El sentido de traza de la discontinuidad desde luego ejerce una influencia trascendental en el diseño estructural, así como las condiciones propias del proyecto.

Si se hubiera analizado un proyecto tipo, elaborado específicamente para adaptarse a unas condiciones “ideales” del trazo de una falla, se estaría tratando de reproducir una condición inexistente en la realidad; en otras palabras: aún cuando los resultados de esta investigación no arrojan resultados alentadores, sí corresponden a situaciones reales.

El punto de vista constructivo es otro de los aspectos de mayor relevancia porque plantea una serie de obstáculos técnicos, no solamente en lo relativo a la cimbra de la losa y trabes en voladizo de la zona Oriente; sino de todo el sistema de cimentación.

La operatividad de este sistema resulta complicada debido a que se carece de espacio suficiente para realizar las maniobras de renivelación. Inicialmente se había considerado la idea de construir registros para cada uno de los apoyos, de tal suerte que se tuviera suficiente espacio para inspección y realizar trabajos de renivelación; sin embargo los registros resultan muy costosos y necesitan de ciertas condiciones especiales de sujeción a la estructura para que cuando se presenten los asentamientos inducidos por el comportamiento de la falla, no sufran serios deterioros que a la larga los hagan inoperables.

El drenaje superficial de la zona del desplante de la casa se ve afectado por el cambio de nivel que se general al hacer la apertura del cajón para la zona de “sótano de inspección”.

Esta eventualidad puede ser resuelta de diversas maneras, entre las que se encuentran la construcción de una trinchera y dren que dirija los flujos ya sean pluviales o de riego excedentes, hacia la propia instalación sanitaria del desarrollo habitacional (Figura A-6, del Apéndice A), o bien aislando toda esa zona y colocando un acceso controlado y ventilaciones (Figura A-7 del Apéndice A).

Discusión.

Desde luego, al conocer todos estos aspectos surge la pregunta de porqué el sistema puede en un momento ser implementado, si actualmente puede resultar más práctico construir bajo el concepto de división de la estructura en dos partes independientes (Oriente y

Poniente para este caso), dejando simplemente entre ellas un escalón o escalones para compensación gradual del nivel cuando ocurran los movimientos de la falla.

Esta pregunta puede ser contestada bajo dos premisas: la primera es que de esta forma la limitante de reducción de altura generada por la adición de escalones al aumentar el diferencial de altura entre piso y techo de la falla, simplemente se elimina, lo que necesariamente aumentaría la vida útil del proyecto.

La otra tiene que ver simplemente con la comodidad de mantener un piso nivelado y menor necesidad de reparar escalones o adicionarlos, a veces con diferentes alturas o peraltes que provoquen tropiezos a los habitantes de la casa.

De esta manera la propuesta estructural necesita de mucho más estudio, sobre todo en la implementación de materiales resistentes pero ligeros que conviertan el proceso de renivelación de la estructura en un trabajo simple.

Con relación a la propia falla, en este caso la fractura es bastante limpia; sin embargo existen otros casos en que la milonitización ha sido generada en los materiales adyacentes a la falla, de tal suerte que se encuentran significativamente alterados y la franja de afectación puede ser de metros hacia ambos lados de la falla, lo que imposibilita la construcción de casas nuevas por la simple razón de la falta de soporte adecuado para la cimentación.

Desde el punto de vista geotécnico, para esta investigación se analizó numéricamente y no existe ningún problema de estabilidad del talud en cada lado de la falla, ni en condiciones naturales ni en condiciones bajo sobrecarga de construcción, porque las características del suelo son muy favorables.

7.2 LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACION RELACIONADAS.

Aún cuando la propuesta no resultó ser viable desde los puntos de vista estructural y de costo, se estima que uno de los puntos clave ha sido el tipo de materiales de construcción empleados, que si bien cumplen una función estructural adecuada, también resultan demasiado pesados para los fines de la propuesta.

De esta forma, las investigaciones futuras podrán enfocarse entre otros al uso de materiales más ligeros y resistentes, además de poder cambiar el propio concepto de la propuesta.

Una de las intenciones del uso de gatos hidráulicos era que no existieran limitaciones en el rango de nivelación, como puede ser por ejemplo el que se tiene cuando se utilizan sistemas de resortes, además de ser mecanismos que se pueden retirar y volver a colocar cuando sea necesario; sin embargo no debe existir ninguna limitación para establecer cambios y nuevas ideas.

Como la presente tesina constituye simplemente un primer acercamiento para proporcionar una solución para el uso de lotes afectados, existe un campo bastante amplio para realizar futuras investigaciones sobre el tema.

En ese primer acercamiento se trató de utilizar los materiales de uso más común en la región y en los sistemas constructivos que actualmente se ponen en práctica en las diversas obras, con los resultados ya señalados, lo que nos lleva a pensar en el eventual uso de materiales más ligeros, aunque esto a su vez implica la necesidad de utilizar materiales nuevos o tecnologías innovadoras.

De esta forma las líneas de investigación futuras no solamente se podrán dirigir hacia la búsqueda de materiales ligeros, sino a sistemas de monitorización y control que eventualmente puedan llegar al punto de crear una solución de tipo “automático” mediante la aplicación de conceptos de la física tradicional y desde luego de la ingeniería civil combinados con la actuación de dispositivos mecánicos y electrónicos.

Lo que sí resulta importante es que se deben buscar los caminos y las formas de aprovechar de manera adecuada la gran cantidad de lotes y zonas con falla que se tienen por toda la ciudad de Aguascalientes, teniendo en cuenta que el fenómeno de las fallas es algo con lo que tenemos la necesidad de convivir más que la necesidad de evitar, ya que no es factible pensar en que la explotación del acuífero se detenga de manera súbita, aunque sí se haga de manera más racional, lo que en su momento puede frenar el fenómeno de subsidencia, más no detenerlo.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



Referencias

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Bolívar del Valle, José María, **Geología**, Tercera edición, División de Estudios de Posgrado Facultad de Ingeniería UNAM, México, 1984, 206 p.

Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary. American Concrete Institute. Ed. 2008, E.U.A. January, 2008. 465 p.

Das, Braja M., **Fundamentos de Ingeniería Geotécnica**. Thomson Editores, S.A. de C.V., México, 2001, 594 p.

Das, Braja M., **Principios de Ingeniería de Cimentaciones**. Quinta Edición, International Thomson Editores, S.A. de C.V., México, 2006, 741 p.

Edificaciones de Mampostería para Vivienda. Fundación ICA, A.C., México, 1999, 316 p.

Emmons, Peter H., **Manual Ilustrado de Reparación y Mantenimiento del Concreto**. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., México, 2005. 296 p.

Fuentes, Juan. **Evaluación de las Condiciones Geofísicas del Subsuelo Bajo el Edificio Inegi Primo Verdad, Sitio Afectado por Fallas Geológicas y Hundimientos Diferenciales del Suelo**. Aguascalientes, Ags. 2002. 29 p.

Fuentes, Juan. **Estudio Geológico – Geofísico predio CETIS # 155, de la ciudad de Aguascalientes, Ags.** Aguascalientes, Ags. 2006. 25 p.

Ghali, A., A. M. Neville. **Análisis Estructural, Un Enfoque Unificado Convencional y Matricial**. Cuarta Edición, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., México, 2004, 521 p.

Gobierno del Estado de Aguascalientes, Consejo Estatal de Protección Civil, **Atlas Estatal de Riesgos**. Aguascalientes, 1994, p. 22.

González Cuevas, Oscar M. *et al*, **Aspectos fundamentales del Concreto Reforzado**. Cuarta edición, Editorial Limusa, S.A., México, 2005. 802 p.

Hibbeler, R.C., **Análisis Estructural**. Tercera Edición. Editorial Pearson Educación, México, 1997. 730 p.

Juárez Badillo, E., **General Compressibility Equation for Soils**. Diplomado en Cimentaciones, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, 2005. P. 171-178.

Juárez Badillo, E. **General Volumetric Constitutive Equation for Geo-Materials**. Diplomado en Cimentaciones, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, 2005.

Juárez Badillo, Eulalio, Alfonso Rico Rodríguez, ***Mecánica de Suelos, Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos***. Segunda edición, Tomo II, Editorial Limusa, México, 1979, 704 p.

Arnal Simón, Luis, “*et al*”, ***Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal***. Editorial Trillas, México, 2007, 1296 p.

Requisitos de Reglamento Para Concreto Estructural y (ACI 318S-05) y Comentario. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., Edición 2005, México, 2005. 490 p.

Rico, Alfonso, Del Castillo, Hermilo, ***La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres***. Volumen 2, Primera Edición, Editorial Limusa, S.A. , México, 1981, 643 p.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, ***Elementos de Geología para uso de Ingenieros Civiles***. Dirección General de Proyectos Servicios Técnicos y Concesiones, México, 1991, 43 p.

Terzaghi, Karl, Ralph B. Peck, ***Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica***. Segunda edición, sexta reimpression, “El Ateneo” Pedro García S.A., Argentina, 1986,722 p.

Timoshenko, S., D. H. Young, ***Elementos de Resistencia de Materiales***. 2ª. Edición, Montaner y Simón, S.A., España, 1979, 404 p.

Trueba, Venancio, ***El Agua en el Comportamiento Mecánico de los Suelos, flujo de Agua en el Suelo y Fenómenos Geotécnicos***. División de Ingenierías Civil y Geomática, Facultad de Ingeniería Civil, UNAM, Diplomado en Cimentaciones, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, 2005, 32 p.

Winterkorn, Hans F., Hsai-Yang Fang “*et al*”, ***Foundation Engineering Handbook***. Van Nostrand Reinhold Company, New York, USA, 1975, 751 p.

Zermeño de León, Mario E., “*et al*”, ***El Agrietamiento en Aguascalientes***. Causas y Efectos, Primera edición, Departamento Editorial de la Dirección General de Difusión, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, 2004, 221 p.

Zermeño de León, Mario E., “*et al*”, ***Fundamentos de Análisis Estructural***. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, 2006, 289 p.

Apéndice



Proyecto arquitectónico y ubicación de falla

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

A.1 PRESENTACION.

En las siguientes páginas se presenta el proyecto arquitectónico de la vivienda existente y que es el mismo para el caso de estudio y propuesta estructural.

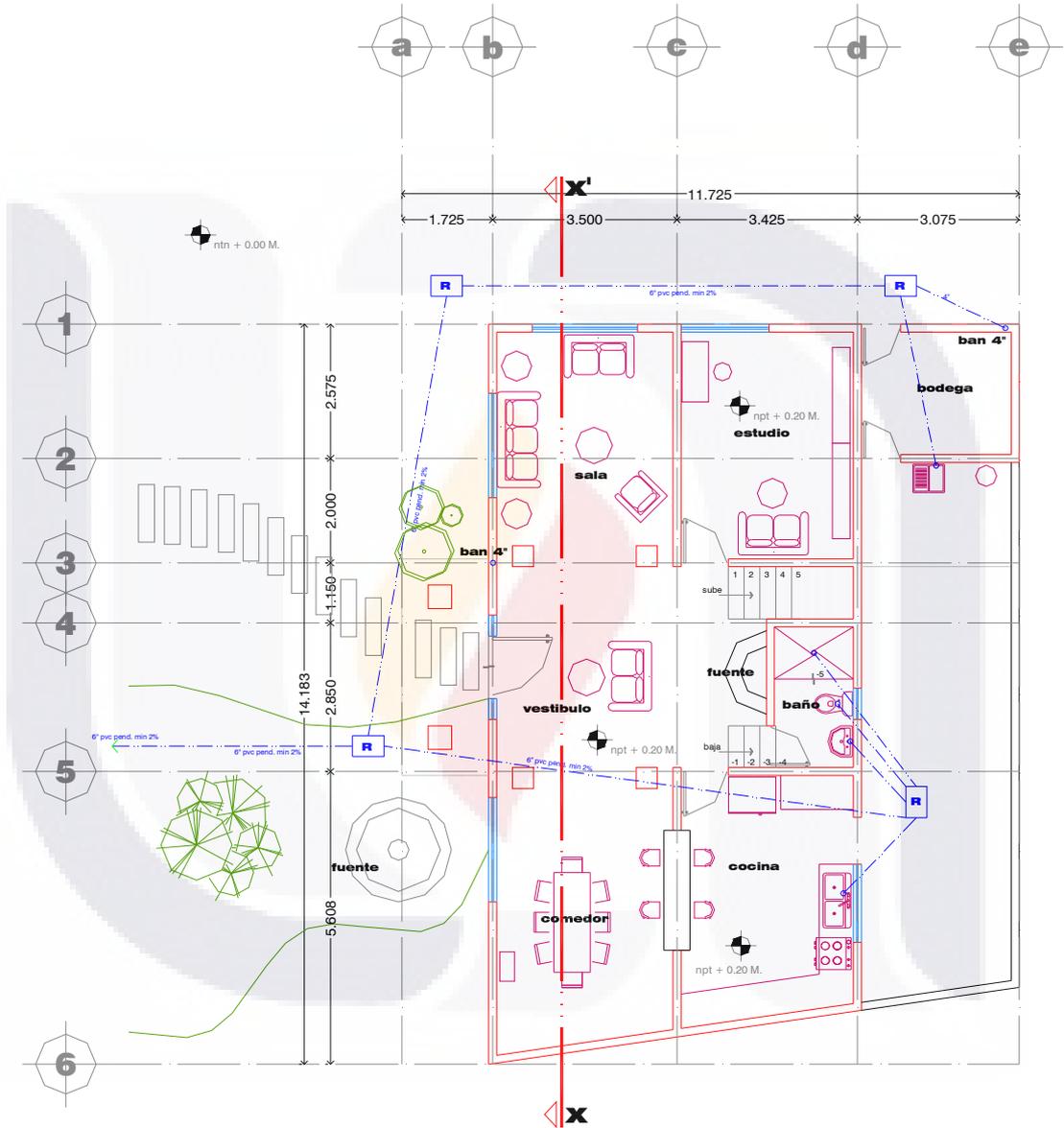


Figura A-1. Planta baja arquitectónica.

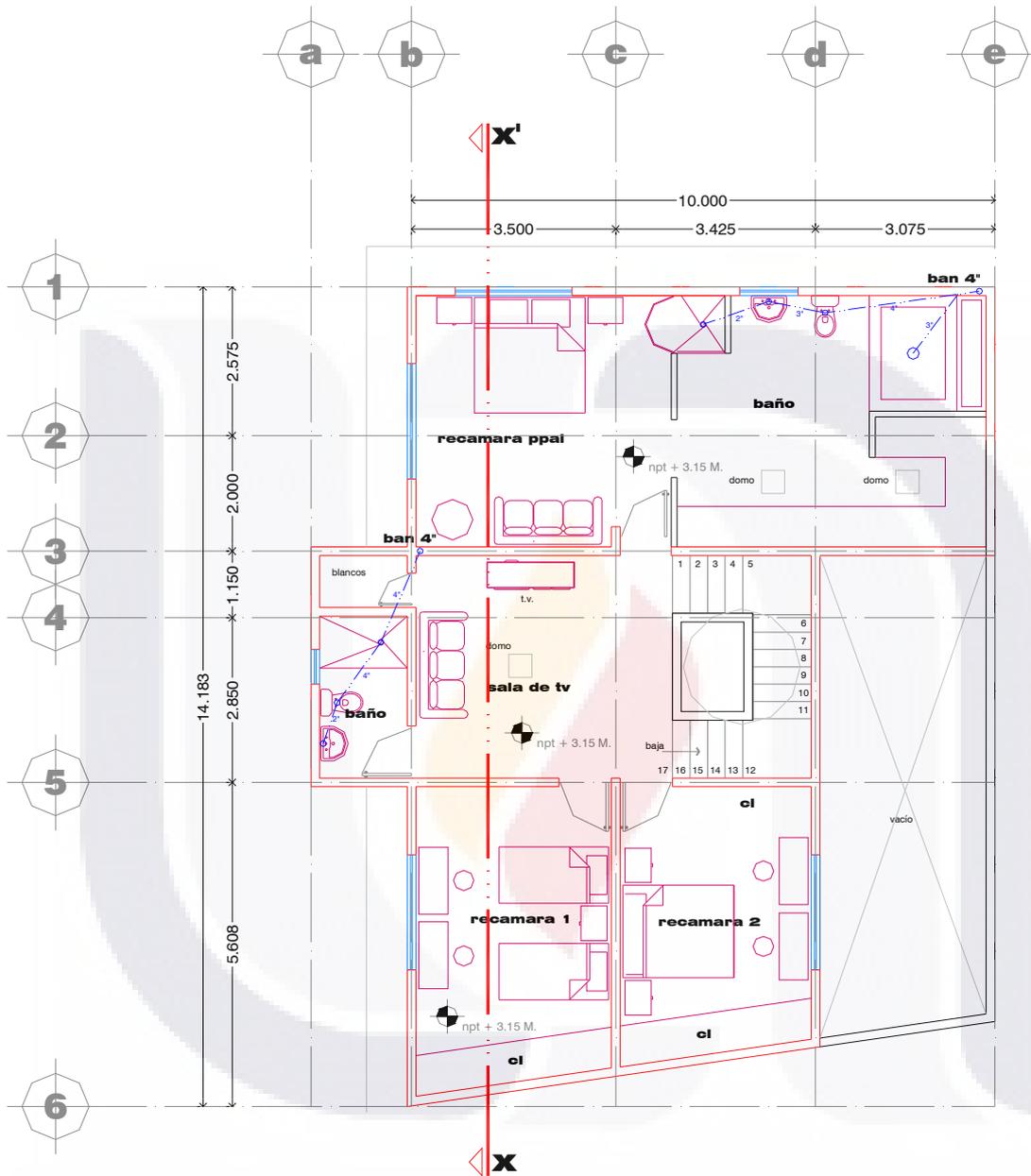
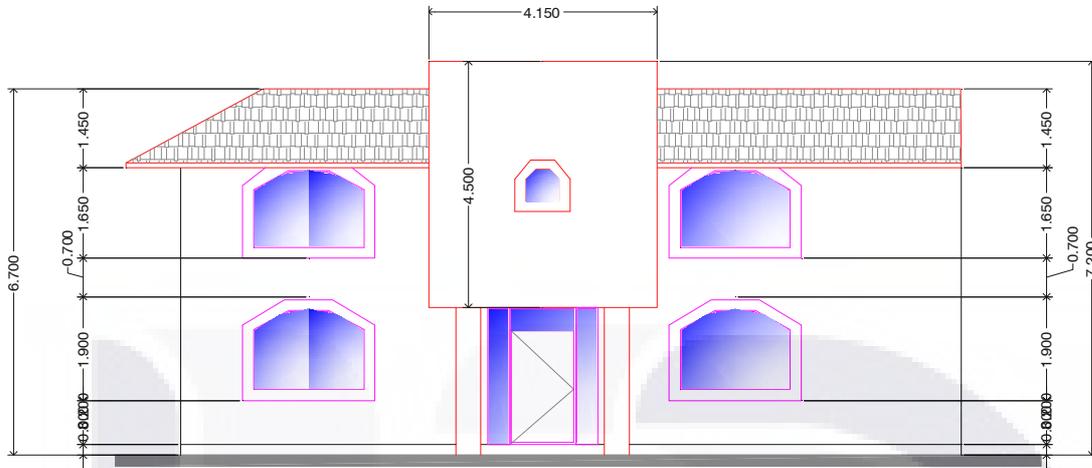
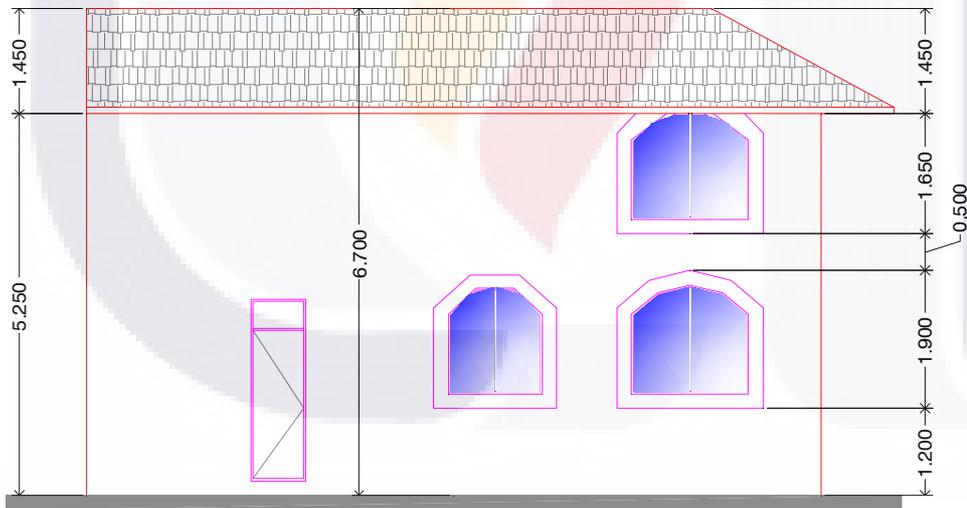


Figura A-2. Planta alta arquitectónica.



FACHADA PRINCIPAL



FACHADA LATERAL

Figura A-4. Fachadas.

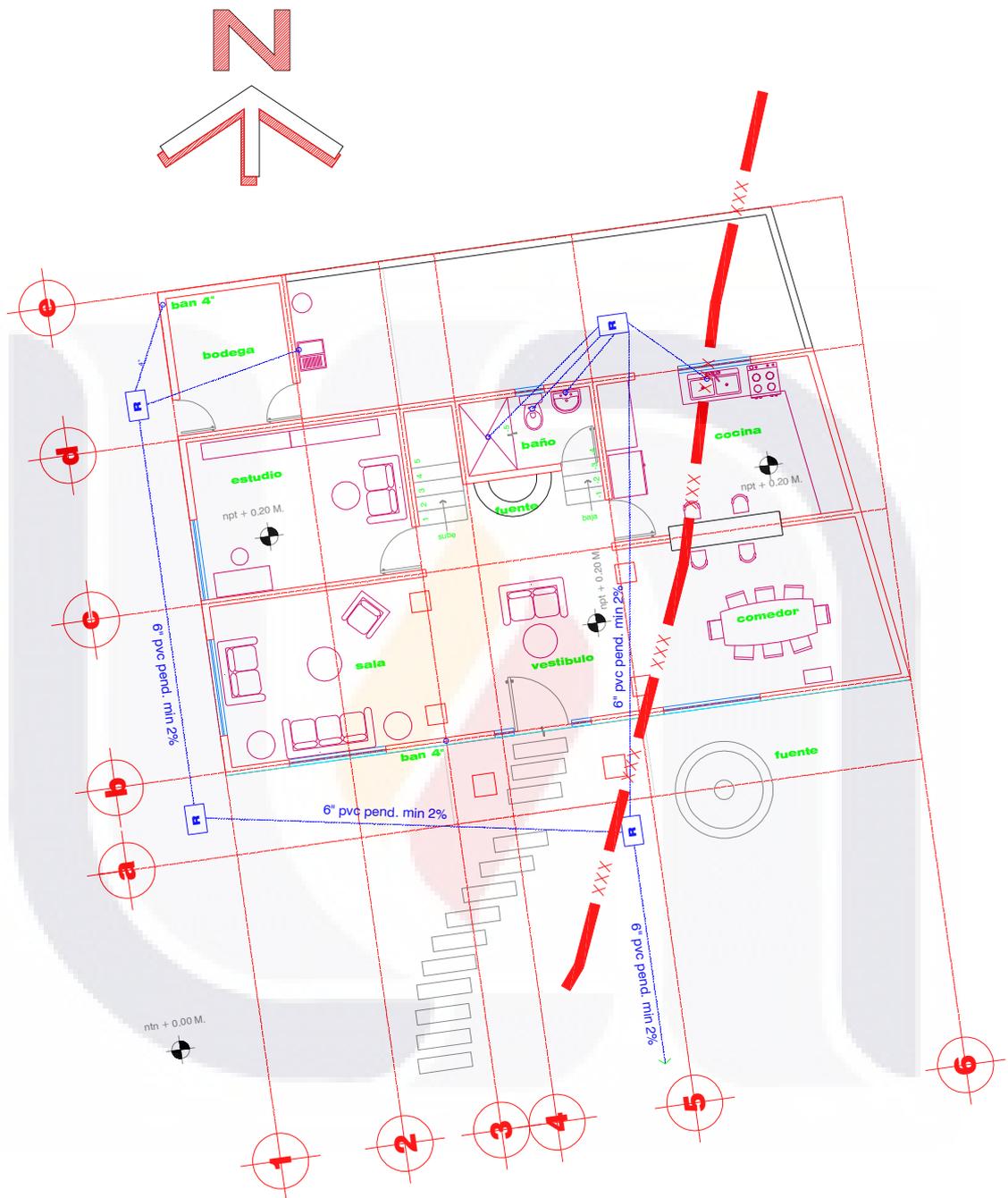


Figura A-5. Ubicación del proyecto con relación a la posición de la falla.

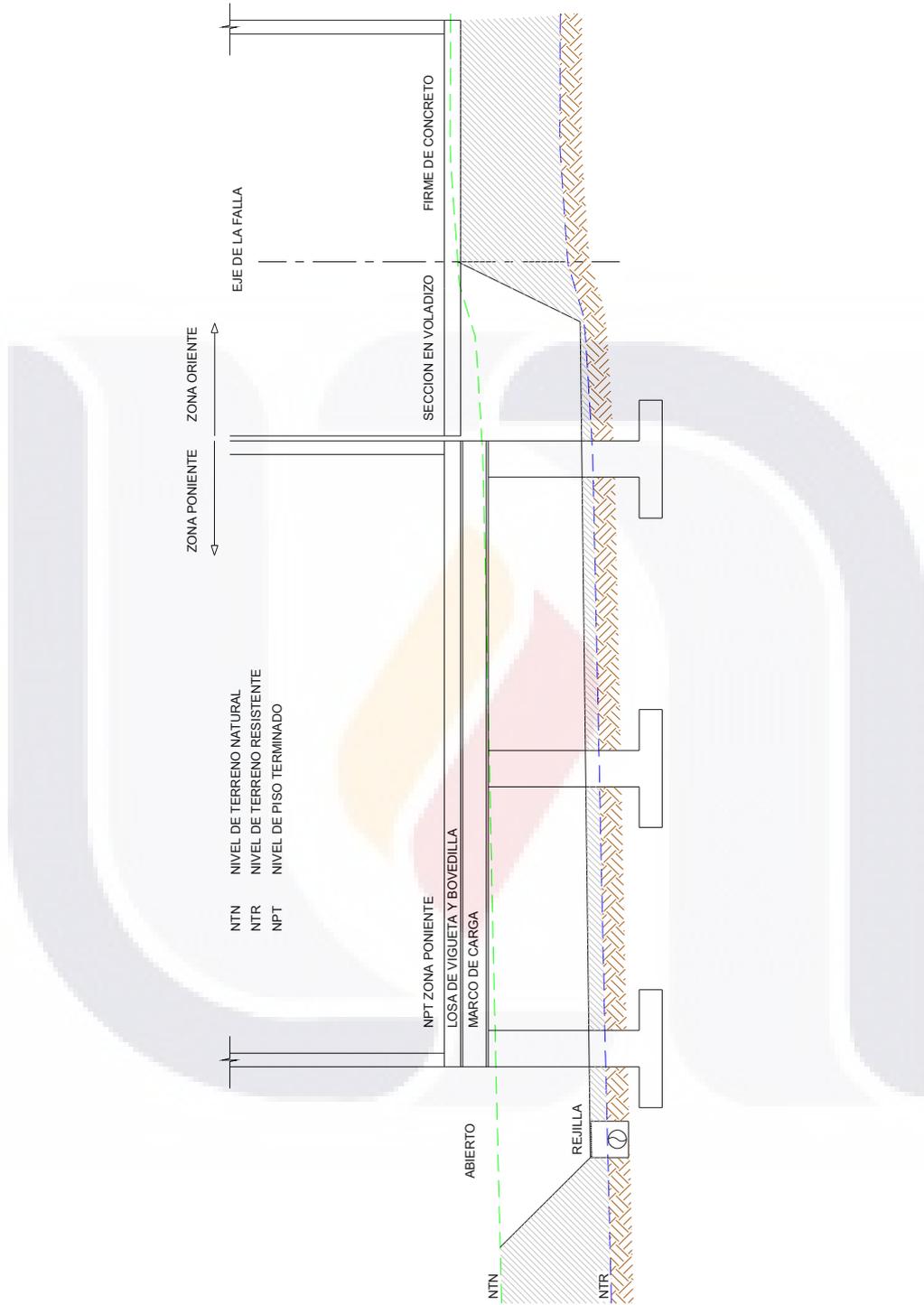


Figura A-6. Acceso abierto a la zona de sótano para trabajos de renivelación.

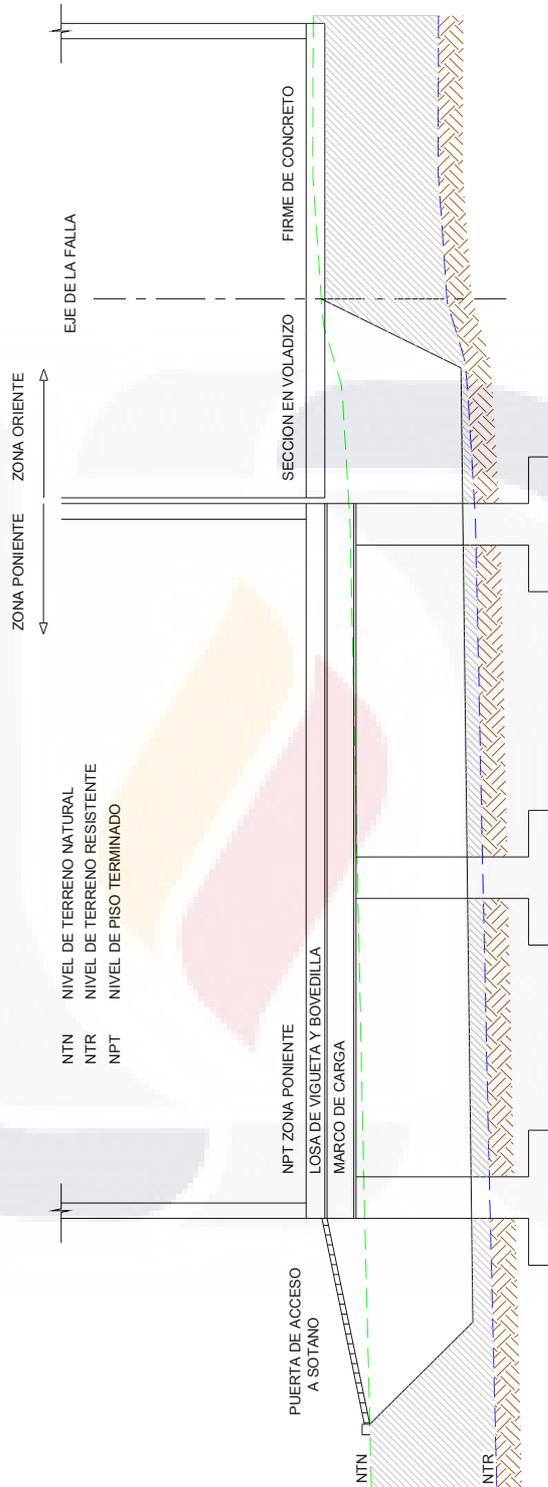


Figura A-7. Acceso por puerta a sótano cerrado.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Apéndice



Características de la falla geológica

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

B.1 PRESENTACION.

Para la zona del CETIS # 155 donde se localiza la “Grieta Primo Verdad – Casa Blanca” junto con otras, se desprende de los resultados del estudio que para la interpretación del perfil N-S (Figura B-1) se tiene que:

“En el perfil geoelectrico, los valores de resistividad real obtenidos en el modelo, muestran la configuración de tres unidades geoelectricas sobresalientes; la primera, dibujada en nos azules con resistividad entre 2 y 18 ohms / m, la segunda, con valores entre 25 a 36 ohms / m, dibujada en tonos verdes y la tercera, de colores amarillo, naranja y rojo, con valores entre 50 a 90 ohms / m.

En el modelo de resistividad real de sentido S - N, se muestra que las tres unidades geoelectricas, registran una inclinación general de norte a sur, precisamente hacia la zona del cauce El Cedazo.

En dicho modelo, la unidad de alta resistividad configurada en tonos amarillo – naranja y rojo, se correlaciona con sedimentos granulares medios y gruesos, relacionados con los depósitos de la antigua llanura de inundación del arroyo El Cedazo.

Subyaciendo a la unidad anterior, se configuraron las unidades azules y verdes, las cuales se asocian con sedimentos de clásticos finos y niveles de tobas areno arcillosas, así como intercalaciones de arenas con estratificaciones horizontal y cruzada.

En la parte norte del perfil, se configuraron dos anomalías de alta resistividad, las cuales se relacionan con las franjas de alteración y fracturamiento, próximas a la zona de falla.

De acuerdo con la interpretación del modelo, se deduce una inclinación del terreno en dirección norte – sur. Se establece la existencia de franjas de flujo subálveo a través de porosos y permeables y zonas de saturación en materiales porosos pero con menor grados de permeabilidad, como pueden ser las configuraciones de materiales finos de colores azules.

En ésta zona es posible la generación de erosión e inestabilidad de estratos en el sentido norte – sur.”

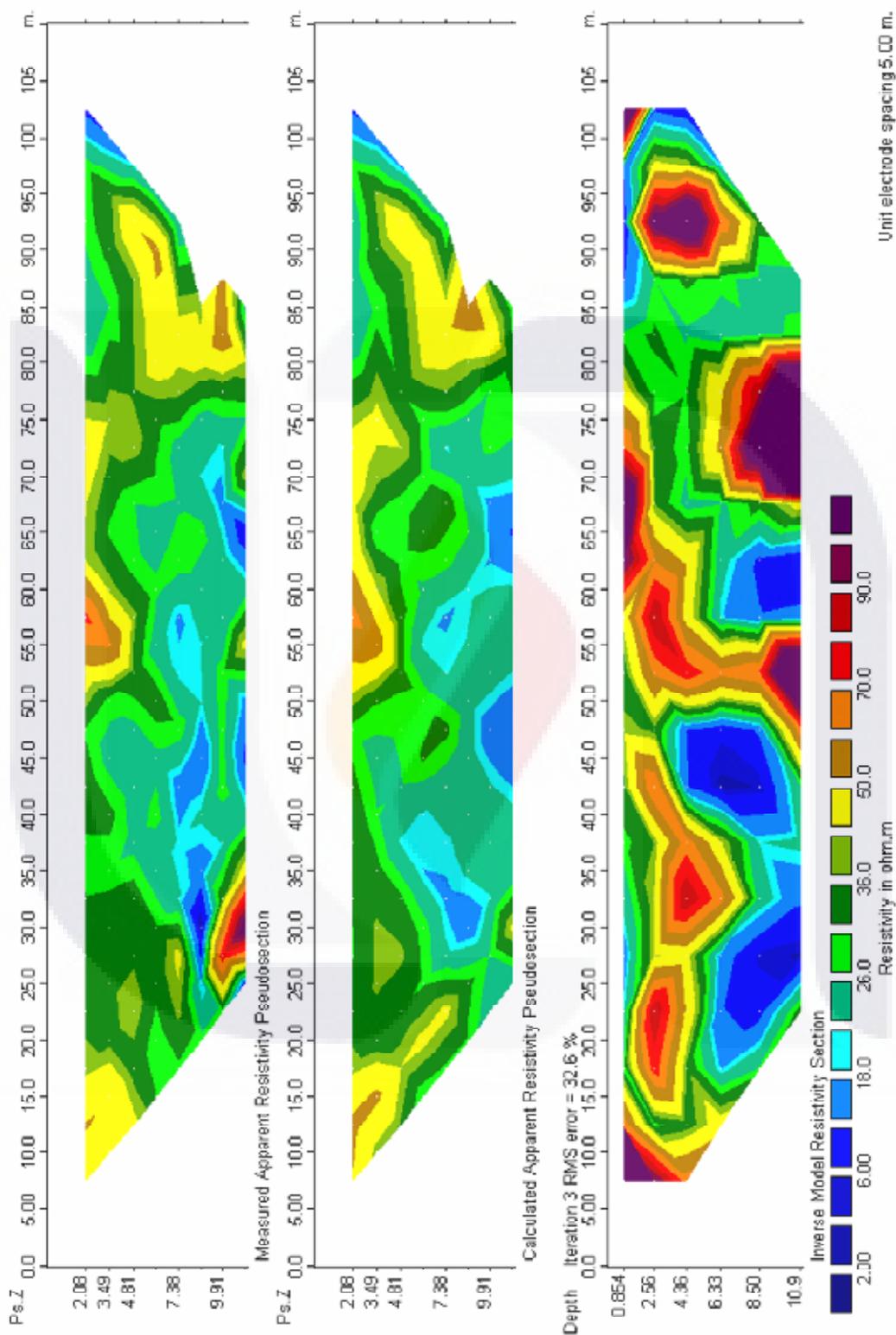


Figura B-1. Perfil geoelectrico Norte - Sur CETIS # 155

Y para el mismo estudio del CETIS # 155, perfil Oeste – Este (Figura B-2), se tiene que:

“Los valores de resistividad real muestran una unidad de baja resistividad con valores de 4 a 18 ohms / m, se observa una unidad intermedia de 26 a 36 ohms / m y otra unidad con valores de 50 a 90 ohms / m, dibujada en tonos amarillo – naranja y rojo.

La configuración del modelo anterior, muestra una trayectoria de falla principal y otra trayectoria de falla escalonada; entre ambas trazas se detectaron anomalías menores, posiblemente relacionadas con ramificaciones o grietas paralelas a las fallas principales. La mayor parte de la sección geoelectrica, en la zona comprendida entre las estaciones 20 a 130 m, se registran varias anomalías relacionadas con zona de alteración y fractura en el subsuelo

De acuerdo con la interpretación anterior, se infiere un desplazamiento horizontal en el sentido oriente - poniente, así mismo es posible asociar un movimiento relativo entre bloques del sistema de fallas, que incide a través del área de estudio.”

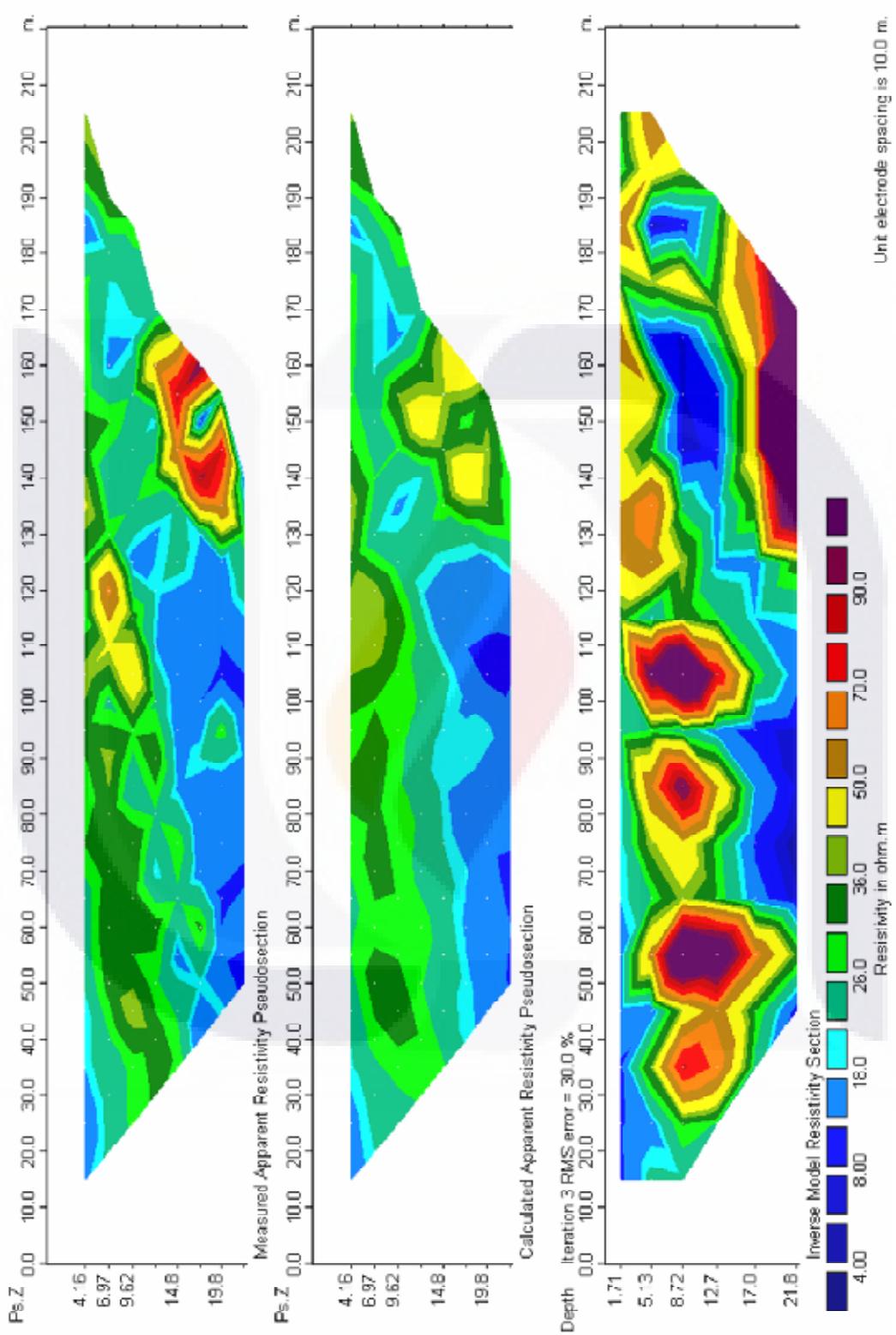


Figura B-2. Perfil geoelectrico Oeste CETIS # 155

En las siguientes páginas se presentan los perfiles geoelectricos que del estudio realizado para la caracterización de la falla geológica “Grieta Primo Verdad – Casablanca”.

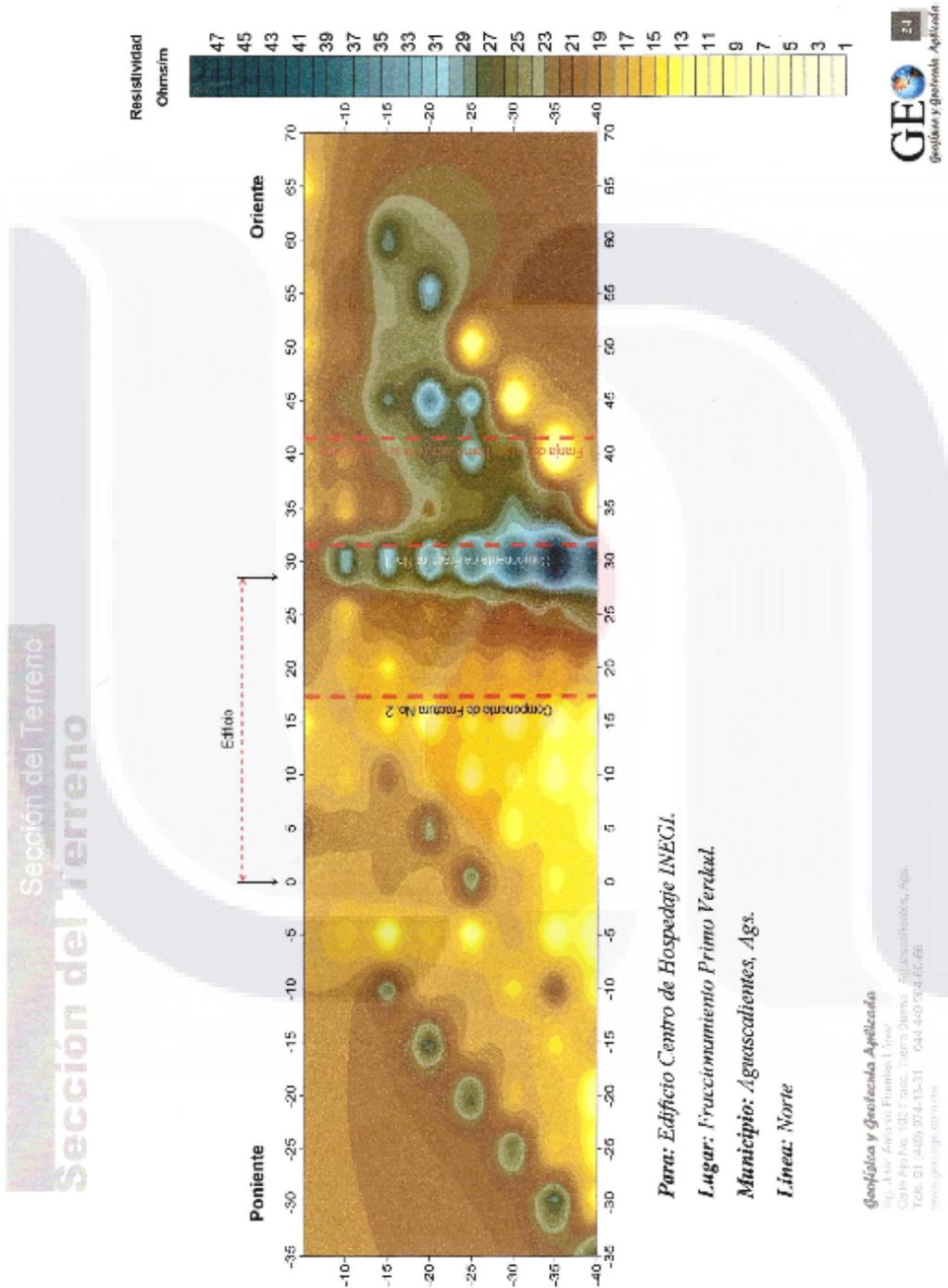


Figura B-3. Perfil geoelectrico de línea Norte

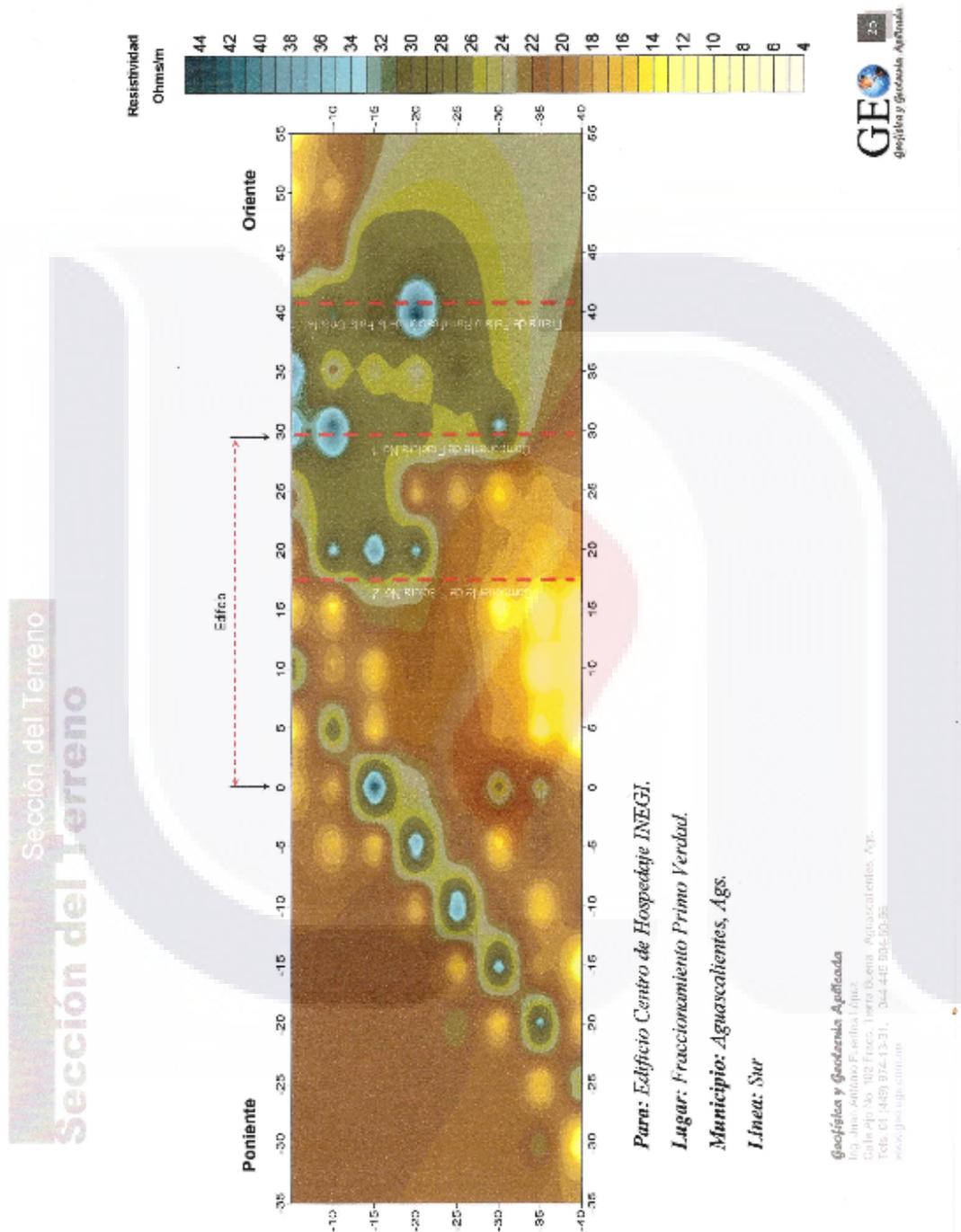


Figura B-4. Perfil geoelectrico línea Sur

Apéndice



Análisis estructural

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

C.1 PRESENTACION.

En las siguientes páginas se incluyen los planos de distribución de vigueta en entrespiso y azotea. Asimismo se presentan los diagramas en SAP 2000 del modelo del marco de repartición de la carga de la superestructura hacia la cimentación del lado poniente y del análisis que corresponde al sector oriente.

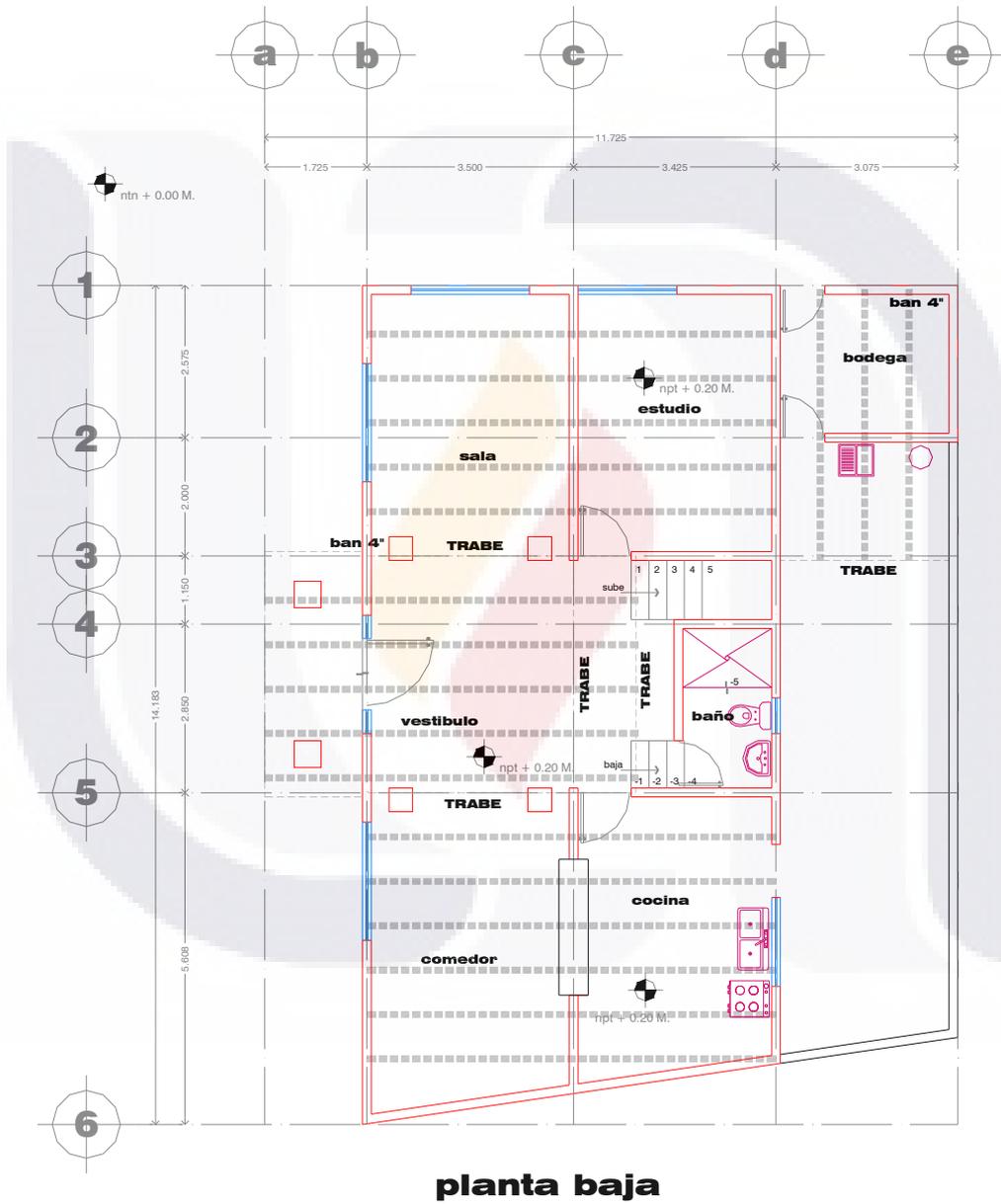


Figura C-1. Distribución de vigueta en planta baja, para bajada de cargas

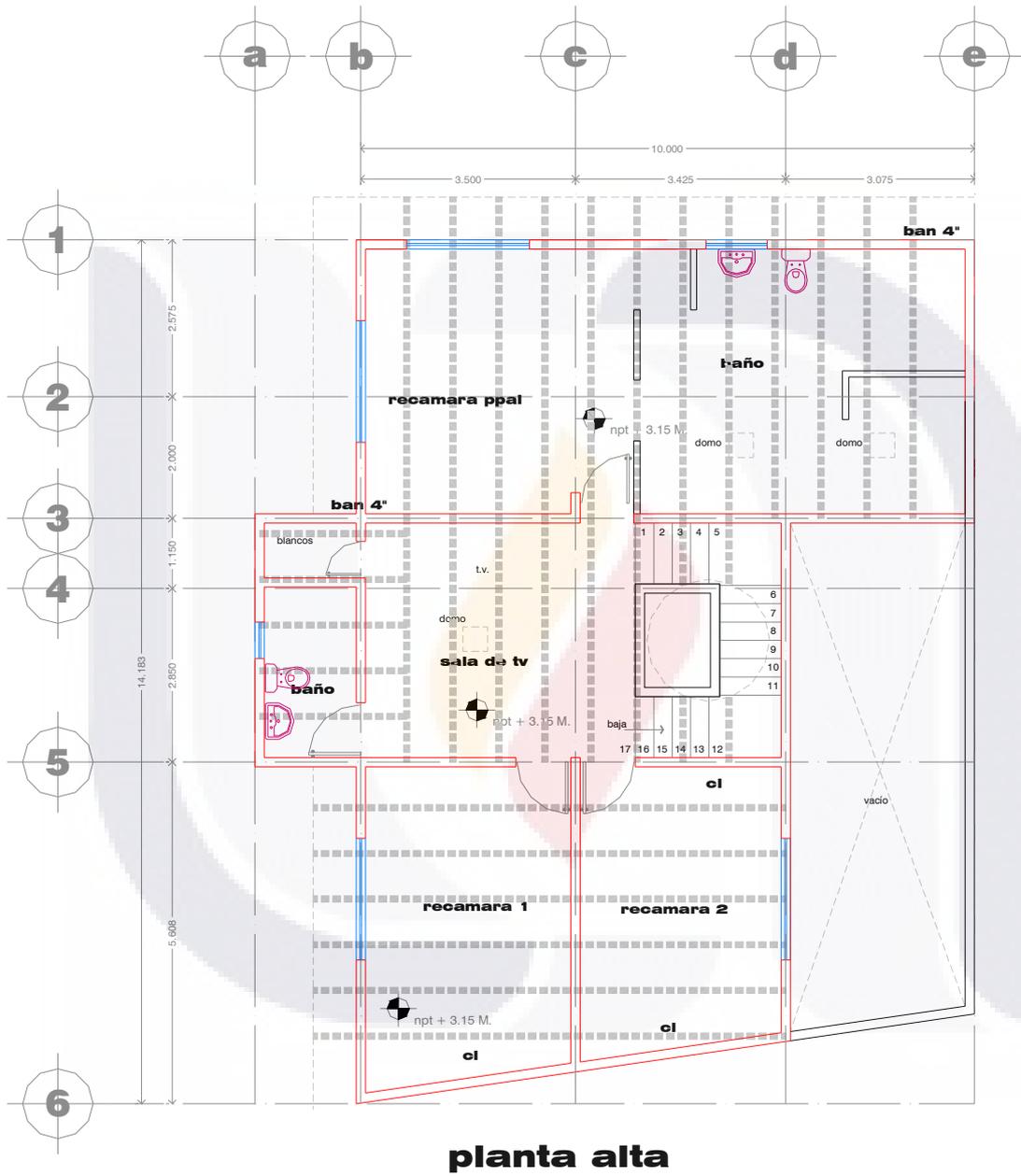


Figura C-2. Distribución de vigueta en planta alta, para bajada de cargas

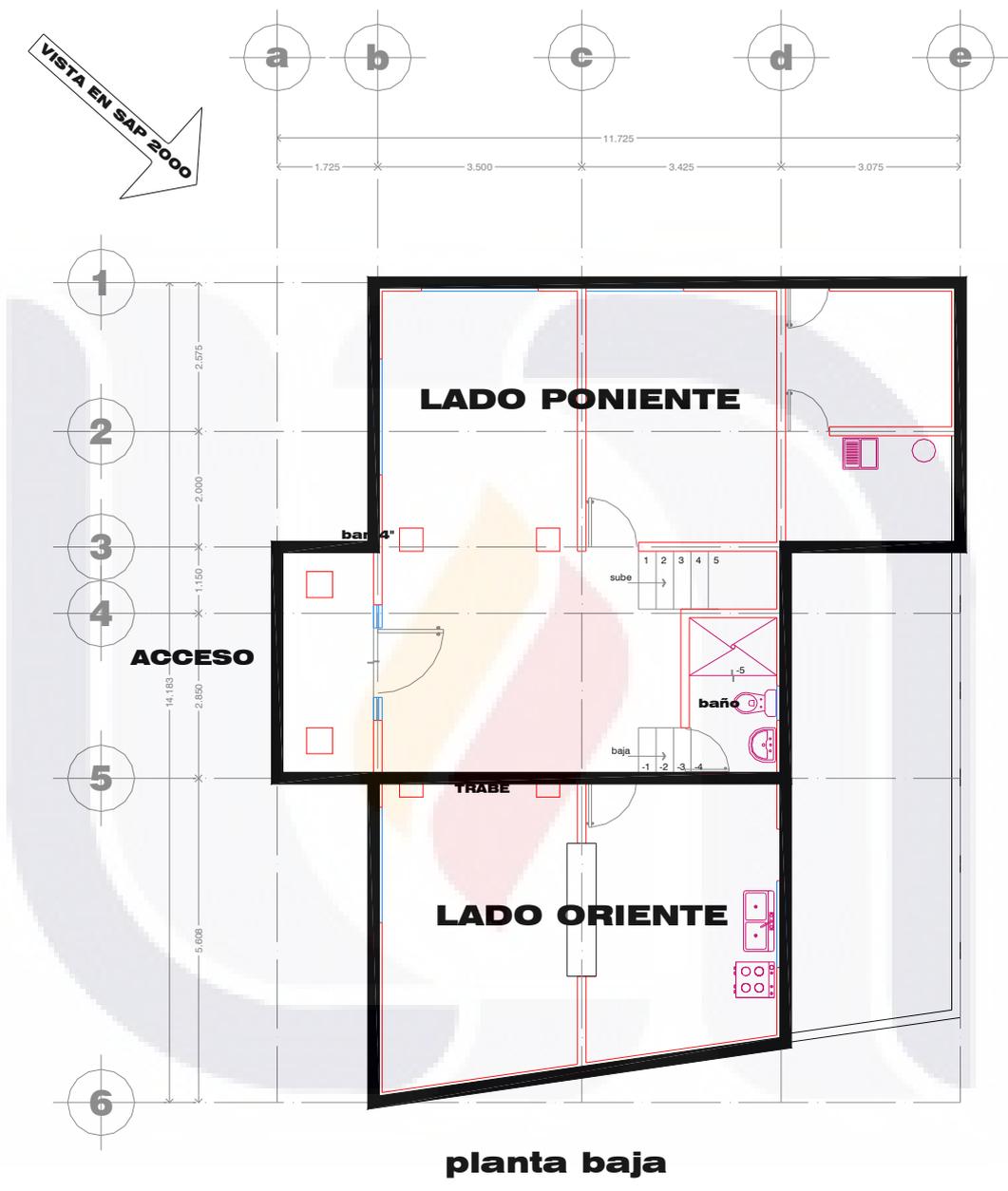


Figura C-3. División de la casa para fines de análisis y funcionamiento.

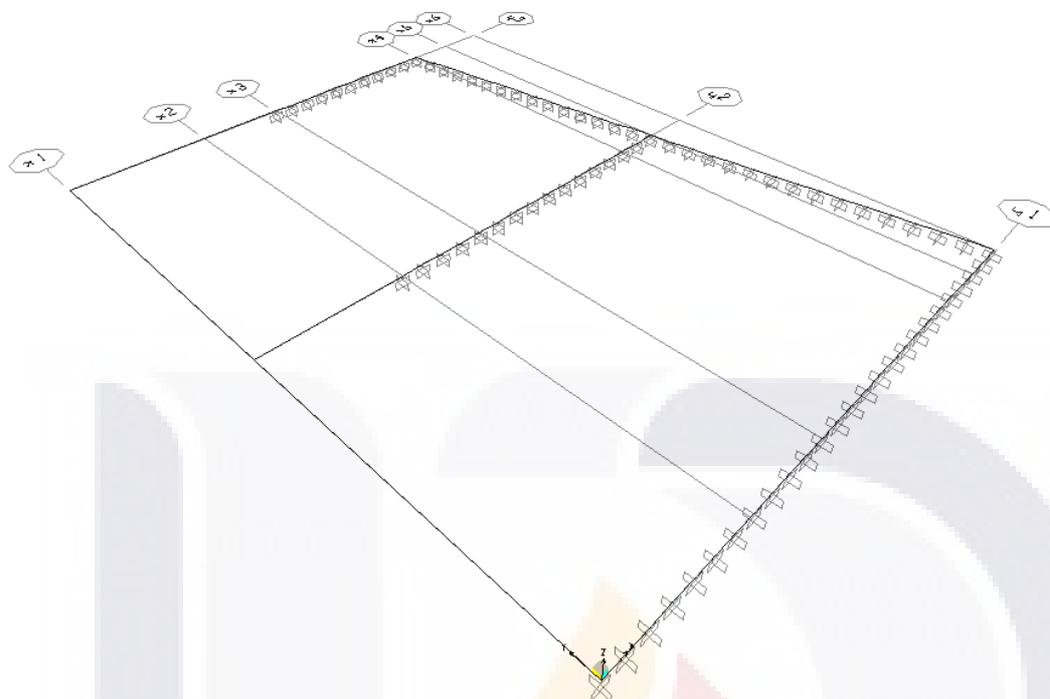


Figura C-4. Planteamiento estructural de lado Oriente con las traves en voladizo.

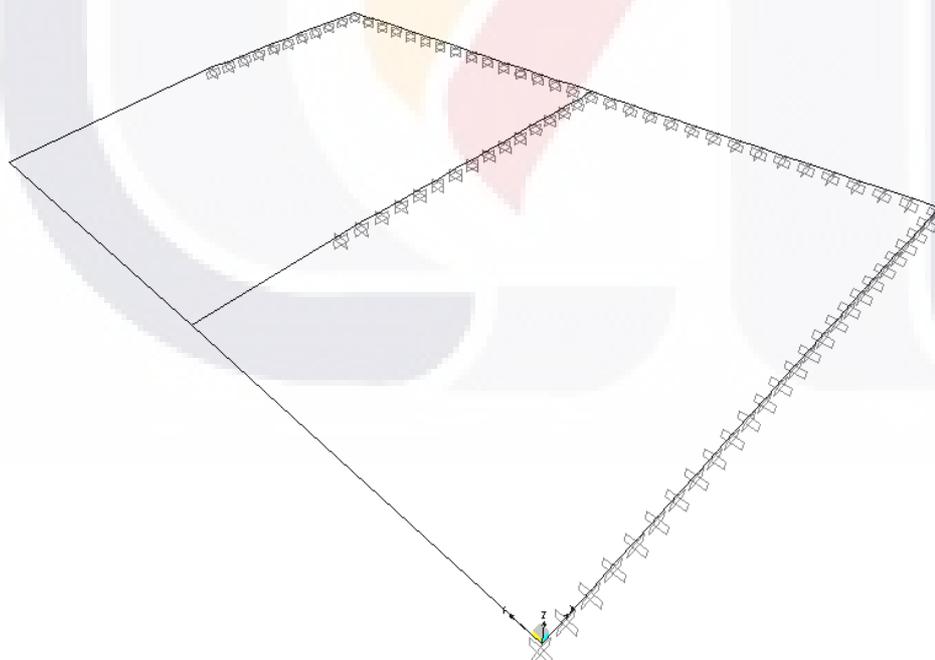


Figura C-5. Vista deformada de la estructura lado Oriente.

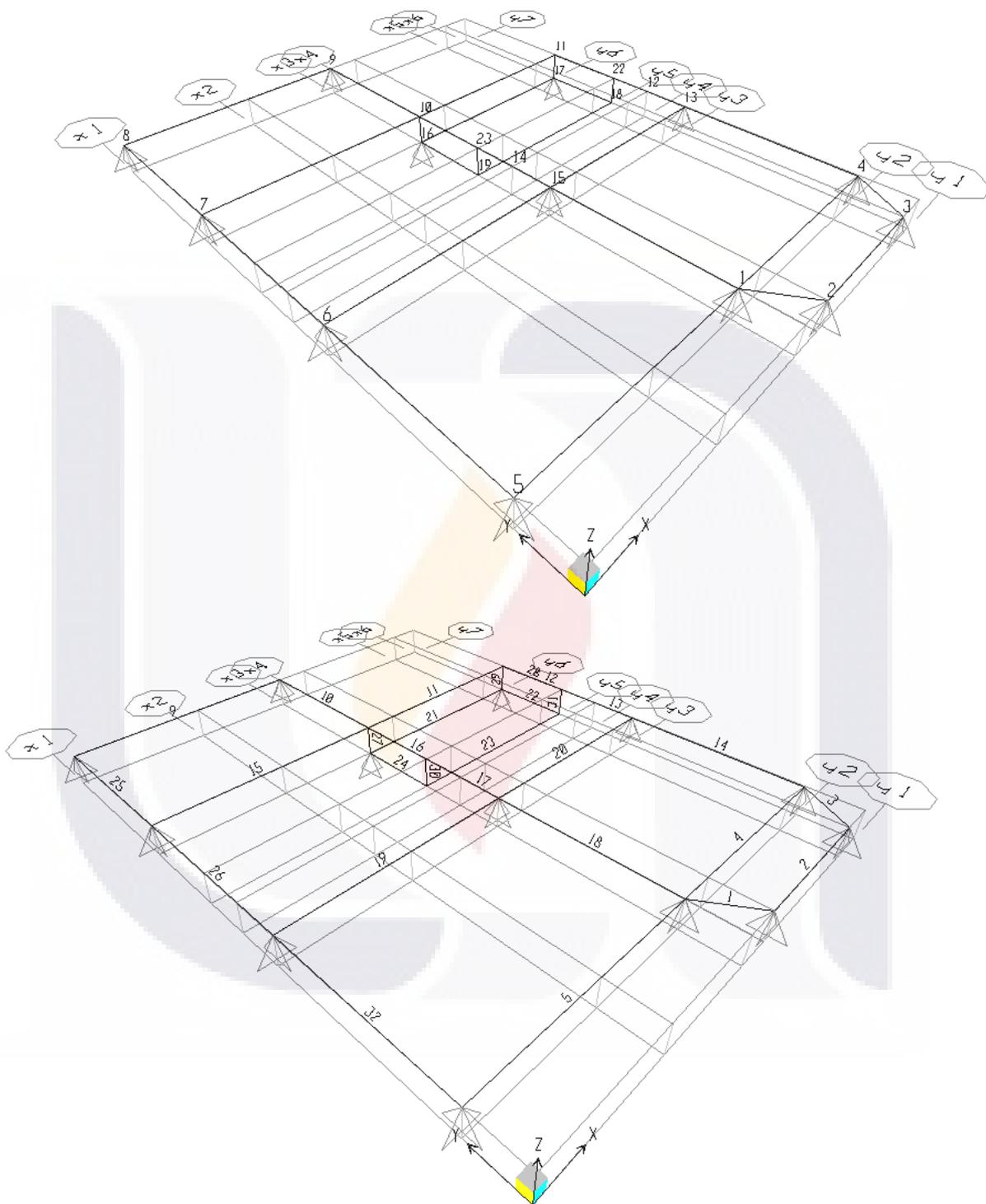


Figura C-6. Modelo del marco con la numeración de nudos y elementos lado Poniente (el eje "1" del proyecto coincide con el eje "x1" del SAP2000 y el eje "a" con el "y1")

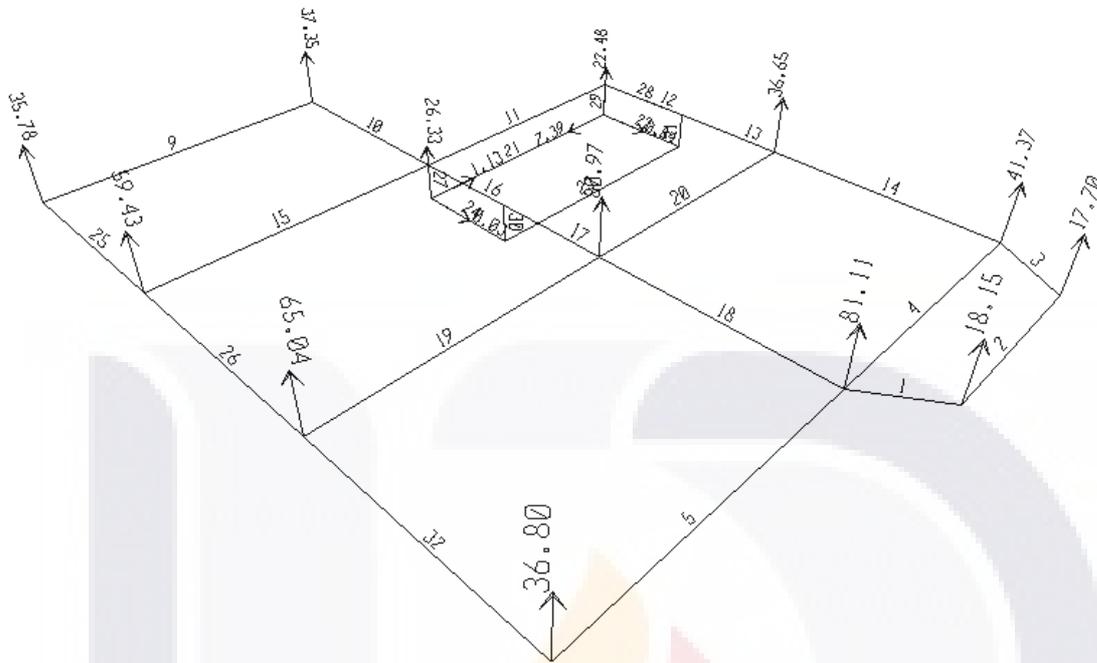


Figura C-7. Reacciones en los apoyos, lado Poniente

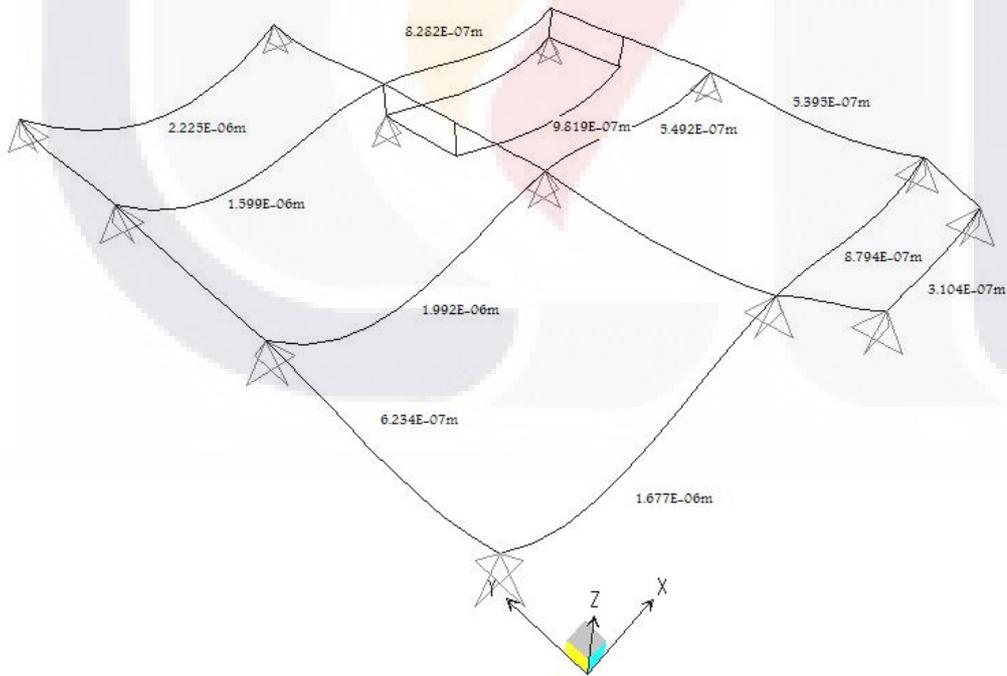


Figura C-8. Vista deformada de la estructura, lado Poniente. Se muestran los valores de las deformaciones máximas.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Apéndice



Análisis geotécnico

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

D.1 PRESENTACION.

En las siguientes páginas se presentan los gráficos utilizados para la determinación de la capacidad de carga del suelo natural, en el apartado correspondiente al estudio de mecánica de suelos, así como el perfil estratigráfico.

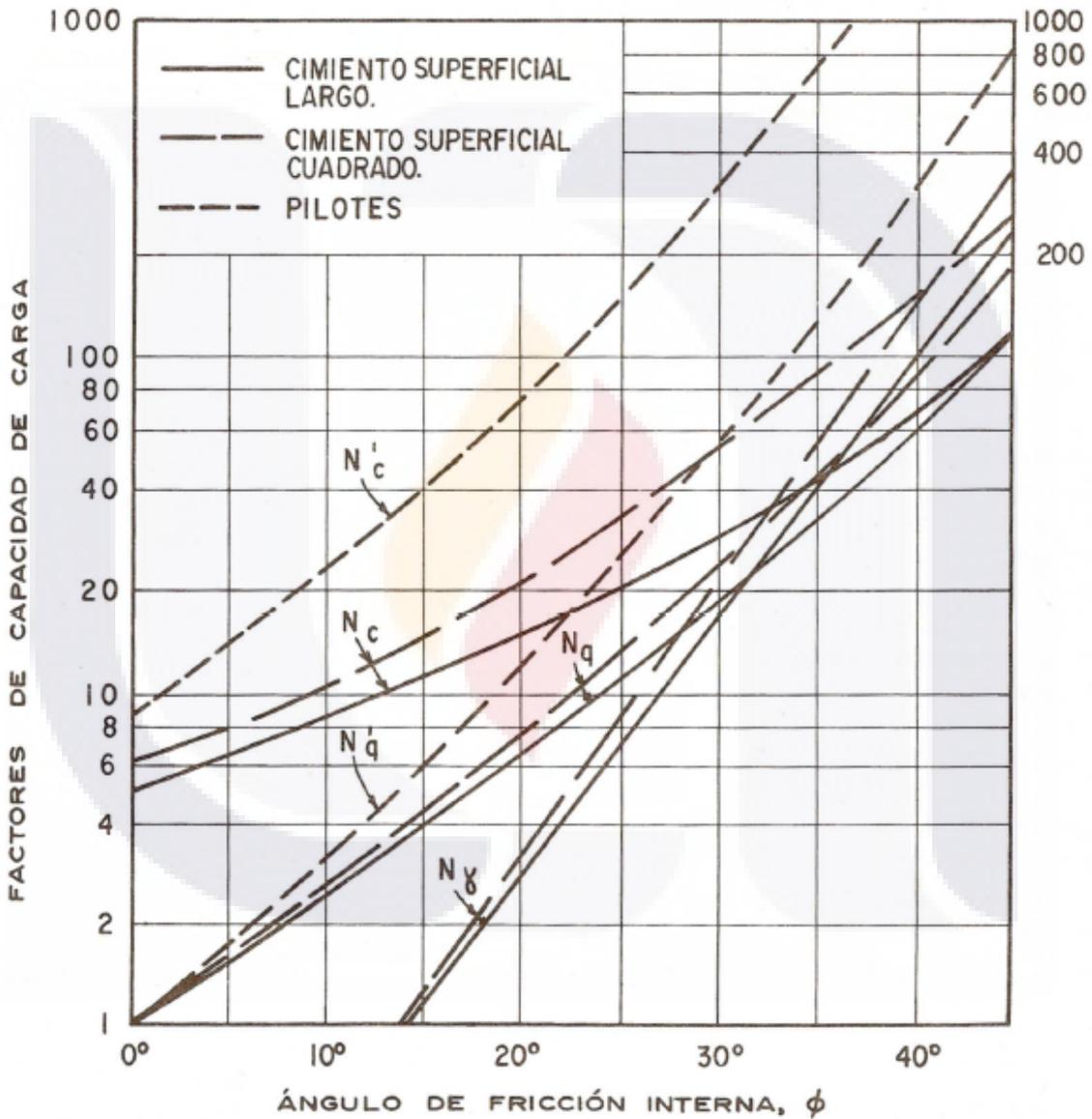
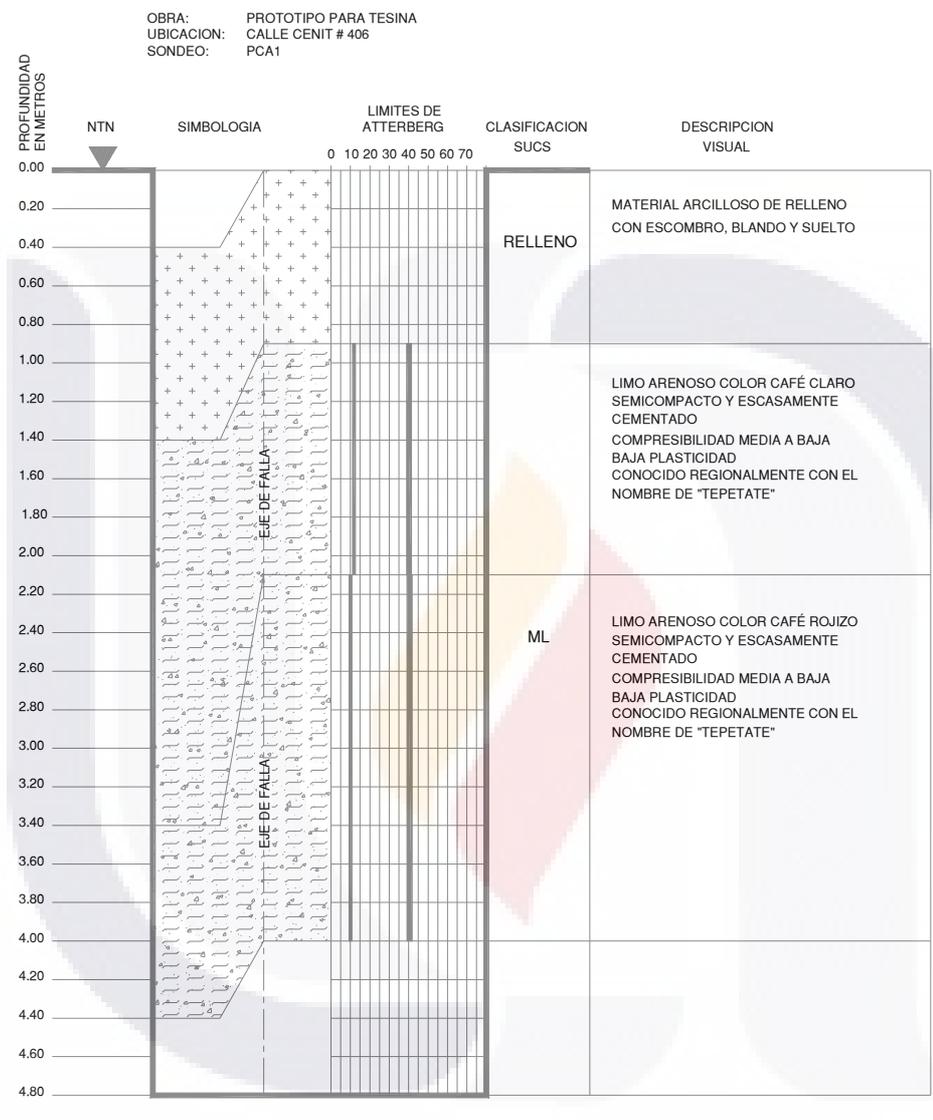


Figura D-1. Factores de capacidad de carga según Meyerhof

PERFIL DE SONDEO A CIELO ABIERTO



<p>OBSERVACIONES:</p> <p>NO APARECE NIVEL FREATICO NI HUMEDAD CAPILAR A LA PROFUNDIDAD DE EXPLORACION</p>	<p>SIMBOLOGIA:</p> <p>LIMITE LIQUIDO </p> <p>INDICE PLASTICO </p> <p>HUMEDAD NATURAL </p>
---	--

Figura D-2. Perfil estratigráfico del sondeo a cielo abierto.

Apéndice



Presupuestos de obra

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

E.1 PRESENTACION.

En las siguientes páginas se presentan los presupuestos elaborados para la casa tal como se construyó (normal) y para la propuesta de construcción sobre la falla. Se omiten conceptos que son idénticos en ambos casos y que realmente no es la intención incluirlos, tales como trabajos de carpintería, herrería, cerrajería, etc.



OBRA: CASA CENIT # 402 NORMAL

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
I. PRELIMINARES					
1.1	Trazo y nivelación de terreno estableciendo ejes de referencia para desplante de edificación.	m ²	142.33	\$ 2.34	\$ 333.05
1.2	Excavación a mano para cepas en material tipo B incluye retiro de material a 4.0 m de distancia horizontal, afine de fondo y taludes.	m ³	94.91	\$ 59.07	\$ 5,606.33
1.3	Relleno y compactación con material producto de excavación al 95% PVSM, incluye acarreos, humedecido de material, herramienta y mano de obra.	m ³	73.92	\$ 73.98	\$ 5,468.60
1.4	Registro 100x60x100 cm, forjado con tabique rojo recocido de 7x14x28 cm, junteado con mortero cemento-arena 1:3, incluye media caña, aplanado y tapa de concreto de 5 cm de espesor, incluye materiales, mano de obra, acabados, desperdicios herramienta.	pza	4.00	\$ 1,298.69	\$ 5,194.76
1.5	Impermeabilización en desplante de muros en planta baja, a base de emulsión asfáltica y plástico de polietileno, con un ancho de 15 cm, incluye materiales, mano de obra, acabados, desperdicios, herramienta.	ml	85.87	\$ 15.24	\$ 1,308.66
Total de I PRELIMINARES					\$ 17,911.40
II. CIMENTACION					
2.1	Plantilla de concreto f'c=100 Kg/cm ² , de 5 cm de espesor para desplante de bardas, incluye elaboración del concreto, acarreos, materiales, mano de obra, trabajo terminado.	m ²	79.10	\$ 68.15	\$ 5,390.67
2.2	Zapata corrida de concreto de 0.50x0.15 m, armada con acero del No. 3 a cada 25 cm en ambos sentidos, concreto hecho en obra f'c=200 Kg/cm ² TM 3/4" RN, tirado.	ml	80.25	\$ 293.09	\$ 23,520.47
2.3	Muro de enrase con tabicón de 10x14x28 cm, de 14 cm de espesor, acabado común, asentado con mortero cemento arena prop. 1:5. Incluye materiales, mano de obra, acarreos dentro de la obra, desperdicios, cortes y traslapes.	m ²	85.87	\$ 168.72	\$ 14,487.99
2.4	Suministro y colocación de junta constructiva de celotex de 1/2" de espesor y 10 cm de ancho, incluye materiales, equipo, herramienta y mano de obra necesaria	ml	25.00	\$ 25.37	\$ 634.25
2.5	Firme de 10 cm de espesor, concreto hecho en obra, f'c=150 Kg/cm ² RN, TM 3/4", tiro directo, hule negro cal 600 para recibir concreto. Incluye colado terminado, acarreos dentro de la obra, desperdicios, limpieza.	m ²	123.46	\$ 136.82	\$ 16,891.80
2.6	Cadena de desplante de 15 cm de espesor, concreto f'c=150 Kg/cm ² TM 19 mm hecho en obra armado con armex 15x20-4, acabado común. Incluye materiales, mano de obra, herramienta, corte, habilitado, desperdicios, trabajo terminado.	ml	85.87	\$ 205.19	\$ 17,619.67
Total de II CIMENTACION					\$ 78,544.85

OBRA: CASA CENIT # 402 NORMAL

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
III. MUROS Y CASTILLOS PLANTA BAJA					
3.1	Muro de tabique rojo recocido de la región, de 7x14x28 cm, de 14 cm de espesor acabado común asentado con mortero cemento cal arena 1:1:5, juntas de 1.50 cm como máximo. Incluye materiales, mano de obra, acarreos y elevación de material.	m ²	193.10	\$ 178.26	\$ 34,422.01
3.2	Castillo de concreto f _c =150 Kg/cm ² TM 19 mm, hecho en obra sección 15x15 cm tipo K-1, armado con armex 15x15-4 acabado común. Incluye materiales, mano de obra, herramienta, corte, habilitado, desperdicios, trabajo terminado.	ml	70.20	\$ 193.41	\$ 13,577.38
3.3	Columna de concreto f _c =200 Kg/cm ² TM 19 mm hecho en obra sección 30x30 cm, armada con 8 varillas No. 4 y estribos del No. 2 a cada 20 cm incluye materiales, mano de obra, herramienta corte, habilitado, cimbrado, descimbrado, desperdicios, trabajo terminado.	ml	27.00	\$ 436.62	\$ 11,788.74
3.4	Cadena de cerramiento de concreto f _c =150 Kg/cm ² sección 15x20 cm armado con armex 15x20-4 incluye materiales, mano de obra, herramienta.	ml	85.87	\$ 200.42	\$ 17,210.07
3.5	Escalera forjada a base de rampa de concreto f _c =150 Kg/cm ² y malla electrosoldada 6x6-6/6 con bastones de varilla del No. 3 sobre cimbra de triplay. 14 escalones forjados en tabique rojo con huellas de 30 cm y peraltes de 17 cm, terminado con cerámica 30x30 cm y nariz de concreto terminado martelinado. Incluye mano de obra, equipo y herramienta.	Lote	1.00	\$ 6,278.69	\$ 6,278.69
TOTAL DE III MUROS Y CASTILLOS P. BAJA					\$ 83,276.89
IV. LOSA DE ENTREPISO					
4.1	Losa de vigueta y bovedilla de poliestireno con capa de compresión de 5 cm de espesor, concreto f _c =200 Kg/cm ² RR, bombeado, armado con malla electrosoldada 6x6-10/10, armex 15x20-4 en perímetro de muros. Incluye cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, acarreos y elevaciones a cualquier altura.	m ²	107.70	\$ 399.79	\$ 43,057.38
4.2	Trabes tipo T-1 de sección 20x40 cm, concreto premezclado f _c =200 Kg/cm ² Tm 3/4" RN bombeado armada con 6 varillas del No. 4 y estribos No. 2 a cada 10 cm en extremos y resto a cada 15 cm incluye cimbrado, descimbrado, colado, acarreos elevaciones a cualquier altura.	ml	7.08	\$ 439.39	\$ 3,110.88
4.3	Trabes tipo T-2 de sección 25x50 cm, concreto premezclado f _c =200 Kg/cm ² Tm 3/4" RN bombeado armada con 2 varillas del No. 4, 4 varillas del No. 6 y estribos del No. 3 a cada 10 cm en extremos y el resto a cada 20 cm. Incluye cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, acarreos y elevaciones a cualquier altura.	ml	10.45	\$ 1,547.21	\$ 16,168.34
TOTAL DE IV LOSA DE ENTREPISO					\$ 62,336.60

OBRA: CASA CENIT # 402 NORMAL

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
V. MUROS Y CASTILLOS EN PLANTA ALTA					
5.1	Muro de tabique rojo recocido de la región, de 7x14x28 cm, de 14 cm de espesor acabado común asentado con mortero cemento cal arena 1:1:5 y juntas de 1.5 cm. Incluye materiales, mano de obra elevación a primer nivel.	m ²	268.25	\$ 178.26	\$ 47,818.25
5.2	Castillo de concreto f'c=150 Kg/cm ² sección 15x20 cm armado con armex 15x20-4. Incluye materiales, mano de obra, heramienta, corte, habilitado fletes desperdicios, trabajo terminado.	ml	84.20	\$ 193.41	\$ 16,285.12
5.3	Cadena de cerramiento de concreto f'c=150 Kg/cm ² sección 15x20 cm, armado con armex 15x20-4, incluye materiales, mano de obra y herramienta.	ml	92.05	\$ 200.42	\$ 18,448.66
TOTAL DE V MUROS Y CASTILLOS P. ALTA					\$ 82,552.02
VI. LOSA DE AZOTEA					
6.1	Losa de vigueta y bovedilla de poliestireno con capa de compresión de 5 cm de espesor, concreto f'c=200 kg/m ² RR, bombeado, armado con malla electrosoldada 6x6-10/10, armex 15x20-4 en perímetro de muros. Incluye cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, acarreo y elevaciones a nivel azotea.	m ²	132.09	\$ 399.79	\$ 52,808.26
TOTAL DE VI LOSA DE AZOTEA					\$ 52,808.26
VII. ACABADOS AZOTEA Y PRETILES					
7.1	Muro de tabique rojo recocido de la región, de 7x14x28 cm, de 14 cm de espesor, acabado común asentado con mortero cemento cal arena 1:1:5 juntas de 1.5 cm como máximo. Incluye materiales mano de obra, acarreo, elevaciones a cualquier altura.	m ²	35.21	\$ 178.26	\$ 6,276.53
7.2	Castillo de concreto f'c=150 Kf/cm ² TM 19 mm, hecho en obra, sección 15x15 cm tipo K-1 armado con armex 15x15-4 acabado común. Incluye materiales mano de obra, herramienta, corte, habilitado fletes, desperdicios, trabajo terminado.	ml	5.50	\$ 193.41	\$ 1,063.76
7.3	Aplanado en pretiles con mortero cemento cal arena 1:1:5, acabado apalillado en mros de tabique. Incluye maerial y mano de obra.	m ²	77.12	\$ 92.63	\$ 7,143.63
7.4	Terrado de azotea a bas de tepetate de obra con los niveles requeridos en proyecto para dar pendientes. Incluye materiales, mano de obra y elevación.	m ²	89.74	\$ 41.36	\$ 3,711.65
7.5	Enladrillado de azotea con cuña de barro rojo recocido sentado con mortero 1:3/4:3 formando tepetatillo sobre entortado. Incluye elevación, materiales y mano de obra.	m ²	89.74	\$ 131.31	\$ 11,783.76
7.6	Chalpaque sobre enladrillado a base de cemento gris arena cernida y agua. Incluye elevación de materiales y mano de obra.	m ²	89.74	\$ 53.70	\$ 4,819.04
7.7	Chafán de 7 cm a base de mortero. Incluye materiales, mano de obra y elevaciones.	ml	44.68	\$ 41.77	\$ 1,866.28

OBRA: CASA CENIT # 402 NORMAL

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
7.8	Teja de cerámica, incluye materiales, mano de obra y elevación.	m ²	42.35	\$ 213.49	\$ 9,041.30
7.9	Base de tinaco forjada con tabique de barro rojo recocido sentado con mortero 1:5, terminado aplanado y rematada con placa de concreto de 1x1x 0.1, armada con malla 6x6-10/10 y concreto de f'c=150 Kg/cm ² . Incluye materiales , mano de obra y elevación.	Pza	1.00	\$ 1,551.67	\$ 1,551.67
7.10	Base para domos forjada con tabique de barro rojo recocido, sentada con mortero 1:5, terminado aplanado, de 60x60x40 cm. Incluye materiales, mano de obra y elevación.	Pza	3.00	\$ 359.87	\$ 1,079.61
TOTAL DE VII ACABADOS AZOTEA Y PRETILES					\$ 48,337.23
VIII. ACABADOS INTERIORES					
8.1	Repellado de mezcla con mortero cemento cal arena 1:1:5 en muros de tabique. Incluye materiales desperdicios, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²	73.37	\$ 97.24	\$ 7,134.50
8.2	Azulejo en baños y cocinas, asentado con cemento Crest y junteado con lechada de cemento bco. Incluye materiales, cortes, ajustes, mano de obra herramienta y equipo.	m ²	73.37	\$ 181.53	\$ 13,318.86
8.3	Piso de loseta cerámica de 33x33 cm asentado con Pegazulejo y boquilla de 6 mm. Incluye materiales mano de obra, herramienta, cortes, acarreos desperdicios, trazo, nivelación, limpieza, trabajo terminado.	m ²	186.51	\$ 188.26	\$ 35,112.37
8.4	Zoclo de loseta cerámica de 6.6x33 cm, asentado con Pegazulejo y boquilla de 6 mm. Incluye materiales mano de obra, herramienta, cortes, acarreos desperdicios, trazo, nivelación, limpieza, trabajo terminado.	ml	107.84	\$ 57.24	\$ 6,172.76
8.5	Emboquillado en yeso en claros de puertas y ventanas. Incluye material, desperdicio, mano de obra herramienta y equipo.	ml	144.95	\$ 44.93	\$ 6,512.60
8.6	Yeso en muros y plafones. Incluye acarreos, elevaciones, limpieza, retiro de material sobrante a los bancos de escombros de la obra, desperdicio vivienda completa, incluye todo lo necesario para su correcta terminación.	ml	692.60	\$ 67.84	\$ 46,985.98
TOTAL DE VIII ACABADOS INTERIORES					\$ 115,237.07
IX. ACABADOS EXTERIORES					
9.1	Aplanado de mezcla con mortero Tolteca-arena 1:3, acabado apalillado en muros de tabique. Incluye repellado y terminado con fina, con mortero de cemento arena prop. 1:3. Incluye materiales desperdicio, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²	243.00	\$ 104.80	\$ 25,466.40
TOTAL DE IX ACABADOS EXTERIORES					\$ 25,466.40
X. INSTALACIONES					
10.1	Instalación sanitaria. Incluye red exterior de aguas	Sal	12.00	\$ 299.09	\$ 3,589.08

OBRA: CASA CENIT # 402 NORMAL

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
	negras y bajadas pluviales a base de tubería de PVC de diferentes diámetros.				
10.2	Instalación hidráulica a base de tubería de cobre de diferentes diámetros, desde línea de llenado a cisterna, línea de llenado a tinaco, red de agua fría y caliente a los diferentes muebles del proyecto. Incluye bomba de 3/4 HP, materiales y mano de obra.	Sal	20.00	\$ 484.70	\$ 9,694.00
10.3	Instalación de gas a base de tubería de cobre tipo "L" oculta, desde tanque estacionario a calentador y estufa. Incluye materiales y mano de obra.	Lote	1.00	\$ 124.46	\$ 124.46
10.4	Instalación eléctrica. Incluye material y mano de obra, cableado y colocación de accesorios, así como de centro de carga.	Sal	59.00	\$ 469.57	\$ 27,704.63
10.5	Suministro y colocación de tanque estacionario marca Tatsa, con capacidad de 300 l. Incluye línea de llenado.	Lote	1.00	\$ 3,036.16	\$ 3,036.16
TOTAL DE X INSTALACIONES					\$ 44,148.33
TOTAL DE PRESUPUESTO					\$ 610,619.05
IVA					\$ 91,592.86
GRAN TOTAL					\$ 702,211.91

OBRA: CASA CENIT # 402 CONSTRUCCION EN TERRENO CON FALLA

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
I. PRELIMINARES					
1.1	Trazo y nivelación de terreno estableciendo ejes de referencia para desplante de edificación.	m ²	142.33	\$ 2.34	\$ 333.05
1.2	Excavación a mano para cepas en material tipo B incluye retiro de material a 4.0 m de distancia horizontal, afine de fondo y taludes.	m ³	116.03	\$ 59.07	\$ 6,853.89
1.3	Relleno y compactación con material producto de excavación al 95% PVSM, incluye acarreo, humedecido de material, herramienta y mano de obra.	m ³	35.00	\$ 73.98	\$ 2,589.30
1.4	Registro 100x60x100 cm, forjado con tabique rojo recocido de 7x14x28 cm, junteado con mortero cemento-arena 1:3, incluye media caña, aplanado y tapa de concreto de 5 cm de espesor, incluye materiales, mano de obra, acabados, desperdicios herramienta.	pza	4.00	\$ 1,298.69	\$ 5,194.76
1.5	Impermeabilización en desplante de muros en planta baja, a base de emulsión asfáltica y plástico de polietileno, con un ancho de 15 cm, incluye materiales, mano de obra, acabados, desperdicios, herramienta.	ml	85.87	\$ 15.24	\$ 1,308.66
Total de I PRELIMINARES					\$ 16,279.66
II. CIMENTACION					
2.1	Plantilla de concreto f'c=100 Kg/cm ² , de 5 cm de espesor para desplante de bardas, incluye elaboración del concreto, acarreo, materiales, mano de obra, trabajo terminado.	m ²	79.10	\$ 68.15	\$ 5,390.67
2.2	Zapata corrida de concreto de 0.50x0.15 m, armada con acero del No. 3 a cada 25 cm en ambos sentidos, concreto hecho en obra f'c=200 Kg/cm ² TM 3/4" RN, tirado.	ml	80.25	\$ 293.09	\$ 23,520.47
2.3	Muro de enrase con tabicón de 10x14x28 cm, de 14 cm de espesor, acabado común, asentado con mortero cemento arena prop. 1:5. Incluye materiales, mano de obra, acarreo dentro de la obra, desperdicios, cortes y traslapes.	m ²	85.87	\$ 168.72	\$ 14,487.99
2.4	Suministro y colocación de junta constructiva de celotex de 1/2" de espesor y 10 cm de ancho, incluye materiales, equipo, herramienta y mano de obra necesaria	ml	25.00	\$ 25.37	\$ 634.25
2.5	Firme de 10 cm de espesor, concreto hecho en obra, f'c=150 Kg/cm ² RN, TM 3/4", tiro directo, hule negro cal 600 para recibir concreto. Incluye colado terminado, acarreo dentro de la obra, desperdicios, limpieza.	m ²	123.46	\$ 136.82	\$ 16,891.80
2.6	Cadena de desplante de 15 cm de espesor, concreto f'c=150 Kg/cm ² TM 19 mm hecho en obra armado con armex 15x20-4, acabado común. Incluye materiales, mano de obra, herramienta, corte, habilitado, desperdicios, trabajo terminado.	ml	85.87	\$ 205.19	\$ 17,619.67
2.7	Losa de vigueta y bovedilla de poliestireno con capa de compresión de 5 cm de espesor, concreto f'c=200 Kg/cm ² RR, bombeado, armado con	m ²	80.99	\$ 399.79	\$ 32,378.99

OBRA: CASA CENIT # 402 CONSTRUCCION EN TERRENO CON FALLA

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
	malla electrosoldada 6x6-10/10, armex 15x20-4 en perímetro de muros. Incluye cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, acarreo y elevaciones a cualquier altura.				
2.8	Losa maciza de 12 cm de espesor, concreto f'c=200 Kg/cm ² RN TM 3/4" armada con varillas del No. 3 a cada 20 cm en ambos sentidos. Incluye cimbrado, descimbrado, habilitado, colado, curado acarreo dentro de la obra, desperdicio, limpieza.	m ²	36.02	\$ 425.50	\$ 15,326.51
2.9	Trabes tipo TE-1 de sección 20x40 cm, concreto premezclado f'c=250 Kg/cm ² TM 3/4" armada con 4 varillas del No. 6 y 2 varillas del No. 4, estribos del No. 3 a cada 12 cm. Incluye cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, acarreo y elevaciones.	ml	14.07	\$ 439.39	\$ 6,182.22
2.10	Zapata aislada tipo Z-1 de 130x130x31 cm, de concreto f'c=200 Kg/cm ² armada con acero del No.6 a cada 15 cm en ambos sentidos. Incluye cimbrado, descimbrado, habilitado, colado, curado materiales y mano de obra.	Pza	2.00	\$ 1,290.44	\$ 2,580.88
2.11	Zapata aislada tipo Z-4 de 90x90x23 cm, de concreto f'c=200 Kg/cm ² , armada con acero del No. 5 a cada 15 cm ambos sentidos. Incluye cimbrado materiales y mano de obra.	Pza	9.00	\$ 742.40	\$ 6,681.60
2.12	Zapata aislada tipo Z-6 de 115x115x29 cm, de concreto f'c=200 Kg/cm ² armada con acero del No.6 a cada 16 cm en ambos sentidos. Incluye cimbrado, descimbrado, habilitado, colado, curado materiales y mano de obra.	Pza	2.00	\$ 1,037.10	\$ 2,074.20
2.13	Dado tipo D-1 de 60x60x51 cm, de concreto f'c=200 Kg/cm ² RN TM 3/4" armada con 8 varillas del No. 8 y estribos del No. 4 a cada 15 cm. Incluye materiales y mano de obra, herramienta, corte, habilitado, cimbrado, descimbrado, despedicio, trabajo terminado.	Pza	2.00	\$ 836.81	\$ 1,673.62
2.14	Dado tipo D-2 de 50x50x55 cm, de concreto f'c=200 Kg/cm ² RN TM 3/4" armada con 9 varillas del No. 6 y estribos del No. 3 a cada 15 cm. Incluye materiales y mano de obra, herramienta, corte, habilitado, cimbrado, descimbrado, despedicio, trabajo terminado.	Pza	2.00	\$ 645.65	\$ 1,291.30
2.15	Dado tipo D-3 de 40x40x61 cm, de concreto f'c=200 Kg/cm ² RN TM 3/4" armada con 4 varillas del No. 6 y 4 varillas del No. 4. Estribos del No. 3 a cada 15 cm. Incluye materiales y mano de obra, herramienta, corte, habilitado, cimbrado, descimbrado, despedicio, trabajo terminado.	Pza	9.00	\$ 475.43	\$ 4,278.87
2.16	Apoyo integrado a dado de 20x60x30 cm de concreto f'c=200 Kg/cm ² , armada con 6 varillas del No. 6 y estribos del No. 3 a cada 15 cm. Incluye materiales, mano de obra, herramienta, corte, habilitado, cimbrado, descimbrado, despedicio, trabajo terminado.	Pza	5.00	\$ 239.61	\$ 1,198.05
2.17	Apoyo integrado a dado de 20x50x25 cm de concreto f'c=200 Kg/cm ² , armada con 6 varillas del	Pza	5.00	\$ 223.74	\$ 1,118.70

OBRA: CASA CENIT # 402 CONSTRUCCION EN TERRENO CON FALLA

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
	No. 6 y estribos del No. 3 a cada 15 cm. Incluye materiales, mano de obra, herramienta, corte, habilitado, cimbrado, descimbrado, desperdicio, trabajo terminado.				
2.18	Apoyo integrado a dado de 20x40x25 cm de concreto $f_c=200$ Kg/cm ² , armada con 6 varillas del No. 6 y estribos del No. 3 a cada 15 cm. Incluye materiales, mano de obra, herramienta, corte, habilitado, cimbrado, descimbrado, desperdicio, trabajo terminado.	Pza	22.00	\$ 211.25	\$ 4,647.50
2.19	Suministro y colocación de viga IPR W12x22 (32.74 Kg/m), incluye pintura anticorrosiva y de esmalte, materiales, mano de obra, elevación, fijación, acarreo, desperdicios, limpieza.	Kg	1251.49	\$ 30.00	\$ 37,544.70
2.20	Suministro y colocación de viga IPR W12x26 (38.69 Kg/m), incluye pintura anticorrosiva y de esmalte, materiales, mano de obra, elevación, fijación, acarreo, desperdicios, limpieza.	Kg	754.46	\$ 30.00	\$ 22,633.80
2.21	Suministro y colocación de viga IPR W12x45 (66.96 Kg/m), incluye pintura anticorrosiva y de esmalte, materiales, mano de obra, elevación, fijación, acarreo, desperdicios, limpieza.	Kg	953.06	\$ 30.00	\$ 28,591.80
TOTAL DE II CIMENTACION					\$ 246,747.59
III. MUROS Y CASTILLOS PLANTA BAJA					
3.1	Muro de tabique rojo recocido de la región, de 7x14x28 cm, de 14 cm de espesor acabado común asentado con mortero cemento cal arena 1:1:5, juntas de 1.50 cm como máximo. Incluye materiales, mano de obra, acarreo y elevación de material.	m ²	193.10	\$ 178.26	\$ 34,422.01
3.2	Castillo de concreto $f_c=150$ Kg/cm ² TM 19 mm, hecho en obra sección 15x15 cm tipo K-1, armado con armex 15x15-4 acabado común. Incluye materiales, mano de obra, herramienta, corte, habilitado, desperdicio, trabajo terminado.	ml	70.20	\$ 193.41	\$ 13,577.38
3.3	Columna de concreto $f_c=200$ Kg/cm ² TM 19 mm hecho en obra sección 30x30 cm, armada con 8 varillas No. 4 y estribos del No. 2 a cada 20 cm incluye materiales, mano de obra, herramienta corte, habilitado, cimbrado, descimbrado, desperdicio, trabajo terminado.	ml	27.00	\$ 436.62	\$ 11,788.74
3.4	Cadena de cerramiento de concreto $f_c=150$ Kg/cm ² sección 15x20 cm armado con armex 15x20-4 incluye materiales, mano de obra, herramienta.	ml	85.87	\$ 200.42	\$ 17,210.07
3.5	Escalera forjada a base de rampa de concreto $f_c=150$ Kg/cm ² y malla electrosoldada 6x6-6/6 con bastones de varilla del No. 3 sobre cimbra de triplay. 14 escalones forjados en tabique rojo con huellas de 30 cm y peraltes de 17 cm, terminado con cerámica 30x30 cm y nariz de concreto terminado martelinado. Incluye mano de obra, equipo y herramienta.	Lote	1.00	\$ 6,278.69	\$ 6,278.69
TOTAL DE III MUROS Y CASTILLOS P. BAJA					\$ 83,276.89

OBRA: CASA CENIT # 402 CONSTRUCCION EN TERRENO CON FALLA

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
IV. LOSA DE ENTREPISO					
4.1	Losa de vigueta y bovedilla de poliestireno con capa de compresión de 5 cm de espesor, concreto f'c=200 Kg/cm ² RR, bombeado, armado con malla electrosoldada 6x6-10/10, armex 15x20-4 en perímetro de muros. Incluye cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, acarreos y elevaciones a cualquier altura.	m ²	107.70	\$ 399.79	\$ 43,057.38
4.2	Trabes tipo T-1 de sección 20x40 cm, concreto premezclado f'c=200 Kg/cm ² Tm 3/4" RN bombeado armada con 6 varillas del No. 4 y estribos No. 2 a cada 10 cm en extremos y resto a cada 15 cm incluye cimbrado, descimbrado, colado, acarreos elevaciones a cualquier altura.	ml	7.08	\$ 439.39	\$ 3,110.88
4.3	Trabes tipo T-2 de sección 25x50 cm, concreto premezclado f'c=200 Kg/cm ² Tm 3/4" RN bombeado armado con 2 varillas del No. 4, 4 varillas del No. 6 y estribos del No. 3 a cada 10 cm en extremos y el resto a cada 20 cm. Incluye cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, acarreos y elevaciones a cualquier altura.	ml	10.45	\$ 1,547.21	\$ 16,168.34
TOTAL DE IV LOSA DE ENTREPISO					\$ 62,336.60
V. MUROS Y CASTILLOS EN PLANTA ALTA					
5.1	Muro de tabique rojo recocado de la región, de 7x 14x28 cm, de 14 cm de espesor acabado común asentado con mortero cemento cal arena 1:1:5 y juntas de 1.5 cm. Incluye materiales, mano de obra elevación a primer nivel.	m ²	268.25	\$ 178.26	\$ 47,818.25
5.2	Castillo de concreto f'c=150 Kg/cm ² sección 15x 20 cm armado con armex 15x20-4. Incluye materiales, mano de obra, heramienta, corte, habilitado fletes desperdicios, trabajo terminado.	ml	84.20	\$ 193.41	\$ 16,285.12
5.3	Cadena de cerramiento de concreto f'c=150 Kg/cm ² sección 15x20 cm, armado con armex 15x20-4, incluye materiales, mano de obra y herramienta.	ml	92.05	\$ 200.42	\$ 18,448.66
TOTAL DE V MUROS Y CASTILLOS P. ALTA					\$ 82,552.02
VI. LOSA DE AZOTEA					
6.1	Losa de vigueta y bovedilla de poliestireno con capa de compresión de 5 cm de espesor, concreto f'c=200 kg/m ² RR, bombeado, armado con malla electrosoldada 6x6-10/10, armex 15x20-4 en perímetro de muros. Incluye cimbrado, descimbrado, colado, vibrado, acarreos y elevaciones a nivel azotea.	m ²	132.09	\$ 399.79	\$ 52,808.26
TOTAL DE VI LOSA DE AZOTEA					\$ 52,808.26
VII. ACABADOS AZOTEA Y PRETILES					
7.1	Muro de tabique rojo recocado de la región, de 7x 14x28 cm, de 14 cm de espesor, acabado común asentado con mortero cemento cal arena 1:1:5	m ²	35.21	\$ 178.26	\$ 6,276.53

OBRA: CASA CENIT # 402 CONSTRUCCION EN TERRENO CON FALLA

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
	juntas de 1.5 cm como máximo. Incluye materiales mano de obra, acarreos, elevaciones a cualquier altura.				
7.2	Castillo de concreto f'c=150 Kf/cm ² TM 19 mm, hecho en obra, sección 15x15 cm tipo K-1 armado con armex 15x15-4 acabado común. Incluye materiales mano de obra, herramienta, corte, habilitado fletes, desperdicios, trabajo terminado.	ml	5.50	\$ 193.41	\$ 1,063.76
7.3	Aplanado en pretilas con mortero cemento cal arena 1:1:5, acabado apalillado en mros de tabique. Incluye maerial y mano de obra.	m ²	77.12	\$ 92.63	\$ 7,143.63
7.4	Terrado de azotea a bas de tepetate de obra con los niveles requeridos en proyecto para dar pendientes. Incluye materiales, mano de obra y elevación.	m ²	89.74	\$ 41.36	\$ 3,711.65
7.5	Enladrillado de azotea con cuña de barro rojo recocido sentado con mortero 1:3/4:3 formando tepetatillo sobre entortado. Incluye elevación, materiales y mano de obra.	m ²	89.74	\$ 131.31	\$ 11,783.76
7.6	Chalpaque sobre enladrillado a base de cemento gris arena cernida y agua. Incluye elevación de materiales y mano de obra.	m ²	89.74	\$ 53.70	\$ 4,819.04
7.7	Chaflán de 7 cm a base de mortero. Incluye materiales, mano de obra y elevaciones.	ml	44.68	\$ 41.77	\$ 1,866.28
7.8	Teja de cerámica, incluye materiales, mano de obra y elevación.	m ²	42.35	\$ 213.49	\$ 9,041.30
7.9	Base de tinaco forjada con tabique de barro rojo recocido sentado con mortero 1:5, terminado aplanado y rematada con placa de concreto de 1x1x 0.1, armada con malla 6x6-10/10 y concreto de f'c=150 Kg/cm ² . Incluye materiales , mano de obra y elevación.	Pza	1.00	\$ 1,551.67	\$ 1,551.67
7.10	Base para domos forjada con tabique de barro rojo recocido, sentada con mortero 1:5, terminado aplanado, de 60x60x40 cm. Incluye materiales, mano de obra y elevación.	Pza	3.00	\$ 359.87	\$ 1,079.61
TOTAL DE VII ACABADOS AZOTEA Y PRETILES					\$ 48,337.23
VIII. ACABADOS INTERIORES					
8.1	Repellado de mezcla con mortero cemento cal arena 1:1:5 en muros de tabique. Incluye materiales desperdicios, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²	73.37	\$ 97.24	\$ 7,134.50
8.2	Azulejo en baños y cocinas, asentado con cemento Crest y junteado con lechada de cemento bco. Incluye materiales, cortes, ajustes, mano de obra herramienta y equipo.	m ²	73.37	\$ 181.53	\$ 13,318.86
8.3	Piso de loseta cerámica de 33x33 cm asentado con Pegazulejo y boquilla de 6 mm. Incluye materiales mano de obra, herramienta, cortes, acarreos desperdicios, trazo, nivelación, limpieza, trabajo terminado.	m ²	186.51	\$ 188.26	\$ 35,112.37

OBRA: CASA CENIT # 402 CONSTRUCCION EN TERRENO CON FALLA

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
8.4	Zoclo de loseta cerámica de 6.6x33 cm, asentado con Pegazulejo y boquilla de 6 mm. Incluye materiales mano de obra, herramienta, cortes, acarreos desperdicios, trazo, nivelación, limpieza, trabajo terminado.	ml	107.84	\$ 57.24	\$ 6,172.76
8.5	Emboquillado en yeso en claros de puertas y ventanas. Incluye material, desperdicio, mano de obra herramienta y equipo.	ml	144.95	\$ 44.93	\$ 6,512.60
8.6	Yeso en muros y plafones. Incluye acarreos, elevaciones, limpieza, retiro de material sobrante a los bancos de escombros de la obra, desperdicio vivienda completa, incluye todo lo necesario para su correcta terminación.	ml	692.60	\$ 67.84	\$ 46,985.98
TOTAL DE VIII ACABADOS INTERIORES					\$ 115,237.07
IX. ACABADOS EXTERIORES					
9.1	Aplanado de mezcla con mortero Tolteca-arena 1:3, acabado apallado en muros de tabique. Incluye repellido y terminado con fina, con mortero de cemento arena prop. 1:3. Incluye materiales desperdicio, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²	243.00	\$ 104.80	\$ 25,466.40
TOTAL DE IX ACABADOS EXTERIORES					\$ 25,466.40
X. INSTALACIONES					
10.1	Instalación sanitaria. Incluye red exterior de aguas negras y bajadas pluviales a base de tubería de PVC de diferentes diámetros.	Sal	12.00	\$ 299.09	\$ 3,589.08
10.2	Instalación hidráulica a base de tubería de cobre de diferentes diámetros, desde línea de llenado a cisterna, línea de llenado a tinaco, red de agua fría y caliente a los diferentes muebles del proyecto. Incluye bomba de 3/4 HP, materiales y mano de obra.	Sal	20.00	\$ 484.70	\$ 9,694.00
10.3	Instalación de gas a base de tubería de cobre tipo "L" oculta, desde tanque estacionario a calentador y estufa. Incluye materiales y mano de obra.	Lote	1.00	\$ 124.46	\$ 124.46
10.4	Instalación eléctrica. Incluye material y mano de obra, cableado y colocación de accesorios, así como de centro de carga.	Sal	59.00	\$ 469.57	\$ 27,704.63
10.5	Suministro y colocación de tanque estacionario marca Tatsa, con capacidad de 300 l. Incluye	Lote	1.00	\$ 3,036.16	\$ 3,036.16

OBRA: CASA CENIT # 402 CONSTRUCCION EN TERRENO CON FALLA

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
	línea de llenado.				
	TOTAL DE X INSTALACIONES				\$ 44,148.33
	TOTAL DE PRESUPUESTO				\$ 777,190.05
	IVA				\$ 116,578.51
	GRAN TOTAL				\$ 893,768.56

