



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ciencias
(Estructuras)

ESTUDIO DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS CONTRUCCIONES ALEDAÑAS AL DREN NORTE, BRAZO "A"

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS, TERMINAL ESTRUCTURAS

Presenta:

Antonio Zaldívar Lelo de Larrea

Dirigido por:

Dr. Moisés Arroyo Contreras

SINODALES

Dr. Moisés Arroyo Contreras
Presidente

Dr. Miguel Ángel Pérez Lara y Hernández
Secretario

Dr. Mario Eduardo Zermeño de León
Vocal

M. en C. Jesús Pacheco Martínez
Suplente

M. en C. Jose Luis Reyes Araiza
Suplente

M. en I. Gerardo René Serrano Gutiérrez
Director de la Facultad
de Ingeniería

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

Dr. Sergio Quesada Aldana
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Enero, 2005
Querétaro, Qro.
Noviembre de 2004
México

No. Adq. H 70024

No. Título _____

Clas TS

690.22

222e

Ej01

Handwritten mark or signature in the center of the page.

RESUMEN

En el presente trabajo se propone una nueva metodología de clasificación por desempeño estructural para construcciones de mampostería dañadas por asentamientos diferenciales en sus cimentaciones, así como otras dos para clasificación por riesgo estructural y por valor de pérdida de beneficio en caso de colapso. Dichas metodologías son utilizadas en la construcción del Dren Norte Brazo "A" de la ciudad de Querétaro, Qro., el cual se construye entre callejones muy estrechos y densamente poblados, con construcciones en mal estado, fuera de toda reglamentación, requiriéndose la determinación de sus condiciones estructurales antes, durante y al término de la construcción del dren, no encontrándose en la literatura metodologías para resolver problemas similares.

(Palabras clave: mampostería, desempeño estructural, riesgo estructural)

SUMMARY

A behavior classification of masonry buildings that are damaged because of differential foundation settlements methodology is proposed in this work, as well as other two classified by structural risk and value of loss of benefit in case of collapse are proposed. Those methodologies are used for the North Drain Part "A" construction in Querétaro, City, that is built between narrow, and densely populated streets, with buildings in bad conditions that do not meet any code. The structural conditions of those buildings are requested before, during and when the construction of the drain is finished. No Methodology to resolve similar problems are found in any literature.

(Key words: masonry, structural behavior, structural risk)

**Para mi mayor golpe de suerte
Para mi compañera de siempre
Para la madre de mis hijos
Para mi mejor amiga
Para el amor de mi vida**

Por supuesto, sólo para ti... Marce

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar un agradecimiento a mis sinodales: Dr. Moisés Arroyo Contreras, Dr. Miguel Ángel Pérez Lara y Hernández, Dr. Mario Eduardo Zermeño de León, M. en C. Jesús Pacheco Martínez y el M. en C. José Luis Reyes Araiza, por su tiempo y valiosas observaciones.

Al Maestro Abraham Martínez Baini, un especial agradecimiento por sus consejos y su experiencia compartida.

A las autoridades del Municipio de Querétaro, en especial al Ing. Luis Vázquez Zepeda y al Ing. Pío X Salgado Tovar, agradezco la confianza y apoyo recibidos.

Un último agradecimiento al Ing. Juan Carlos Cisneros Álvarez, compañero y amigo estructurista, cuya representación por parte del Colegio de Ingenieros Civiles de Querétaro, significó un apoyo invaluable para la elaboración de este trabajo.

INDICE

	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Indice	v
Indice de tablas	vii
Indice de figuras	ix
I. INTRODUCCION	1
II. PROBLEMÁTICA DEL DREN NORTE Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN.	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA.	13
II.1 Clasificaciones por desempeño	13
II.2 Criterios de Bonnelli y Astroza y Schmidt	13
II.3 Criterios de la N.T.C., D.F.	16
II.4 Criterios de Rodríguez y Castrillón, y Ruiz García	17
IV. PROPUESTA DE MODELOS DE CLASIFICACIÓN	20
IV.1 Modelo por desempeño estructural	21
IV.1.1 Propuesta de clasificación	26
IV.2 Modelo según riesgo estructural	35
IV.2.1 Evaluación de la distancia a la construcción del dren.	36
IV.2.2 Evaluación de la construcción según su estructuración	43
IV.2.3 Evaluación de la construcción según calidad constructiva.	47
IV.2.4 Evaluación de la construcción según su peso.	48
IV.3 Modelo según el valor de pérdida de beneficio	49
IV.4 Revisión y clasificación de las construcciones	51

V.	ZONIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES E IMPACTO DEL DREN	65
	V.1 Análisis de asentamientos diferenciales permisibles	65
	V.2 Zonificación de las construcciones	66
	V.3 Análisis y determinación de impacto del dren en las Construcciones.	73
VI.	PROCESO CONSTRUCTIVO, DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN DEL DREN.	77
	VI.1 Recomendaciones de monitoreo	77
	VI.2 Recomendaciones preventivas	81
	VI.3 Proceso constructivo	83
	VI.3.1 Diseño estructural	83
	VI.3.2 Método constructivo	93
VII.	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CONSTRUCCIONES	108
VIII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
IX.	BIBLIOGRAFÍA	116

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
3.1	Estados límites de la norma propuesta para el diseño sísmico de edificios, Chile (Bonelli, 1999).	14
3.2	Distorsiones angulares considerando a los muros como un todo, correspondientes a cada estado de desempeño, según la fracción defectuosa aceptada de acuerdo a Astroza y Schmidt (2004).	15
3.3	Equivalencia entre estados límite reportados por Astroza y Schmidt (2004) con respecto a los reportados por Bonelli (1999).	16
3.4	Criterios para determinar el grado de daño de muros de mampostería después de un sismo según Rodríguez y Castrillón (1995).	17
3.5	Grado de daño y deterioro de las propiedades estructurales en muros de mampostería confinada según Ruiz García (1995).	18
3.6	Comparación de las propuestas de distorsión en muros entre Ruiz García (1995) y Astroza y Schmidt (2004).	18
4.1	Comparación de propuesta para el Estado Límite de Resistencia entre Astroza y Schmidt (2004) y Ruiz García (1995).	27
4.2	Propuesta para el Estado Límite de Resistencia.	27
4.3	Propuesta para el Estado Límite Operacional.	28
4.4	Propuesta para el Estado Límite Elástico.	30
4.5	Propuesta para el Estado Límite de Daño Controlado.	30
4.6	Propuesta para el Estado Límite Último.	31
4.7	Propuesta de clasificación de estados límite de desempeño para estructuras de mampostería.	32
4.8	Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.	57

5.1	Asentamiento diferencial necesario para un muro tipo de 3.00 m de longitud pase de un estado límite de desempeño al siguiente inmediato.	66
7.1	Concentrado de intervenciones, desempeño antes y después de la construcción del dren, así como movimientos registrados en la estructura de las construcciones aledañas al Dren Norte Brazo, "A".	110
7.2	Resumen de resultados finales, desempeños antes y al término de la construcción de dren, así como de movimientos registrados en la estructura de las construcciones aledañas al Dren Norte, Brazo "A".	112

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.1	Plano General de la Cuenca de la Ciudad de Querétaro.	5
2.2	Croquis general de drenes existentes en la Cd. de Querétaro, según reporte presentado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas de la C.F.E. y la C.E.A. al Municipio de Queretaro (2004).	6
2.3	Vista del Dren Norte, pasando Av. 5 de Febrero.	8
2.4	Vista de Privada de la Flor.	10
2.5	Vista de Callejón de Guadalupe.	10
2.6	Vista aérea del trazo del Dren Norte, Brazo "A".	11
4.1	Comparación entre distorsión en un muro provocada por a) cargas laterales ($\Delta x/H$) y b) asentamientos diferenciales ($\Delta y/L$).	24
4.2	Esquema de patrones de agrietamiento en muros de acuerdo a los estados límites propuestos en este trabajo.	33
4.3	Curva fuerza distorsionante normalizada contra distorsión (%).	34
4.4	Croquis de superficie potencial de falla de un talud de material cohesivo, con falla de pie.	38
4.5	Perfil estatigráfico de terreno en zona de construcción del Dren Norte.	39
4.6	Vista de derrumbe de talud por intemperismo.	40
4.7	Vista de derrumbe de talud por proceso constructivo al excavar.	41
4.8	Esquema de zonas de riesgo según la distancia a la excavación.	43
4.9	Diversas estructuraciones.	44
4.10	Vista de barda con cuarto adosado a barda sin liga.	47
4.11	Vista general de Privada de la Flor.	52
4.12	Vista de casa ubicada en calle Higuera.	52
4.13	Vista de Calzada de Guadalupe.	52
4.14	Vista general de Callejón de Guadalupe.	53

4.15	Casa aledaña el Dren Norte, ubicada en calle Magdalena.	53
4.16	Vista de construcción en Privada de la Flor 125.	55
4.17	Vista de agrietamientos en Privada de la Flor 125.	55
4.18	Construcción en Magdalena 138.	56
4.19	Inicio de trabajos de excavación en lindero con construcción Magdalena 138.	56
4.20	Vista interior Magdalena 138.	56
5.1	Plano de zonificación de acuerdo al desempeño estructural en Privada de la Flor.	67
5.2	Plano de zonificación de acuerdo al riesgo estructural por distancia a la construcción del canal en Privada de la Flor.	68
5.3	Plano de zonificación de acuerdo a desempeño estructural en Callejón de Guadalupe.	69
5.4	Plano de zonificación de acuerdo al riesgo estructural por distancia a la construcción del canal en Callejón de Guadalupe.	70
5.5	Porcentaje de construcciones en Privada de la Flor de acuerdo a su riesgo estructural en cuanto a distancia a la construcción del dren.	71
5.6	Porcentaje de construcciones en Callejón de Guadalupe de acuerdo a su riesgo estructural en cuanto a la distancia a la construcción del dren.	71
5.7	Porcentaje de construcciones en Privada de la Flor de acuerdo a su desempeño estructural.	72
5.8	Porcentaje de construcciones en Callejón de Guadalupe de acuerdo a su desempeño estructural.	72
6.1	Ejemplo de testigo de nivelación.	78
6.2	Croquis para fabricación de inclinómetro para monitoreo de construcciones aledañas al dren.	79
6.3	Vista de un inclinómetro tipo colocado en las construcciones aledañas al dren.	79
6.4	Detalle inferior de inclinómetro tipo.	80
6.5	Ejemplo de testigo de yeso.	80
6.6	Detalle tipo para apuntalamiento de construcciones de uno o más niveles.	81

6.7	Vista de apuntalamiento de losas.	82
6.8	Croquis de apuntalamiento para construcciones mal estructuradas (baldas sin muros perpendiculares ligados a ellas).	82
6.9	Esquema de modelo del dren según valores sobre la frontera.	84
6.10	Modelo de elemento finito para dren, con restricciones indicadas.	86
6.11	Vehículo tipo propuesto por el AASHTO LRFD (1994).	86
6.12	Cargas aplicadas al modelo de elementos finitos del dren.	87
6.13	Modelo de elementos finitos del dren, con los momentos flexionantes en escala de colores.	88
6.14	Modelo de elementos finitos para tapas de registro.	89
6.15	Escala de colores de esfuerzo cortante para condición de carga mostrada en la figura 6.14.	90
6.16	Sección estructural del dren para zonas de baldíos y callejones.	90
6.17	Sección estructural del dren en zona de cruceros de avenidas.	91
6.18	Sección estructural para tapas de acero en registros de mantenimiento.	92
6.19	Trabajos de construcción de las nuevas instalaciones a los lados de Privada de la Flor.	94
6.20	Trabajos de registros sanitarios para las nuevas instalaciones a los lados de Callejón de Guadalupe.	94
6.21	Refuerzo provisional en barda mal estructurada, por medio de cerramiento metálico.	96
6.22	Barda demolida por presentar alto riesgo estructural y bajo valor de pérdida.	96
6.23	Excavación con retroexcavadora.	97
6.24	Afine de excavación en forma manual, posterior a la excavación con retroexcavadora.	97
6.25	Vista de troquelado a parte superior de talud.	98
6.26	Vista de colocación y fijado de metal desplegado en talud.	99
6.27	Proceso de aplanado con mortero cemento-cal-arena en talud, posterior a la colocación de metal desplegado.	99

6.28	Vista de inundación en el dren durante su construcción.	100
6.29	Proceso de construcción del dren en zonas de muy alto riesgo.	101
6.30	Proceso de habilitado de acero de refuerzo.	101
6.31	Proceso de armado de refuerzo en losa inferior y muros laterales.	102
6.32	Colado de losa inferior del dren.	102
6.33	Cimbra interior en muros del dren, utilizando bastidores y separadores metálicos.	103
6.34	Losa superior cimbrada y armada preparada para colado.	104
6.35	Vista de colado de losa superior.	104
6.36	Vista interior del dren posterior al proceso de descimbrado de la losa superior.	105
6.37	Vista de banda de P.V.C. en junta fría.	105
6.38	Vista de Callejón de Guadalupe con el dren terminado.	106
6.39	Vista de inicio de los trabajos de construcción de guarniciones y banquetas en Privada de la Flor.	106

I. INTRODUCCIÓN

No obstante que la ciudad de Querétaro tiene una precipitación promedio anual moderada de alrededor de 550 mm con lluvias escasas y de corta duración, se llegan a presentar intensidades en casos extraordinarios de hasta 131 mm/hr (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2004). Dichas lluvias provocan inundaciones recurrentes, siendo las más intensas la de los años 1986, 1992 y sobretodo las del año 2003, las cuales llegaron a hacer que la ciudad fuera declarada zona de desastre.

Debido a lo anterior sociedad y autoridades crearon conciencia de la imperiosa necesidad de la construcción de obras para el control de las avenidas pluviales. Dentro de las obras propuestas se encuentran los trabajos de adecuación del llamado Dren Norte, con el trazo y problemática explicada en detalle en el siguiente capítulo.

Como parte de dichos trabajos, se requiere la construcción de un brazo del dren en callejones muy estrechos con alta densidad de construcciones, las cuales pueden ser dañadas durante dicha construcción. Debido a esta problemática, los vecinos del lugar solicitaron vía el Municipio de Querétaro la intervención de la Universidad Autónoma de Querétaro con la finalidad de que ésta determinara la factibilidad de la construcción del dren sin afectar las construcciones aledañas y, de ser así, se encargara de su monitoreo además de proponer el método constructivo adecuado.

La determinación de las condiciones estructurales de las construcciones es complicada debido a que en su mayoría fueron edificadas por autoconstrucción, no cumpliéndose con normatividad alguna y su estado presenta grietas generalizadas ante cargas de servicio, que si bien no representa un peligro de colapso ante dichas cargas, no se considera un comportamiento aceptable.

Obviamente dichas construcciones tampoco cumplen con la normatividad ante cargas accidentales.

A pesar de su mal estado general, los vecinos exigen que sus propiedades no se vean afectadas, de ser así que sea detectado para exigir la reparación del daño.

A la fecha se cuenta con reglamentaciones que considera básicamente dos estados estructurales, ante condiciones de servicio y ante cargas últimas. Esta óptica es insuficiente para la evaluación que requerimos ya que como se mencionó las construcciones se encuentran fuera de toda reglamentación. Por otra parte, a la fecha, los trabajos relacionados con el comportamiento de estructuras están principalmente enfocados a acciones accidentales como el sismo, no encontrándose estudios sobre construcciones en mal estado ante condiciones de servicio, debido a movimientos diferenciales en sus cimentaciones. Debido a lo anterior, en este trabajo se propone un procedimiento de identificación del estado de las construcciones que tome en cuenta este aspecto.

Con este procedimiento, además de otros dos, el primero referente al riesgo que las construcciones tienen ante la construcción del dren y el segundo a la determinación del valor de pérdida de beneficio en caso de colapso, se procede a la solución de la problemática planteada como a continuación se indica.

En el capítulo II se explica la problemática del Dren Norte, y la propuesta de solución, desde el punto de vista hidráulico.

En el capítulo III de esta tesis se analiza la literatura existente en cuanto a clasificaciones y criterios que de alguna manera relacionan el desempeño de estructuras de mampostería confinada, con su apariencia, ya que la mayoría de las construcciones en las zonas críticas de estudio están hechas con muros de mampostería con cierto grado de confinamiento

En el capítulo IV se propone tres nuevos métodos de clasificación de las construcciones de acuerdo a su desempeño, al riesgo estructural ante la construcción del dren y al valor de pérdida de beneficio, para lo que se toma en cuenta la literatura existente, las condiciones del lugar, consideraciones constructivas así como el estudio de mecánica de suelos llevado a cabo por la misma Universidad para este proyecto. Las construcciones aledañas son clasificadas de acuerdo a estos criterios.

En el capítulo V se zonifican las construcciones en base a los criterios establecidos en el capítulo anterior, y se analiza el impacto estructural de la construcción del dren en dichas construcciones.

En el capítulo VI se propone el método constructivo adecuado a las condiciones del lugar y la instrumentación para el seguimiento del comportamiento de las construcciones, además de mostrar los diseños estructurales propuestos.

En el capítulo VII, se hace la evaluación del comportamiento de las construcciones aledañas durante y a la finalización de la construcción del dren.

Por último, en el capítulo VIII se dan las conclusiones y recomendaciones más importantes.

II. PROBLEMÁTICA DEL DREN NORTE Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En el presente capítulo se explica de manera general la problemática que presenta el Dren Norte ubicado en la Ciudad de Querétaro, México (figura 2.1), así como la propuesta hidráulica de solución desde el punto de vista hidráulico.

La zona urbana y conurbana de la ciudad de Querétaro están localizadas en una pequeña planicie, rodeada por cerros y lomeríos los cuales provocan escurrimientos pluviales sobre éstas.

El dren principal de la ciudad es el Río Querétaro, el cual por muchos años sirvió de manera eficiente para el desalojo de las aguas pluviales del valle. Sin embargo el crecimiento acelerado de la ciudad fue modificando la infraestructura urbana provocando problemas crecientes con los escurrimientos pluviales. En algunas ocasiones estos escurrimientos fueron reubicados o desviados y en otras los drenes fueron absorbidos por el crecimiento de la ciudad.

Actualmente la ciudad cuenta con un sistema de drenes primarios y secundarios con una longitud total de 146,173 m (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2004) los cuales trabajan en conjunto con una serie de bordos que rodean la ciudad, cuya función es la de regular los escurrimientos pluviales, dando el tiempo necesario para que los drenes trabajen con un menor gasto para, posteriormente y una vez terminada la precipitación pluvial, desalojar el agua en estos. Cabe mencionar que la totalidad de los drenes en la ciudad de Querétaro finalmente descargan sus aguas en el Río Querétaro. En la figura 2.2 se aprecia el arreglo general de drenes que existen actualmente en la ciudad.

No obstante que la ciudad de Querétaro tiene una precipitación promedio anual moderada de alrededor de 550 mm con lluvias escasas y de corta duración, se llegan a presentar intensidades de 50 mm/hr y en casos extraordinarios de hasta 131 mm/hr (Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2004). Dichas lluvias

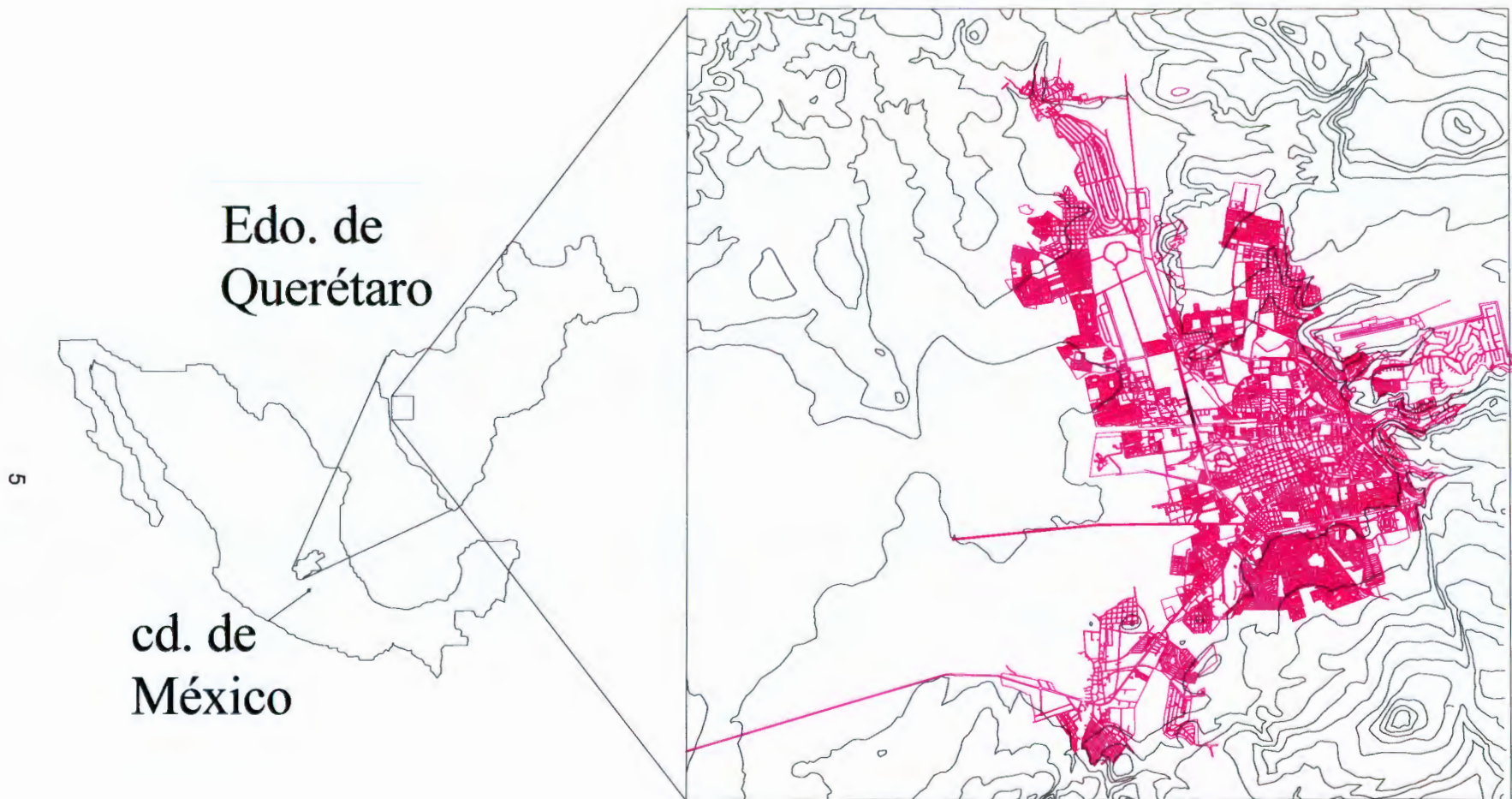


Figura 2.1 Plano general de la cuenca de la ciudad de Querétaro

provocan inundaciones recurrentes, siendo las más intensas la de los años 1986, 1992 y sobretodo las del año 2003, las cuales llegaron a hacer que la ciudad fuera declarada zona de desastre.

Debido a lo anterior sociedad y autoridades crearon conciencia de la imperiosa necesidad de la construcción de obras para el control de las avenidas pluviales. Dentro de las obras propuestas se encuentran los trabajos de adecuación del llamado Dren Norte el cual cuenta con el trazo y la problemática que a continuación se explica.

El Dren Bolaños recibe los escurrimientos pluviales de la zona noreste de la ciudad, iniciando su recorrido en la colonia del mismo nombre. Cruza el Boulevard Bernardo Quintana a la altura de las colonias Arboledas y Álamos 3ª. Sección. Posteriormente continúa por la Laborcilla y la Av. Epigmenio González, a un costado del Centro de Estudios Superiores del Tecnológico de Monterrey.

Los escurrimientos pluviales de la zona norte de la ciudad, son conducidos por los drenes Peñuelas, Menchaca y Cuauhtemoc, los cuales descargan en el Bordo Benito Juárez, donde se regulariza el gasto para posteriormente atravesar el Boulevard Bernardo Quintana y unirse al ya mencionado Dren Bolaños. A partir de esta intersección, el dren cambia de nombre por el de Dren Norte.

El dren continúa su recorrido por el costado norte de la empresa Gerber, recibiendo la aportación de gasto pluvial de algunos drenes pequeños. Sigue hacia el oeste de la ciudad hasta llegar a la Av. 5 de febrero pasando entre la empresa Reciclados de Cartón y Pilgrim's Pride.

El tramo hasta aquí descrito, fue rehabilitado por la administración encabezada por el Dr. Rolando García, pero por motivos diversos los trabajos se detuvieron llegando a Av. 5 de Febrero.

El Dren Norte a la altura de la Avenida 5 de Febrero tiene una capacidad de conducción aproximada de 25 m³/seg, punto hasta el cual el dren no tiene problemas debido a los trabajos de rehabilitación mencionados. En esta avenida se suma el gasto de los colectores de Av. 5 de Febrero el cual es de 5 m³/seg. Una vez atravesada la avenida se debería de conducir 30 m³/seg, sin embargo lo anterior no se logra debido a que el recorrido del dren a partir de este punto es bastante complejo y se encuentra con varias obstrucciones que disminuyen considerablemente el gasto hidráulico provocando desbordamientos e inundaciones.

Pasando Av. 5 de Febrero, el dren avanza entre las empresas Stone Cointainer y Dibasa al término de las cuales hace un brusco quiebre a 90° hacia el norte (figura 2.3).

El dren continúa hacia el norte hasta unirse con el Dren Las Américas, en esta intersección nuevamente retoma su recorrido hacia el oeste de la ciudad, hasta que más adelante se une con el dren Jurica para continuar al suroeste y desembocar en el Dren el Arenal, el cual a su vez descarga sobre el Río Querétaro.

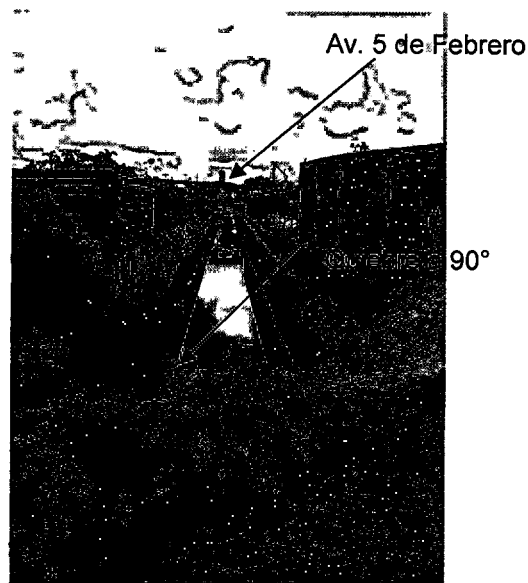


Figura 2.3 Vista de Dren Norte, pasando Av. 5 de febrero.

Entre las obstrucciones más importantes que encuentra el dren en el recorrido de la segunda parte son los siguientes:

- En el cruce de la Av. 5 de febrero existen una obstrucción de drenaje sanitario y reducción de la sección hidráulica en la alcantarilla, permitiendo únicamente la conducción de $12 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- Espuela de ferrocarril que entra a la empresa Vidriera de Querétaro, permitiendo pasar en este punto solamente un caudal de $7 \text{ m}^3/\text{seg}$.
- Al unirse con el Dren Las Américas los drenes se interceptan en un ángulo a 90° , provocándose un bloqueo entre los dos escurrimientos.
- Al cruzar la Av. Coahuila la capacidad del dren es de $11 \text{ m}^3/\text{seg}$ (conocido como el Canal PEMEX) enseguida se une al Dren Pluvial Jurica ocasionándose otro bloqueo aunque de menor consideración.

Para solucionar la problemática anterior y poder conducir los $30 \text{ m}^3/\text{seg}$ necesarios se ha propuesto dividir el gasto en dos secciones, la primera con un trazo nuevo que conduzca un gasto de $20 \text{ m}^3/\text{seg}$ y la segunda conservando el trazo original para conducir los restantes $10 \text{ m}^3/\text{seg}$. Al nuevo trazo se le llama Dren Norte Brazo "A" y es el motivo de nuestro estudio.

El Nuevo Dren Norte Brazo "A" inicia en el quiebre a 90° que hace al dren justo a la salida de las empresas Stone Container y Dibasa (figura 2.3), para continuar hacia el poniente atravesando el terreno baldío perteneciente al Sindicato de Trabajadores y Empleados de la UAQ, enseguida ingresa a la Privada de la Flor el cual representa nuestra primera zona de conflicto (figura 2.4), debido a que es una calle estrecha con alta densidad de construcciones a ambos lados. Posteriormente cruza la Calzada Higuera para entrar al predio del Sr. Eduardo Varela P., para enseguida llegar al cruce de la espuela de Ferrocarriles Nacionales de México. Pasando la espuela cruza el predio de la Sra. María del

Carmen Javiera Vargas Jaurena para a continuación cruzar el predio del Sr. J. Carmen de la Cruz Martínez, ubicado en la Calle Guadalupe Victoria No. 709.



Figura 2.4 *Vista de Privada de la Flor.*

Posteriormente cruza la Calzada Guadalupe Victoria para ingresar al tramo denominado Callejón de Guadalupe, el cual es la sección más crítica de todo el trayecto, ya que tenemos anchos de calle de hasta 3.50 m y alta densidad de construcciones (figura 2.5).



Figura 2.5: *Vista de Callejón de Guadalupe.*

A continuación cruza la calle Magdalena y entra al terreno del Sr. Refugio López ubicado en la Calle de Magdalena No. 15-6, continuando por el predio de la Sra. Gregoria López Martínez, ubicado en Avenida Revolución sin número. Posteriormente el dren pasa por el predio de la Sra. Bartola Ramírez Ramírez, ubicado en Av. Revolución No. 20 para enseguida cruzar la avenida y entrar al terreno propiedad de la tienda de autoservicio Aurrera.

Una vez atravesando este predio se llega a la Calle Mirador de la Vía Láctea, hasta llegar al ejido Santa María Magdalena para, más adelante, entroncar con el Dren el Arenal.

En la figura 2.6 se aprecia el trazo del Dren Norte en su brazo "A" de acuerdo a lo explicado anteriormente.

En el trayecto existen dos zonas especialmente críticas. La primera de ellas es la Privada de la Flor incluyendo el cruce por Av. Higuera en tanto que la segunda es el Callejón de Guadalupe, incluyendo los cruces por Calzada Guadalupe Victoria y Calle Magdalena. Lo anterior debido a que son las dos zonas, en las que el trazo del canal pasa muy cercano a las construcciones con el consecuente riesgo estructural para éstas, sin olvidar la problemática social.



Figura 2.6 Vista aérea de trazo Dren Norte Brazo "A" (línea amarilla).

En los capítulos siguientes, se llevará a cabo el desarrollo de las propuestas de clasificación de las construcciones, el análisis de la factibilidad de la construcción del dren, así como la propuesta constructiva y su seguimiento, para continuar con el análisis de resultados y finalmente terminar con las conclusiones y recomendaciones.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

En este capítulo se hace mención de diversas clasificaciones y criterios que de alguna manera relacionan el desempeño de las estructuras de mampostería con su apariencia, así como con la distorsión a la que están sometidas.

III.1 Clasificaciones por desempeño

La mayoría de las construcciones colindantes al trazo del dren Norte en su brazo "A", fueron construidas en base a muros de carga de mampostería, con cierto grado de confinamiento. Para nuestro estudio es fundamental el poder evaluar el desempeño estructural de dichas construcciones antes, durante y al finalizar la construcción del dren, con el objetivo de poder evaluar las posibles afectaciones que su construcción y/o operación causen en ellas.

La causa más frecuente de alteración del nivel de desempeño en una estructura de mampostería son las grietas en los muros. Dichas grietas pueden provocar afectaciones en los niveles de servicio (sensaciones de inseguridad, apariencias antiestéticas, humedades, etc.) así como ser un reflejo de pérdidas de resistencia y rigidez.

En la literatura existen diversos estudios relacionados con el agrietamiento en muros provocado por distorsiones (cociente del desplazamiento lateral relativo y altura del muro) ante cargas laterales (principalmente sismo). Los principales se describen a continuación.

III.2 Criterios de Bonelli y Astroza y Schimdt

Los resultados mostrados en la literatura muestran una gran dispersión en cuanto a los niveles de distorsión que provocan estados de desempeño determinados, por ejemplo la propuesta de norma chilena de diseño sísmico de

edificios realizada por Bonelli (1999) reconoce cuatro estados límite de desempeño, asignando para cada uno de ellos las distorsiones indicadas en la tabla 3.1.

Por otro lado Astroza y Schmidt (2004) han hecho un interesante trabajo, que se basa en una recopilación de estudios experimentales de muros de mampostería confinada en Chile, México y Venezuela. En dicho estudio se presentan niveles de deformación asociados a diferentes estados límite de desempeño. Los resultados de sus estudios se presentan en la tabla 3.2, en la cual los muros son tomados como un todo (sin tomar en cuenta el tipo de unidad y la magnitud de la carga vertical), y la distorsión es presentada como función de la fracción defectuosa (entendiéndose como fracción defectuosa, al porcentaje de muros de la muestra que alcanza el estado límite considerado con la distorsión angular indicada).

Tabla 3.1 *Estados límites de la norma propuesta para el diseño sísmico de edificios, Chile (Bonelli, 1999).*

ESTADO LÍMITE	DEFINICIÓN DEL ESTADO LÍMITE	DAÑOS ASOCIADOS AL MURO	DISTORSIÓN (%)
Servicio (PL1)	Tratar de dejar la respuesta lejos de punto de fluencia y controlar las deformaciones para evitar daños estructurales.	-Despreciable. -Aparecen primeras grietas apreciables a simple vista. -Grietas diagonales delgadas de fácil reparación.	0.04-0.18
Operacional (PL2)	Define una respuesta dentro del intervalo lineal, o con pequeñas incursiones no lineales.	-Grietas menores (<3mm), no hay deformaciones fuera del plano. -Lesiones apreciables y algunos deslizamientos en las juntas, reparables.	0.62
Daño Controlado (PL3)	Es un estado difícil de evaluar actualmente, pero se espera que los daños sean bastante considerables, con grietas visibles y algunos daños difíciles de reparar.	-Grietas extensas (<6mm) distribuidas a través del muro; aplastamiento aislado. -Lesiones considerables y deslizamientos, roturas locales, reparables con cierta dificultad.	1.00
Último (PL4)	Es este estado no se asegura que no se producirá el colapso para el sismo considerado, por lo que no interesa el nivel de daño ni la magnitud de las deformaciones.	-Aplastamiento; grietas extensas; daño alrededor de aberturas y esquinas; caída de algunas unidades. -Pérdida notable de integridad; reparación imposible.	<2.50

Tabla 3.2 *Distorsiones angulares considerando a los muros como un todo, correspondientes a cada estado de desempeño, según la fracción defectuosa aceptada de acuerdo a Astroza y Schmidt (2004).*

ESTADO DE DESEMPEÑO	DISTORSIÓN (%)		
	Fracción Defectuosa		
	10 %	20 %	30 %
Servicio (ELS)	0.04	0.05	0.09
Operacional (ELO)	0.09	0.10	0.13
Daño Controlado (ELDC)	0.14	0.17	0.26
Resistencia (ELR)	0.16	0.22	0.40
Último Nominal (ELU)	0.33	0.44	0.73

Los estados de desempeño indicados en la tabla, son descritos por Astroza y Schmidt de la siguiente manera:

- **SERVICIO (ELS):** Estado en el cual se presenta el inicio del agrietamiento visible del muro y corresponde al nivel donde se produce el término del rango elástico de respuesta del muro.
- **OPERACIONAL (ELO):** Estado en el cual se presenta el inicio del agrietamiento diagonal, el daño del muro es muy limitado, conservando toda su capacidad resistente y parte importante de su rigidez; el riesgo para los habitantes como resultado de este daño es nulo.
- **DAÑO CONTROLADO (ELDC):** Estado en el cual se presenta la formación de un patrón estable de agrietamiento diagonal. El estado del muro permite repararlo en un tiempo razonable y no hay riesgo para las personas y los contenidos.
- **RESISTENCIA (ELR):** Estado en el cual el muro alcanza la máxima capacidad de carga. El muro presenta un daño importante pero tiene un margen razonable de seguridad contra el colapso parcial o total.
- **ÚLTIMO NOMINAL (ELU):** Estado más allá del cual no queda asegurado el que no se producirá el colapso. Para efectos prácticos se considera que este estado se alcanza cuando el muro ha experimentado un deterioro del 20% de la fuerza máxima resistida durante el ensayo. Para este estado, los daños del muro son apreciables, observándose grietas de gran ancho

(10 mm o más) y difíciles de reparar. Además de la degradación de la resistencia (20%) se presenta un importante deterioro de la rigidez.

La correspondencia entre los estados límites propuestos por Astroza y Schmidt (2004) y los propuestos por Bonelli (1999) es mostrada en la tabla 3.3. Como puede apreciarse, las distorsiones angulares reportados por los primeros son muy inferiores a los de Bonelli.

Tabla 3.3 *Equivalencia entre estados límite reportados por Astroza y Schmidt (2004) con respecto a los reportados por Bonelli (1999).*

ESTADO LÍMITE SEGÚN BONELLI (1999)		ESTADO LÍMITE SEGÚN ASTROZA Y SCHMIDT (2004)	
ESTADO	DISTORSIÓN (%)	ESTADO	DISTORSIÓN (%)
PL1	0.04-0.18	ELS/ELO	0.09/0.13
PL2	0.62	ELDC	0.26
PL3	1.00	ELR	0.40
PL4	2.50	ELU	0.73

III.3 Criterios de la N.T.C., D.F.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería (2004) del Reglamento de Construcciones de Distrito Federal, no se refiere a niveles de desempeño, pero en la revisión de los desplazamientos laterales para muros de mampostería confinada de piezas macizas propone una distorsión lateral permisible de 0.25% (NTC-sección 3.2.3.2), el cual corresponde aproximadamente con el valor de 0.22% dado por Astroza y Schmidt (2004) para un estado límite de resistencia con una fracción defectuosa del 20% (fracción defectuosa recomendada por ellos para cuestiones de análisis y diseño) y está muy por debajo del reportado por Bonelli (1999) cuyo valor es 1.00%. Lo anterior muestra una correspondencia adecuada entre esta propuesta de norma y Astroza y Schmidt (2004), no así con Bonelli (1999).

III.4 Criterios de Rodríguez y Castrillón, y Ruiz García

Rodríguez y Castrillón (1995) han propuesto criterios para determinar el grado de daño en muros de mampostería por sismo, los cuales son presentados en la tabla 3.4.

En la tabla 3.5 elaborada por Ruiz García (1995) se relaciona el estado de daño observado en especímenes de mampostería confinada sometidas a cargas cíclicas reversibles del tipo sísmico con el nivel de deterioro de sus propiedades estructurales (resistencia y rigidez) y su clasificación aproximada de acuerdo a los criterios de evaluación propuestos por Rodríguez y Castrillón (1995), mostrados en la tabla 3.4. Si observamos la tabla 3.5 tenemos que el valor de distorsión mostrado para una relación $V/V_{max} = 1$ (que correspondería al ELR) es 0.32, en tanto que en el daño grave no clasificado tenemos una distorsión de 0.50 para una $V/V_{max} = 0.80$ (que corresponde al ELU de Astroza y Schmidt).

Tabla 3.4 *Criterios para determinar el grado de daño de muros de mampostería después de un sismo según Rodríguez y Castrillón (1995).*

Grado	Estado de Daño
I	Grietas pequeñas, difícilmente visibles sobre la superficie del muro. Grietas mínimas en castillos y dalas de confinamiento. Grietas con anchuras menores que 0.2 mm.
II	Grietas claramente visibles sobre la superficie del muro, con anchuras entre 0.2 y 1 mm.
III	Inicio de la formación del agrietamiento diagonal en muros confinados con castillos y dalas. Grietas grandes en la superficie del muro, con anchuras entre 1 y 3 mm.
IV	Agrietamiento diagonal en muros confinados con castillos y dalas, o en muros de relleno ligados a marcos; grietas con anchuras mayores que 3 mm. Inicio de la formación diagonal en muros sin castillos y dalas.
V	Desprendimiento de partes de piezas. Aplastamiento local de la mampostería. Prolongación del agrietamiento diagonal en castillos o en dalas (anchuras superiores a 1 mm). Agrietamiento diagonal en muros sin castillos y dalas. Deformación, inclinación horizontal o vertical apreciable en el muro.

Tabla 3.5 Grado de daño y deterioro de las propiedades estructurales en muros de mampostería confinada según Ruiz García (1995).

Estado de los Muros Observado	Distorsión (%)	R/Rinicial	V/Vmax	Grado de Daño (Rodríguez y Castañón)
Fisuras Horizontales, por flexión. Fisuras verticales, por flexión, cercanas al paño del castillo.	0.04	0.80	0.50	Ligero (I)
Primer agrietamiento de la mampostería, por tensión diagonal o cortante.	0.13	0.35	0.85	Moderado (II y III)
Inicio de la penetración del fisuramiento inclinado en los extremos de los castillos.	0.20	0.27	0.90	Fuerte (IV)
Agrietamiento en forma de "X" en todos los paneles de mampostería.	0.23	0.24	0.98	Fuerte (IV)
Aplastamiento del concreto, agrietamiento horizontal distribuido en la altura de los castillos.	0.32	0.18	1.00	Fuerte (V)
Concentración de grietas diagonales en los extremos de los castillos. Desconchamiento del recubrimiento de concreto.	0.42	0.13	0.99	Grave (V)
Concentración de daño en los extremos inferiores de los castillos. Plegamiento del refuerzo longitudinal (deformación en "S").	0.50	0.10	0.80	Grave (no se clasifica)

R = Rigidez del muro en la etapa dada, Rinicial = Rigidez del muro previo al ciclo de carga, V = Fuerza lateral en la etapa dada, Vmax = Fuerza lateral máxima que resisten el muro.

En la tabla 3.6, se comparan los valores de distorsión dados por Ruiz García (1995) contra los dados por Astroza y Schmidt (2004) para una fracción defectuosa del 50%, en la que se puede apreciar que ambas propuestas son bastante congruentes entre si, sobretodo considerando la gran variabilidad que existe entre los diferentes tipos de mamposterías confinadas.

Tabla 3.6 Comparación de las propuestas de distorsión en muros entre Ruiz García (1995) y Astroza y Schmidt (2004).

Estado Límite Correspondiente	Distorsión Propuesta por Ruiz García (1995) (%)	Distorsión Propuesta por Astroza y Schmidt (2004) para una fracción defectuosa de 50% (%)
Resistencia (ELR)	0.32	0.40
Último	0.50	0.73

Dado que a la fecha no existe un criterio unificado o estandarizado para determinar el estado de comportamiento de los muros de mampostería al límite de capacidad o bajo condiciones de servicios, entre otros, en el capítulo IV se hace una propuesta de modelos de clasificación por desempeño basados en los criterios expuestos en este capítulo.

IV. PROPUESTA DE MODELOS DE CLASIFICACIÓN

A la fecha se cuenta con reglamentaciones, tales como la del Municipio de Querétaro, la de Distrito Federal, el ACI, etc., que considera básicamente dos estados estructurales, ante condiciones de servicio y ante cargas últimas. Esta óptica es insuficiente para la evaluación que requerimos ya que por un lado las construcciones se encuentran fuera de toda reglamentación y por otro lado existe la exigencia de la identificación de daños y el grado de éstos en dichas construcciones. Debido a lo anterior, en este trabajo se propone un procedimiento de identificación del estado de las construcciones que tome en cuenta este aspecto, por lo que en este capítulo se hacen una nueva clasificación conforme a desempeño estructural, con la cual se evalúan el desempeño de las construcciones antes durante y al término de la construcción del dren.

Por otro lado se crean otras dos clasificaciones, por riesgo estructural y por valor de pérdida de beneficio. Éstas son requeridas para tener parámetros para la determinación de la factibilidad de la construcción del dren sin afectar las construcciones y en caso de que ésta sea viable poder tomar las medidas adecuadas para disminuir el riesgo por daño estructural debido a la construcción del mencionado dren.

Estas clasificaciones consisten en lo siguiente:

- **Clasificación por desempeño estructural:** Se establecen ciertos límites de desempeño estructural con la finalidad de poder evaluar el rango en el que se encuentra cada una de las construcciones. El desempeño estructural de las construcciones aledañas, es la variable más importante que se tiene que evaluar y monitorear previo, durante y al final de la construcción del dren. El que las construcciones se

mantengan en el nivel de desempeño que mostraban previo a la construcción del dren es el resultado óptimo esperado.

- **Clasificación según riesgo estructural:** Independientemente del desempeño estructural que muestran las construcciones previo a la construcción del dren, se tiene que evaluar otros factores que impliquen mayor o menor vulnerabilidad estructural de las construcciones ante la futura construcción del dren. Los factores que se evalúan son los siguientes:
 - Distancia a la construcción del dren.
 - Estructuración de las construcciones.
 - Calidad constructiva.
 - Peso de la Estructura.

- **Clasificación según valor de pérdida de beneficio:** Este rubro consiste en evaluar de manera cualitativa el costo de beneficio social (sin menospreciar el aspecto económico y de pérdidas de vidas humanas, etc.) que implicaría la falla en una determinada estructura.

Estas clasificaciones se analizan a detalle en los siguientes subcapítulos.

IV.1 Modelo por desempeño estructural.

La mayoría de las construcciones colindantes al trazo del dren Norte en su brazo "A", fueron construidas en base a muros de carga de mampostería, con cierto grado de confinamiento. Para nuestro estudio es fundamental el poder evaluar el desempeño estructural de dichas construcciones antes, durante y al finalizar la construcción del dren, con el objetivo de poder determinar las posibles afectaciones que su construcción y/o operación causen en ellas.

La causa más frecuente de alteración del nivel de desempeño en una estructura de mampostería son las grietas en los muros. Dichas grietas pueden provocar afectaciones en los niveles de servicio (sensaciones de inseguridad, apariencias antiestéticas, humedades, etc.) así como ser un reflejo de pérdidas de resistencia y rigidez.

Por otro lado, gran parte de la ciudad de Querétaro, cuenta con estratos superficiales de arcillas expansivas (Arroyo et. al., 1997), por lo que la mayoría de los agrietamientos en las construcciones de mampostería que se presentan en esta ciudad son debido a movimientos diferenciales en la cimentación, provocados por cambios volumétricos del terreno de desplante. De igual manera, la construcción del dren puede provocar asentamientos diferenciales en dichas construcciones. Revisando la información existente sobre muros de mampostería, no se encuentran estudios de clasificaciones por desempeño relativos a daños provocados por asentamientos diferenciales. A pesar de lo anterior, en la literatura existen diversos estudios relacionados con el agrietamiento en muros provocado por distorsiones (cociente del desplazamiento lateral relativo y altura del muro) ante cargas laterales (principalmente sismo). En el capítulo III se analizan diferentes estudios relacionados con muros de mampostería y sus daños, principalmente ante acciones sísmicas, los cuales como se explica a continuación pueden ser razonablemente extrapoladas a muros con movimientos diferenciales en sus cimentaciones.

El motivo del agrietamiento en el muro en ambos casos es la distorsión en éste, con la diferencia que en el sismo la distorsión es provocada por el desplazamiento lateral en tanto que en los muros con asentamientos diferenciales la distorsión es provocada por el desplazamiento vertical (debida a los movimientos diferenciales de la cimentación). Tomando como base la figura 4.1 se tiene que la distorsión en un muro dado por cargas laterales está dado por:

$$\text{Distorsión:} = \Delta x/H$$

En tanto que la distorsión para muros con asentamientos diferenciales está dado por:

$$\text{Distorsión:} = \Delta y/L$$

Se puede apreciar que ambos casos son muy similares, por lo que los estudios sobre muros ante cargas laterales pueden ser extrapolados de manera lógica hacia muros con asentamientos diferenciales.

Otro aspecto que refuerza dicha similitud, es el hecho que la mayoría de pruebas son llevadas a cabo de manera casi-estática, lo que es más similar al caso de los asentamientos diferenciales (caso estático) que al caso del sismo (caso dinámico).

Una diferencia entre ambas acciones es que en el caso del sismo, las cargas son cíclicas en tanto que en el de asentamientos diferenciales la acción es unidireccional. A pesar de esta diferencia, en los estudios de comportamiento de muros de mampostería ante cargas laterales se llevan a cabo tanto pruebas cíclicas como unidireccionales y, en general, los resultados son analizados conjuntamente.

De acuerdo a lo explicado, para la elaboración de la propuesta de este trabajo para clasificación por desempeño, se toman como base los trabajos referidos en el capítulo anterior, los cuales se refieren a comportamientos de estructuras de mampostería ante cargas laterales (sismo).

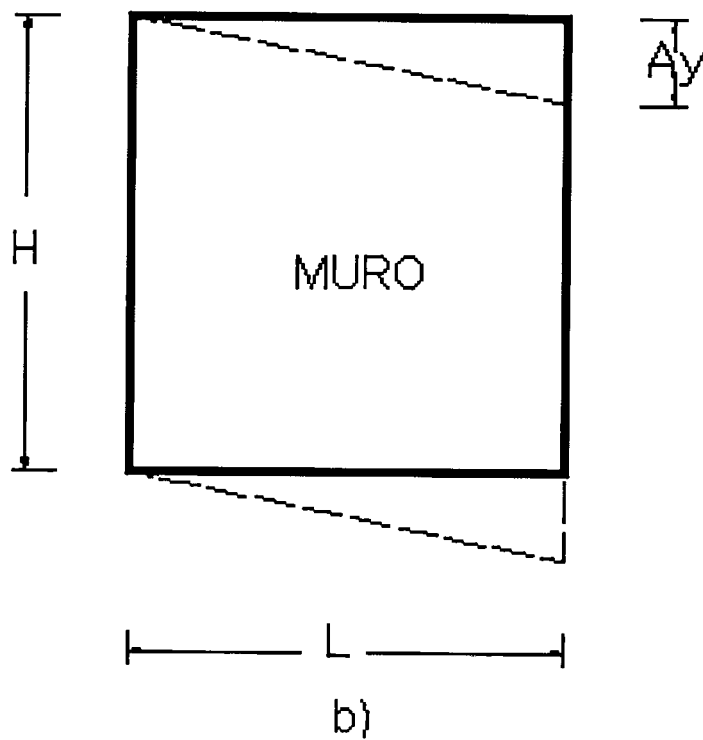
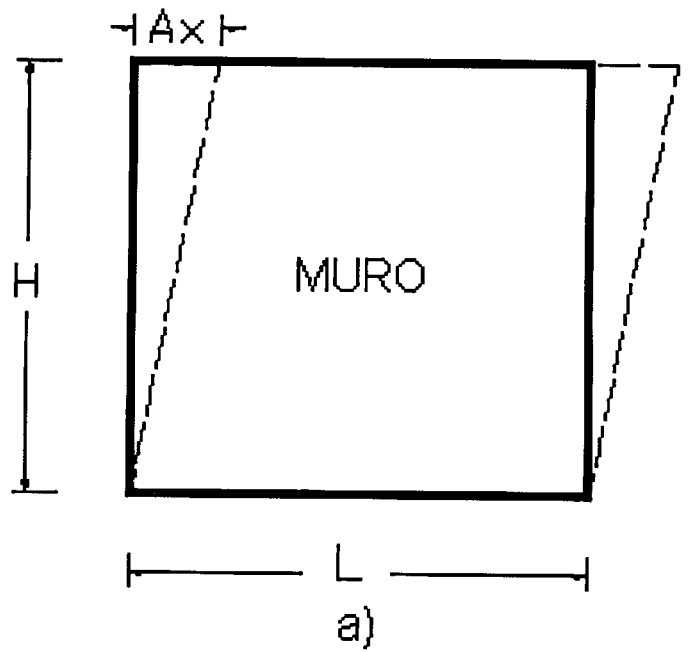


Figura 4.1 Comparación entre distorsión en un muro provocada por a) cargas laterales ($\Delta x/H$) y b) asentamientos diferenciales ($\Delta y/L$).

La clasificación por desempeño que se propone aquí se enfoca en observar dos aspectos principales en el desempeño de los muros: los agrietamientos y distorsiones angulares, por las siguientes razones:

- Como se indica en el capítulo anterior la causa más frecuente de la alteración del nivel de desempeño en una mampostería son las grietas en los muros.
- La revisión de la seguridad estructural de las construcciones aledañas ante acciones accidentales (por ejemplo sismo) no es parte del alcance de este trabajo, sino que está enfocado a garantizar y monitorear que durante y al final de la construcción del dren se conserven los estado de desempeño ante condiciones de servicio que existían previos a dicha construcción. Por lo anterior los niveles de rigidez y resistencia de los muros si bien son importantes evaluarlos cualitativamente no es necesario su determinación cuantitativa.
- Se trata de un estudio a realizarse a un número muy grande de construcciones, por lo que la realización de estudios particulares que llegaran a ser representativos utilizando métodos de ensaye en sitio o en laboratorio para obtener información sobre las características del estado estructural de los muros de mampostería y los materiales que los conforman, serían caros, tardados y la información que proporcionarían, por lo descrito en el inciso anterior, no sería de gran valor.
- Otros aspectos estructurales de importancia, se toman en cuenta en nuestra siguiente clasificación.
- Las distorsiones asociadas a los diferentes estados de desempeño son importantes, ya que en base a éstas se puede estimar los valores de asentamientos diferenciales permisibles durante el proceso constructivo y la operación del dren.

IV.1.1 Propuesta de Clasificación. Como se puede apreciar en el capítulo anterior, no hay un criterio unificado para la clasificación de muros según su desempeño, y los criterios existentes presentan en ocasiones variaciones significativas en los valores que manejan tanto en las distorsiones que provocan los estados límite, como a los anchos de grieta asociados a éstos. Debido a lo anterior aquí se hace un estudio comparativo de todos los criterios para crear una propuesta de clasificación adecuada.

a) *Estado Límite de Resistencia:* El primer estado límite importante por definir es el Estado Límite de Resistencia, en el cual se considera que el muro alcanza la máxima capacidad de carga. Si se toma en cuenta la propuesta de Astroza y Schmidt (2004) para una fracción defectuosa del 50% (tabla 3.2) y se combina con la descripción del daño asociado al muro que hace Bonelli (1999) (tabla 3.1) y, por último, haciendo referencia a la tabla 3.3 en la que se muestra la equivalencia de estados límites entre ambos estudios se tiene que la propuesta para dicho estado estaría dada por Astroza y Schmidt (2004) según se muestra en el apartado correspondiente de la tabla 4.1.

Por otra lado si se toma en cuenta la tabla 3.5 en la que se presenta la propuesta de Ruiz García (1995) se tiene que el estado límite de resistencia está dado en el estado de daño en el que la relación $V/V_{max} = 1.00$ (quinto en la tabla). Relacionando esta tabla con los criterios para determinar el grado de daño de muros de mampostería de Rodríguez y Castrillón (1995) dados en la tabla 3.4, se tiene la propuesta de Ruiz García (1995) en la sección correspondiente de la tabla 4.1.

De las dos propuestas mostradas en la tabla 4.1 se observa que los valores de la distorsión para el estado límite son bastante congruentes entre sí. En el daño asociado vemos que en la primera propuesta se habla de espesores de grietas en el muro $< 6\text{mm}$, en tanto que en la segunda solamente se habla de que el agrietamiento diagonal se prolonga en castillos o dalas con anchos superiores al

milímetro. Debido a que en este caso no siempre es posible identificar la ubicación exacta de las cadenas y dalas, se toma el criterio del ancho de grieta de la primera propuesta. Considerando que la distorsión es menor en la segunda propuesta y que en la propuesta de Astroza y Schmidt (2004) se está manejando la opción para fracción defectuosa del 50% y dado que para fracciones defectuosas inferiores el valor de la distorsión es menor al 0.32% que maneja Ruiz García (1995) (por ejemplo para fracción defectuosa del 20% se propone una distorsión del 0.22% -ver tabla 3.2-) se toma como válida la distorsión propuesta por Ruiz García (1995). De acuerdo a lo anterior, la propuesta de estado límite de resistencia esta dado según lo indicado en la tabla 4.2.

Tabla 4.1 Comparación de propuesta para el Estado Límite de Resistencia entre Astroza y Schmidt (2004) y Ruiz García (1995).

ESTADO LÍMITE	Astroza y Schmidt (2004)	Ruiz García (1995)
DISTORSIÓN (%)	0.40	0.32
DAÑO ASOCIADO AL MURO	<ul style="list-style-type: none"> -Grietas extensas (< 6mm) distribuidas a través del muro; aplastamiento aislado. - Lesiones considerables y deslizamientos, roturas locales; reparables con cierta dificultad 	<ul style="list-style-type: none"> -Aplastamiento del concreto, agrietamiento horizontal distribuido en la altura de los castillos. - Desprendimiento de partes de piezas. Aplastamiento local de mampostería. Prolongación del agrietamiento diagonal en castillos o en dalas (anchura de grietas superiores a 1 mm). Deformación, inclinación horizontal o vertical apreciable del muro.

Tabla 4.2: Propuesta para el Estado Límite de Resistencia

ESTADO LÍMITE	RESISTENCIA
DESCRIPCIÓN	Estado en el que se alcanza la resistencia máxima del muro. El muro tiene un margen razonable de seguridad contra el colapso parcial o total.
DISTORSIÓN (%)	0.32
DAÑO ASOCIADO AL MURO	<ul style="list-style-type: none"> - Grietas extensas (< 6mm) distribuidas a través del muro; aplastamiento aislado. - Lesiones considerables y deslizamientos, roturas locales; reparables con cierta dificultad.

b) Estado Límite Operacional: El segundo estado límite importante es aquel en el que inicia el agrietamiento diagonal en el muro, provocado por la distorsión. De acuerdo a Miranda (Fundación ICA, 1999) el agrietamiento diagonal en muros probados en voladizo inicia con distorsiones en el rango entre 0.15% y 0.25%, por otro lado y haciendo un procedimiento similar al anterior, tenemos que Astroza y Schmidt (2004) le nombran a este estado "Estado Límite Operacional" y lo describen como aquel en el cual se presenta el inicio del agrietamiento diagonal, hablando de grietas diagonales delgadas sin especificar claramente el ancho de éstas y proponiendo una distorsión para este estado del 0.13 %.

Por último en la referencia de Ruiz García (1995) se menciona que para el estado de daño observado en el que se presenta el primer agrietamiento de la mampostería por tensión diagonal o cortante (segundo estado) se propone una distorsión del 0.13%. El grado de daño reportado por Ruiz lo asocian a los estados II y III propuestos por Rodríguez y Castrillón (1995) mostrados en la tabla 3.4. En el estado II los anchos de grieta reportados varían entre 0.2 y 1 mm, en tanto que en el estado III estos están entre 1 mm y 3 mm. Astroza y Schmidt (2004) consideran el ancho de grieta de 3 mm asociado a un Estado Límite de Daño Controlado, límite con mayor daño al aquí en cuestión, por lo que para este caso se considera el ancho de grieta de 1.0 mm mencionado en el estado II de Rodríguez y Castrillón (1995). En lo referente a la distorsión asociada, las tres fuentes proponen valores muy cercanos, por lo que se toma el valor dado por Astroza y Schmidt (2004) el cual coincide con el dado por Ruiz García (1995) y cuyo valor es 0.13. Conservando el mismo nombre dado por los primeros se tiene el siguiente estado límite según se indica en la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Propuesta para el Estado Límite Operacional

ESTADO LÍMITE	OPERACIONAL
DESCRIPCIÓN	Estado en el que inicia el agrietamiento diagonal. El muro conserva toda su capacidad resistente y parte importante de su rigidez inicial. El riesgo para los habitantes como resultado de este daño es nulo.
DISTORSIÓN (%)	0.13
DAÑO ASOCIADO AL MURO	- Grietas diagonales delgadas de fácil reparación con anchos de hasta 1.5 mm.

Una vez que se tienen ubicados dos de los estados límite más representativos (el de resistencia y el operacional en el que se inicia el agrietamiento diagonal en el muro), se proponen tres más. El primero de ellos es un estado con mejor comportamiento que el operacional el cual se ubica en el final del comportamiento elástico del muro, a este estado se le llama Estado Límite Elástico. El segundo límite que se establece es uno intermedio entre el Operacional y el de Resistencia, llamándosele Estado Límite de Daño Controlado de manera similar a como lo hace Astroza y Schmidt (2004). Finalmente se encuentra el Estado Límite Último, un límite con peor comportamiento estructural que el Estado Límite de Resistencia y en el que no queda garantizado que no se producirá el colapso del muro, especialmente ante cargas accidentales.

c) Estado Límite Elástico: Para la obtención del Estado Límite Elástico, se tiene que Astroza y Schmidt (2004) llaman a este estado, Estado Límite de Servicio para el cual reportan una distorsión de 0.09%. Al relacionar los estados límite reportados por estos con los estados límite propuestos por Bonelli (1999) se observa que el Estado Límite de servicio de éste corresponde con los estados límites de servicio y operacional de los primeros, por lo que no se puede ver claramente el daño asociado al muro que proponen, sin embargo en la definición se habla de que en este estado se inicia el agrietamiento visible en el muro. Por otro lado la propuesta de Ruiz García (1995) en el primer estado de daño, reportando una distorsión de prácticamente la mitad (0.04%) indica un grado de daño según Rodríguez y Castrillón (1995) tipo I, para el cual el muro presenta grietas pequeñas difícilmente visibles sobre la superficie del muro y grietas menores a 0.2 mm. Haciendo un cociente entre las distorsiones reportadas por ambos autores tenemos que la distorsión de Astroza y Schmidt (2004) es $0.9/0.4$ de Ruiz García (1995) = 2.25 y si se considera que el muro está dentro del rango lineal se puede proponer en términos generales que el agrietamiento mostrado en el final del rango elástico puede ser de alrededor de $0.2 \times 2.25 = 0.45$ mm lo que es aproximadamente igual a 0.5 mm de ancho de grieta. Por lo tanto se propone para el Estado Límite Elástico lo indicado en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Propuesta para el Estado Límite Elástico

ESTADO LÍMITE	ELÁSTICO
DESCRIPCIÓN	Estado en el cual se presenta el inicio de agrietamiento visible del muro y corresponde al nivel donde se produce el término del rango elástico de respuesta del muro.
DISTORSIÓN (%)	0.09
DAÑO ASOCIADO AL MURO	- Grietas diagonales delgadas con espesores máximos de 0.5 mm.

d) *Estado de Daño Controlado*: Para el Estado Límite de Daño Controlado, se tiene que Astroza y Schmidt (2004) proponen una distorsión del 0.23% y los daños mostrados son grietas menores en el muro con anchos de grieta <3 mm, no hay deformaciones fuera del plano, hay lesiones apreciables y algunos deslizamientos en las juntas reparables. Ruiz García (1995) muestra dos estados de daño intermedios entre lo que vendría siendo el operacional y el de resistencia (tercer y cuarto estado de daño). En el tercer estado de daño propone una distorsión del 0.20% y en el cuarto del 0.23%. En ambos casos refiere un grado de daño según Rodríguez y Castrillón (1995) número IV, en donde se definen grietas con anchuras mayores a los 3 mm. Como se puede observar, nuevamente los valores de la distorsión presentan valores muy similares, en tanto que en cuanto al daño observado en el muro, ambos refieren a los 3 mm como límite, solamente que en el primer caso lo mencionan como límite superior y en el segundo como inferior (ambos límites abiertos). Por lo anterior se propone para este límite lo mostrado en la tabla 4.5, en la que el ancho de grieta se considera de hasta 3 mm inclusive (límite cerrado).

Tabla 4.5 Propuesta para el Estado Límite de Daño Controlado

ESTADO LÍMITE	DAÑO CONTROLADO
DESCRIPCIÓN	Estado en el cual se presenta la formación de un patrón estable de agrietamiento diagonal. No hay ningún riesgo para las personas y sus contenidos.
DISTORSIÓN (%)	0.23
DAÑO ASOCIADO AL MURO	- Grietas diagonales con espesores de hasta 3 mm inclusive.

e) *Estado Límite Último*: Finalmente se tiene el Estado Límite Último, en el cual no queda garantizada la estabilidad del muro. Tradicionalmente éste es considerado cuando el muro pierde el 20% de la capacidad resistente máxima. Para este estado Astroza y Schmith (2004) proponen una distorsión de 0.73%, en tanto que Ruiz García (1995) propone una de 0.50%. Éste último describe el estado de daño por una concentración de daño en los extremos inferiores de los castillos y plegamiento del refuerzo longitudinal, en tanto que los primeros describen daños apreciables en el muro, observándose grietas de gran ancho (10 mm o más). En cuanto a la distorsión, aquí se toma la más conservadora (0.50%) y en cuanto a los daños apreciables se hace una mezcla de ambas propuestas. De esta forma se tiene que el último estado límite de desempeño estará definido según se indica en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 *Propuesta para el Estado Límite Último*

ESTADO LÍMITE	LÍMITE
DESCRIPCIÓN	Estado más allá de cual no queda garantizado que no se producirá un colapso. El muro ha experimentado un deterioro del 20% de la fuerza máxima resistente.
DISTORSIÓN (%)	0.50
DAÑO ASOCIADO AL MURO	- Grietas de gran ancho (10 mm o más). - Concentración de daño en los extremos de los castillos y plegamiento del refuerzo longitudinal.

Haciendo un concentrado de todos los estados límites propuestos, sus distorsiones y los daños asociados al muro, se obtiene la propuesta de clasificación de construcciones según su desempeño estructural, de este trabajo, según se muestra en la tabla 4.7.

Tabla 4.7 Propuesta de Clasificación de Estados Límite de Desempeño para Estructuras de Mampostería.

ESTADO LÍMITE	DEFINICIÓN DEL ESTADO LÍMITE	DAÑO ASOCIADO AL ESTADO LÍMITE	DISTORSIÓN
Elástico (ELE)	Estado en el cual se presenta el inicio de agrietamiento visible del muro y corresponde al nivel donde se produce el término del rango elástico de respuesta del muro.	-Grietas diagonales delgadas con espesores máximos de 0.5 mm.	0.09
Operacional (ELO)	Estado en el que inicia el agrietamiento diagonal. El muro conserva toda su capacidad resistente y parte importante de su rigidez inicial. El riesgo para los habitantes como resultado de este daño es nulo.	-Grietas diagonales delgadas de fácil reparación con anchos de hasta 1.5 mm	0.13
Daño Controlado (ELDC)	Estado en el cual se presenta la formación de un patrón estable de agrietamiento diagonal. No hay ningún riesgo para las personas y sus contenidos.	- Grietas diagonales con espesores de hasta 3 mm inclusive.	0.23
Resistencia (ELR)	Estado en el que se alcanza la resistencia máxima del muro. El muro tiene un margen razonable de seguridad contra el colapso parcial o total.	- Grietas extensas (< 6mm) distribuidas a través del muro; aplastamiento aislado - Lesiones considerables y deslizamientos, roturas locales; reparables con cierta dificultad	0.32
Último (ELU)	Estado más allá de cual no queda garantizado que no se producirá un colapso. El muro ha experimentado un deterioro del 20% de la fuerza máxima resistente.	- Grietas de gran ancho (10 mm o más). - Concentración de daño en los extremos de los castillos y plegamiento del refuerzo longitudinal.	0.50

En la figura 4.2 se observa los patrones de agrietamiento de los muros de acuerdo a cada uno de los estados límites propuestos, por otro lado en la figura 4.3 se puede ver de manera esquemática una curva fuerza distorsionante normalizada con la resistencia máxima del muro contra su distorsión, acorde con esta propuesta.

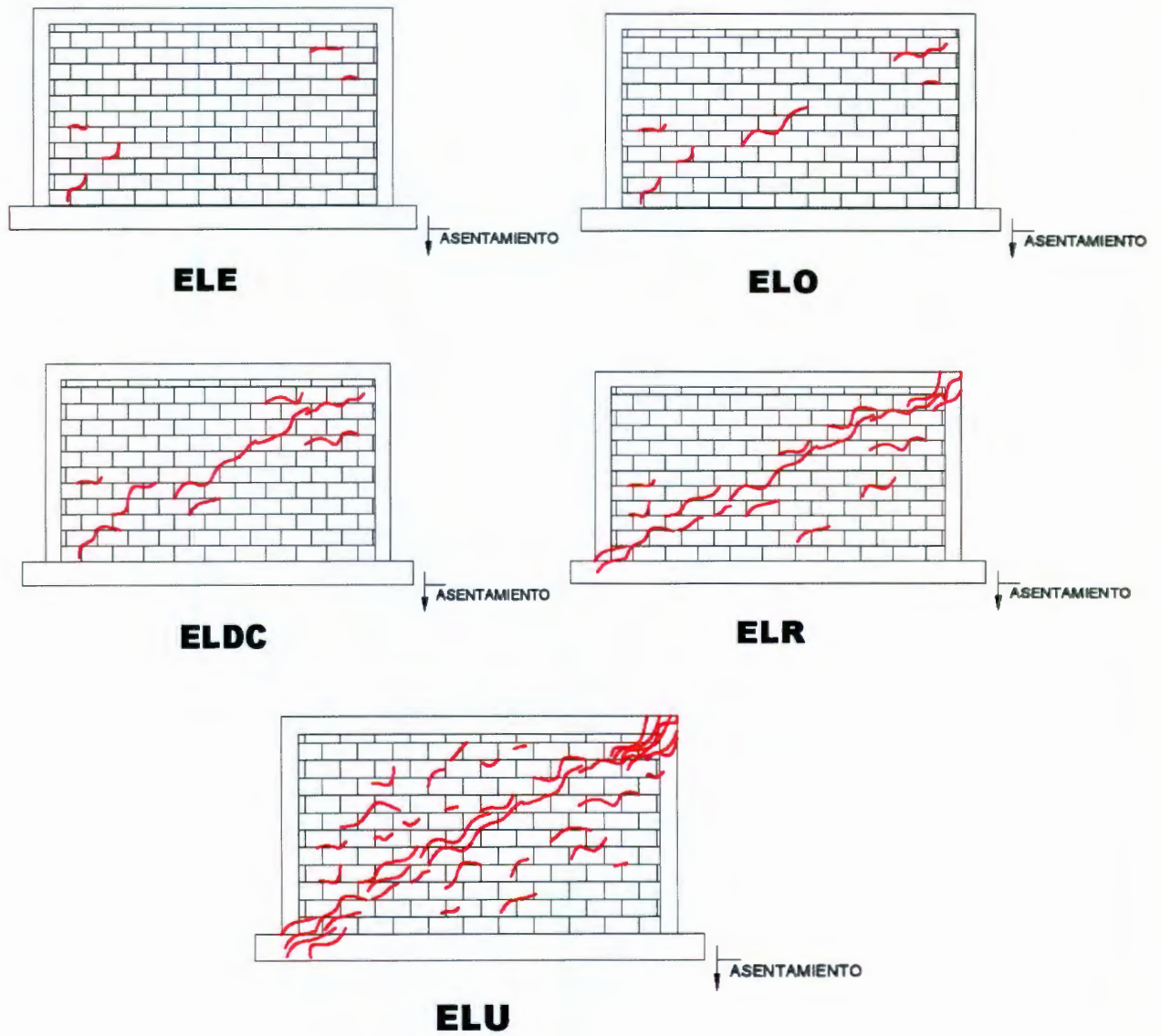


Figura 4.2: Esquema de patrones de agrietamiento en muros de acuerdo a los estados límites propuestos en este trabajo.

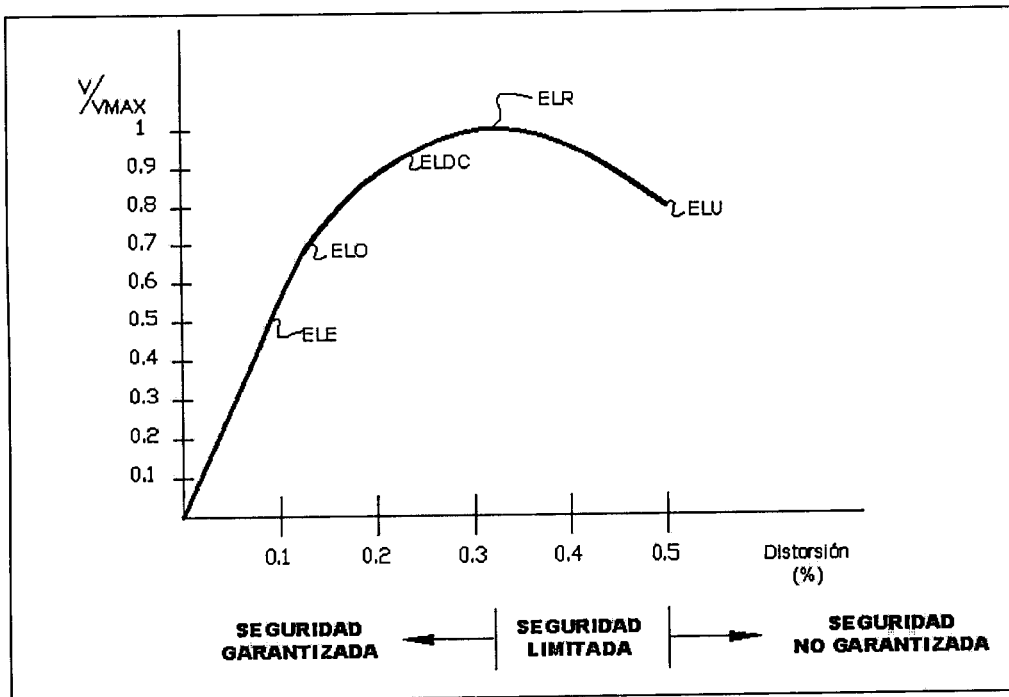


Figura 4.3: Curva fuerza distorsionante normalizada contra distorsión (%)

Es de esperarse que los muros se encuentren en general en un estado de desempeño intermedio entre los estados límites definidos. Por lo anterior se define el desempeño de los muros de acuerdo a como se explica a continuación:

- **DESEMPEÑO EN EL RANGO ELÁSTICO (DRE):** Si el desempeño de la construcción se encuentra en el estado límite elástico o presenta un mejor desempeño.
- **DESEMPEÑO EN EL RANGO OPERACIONAL (DRO):** Si el desempeño de la construcción se encuentra en el estado límite operacional o presenta un mejor desempeño pero sin llegar al desempeño en el estado límite elástico.
- **DESEMPEÑO EN EL RANGO DE DAÑO CONTROLADO (DRDC):** Si el desempeño de la construcción se encuentra en el estado límite de daño controlado o presenta un mejor desempeño pero sin llegar al desempeño en el estado límite operacional.

- **DESEMPEÑO EN EL RANGO DE RESISTENCIA (DRR):** Si el desempeño de la construcción se encuentra en el estado límite de resistencia o presenta un mejor desempeño pero sin llegar al desempeño en el estado límite de daño controlado.
- **DESEMPEÑO EN EL RANGO ÚLTIMO (DRU):** Si la construcción presenta un peor desempeño que aquel correspondiente al del estado límite de resistencia.

IV.2 Modelo según riesgo estructural

Cabe recordar que este trabajo no se encarga de evaluar el grado de confiabilidad estructural que tienen las construcciones aledañas al dren ante acciones accidentales. Tampoco analiza si dichas construcciones se encuentran o no dentro de normatividad alguna (que de antemano se puede apreciar que no lo están, ya que éstas fueron realizadas básicamente por autoconstrucción, sin ninguna supervisión profesional y, en su mayoría, ni siquiera con los permisos correspondientes). A pesar de lo anterior, es importante evaluar aspectos de las construcciones cuyas variantes harán que éstas tengan mayor o menor riesgo de sufrir colapso parcial o total, daño grave o simplemente cambio de nivel de desempeño estructural ante la construcción del dren. De acuerdo a lo anterior se establece una clasificación por riesgo estructural, entendiéndose por éste la vulnerabilidad del sistema al daño estructural ante la probabilidad de que se presente un escenario que genere dicho daño.

Para llevar a cabo lo anterior se toma en cuenta cuatro factores que, analizándolos en conjunto, permiten determinar de manera cualitativa el riesgo que tiene cada construcción. Estos cuatro factores son los siguientes:

- Distancia a construcción del dren.
- Estructuración.
- Calidad constructiva.
- Peso de la Estructura.

Como generalmente las bardas frontales cuentan con condiciones considerablemente diferentes al resto de la construcción, cuando es necesario, se da una clasificación diferente para cada uno de ellos. A continuación se hace una descripción detallada de cada uno de los puntos a considerar y los criterios de evaluación.

IV.2.1 Evaluación de la Distancia a la Construcción del Dren. Esta parte es de vital importancia, ya que entre más cerca pase el trazo del dren a una construcción determinada, mayor riesgo estructural se tiene en dicha construcción, durante la construcción y operación del dren.

En el estudio de Mecánica de Suelos llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Querétaro y que, al igual que el presente, forma parte del trabajo interdisciplinario que para la construcción del Dren Norte fue encargado por el Municipio de Querétaro, se hicieron los cálculos para determinar el corte vertical máximo que de manera segura se puede realizar de acuerdo a los sondeos y pruebas de laboratorio por ellos realizados. Para lo anterior, se utilizó el método de Cullman el cual toma en cuenta la cohesión del suelo. Dicho método supone que la falla por deslizamiento ocurre en un plano que pasa a través del pie de corte. De esta forma se determinó que el corte es seguro hasta una profundidad de 4.43 m.

En el mismo estudio se da como recomendación que las excavaciones sean cerradas máximo en dos días en las zonas no críticas y el mismo día en las zonas críticas. Lo último es difícil de conseguir, por lo que se tiene que proponer un método constructivo que sustituya, dicha recomendación. Por otro lado, en el mismo estudio, se hace el comentario que la propuesta inicial fue el realizar catorce pozos a cielo abierto a lo largo de la línea del trazo del dren, sin embargo por causas diversas (entre las que destacan la oposición de los colonos) solamente fueron muestreados siete pozos. Por último las obras del dren serán llevadas a cabo en plena temporada de lluvias, por lo que el riesgo de fallas en el talud por intemperismo es de consideración.

Tomando en cuenta los aspectos arriba mencionados, se observa que hay un cierto grado de incertidumbre en cuanto a la estabilidad del talud se refiere, por lo que se consideran las siguientes distancias como límites de referencia importantes para la posterior propuesta de clasificación según la distancia a la construcción del dren.

- **Área de riesgo por falla de talud por deslizamiento:** Si se considera la falla por deslizamiento del talud (Juárez Badillo, 1979) propuesta en la figura 4.4 de acuerdo al perfil estatigráfico mostrado en la figura 4.5 así como a los valores de las propiedades del suelo dados por el estudio de mecánica de suelos elaborado por la Universidad Autónoma de Querétaro que a continuación se indican:

$$\text{Cohesión del suelo (c)} = 4.72 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Peso volumétrico del suelo (\gamma)} = 1.637 \text{ ton/m}^3$$

Y considerando la condición de talud sin carga en su superficie y con carga de 5 ton/m^2 (propuesto por el estudio de mecánica de suelos), en donde el momento motor está dado por:

$$M_m = A_1 (e_1) (\gamma) + A_2 (e_2) (\gamma) + w d (x-d/2)$$

En tanto que el momento resistente es: $M_R = c L R$ donde $L = R \theta$. Y por último el factor de seguridad del talud es $F_s = M_R / M_m$. Se obtienen las superficies críticas de falla para cada una de las condiciones propuestas, en donde para la condición de talud sin carga en su superficie se obtienen los siguientes valores:

x	=	3.50 m
y	=	2.60 m
θ	=	0.67 rad
A_1	=	3.51 m^2
A_2	=	1.22 m^2
e_1	=	4.51 m
e_2	=	5.14 m
F_s	=	3.17

$$d = 3.03 \text{ m}$$

Y para la condición de carga en la superficie de 5 ton/m^2 , el resultado es el siguiente:

x	=	19.20 m
y	=	19.00 m
θ	=	9.56°
A_1	=	6.07 m^2
A_2	=	0.34 m^2
e_1	=	20.36 m
e_2	=	20.96 m
F_s	=	1.19
d	=	3.47 m

Como puede apreciarse, la distancia máxima (d) medida a partir del hombro de la excavación es prácticamente la misma que la profundidad de dicha excavación, es decir 3.50 m, por lo que esta será nuestra primera distancia de referencia.

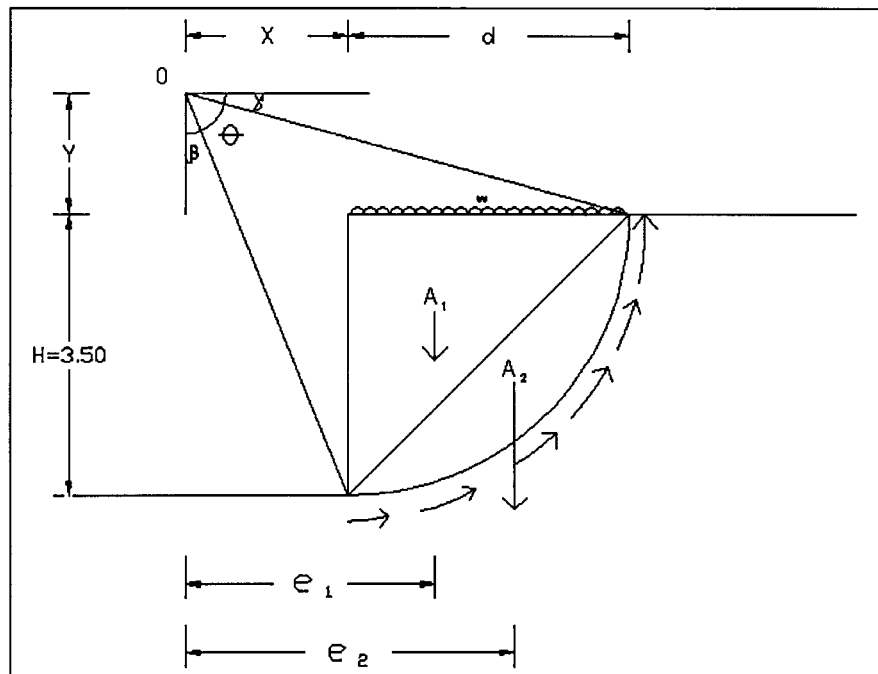


Figura 4.4 Croquis de superficie potencial de falla de un talud de material cohesivo con falla de pie.



PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA - 8

Obra: Dren Norte PCA - 8
Localización: Querétaro, Qro.
Realizó: M.C. Daniel Vázquez Borges
Fecha: 25-May-05

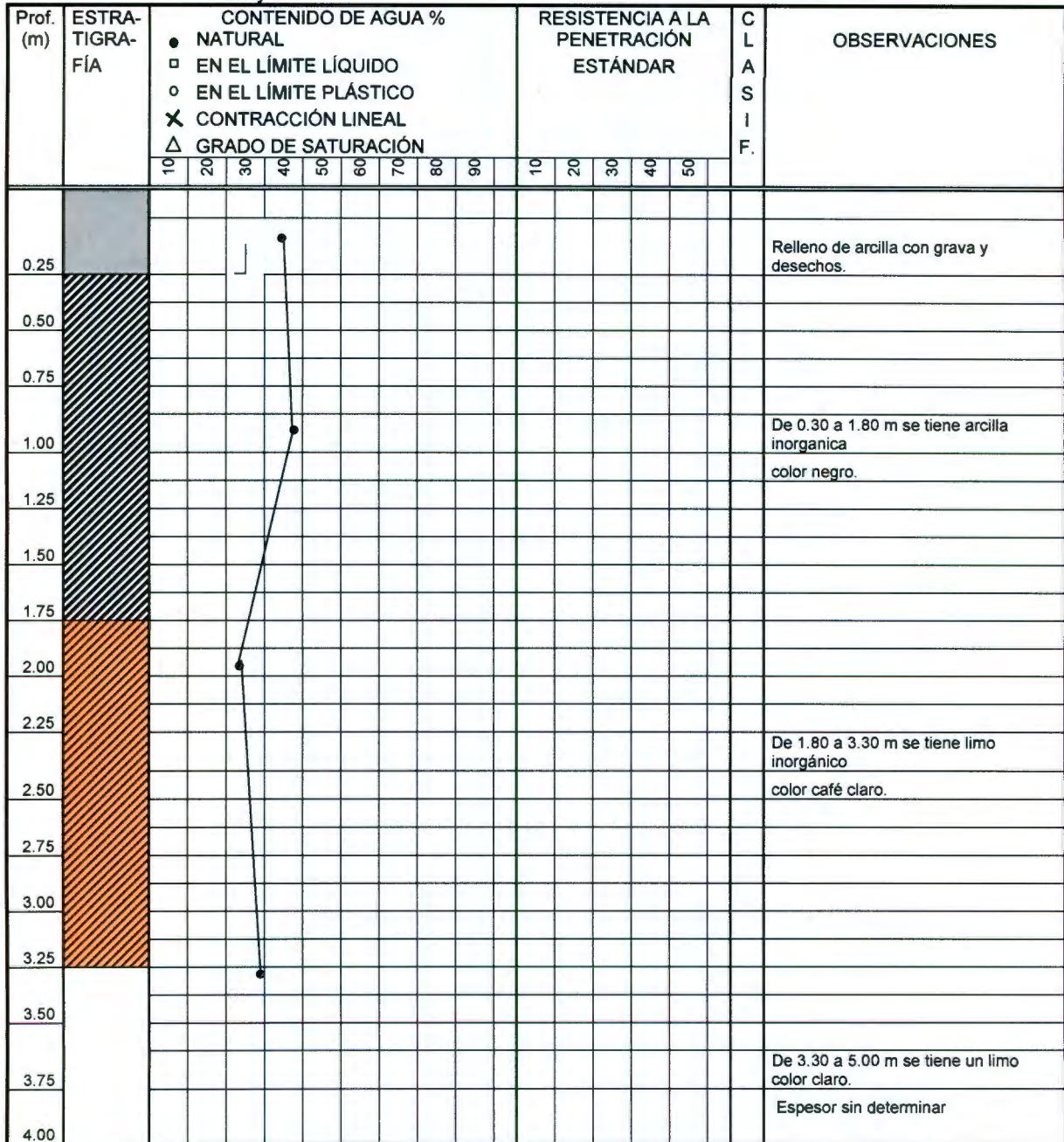


Figura 4.5 Perfil estatigráfico de terreno en zona de construcción de Dren Norte.

- **Área por riesgo por falla de talud por intemperismo:** En etapas de construcción del dren previas a las zonas críticas, se pudo observar que cuando la excavación se deja desprotegida unos pocos días (alrededor de cinco) y con condiciones metereológicas adversas se llegan a producir derrumbes en la capa superficial del suelo (material CH) abarcando un área de hasta 1.5 m de distancia medida del hombro de la excavación (ver figura 4.6). Debido a lo anterior, esta es la segunda distancia límite de referencia.

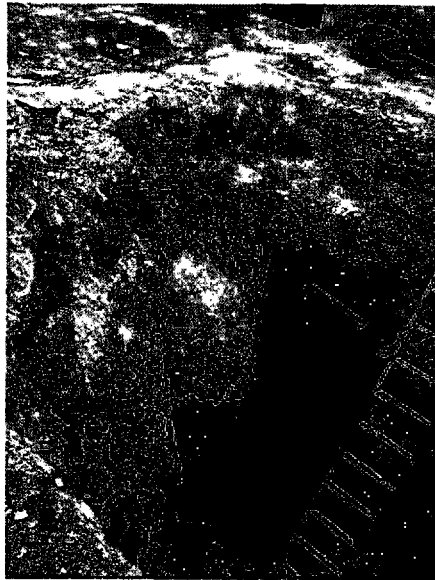


Figura 4.6 *Vista de derrumbe en talud por intemperismo.*

- **Área por derrumbes del material provocados en el proceso de excavación:** En las mismas etapas de construcción del dren mencionadas en el inciso anterior, se pudo observar que por el proceso constructivo de excavación en ocasiones se generan derrumbes en la capa superficial del suelo (material CH) abarcando un área de hasta 0.50 m de distancia medida del hombro de la excavación (ver figura 4.7). Dicho problema puede ser crítico en cimentaciones muy superficiales.

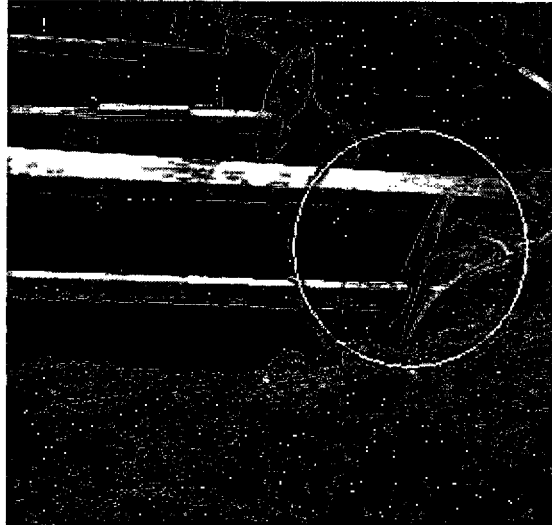


Figura 4.7 *Vista de derrumbe en talud por proceso constructivo al excavar.*

- **Riesgo constructivo por vibración y fugas de agua.** Independientemente a la falla del talud, existe otro riesgo para las construcciones aledañas el cual es el proveniente de contratiempos o defectos constructivos como puede ser vibraciones excesivas (aunque en el método constructivo propuesto necesariamente se tiene que recomendar evitar éstas el máximo); o bien fugas en tuberías de acuerdo a lo que se explica a continuación: Dentro del proceso constructivo es necesario el movimiento de las instalaciones (agua, drenaje, gas, etc.) que se encuentran al centro de la calle y sustituirlas por otras que queden instaladas a ambos lados de la calle, entre las construcciones y el dren. La construcción se lleva a cabo en una zona popular en las que son muy frecuentes las tomas clandestinas de agua potable, si éstas no son perfectamente identificadas, se pueden tener fugas las cuales pueden provocar problemas a futuro en las construcciones. Esta área de riesgo es difícil de evaluar, sin embargo por experiencia se puede hacer una estimación de 6.00 m a partir del hombro de la excavación.

Tomando en cuenta las distancias de referencia anteriores se propone la siguiente clasificación de riesgo estructural de acuerdo a la distancia a la construcción del dren.

- **Nulo:** Se dice que una construcción tiene un riesgo nulo debido a la construcción del dren, si se encuentra a más de 6.00 m del hombro de la excavación que se realizará en dicha construcción.
- **Bajo:** Tendrá un riesgo bajo en cuanto a la distancia de construcción del dren si se encuentra entre 3.50 y 6.00 m inclusive del hombro de la excavación del dren.
- **Medio:** Si se encuentra en una distancia del hombro de la excavación de entre 1.50 y 3.50 m inclusive.
- **Alto:** Si esta distancia se encuentra entre los 0.50 y los 1.50 m inclusive.
- **Muy alto:** Si la construcción se encuentra a una distancia de 0.50 m o menor medida del paño de la construcción al hombro de la excavación del dren.

En la figura 4.8 se muestra de manera esquemática las áreas descritas.

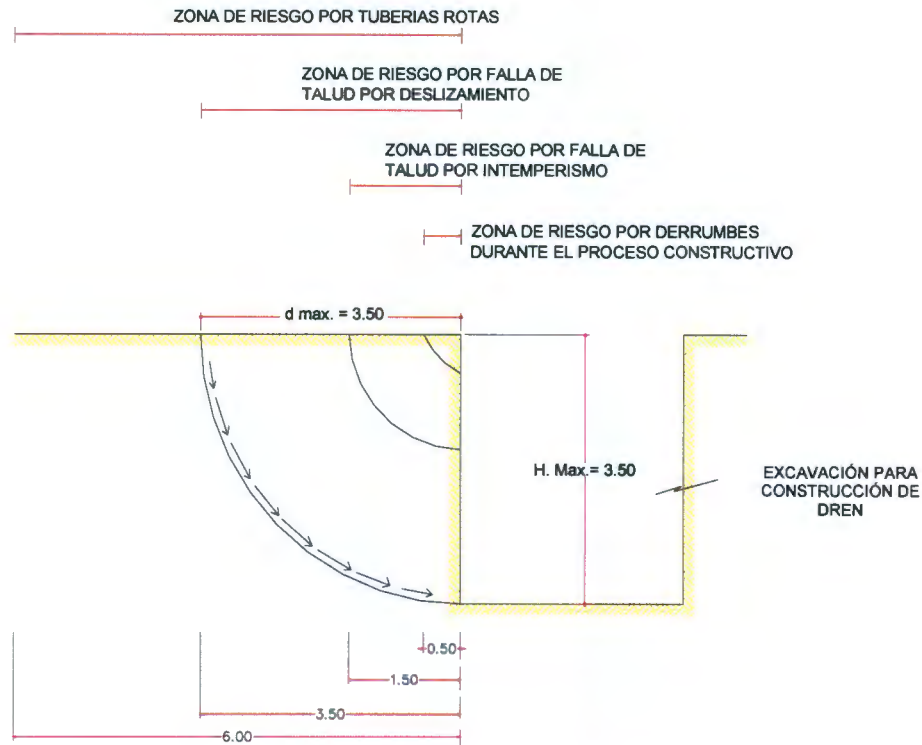


Figura 4.8 Esquema de zonas de riesgo según la distancia a la excavación.

IV.2.2 Evaluación de la Construcción según su Estructuración. En el Inciso IV.1 se propuso una clasificación de las construcciones dependiendo del desempeño estructural mostrado por los inmuebles al momento de la visita, sin preocuparse por la estructuración global (aunque el desempeño estructural en algunos casos es un reflejo, entre otros factores, de dicho sistema). En este inciso se evalúa de manera cualitativa las características de la estructuración que la hacen más o menos que tenga mayor o menor riesgo ante la construcción del dren.

Como se vio en el inciso anterior las excavaciones para la construcción del dren, conllevan un riesgo de algún tipo de falla de talud, por lo que muros paralelos a la construcción sin rigidización con muros perpendiculares a ésta serán los que tengan un mayor grado de riesgo, tal como se indica en la figura 4.9.

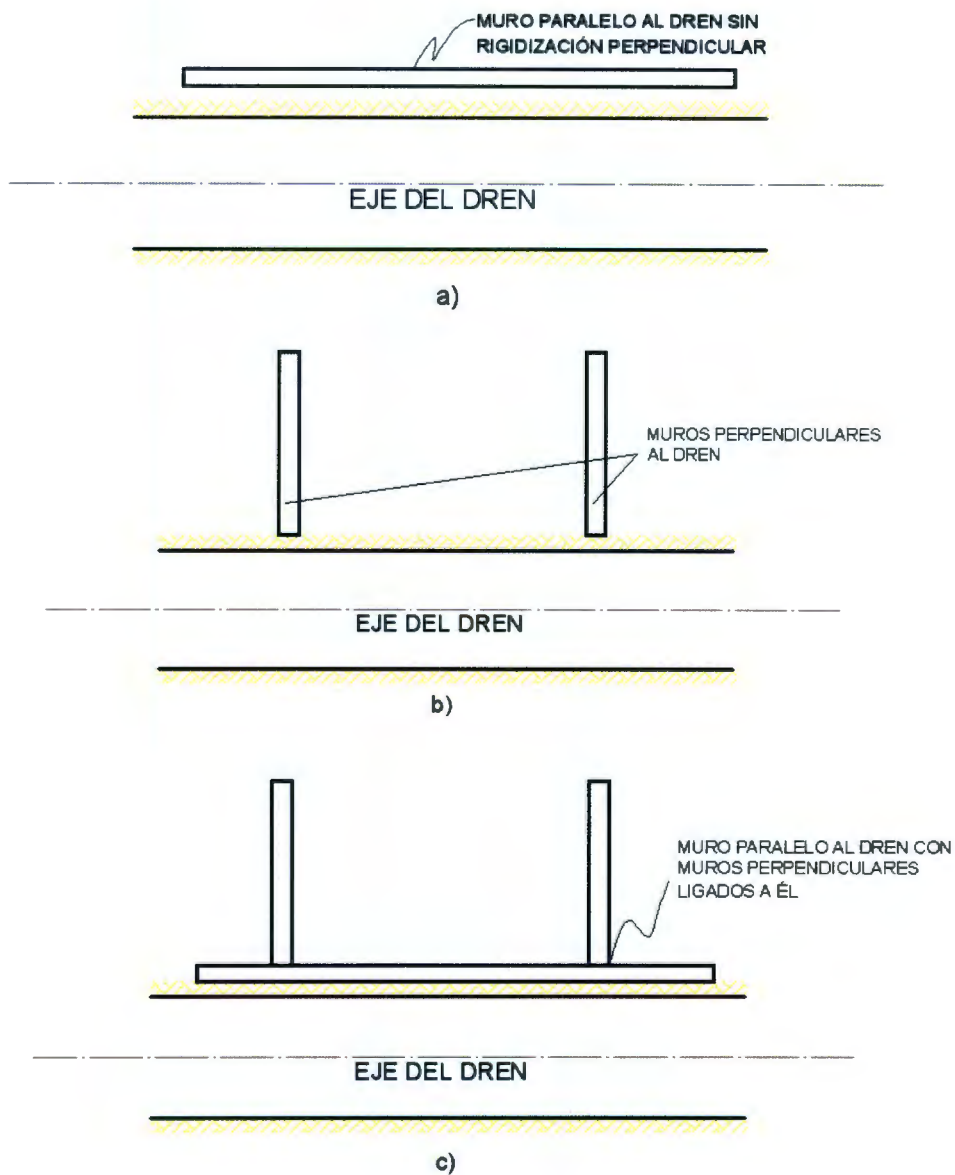


Figura 4.9 *Diversas estructuraciones: a) muro paralelo al dren, sin muros perpendiculares que lo rigidicen por lo que su riesgo ante la construcción del dren es mayor, b) Muros perpendiculares al dren con menor riesgo y c) Muro paralelo al dren con muros perpendiculares ligados a él, por lo que disminuye su riesgo.*

Determinar que distancia entre los muros perpendiculares es la adecuada para crear un límite de clasificación no es una tarea sencilla. Se podría establecer una distancia dada en base a la experiencia o bien tomar algún otro criterio. El que se decidió considerar aquí se explica a continuación.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería del Distrito Federal (2004), en su sección 3.2.2 “análisis ante cargas verticales”, indica en el inciso 3.2.2.3 que el factor de reducción por efectos de excentricidad y esbeltez (F_e) puede ser considerado como 0.6 para muros extremos cuyas deformaciones en los extremos superior e inferior estén restringidos en la dirección normal a su planos, que la excentricidad de la carga axial aplicada sea menor a $t/12$, siendo “ t ” el espesor promedio de los muros en metros y que no haya cargas significativas que actúen en dirección normal a su plano así como que la relación altura libre (H) a espesor del muro, H/t , no exceda de 20. Por otro lado en la sección 3.2.2.4 propone la fórmula 3.3 para determinar el valor de “ F_e ” en muros con elementos rigidizantes, la cual se transcribe a continuación:

$$\left(1 - \frac{2e'}{t}\right) \left[1 - \left(\frac{kH}{30t}\right)^2\right] \left[\left(1 - \frac{H}{L'}\right) + \frac{H}{L'}\right] \leq 0.90$$

Donde L' es la distancia entre elementos rigidizantes,

Obtenemos el valor de L' para que el valor de “ F_e ” sea el propuesto para el caso indicado en el párrafo anterior (el cual es una condición favorable de muro). De esta forma sustituimos los valores de la fórmula por los indicados:

F_e : 0.6 para crear la condición del factor de reducción propuesto para los muros con las características indicadas anteriormente.

- t: 0.15 m
- e': $t/24 = 0.00625$ (en metros) excentricidad accidental mínima a tomarse en cuenta.
- k: 2 según lo especifica la propuesta de norma para muros sin restricción al desplazamiento lateral en su extremo superior.
- H: 2.5 (en metros) considerada una altura de muro estándar.

Despejando y encontrando el valor de L' de la ecuación para los valores dados, tenemos que: $L' = 3.67 \text{ m} \approx 3.70 \text{ m}$.

De acuerdo a lo anterior, establecemos la siguiente clasificación de riesgo estructural para las construcciones aledañas al dren según su estructuración:

- **Alto:** Muros paralelos a la construcción del dren sin muros perpendiculares ligados a él en tramos de más de 3.70 m.
- **Medio:** Muros paralelos a la construcción del dren sin muros perpendiculares ligados a él en tramos de más de 3.70 m, pero con muros perpendiculares a él en tramos de 3.70 m o menos que puedan ligarse a éste de manera relativamente sencilla previa a la excavación del dren. En la figura 4.10 se muestra una barda de colindancia con un cuarto adosado a ella, pero en el que los muros no están ligados; dicha liga puede realizarse previa a los trabajos de excavación disminuyendo la vulnerabilidad del sistema.
- **Bajo:** Muros perpendiculares a la construcción del dren o muros paralelos a esta pero con muros perpendiculares ligados a él en tramos de 3.70 m o menos.



Figura 4.10 *Vista de barda con cuarto adosado a barda, sin liga.*

Cabe hacer la aclaración que para esta clasificación tomaremos en cuenta la parte de la construcción y de las bardas que se encuentren dentro del área de riesgo de acuerdo a la clasificación propuesta en el inciso IV.2.1. Cualquier construcción ubicada dentro del área de riesgo nulo de acuerdo a la distancia a la construcción del dren, será ignorada.

IV.2.3 Evaluación de la Construcción según Calidad Constructiva. Como ya se mencionó, las construcciones que aquí se analizan se encuentran fuera de toda normatividad existente, sin embargo presentan diversos niveles de calidad constructiva. En este punto se evalúan estos niveles de manera cualitativa en base a la inspección visual y a la experiencia. Los puntos que se toman en cuenta son:

- Calidad de la mano de obra.
- Densidad y distribución de cadenas y castillos.
- Flechas de losas.
- Agrietamientos y juntas constructivas.
- Densidad de muros y claros de losas.
- Lógica de estructuración.

Cabe aclarar que los agrietamientos en los muros, a pesar de ya haber sido tomados en cuenta en la clasificación por desempeño estructural, son nuevamente evaluados pero bajo la óptica de que éstos son reflejo de la calidad constructiva de la obra. Otra aclaración pertinente es que nuevamente en esta clasificación solamente se toma en cuenta la construcción que se encuentre dentro del área de riesgo de acuerdo a la clasificación por distancia a construcción del dren explicada anteriormente.

De acuerdo a los aspectos mencionados las construcciones se evaluarán de la siguiente manera:

- Construcción con calidad constructiva aceptable.
- Construcción con calidad constructiva media.
- Construcción con calidad constructiva mala.

IV.2.4 Evaluación de la Construcción según su peso. La estabilidad de talud analizada por el estudio de mecánica de suelos llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Querétaro, considera la ecuación de Cullman para la revisión de la altura máxima de talud que puede soportar el suelo, dicha ecuación es la siguiente:

$$H = \frac{4C_d \operatorname{sen} \beta \operatorname{con} \phi_d}{\gamma [1 - \cos(\beta - \phi_d)]}$$

Donde:

- H = Altura admisible del corte
 C_d = cohesión drenada
 β = Ángulo desde la horizontal a la cara del corte
 ϕ_d = Ángulo de fricción interna del suelo
 γ = Peso específico de la masa de suelo + la casa vecina

Como se puede apreciar directamente de la ecuación, la carga debida al peso de las construcciones aledañas al dren, influye directamente en la altura del talud que puede mantenerse de manera segura. Es decir a mayor peso aplicado menor altura de corte seguro se puede realizar.

De acuerdo a lo anterior, se clasifica a las estructuras de acuerdo a su peso conforme a la siguiente convención:

- **ligeras:** Construcciones conformadas por bardas o bien construcciones de un nivel con techo de lámina (galvanizada, asbesto, cartón, etc.)
- **Intermedias:** Construcciones de un nivel con techos tipo losa maciza, vigueta y bovedilla, vigas y terrado o cualquier otro sistema con peso similar; o bien construcciones de dos pisos con el piso superior de lámina.
- **Pesadas:** Construcciones de dos y tres niveles.

IV.3 Clasificación según valor de pérdida de beneficio

Para la siguiente clasificación, no hay que perder de vista que, si bien el problema es fundamentalmente técnico, el aspecto social es de vital importancia. De hecho, intentos de construcción del dren anteriores al presente han tenido que ser abortados por un mal manejo de los aspectos sociales involucrados.

Esta clasificación es probablemente la más difícil y subjetiva de todas. Lo anterior porque este trabajo no se refiere por valor de pérdida de beneficio únicamente el costo o avalúo económico que pueda tener la construcción dada, sino al valor que los propietarios o usuarios (medida un tanto subjetiva) le den a la propiedad. Por otro lado dentro del valor de pérdida también se debe de tomar en cuenta las posibles pérdidas o daños a vidas humanas provocadas por el colapso

parcial o total de las construcciones, ya sea de los habitantes de las viviendas o de los trabajadores en el dren.

De esta forma, el valor de pérdida de las construcciones se evalúa en base a la función que dichas construcciones estén cumpliendo independientemente del valor económico que éstas pudieran tener. Por lo anterior dos bardas o dos cocinas distintas tendrán el mismo valor de pérdida independientemente de la calidad constructiva, siempre y cuando la importancia que le den ambos moradores sean, de igual forma, similares.

Con esta directriz, se clasifica a las construcciones de acuerdo a su valor de pérdida de acuerdo a lo siguiente:

- **Valor Alto:** Aquellas construcciones en cuya zona con riesgo estructural se encuentren espacios principales para la habitabilidad de éstas, tales como salas de estar, comedores, cocinas y recámaras. De igual forma se considera una construcción con alto valor de pérdida si se considera que su colapso pondría en grave riesgo de accidente de los moradores o bien de los trabajadores en el canal.
- **Valor Medio:** Aquellas construcciones en cuya zona de riesgo estructural se encuentren espacios secundarios para la habitabilidad de éstas tales como baños aislados del resto de la construcción, bodegas, espacio para animales, etc. Por otro lado, también se considera una construcción con un valor de pérdida medio, si el colapso parcial o total pondría poner en riesgo la vida de los moradores o de los trabajadores del canal, bajo ciertas condiciones desfavorables.
- **Valor Bajo:** Aquellas construcciones cuya pérdida y posterior reposición sería fácilmente aceptados por los propietarios, tal es el caso de bardas o techados semiprovisionales de lámina. Así mismo se considera con valor de pérdida bajo si su colapso difícilmente pondría en riesgo vidas humanas.

IV.4 Revisión y clasificación de las construcciones.

Una vez definido los criterios de clasificación del estado de las construcciones, se procede a identificar la clasificación de las mismas. Por lo tanto se propone seguir los siguientes pasos:

- Visita a cada construcción aledaña al trazo del Dren Norte Brazo "A", previa a la construcción de dicho Dren.
- Inspección visual del estado estructural que presentan dichas construcciones al momento de la visita.
- Levantamiento general de cada construcción, registrando grietas existentes, anchos de grieta, estado de pisos, techos, detalles constructivos, acabados, humedades, etc.
- Reporte unitario por construcción, de forma que se tenga el reporte del estado estructural previo a la construcción del dren y poder cotejar su comportamiento durante y posterior a la construcción del mismo.
- Levantamiento de distancia de las construcciones al trazo del dren.
- Clasificación de las construcciones de acuerdo al desempeño estructural, al riesgo estructural y al valor de pérdida.

En cuanto a los primeros tres puntos, las construcciones aledañas fueron visitadas del día 15 al 23 de mayo del 2004. Básicamente las áreas visitadas fue la calle llamada Privada de la Flor (ver figura 4.11), las casas afectadas de avenida Higuera (figura 4.12), las casas afectadas en Calzada de Guadalupe (figura 4.13), el Callejón de Guadalupe (figura 4.14) y las construcciones afectadas en la calle Magdalena (figura 4.15).



Figura 4.11 *Vista general de Privada de la Flor.*



Figura 4.12 *Vista de casa ubicada en calle Higuera.*



Figura 4.13 *Vista de Calzada de Guadalupe.*



Figura 4.14 *Vista general del Callejón de Guadalupe.*



Figura 4.15 *Casa aledaña al Dren Norte, ubicada en calle Magdalena.*

De acuerdo al cuarto punto, un reporte detallado del estado estructural que presentaba cada una de los inmuebles visitados, entregado al Municipio de Querétaro y éste a su vez hizo entrega a los colonos para que se pudiera tener documentado el estado estructural en el que se encontraban cada una de las construcciones previo a la construcción del dren.

Por último se llevó a cabo un levantamiento para determinar la cercanía que tendría cada construcción al dren.

Con la información recabada, se elaboró la tabla 4.8 en la que se hace un concentrado de cada una de las viviendas con la clasificación según el desempeño estructural previo a la construcción del dren de cada una de ellas, la clasificación según su riesgo estructural ante la construcción del dren en cada uno de sus apartados (distancia a construcción del dren, estructuración, calidad constructiva y peso de la construcción) y la clasificación según su valor de pérdida. En algunos casos se hace la diferenciación entre la barda frontal y el resto de la construcción.

DRU. Como ejemplo de proceso anterior se puede mencionar a la construcción ubicada en Privada de la Flor 125 mostrada en la figura 4.16, la cual presenta grietas de hasta 2.5 mm tal como se puede ver en la figura 4.17. Esta construcción se clasificó con desempeño en el rango último, sin embargo su distancia a la construcción del dren es de 4.45 m, cayendo en el rango de $6.00 \text{ m} \geq d > 3.50 \text{ m}$ por lo que se cataloga con riesgo estructural bajo por este concepto. Por otro lado, al estar estructurada con muros paralelos y muros perpendiculares ligados a ellos en tramos no mayores de 3.70 m, la construcción se considera con riesgo bajo en cuanto a estructuración se refiere, a pesar de que se cataloga como una construcción con mala calidad. Por último, al ser una construcción de un piso con losa de concreto se considera con un peso intermedio.

DRO. Otro ejemplo representativo es el de la construcción ubicada en Calle Magdalena 138 (figura 4.18), la cual presenta un riesgo muy alto en cuanto a la distancia a la construcción del dren, ya que ésta es de entre 0.25 y $0.35 < 0.50 \text{ m}$. En la figura 4.19 tomada al inicio de los trabajos de excavación se aprecia lo cercano que pasa el dren. En cuanto a su desempeño estructural se clasificó en el rango operacional, ya que los agrietamientos no sobrepasan a 1.5 mm de espesor (ver figura 4.20). En el caso de la estructuración, se hace la diferencia entre la

barda y el resto de la construcción, ya que la primera cuenta con un riesgo alto al estar mal estructurada contra uno bajo del resto de la construcción. De hecho este fue uno de los caso donde se decidió demoler parte de la barda por considerar un riesgo alto en cuanto a su distancia al dren combinado con una mala estructuración y un valor de pérdida de beneficio bajo.



Figura 4.16 Vista de construcción en Privada de la Flor 125.



Figura 4.17 Vista de agrietamientos en Privada de la Flor 125.



Figura 4.18 *Construcción en Magdalena 138.*



Figura 4.19 *Inicio de trabajos de excavación en lindero con construcción Magdalena 138.*



Figura 4.20 *Vista interior Magdalena 138.*

Tabla 4.8

Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.

No.	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL		CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO ESTRUCTURAL				VALOR DE PÉRDIDA DE BENEFICIO		
		DESCRIPCIÓN	CLASE	DESCRIPCIÓN	RIESGO	ESTRUC.	TIPO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR	
1	Calzada de Gpe. 201	Barda Colindante con Callejón de Guadalupe en muy mal estado, afectada por un árbol. Se recomienda demoler la barda y tirar el árbol.	DRO	Construcción: 1 nivel con losa, a 0.60 m del dren, con muros perpendiculares ligados al paralelo y calidad constructiva media.	Alto	Bajo	Media	Intermedia	Áreas secundarias.	Medio
		En el interior de la casa se observan grietas con espesores de hasta 0.8 mm, principalmente en enrasas.		Barda: Muy mal estado, dañada por árbol, a 0.90 m de distancia del canal.	Alto	Alto	Mala	Ligera	Barda con poco aprecio por los moradores	Bajo
2	Callejón de Gpe. 8 (entre casa 108 y 200)	Se observan varios agrietamientos con espesores de 1 mm o menores.	DRO	Construcción de 1 nivel con losa, a 2.30 m del dren. Con calidad de construcción media.	Medio	Bajo	Media	Intermedia	Áreas principales	Medio
3	Callejón de Gpe. 8 (acceso por Calzada de Guadalupe)	Algunos agrietamientos con espesores menores a 1mm.	DRO	Construcción: Un nivel a 0.80 m del dren. Muros perpendiculares ligados al paralelo.	Alto	Bajo	Media	Intermedia	Área secundaria, con baja ocupación	Medio
				Barda: Barda alta (2.65m) paralela sin rigidización perpendicular, a 1.15 m de la construcción del dren. Mala calidad constructiva.	Alto	Alto	Mala	Ligera	Barda en regular estado.	Bajo
4	Callejón de Guadalupe 104	Grietas diversas hasta casi 2 mm de espesor.	DRDC	Construcción: Dos pisos, separada a 0.80 m del dren. Bien estructurado. Calidad constructiva media.	Alto	Bajo	Media	Pesada	Áreas principales	Alto
				Barda: Barda muy alta (3.70m), a 0.80 m del dren. Sin rigidización. Calidad constructiva media.	Alto	Alto	Media	Ligera	Barda	Bajo
5	Callejón de Guadalupe 105	Grietas diversas hasta de 1.5 mm de espesor.	DRO	Construcción: 1 nivel a 1.45 m del dren. Bien estructurado.	Alto	Alto	Media	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: Barda con techado de lámina el cual podría servir para rigidización temporal durante la obra. Separada 1.65 m del dren.	Medio	Medio	Media	Ligera	Barda y techado de lámina con áreas secundarias.	Medio

Tabla 4.8

Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.

ID	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN POR DAÑOS		CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO ESTRUCTURAL				VALOR DE PÉRDIDA		
		DESCRIPCIÓN	CLASIF.	DESCRIPCIÓN	RIESGO	ESTRUC.	CONSTR.	DESCRIPCIÓN	CLASIF.	
6	Callejón de Gpe. 108	Grietas hasta de 1.2 mm de espesor.	DRO	Construcción de 1 nivel, a 1.15 m de distancia del dren.	Alto	Bajo	Media	Intermedia	Áreas secundarias.	Medio
7	Callejón de Gpe. 109	Construcción de tabique rojo recocido sin aplanar, en buenas condiciones generales.	DRO	Construcción: Un nivel con techados de lámina, bien estructurada a 5.00 m del dren. Calidad de construcción aceptable.	Bajo	Bajo	Acept.	Ligera	Áreas principales	Alto
				Barda: 2.10 m de altura, sin cadena de cerramiento, sin muros perpendiculares a ella, a 0.90 m del dren.	Alto	Alto	Mala	Ligera	Barda	Bajo
8	Callejón de Gpe. 112	Construcción muy alejada de la construcción del canal, por lo que no se prevé daños en ésta.	NA	Construcción muy alejada del dren.	Nulo	NA	NA	NA	NA	NA
9	Callejón de Gpe. 115	Agrietamientos generales hasta de 1.5 mm de espesor.	DRO	Construcción: 2 niveles con losas de concreto, a 0.40 m del dren. Buena estructuración, Calidad de construcción media.	Muy alto	Bajo	Media	Pesada	Áreas principales	Alto
				Barda: 2.40 m de alto a 0.50 m de distancia del dren. Prácticamente toda es reja y cuenta y bien estructurada.	Muy alto	Bajo	Acept.	Ligera	Barda	Bajo
10	Callejón de Gpe. 122	A pesar de presentar algunas grietas ligeramente mayores al milímetro, se clasificará en el desempeño elástico inicial, debido a la escasez de agrietamientos en la totalidad de la construcción. Se piensa que los agrietamientos existentes se deben más a defectos constructivos que ha movimientos en la cimentación	DRE	Construcción: Dos niveles, el superior con techado de lámina, bien estructurada, a 0.95 m de la construcción del dren.	Alto	Bajo	Acept.	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: 2.20 m de alto, a 0.70 m del dren, bien estructurada.	Alto	Bajo	Acept.	Ligera	Barda	Bajo

Tabla 4.8

Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.

No.	DISTRITO	CLASIFICACIÓN POR DAÑO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO ESTRUCTURAL					VALOR DE PÉRDIDA	
		DESCRIPCIÓN	CLASE	DESCRIPCIÓN	DISTAN- CIA	ESTRUC.	CALID. CONSTR.	TIPO	DESCRIPCIÓN	VALOR
11	Callejón de Gpe. 125	Grietas diversas hasta de 1.5 mm de espesor.	DRO	Construcción: Un nivel, con techados de lámina, muy mala calidad constructiva, a 0.90 m del dren.	Alto	Alto	Mala	Ligera	Áreas principales	Alto
				Barda: A 0.90 m del dren, con mala calidad constructiva y mala estructuración.	Alto	Alto	Mala	Ligera	Barda	Bajo
12	Callejón de Gpe. 126	Grietas generalizadas hasta de 1.1 mm de espesor.	DRO	Construcción: Dos niveles a 3.85 m del dren. Bien estructurada, calidad de construcción intermedia.	Bajo	Bajo	Media	Pesado	Áreas principales	Alto
				Barda: Altura 2.20 m de altura, sin muros perpendiculares, calidad constructiva media, a 0.60 del dren.	Alto	Alto	Media	Ligera	Barda	Bajo
13	Callejón de Gpe. 128	Grietas generalizadas con espesores menores 1.5 mm.	DRO	Construcción: Baño aislado a la construcción, 1 nivel, sin ligarse a barda, separado 0.35 m del dren. Calidad construcción aceptable.	Muy alto	Bajo	Acept.	Intermedia	Baño aislado	Medio
				Barda: Alta (3.00 m), sin muros perpendiculares. Calidad constructiva media, a 0.35 m del dren.	Muy alto	Alto	Media	Ligera	Barda	Bajo
14	Callejón de Gpe. 200	Grietas con espesores menores al milímetro.	DRO	Construcción de 1 nivel, a 2.35 m del dren. Calidad de construcción aceptable, bien estructurado.	Medio	Bajo	Acept.	Intermedia	Áreas principales	Alto
15	Callejón de Gpe. 201	Grietas con espesores menores al milímetro.	DRO	Construcción: 1 nivel a 1.60 m del dren, bien estructurada, calidad de construcción aceptable.	Medio	Bajo	Acept.	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: A 2.30 m del dren. Buena calidad constructiva.	Medio	Alto	Acept.	Ligera	Barda	Bajo

Tabla 4.8

Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.

N°	DOMICILIO	SITUACIÓN CON DEFECTO		SITUACIÓN SEGUN BASE ESTRUCTURAL					VALOR DE PÉRDIDA	
		DESCRIPCIÓN	CLASIF.	DESCRIPCIÓN	DISTAN- CIA	ESTRUC.	CAVID. CONSTR.	PESO	DESEMPEÑO	CLASIF.
16	Callejón de Gpe. 210	Agrietamientos hasta de 1.5 mm.	DRO	Construcción: 1 nivel a 2.9 m del dren, calidad constructiva media, buena estructuración.	Medio	Bajo	Media	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: Barda a 1.00 m del dren, con construcción con techado de lámina, adosada a ella sin ligar.	Alto	Medio	Media	Ligera	Barda con áreas secundarias	Medio
17	Callejón de Gpe. 210 A	Grietas hasta de 1.6 mm de espesor.	DRDC	Construcción: 1 nivel bien estructurado, a 2.00 m del dren.	Medio	Bajo	Media	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: A 1.00 m de dren. 2.60 m de altura.	Medio	Alto	Media	Ligera	Barda	Bajo
18	Callejón de Gpe. 211 y 211 A	Grietas generalizadas hasta de 2 mm de espesor.	DRDC	Construcción: 1 nivel a 0.70 m del dren. Bien estructurado, calidad media.	Alto	Bajo	Media	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: Barda sin muros perpendiculares, a 0.90 m del dren.	Alto	Alto	Media	Ligera	Barda	Bajo
19	Callejón de Gpe. 214	A pesar de presentar una grieta de 8 mm, ésta se presenta en una barda en la parte posterior del predio (muy alejado a la construcción del dren). Tomando en cuenta lo anterior y que el resto de las grietas presentan espesores máximos de 1.5 mm, clasificaremos la construcción dentro del desempeño en el rango operacional.	DRO	Construcción de dos niveles, a 1.15 m de distancia del dren. Bien estructurada y calidad de construcción media.	Alto	Bajo	Media	Pesada	Áreas principales	Alto
20	Callejón de Gpe. 216	Grietas con espesores hasta de 1.9 mm.	DRDC	Construcción: 1 nivel, a 2.70 m del dren, bien estructurada.	Medio	Bajo	Media	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: Barda baja, bien estructurada y bien construida, a 1.20 m del dren.	Alto	Bajo	Acept.	Ligera	Barda	Bajo

Tabla 4.8

Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.

Nº	DOMICILIO	CLASIFICACIÓN POR DAÑAMIENTO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO ESTRUCTURAL				VALOR DE PÉRDIDA		
		DESCRIPCIÓN	CLASE	DESCRIPCIÓN	DISTAN- CIA	ESTRUC	CALID. CONSTR.	PESO	DESCRIPCIÓN	CLASE
21	Callejón de Gpe. 220	Existe un agrietamiento de 3 mm, pero este se debe a una junta constructiva mal ejecutada, el resto de las grietas presenta anchos máximos de 1.2 mm, por lo anterior la clasificaremos con desempeño en el rango operacional.	DRO	Construcción de 1 nivel con techados de lámina, a 0.90 m del dren, con construcción de calidad media, bien estructurada.	Alto	Bajo	Media	Ligera	Áreas principales	Alto
22	Magdalena 20	Casa recién pintada y resanada, por lo que es difícil la evaluación de su desempeño estructural. Las grietas apreciables son menores al milímetro por lo que se ubicará en el desempeño en el rango operacional.	DRO	Construcción: 1 nivel, a 0.35 m del dren, bien estructurada con muros desligados a la colindancia.	Muy alto	Medio	Acept.	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: Alta (3.40 m), con desplomes y muros perpendiculares desligados a ella, a 0.35 m del dren.	Muy alto	Alto	Media	Ligera	Barda	Bajo
23	Magdalena 138	Tiene una junta constructiva con separación de 1.2 mm, y agrietamientos diversos, con espesores hasta de 0.6 mm.	DRO	Construcción: 1 nivel, a 0.25 m del dren, bien estructurada, calidad media.	Muy alto	Bajo	Media	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: muy cercanas al dren (0.25 m), sin cadenas de cerramiento y mal estructuradas.	Muy alto	Alto	Mala	Ligera	Barda	Bajo
24	Privada de la Flor 98	Se observan agrietamientos hasta de 1.5 mm	DRO	Construcción de dos niveles, a 2.40 m del dren, bien estructurada, buena calidad de construcción.	Medio	Bajo	Acept.	Pesada	Áreas principales	Alto
25	Privada de la Flor 100	Agrietamientos con espesores hasta de 0.8 mm.	DRO	Construcción alejada, Barda de 3.00 m de altura, con techado de lámina, que puede servir para apuntalamiento durante la construcción del dren, a 2.45 m de éste.	Medio	Medio	Media	Ligera	Barda	Bajo

Tabla 4.8

Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.

No.	DOMICILIO	CLASIFICACIÓN POR DESEMPEÑO		CLASIFICACIONES DEL RIESGO ESTRUCTURAL					VALOR DE PÉRDIDA	
		DESCRIPCIÓN	CLASIF.	DESCRIPCIÓN	DISTAN- CIA	ESTRUC.	CALIDE- CONSTR.	PESO	DESCRIPCIÓN	CLASIF.
26	Privada de la Flor 101	Agrietamientos en bardas de hasta 5 mm.	DRR	Área de almacenamiento, con bardas en colindancia y techado alto en un lado. Distancia al dren 2.80 m.	Medio	Alto	Media	Ligera	Áreas de almacenamiento	Medio
27	Privada de la Flor 102	Agrietamientos hasta de 1.0 mm de espesor.	DRO	Construcción alejada al dren, barda a 2.30 m de éste, con 3.00 m de alto y sin muros perpendiculares.	Medio	Alto	Media	Ligera	Barda	Bajo
28	Privada de la Flor 104	Grietas diversas, con una de ellas de 5 mm, y el resto con espesores considerables de hasta 2 mm.	DRR	Construcción: 1 nivel, a 2.10 m del dren, bien estructurada, mala calidad de construcción.	Medio	Bajo	Mala	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: Barda de 3.00 m de alto, a 2.10 m del dren.	Medio	Alto	Media	Intermedia	Barda	Bajo
29	Privada de la Flor 105	Grietas hasta de 4 mm de espesor.	DRR	Taller mecánico, a 2.30 m del dren. Bien estructurado.	Medio	Bajo	Mala	Intermedia	Taller mecánico	Medio
30	Privada de la Flor 106	Grietas diversas hasta de 2.5 mm de espesor.	DRDC	Construcción a 7.00 m del dren, por lo que se considera sin riesgo debido a la construcción del dren.	Nulo	NA	NA	NA	NA	NA
31	Privada de la Flor 107	Grietas hasta de 4 mm de espesor.	DRR	Construcción de 1 nivel, a 3.15 del dren, bien estructurada, con mala calidad de construcción.	Medio	Bajo	Mala	Intermedia	Áreas principales	Alto
32	Privada de la Flor 108 y 110.	Grietas diversas hasta de 5 mm de espesor.	DRR	Terreno para eventos, barda mal estructurada, con techado y baño adosados a ella. Distancia al dren 2.50 m.	Medio	Medio	Media	Ligera	Áreas secundarias.	Medio
33	Privada de la Flor 111	Agrietamientos con espesores de hasta 1.5 mm.	DRO	Construcción de 1 nivel, bien estructurada, a 2.30 m del dren. Calidad de construcción aceptable.	Medio	Bajo	Acept.	Intermedia	Áreas principales	Alto
34	Privada de la Flor 112	Agrietamientos hasta de 0.9 mm.	DRO	Construcción con la mayor parte alejada a la zona de riesgo, solamente un techado de concreto se encuentra a 2.40 m del dren.	Medio	Medio	Media	Intermedia	Áreas secundarias.	Medio

Tabla 4.8

Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.

N°	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN POR DESEMPEÑO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO DE ESTRUCTURAL					VALOR DE PÉRDIDA	
		DESCRIPCIÓN	CLASE	DESCRIPCIÓN	RIESGO	ESTRUC.	CALID. CONST.	PESO	DESCRIPCIÓN	CLASE
35	Privada de la Flor 113	Construcción recién aplanada, no se aprecian agrietamientos pero los habitantes reportan agrietamientos en muros anteriores a la aplicación del aplanado. Se considerará un desempeño en el rango	DRO	Construcción: 1 nivel con láminas de asbesto a 2.30 m del dren, adosada a la barda sin liga.	Medio	Bajo	Media	Ligera	Áreas principales	Alto
				Barda: Barda con construcción adosada a ella, pero sin liga estructural, a 2.60 m del dren.	Medio	Medio	Media	Ligera	Barda	Bajo
36	Privada de la Flor 114	Agrietamientos hasta de 8 mm de espesor.	DRU	Construcción a 6.10 m del dren, por lo que se considera con riesgo nulo debido a la construcción del dren.	Nulo	NA	NA	NA	NA	NA
37	Privada de la Flor 115	Agrietamientos diversos hasta de 10 mm de espesor.	DRU	Construcción a 2.10 m de dren, 1 nivel, bien estructurado.	Medio	Bajo	Mala	Intermedia	Áreas principales	Alto
38	Privada de la Flor 116	Existe un agrietamiento de 1.4 mm en una junta constructiva y el resto hasta de 0.8 mm.	DRO	La construcción se encuentra a 6.05 m, por lo que el riesgo ante la construcción del dren lo consideramos nulo. Existe un barda a 2.70 m del dren, por lo que es la única que se clasifica.	Medio	Bajo	Media	Ligera	Barda	Bajo
39	Privada de la Flor 117	A pesar de que presenta una grieta de 0.6 (mayor a 0.5 de nuestro ELR), la casa presenta excelente estado, por lo que la clasificamos dentro del DRE	DRE	Construcción de dos niveles, bien estructurada, buena calidad, a 3.50 m del dren.	Medio	Bajo	Acept.	Pesada	Áreas principales	Alto
40	Privada de la Flor 119	Algunos agrietamientos reparados, por lo que es difícil determinar su espesor. De los agrietamientos visibles se puede observar uno de 2 mm, por lo que la construcción la ubicaremos dentro de desempeño de daño controlado	DRDC	Construcción: Dentro del área de riesgo, 1 nivel, a 2.50 m de dren.	Medio	Bajo	Media	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: A 2.50 m del dren.	Medio	Alto	Media	Ligera	Barda	Bajo

Tabla 4.8

Clasificación de las construcciones aledañas al Dren Norte según su desempeño estructural, riesgo estructural por construcción del dren y valor de pérdida de beneficio.

ID	DIRECCIÓN	CLASIFICACIÓN POR DESEMPEÑO		CLASIFICACIÓN SEGÚN RIESGO ESTRUCTURAL					VALOR DEL DAÑO	
		DESCRIPCIÓN	CLASIF.	DESCRIPCIÓN	RIESGO	ESTRUC.	VALOR CONSTR.	PESO	DESCRIPCIÓN	VALOR
41	Privada de la Flor 121	Agrietamientos de diverso espesor, el mayor de ellos es de 8 mm, por lo que ubicaremos su desempeño dentro del rango último.	DRU	Construcción de dos niveles a 4.90 m del dren.	bajo	Bajo	Mala	Pesada	Áreas principales	Alto
42	Privada de la Flor 123	Agrietamientos diversos hasta de 1.9 mm de espesor.	DRDC	Construcción con dos niveles, a 4.85 m de dren.	Bajo	Bajo	Mala	Pesada	Áreas principales	Alto
43	Privada de la Flor 125	Grietas generalizadas hasta de 2.5 mm de espesor.	DRU	Construcción de 1 nivel, muy mal estado, a 4.45 m del dren.	Bajo	Bajo	Mala	Intermedia	Áreas principales	Alto
44	Higuera 77	Grietas con espesores hasta de 0.5 mm.	DRE	Construcción de 1 nivel en la zona de riesgo, a 0.85 m del dren, bien estructurada.	Alto	Bajo	Acept.	Intermedia	Áreas principales	Alto
45	Higuera 144	Existen varios agrietamientos con espesores menores al milímetro, a excepción de un agrietamiento grande en una zona de la construcción, por lo que la ubicaremos en un estado de desempeño de daño controlado	DRDC	Construcción: 1 nivel, a 2.70 m, con techado de madera.	Medio	Bajo	Mala	Intermedia	Áreas principales	Alto
				Barda: a 2.70 m del dren, 2.60 m de altura.	Medio	Alto	Mala	Ligera	Barda	Bajo

V. ZONIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES E IMPACTO DEL DREN

Una vez que se ha realizado la inspección de las construcciones aledañas al dren y se ha llevado a cabo la clasificación de cada una de ellas de acuerdo a lo propuesto, es importante determinar el impacto que la construcción del dren puede tener en el desempeño estructural de éstas.

Para comenzar es conveniente hacer un análisis de los efectos que, en caso de producirse, cambiarían de manera significativa el desempeño en el que se encuentran las construcciones aledañas.

V.1 Análisis de asentamientos diferenciales permisibles:

A cada uno de los estados límite propuestos en el capítulo III, le fue asociada una distorsión angular ante la cual es altamente probable que el muro presente un comportamiento según el descrito en el límite dado. Dichas distorsiones son indicadas en el cuadro 3.7 del capítulo anterior.

Con el fin de relacionar los estados límite propuestos, con los riesgos de movimientos diferenciales del terreno provocados por la construcción del dren, se considera un muro típico de 3.00 m de longitud, el cual para pasar de un estado límite dado al siguiente inmediato, debe de presentar un asentamiento diferencial entre sus extremos según se indica en la tabla 5.1.

Como se aprecia en la tabla, asentamientos muy pequeños, del orden de unos pocos milímetros, pueden provocar que una construcción dada pase de un estado límite de desempeño a otro. Se podría pensar que una construcción con un asentamiento provocado por la construcción del dren podría ser fácilmente reparable, siempre y cuando no se llegue a estados de desempeño en el rango de resistencia o peor aún en el rango último, sin embargo no se debe olvidar que en

el caso en estudio además de ser un problema técnico, se involucran aspectos sociales cuyo descuido puede llegar a evitar la construcción del dren o a encarecer éste de manera desproporcionada. Si las construcciones empiezan a sufrir daños se generará un malestar social cuyas consecuencias son de difícil predicción.

Tabla 5.1 *Asentamiento diferencial necesario para que un muro tipo de 3.00 m de longitud, pase de un estado límite de desempeño al siguiente inmediato.*

ESTADOS LÍMITE		DISTORSIÓN NECESARIA (%)	ASENTAMIENTO DIFERENCIAL	
DE ORIGEN	FINAL		NECESARIO	AGUILLADO
SIN DEFORM.	ELE	0.09	2.70 mm	2.70 mm
ELE	ELO	0.04	1.20 mm	3.90 mm
ELO	ELDC	0.10	3.00 mm	6.90 mm
ELDC	ELR	0.09	2.70 mm	9.60 mm
ELR	ELU	0.18	5.40 mm	15.00 mm

ELE = Estado Límite Elástico, ELO = Estado Límite Operacional, ELDC = Estado Límite de Daño Controlado, ELR = Estado Límite de Resistencia, ELU = Estado Límite Último.

Una vez que se tienen los parámetros de asentamientos que pueden provocar problemas en las construcciones aledañas, se procede a la zonificación de éstas de acuerdo a las clasificaciones analizadas en el capítulo anterior.

V.2 Zonificación de las construcciones:

Como se explicó en la introducción de este trabajo, el trazo del Dren Norte en su Brazo "A", cuenta con dos zonas principalmente conflictivas en cuanto a las afectaciones que podría provocar su construcción a edificaciones existentes, dichas zonas son las que a continuación se indican:

- Privada de la Flor, incluyendo el cruce por Calle Higuera.
- Callejón de Guadalupe, incluyendo los cruces por Av. Guadalupe Victoria y Calle Magdalena.

Zonificación. En las figuras 5.1 y 5.2 se puede apreciar la zonificación de la Privada de la Flor de acuerdo al desempeño estructural y al riesgo estructural

debido a la cercanía a la construcción del dren que presentan las construcciones aledañas a éste. Por otro lado en las figuras 5.3 y 5.4 se pueden apreciar la misma zonificación pero para Callejón de Guadalupe. En color rojo se aprecian las construcciones con alto riesgo y con desempeño en el rango último.

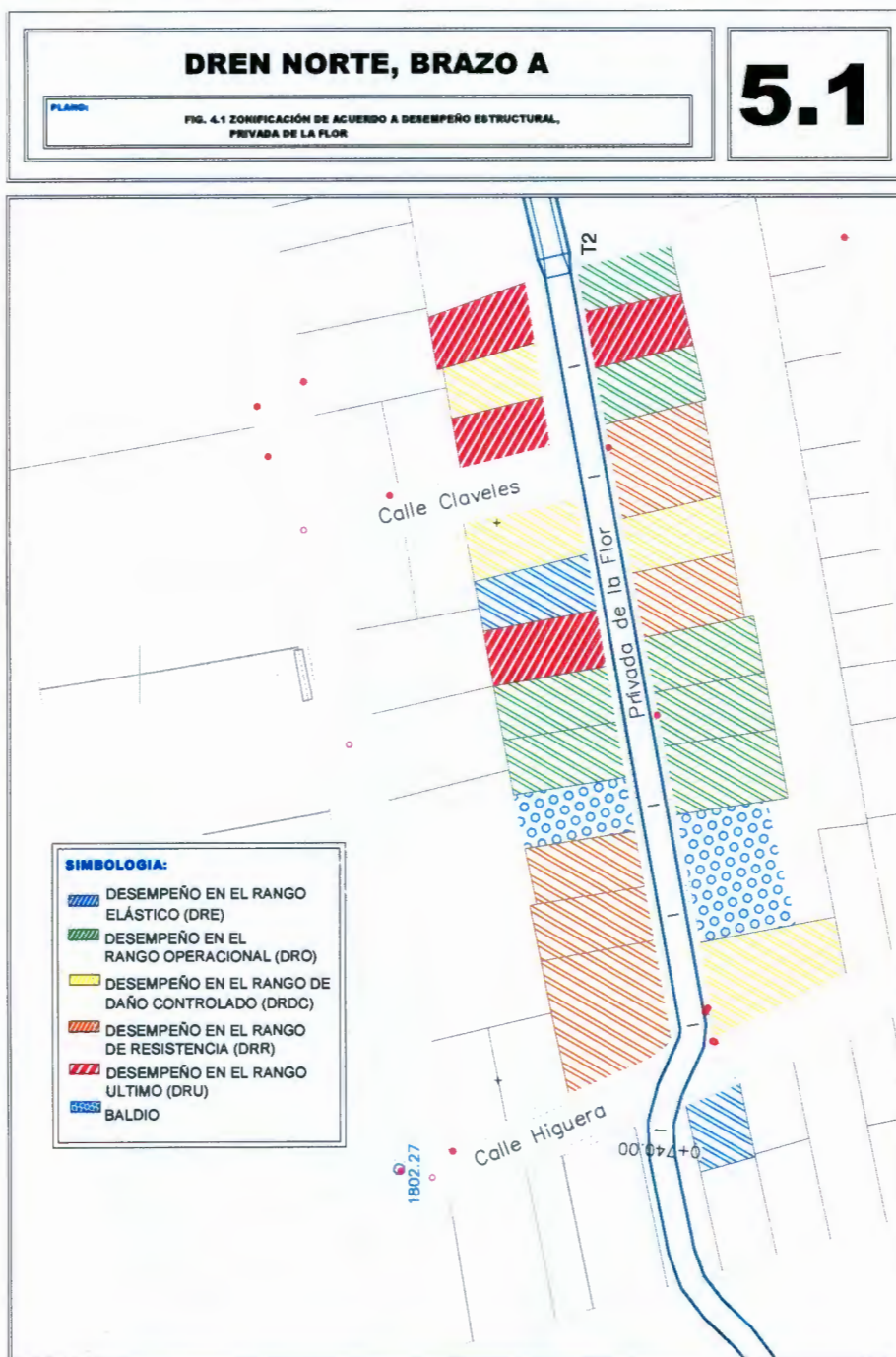


Figura 5.1 Plano de zonificación de acuerdo al desempeño estructural en Privada de la Flor.

DREN NORTE, BRAZO A

5.2

PLANO:

FIG. 4.3 ZONIFICACIÓN DE ACUERDO A RIESGO ESTRUCTURAL POR DISTANCIA A CONSTRUCCIÓN DEL DREN, PRIVADA DE LA FLOR



Figura 5.2 Plano de zonificación de acuerdo al riesgo estructural por distancia a la construcción del canal en Privada de la Flor.

DREN NORTE, BRAZO A

5.3

PLANO:

FIG. 4.3 ZONIFICACIÓN DE ACUERDO A DESEMPEÑO ESTRUCTURAL,
CALLEJÓN DE GUADALUPE

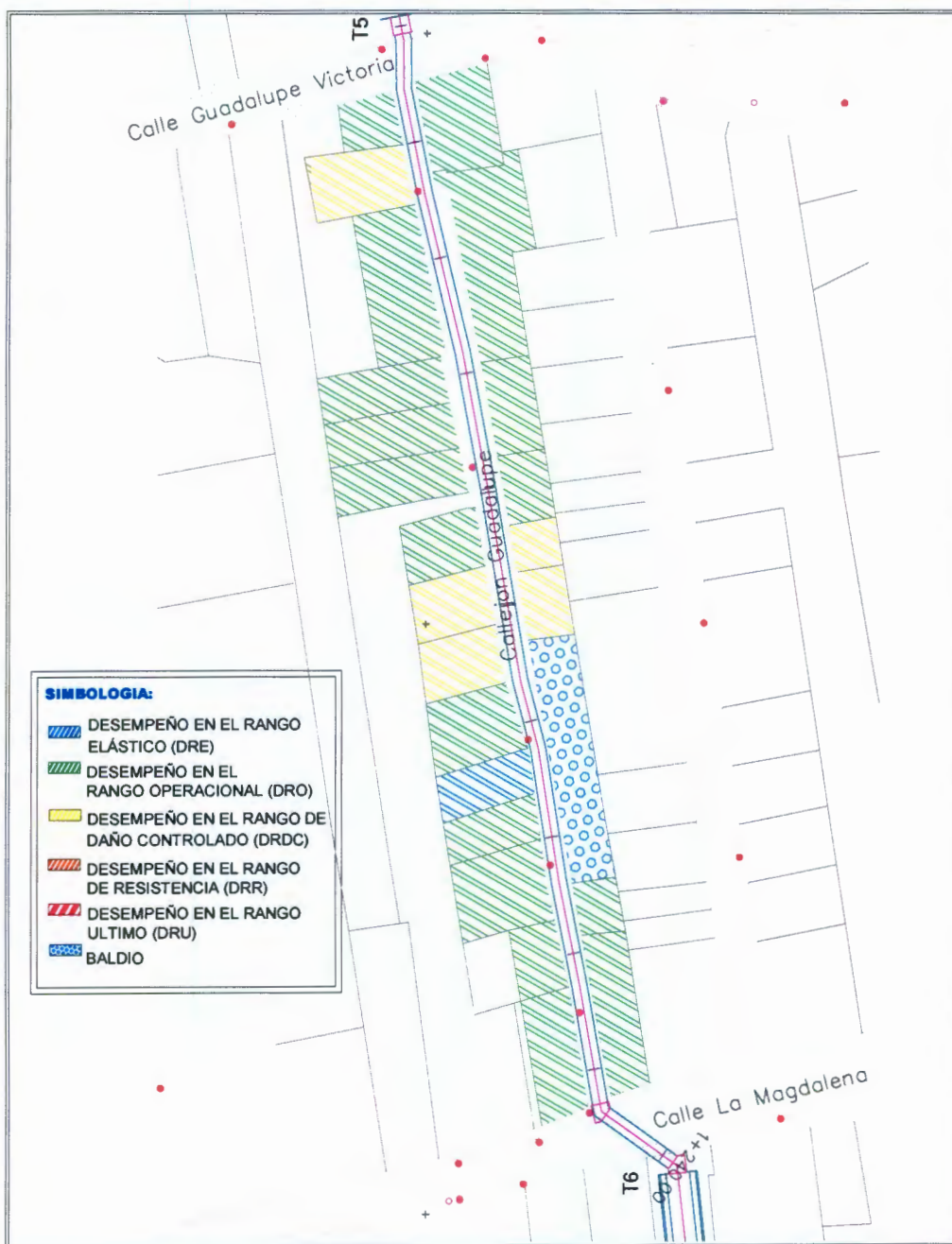


Figura 5.3 Plano de zonificación de acuerdo al desempeño estructural en Callejón de Guadalupe.

DREN NORTE, BRAZO A

5.4

PLANO: FIG. 4.4 ZONIFICACIÓN DE ACUERDO A RIESGO ESTRUCTURAL POR DISTANCIA A CONSTRUCCIÓN DEL DREN CALLEJÓN DE GUADALUPE



Figura 5.4 Plano de zonificación de acuerdo al riesgo estructural por distancia a la construcción del canal en Callejón de Guadalupe.

A continuación se describe una panorámica general del estado que en que se encuentran las construcciones tanto del callejón Guadalupe como la Privada de la Flor apoyados de gráficas tipo rebandas de pastel.

En la figura 5.5, se puede apreciar que el mayor porcentaje de las construcciones de la Privada de la Flor tienen un riesgo de acuerdo a la distancia de la construcción de dren de nulo a medio, quedando solamente un 5% de las construcciones con un riesgo alto, contrariamente en la figura 5.6 correspondiente al Callejón de Guadalupe se puede apreciar que la mayoría de las construcciones se encuentran en con un riesgo entre alto y muy alto, quedando unas pocas con riesgo inferior.

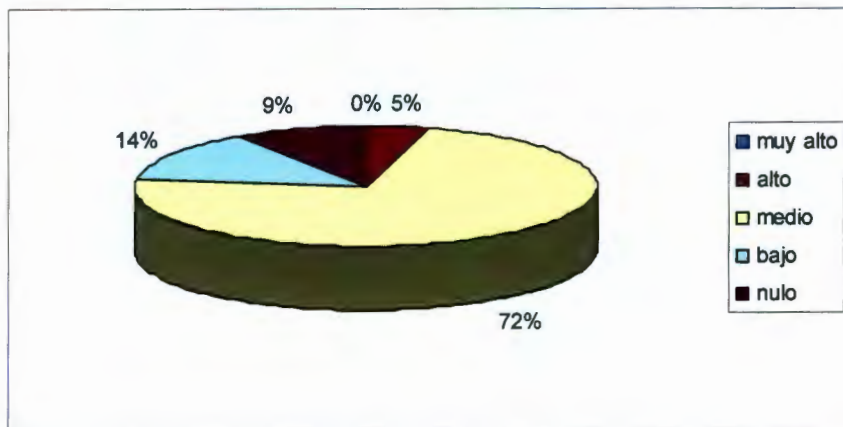


Figura 5.5 Porcentaje de construcciones en Privada de la Flor de acuerdo a su riesgo estructural en cuanto a la distancia a la construcción del dren.

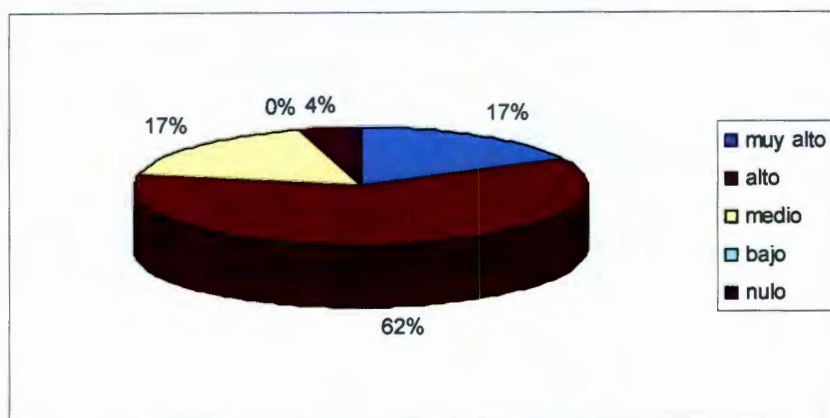


Figura 5.6 Porcentaje de construcciones en Callejón de Guadalupe de acuerdo a su riesgo estructural en cuanto a la distancia a la construcción del dren.

Por otro lado, se puede apreciar que contrariamente a lo que ocurre en cuanto al riesgo estructural por la distancia a la construcción de dren, las construcciones de Callejón de Guadalupe se encuentran en mejores condiciones en cuanto a desempeño estructural que las del Privada de la Flor. En las figuras 5.7 y 5.8 se indican los porcentajes de construcciones de acuerdo a su desempeño estructural, existentes en Callejón de Guadalupe y Privada de la Flor respectivamente.

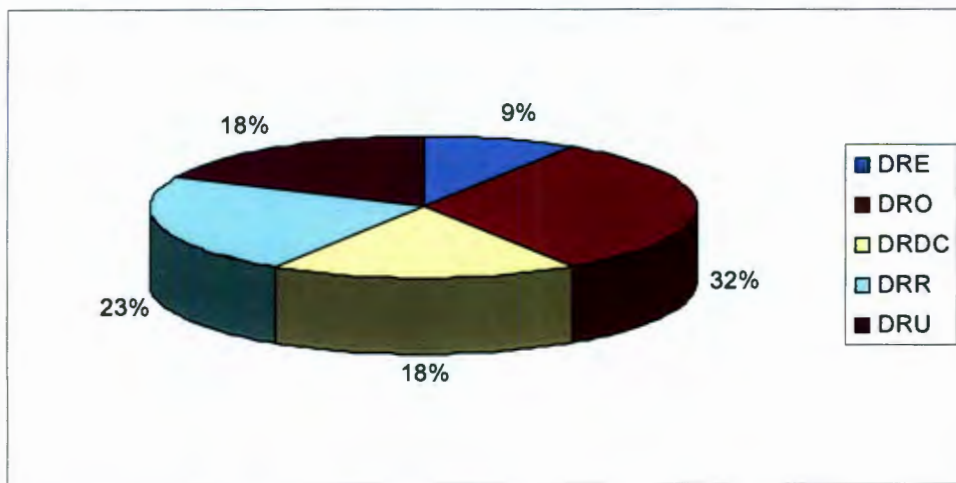


Figura 5.7 Porcentaje de construcciones en Privada de la Flor de acuerdo a su desempeño estructural.

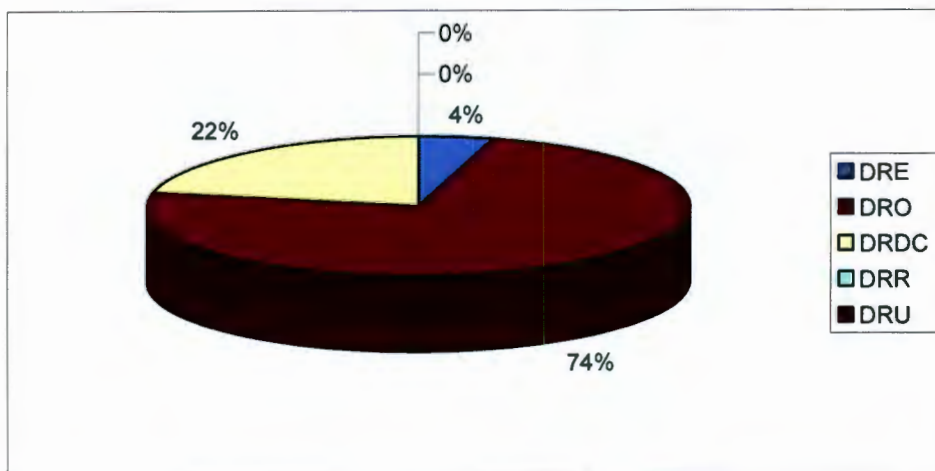


Figura 5.8 Porcentaje de construcciones en Callejón de Guadalupe de acuerdo a su desempeño estructural.

V.3 Análisis y determinación del impacto en las construcciones.

Haciendo un análisis comparativo de las figuras presentadas en este capítulo, se puede apreciar que en el desempeño estructural de las construcciones existe cierta influencia de la zona en la que están desplantadas, por lo que en general las construcciones de Callejón de Guadalupe presentan un mejor desempeño estructural que las de Privada de la Flor, sin embargo las primeras cuentan con un mayor riesgo estructural por la cercanía a la construcción de dren.

Las construcciones de la Privada de la Flor cercanas al terreno denominado "El Pantano" (considerada como la peor zona en cuanto a terreno de desplante), cuenta con varias construcciones cuyo desempeño se encuentra ya sea en el rango de resistencia o en el rango último, sin embargo y afortunadamente, dichas construcciones se encuentran a una distancia de riesgo estructural nulo o bajo y solamente una de ellas con tipo de riesgo medio.

Recordemos también que al inicio de este capítulo, se hizo el análisis para determinar la magnitud de los asentamientos diferenciales que provocarían cambios en el nivel de desempeño de las construcciones y que estos son de tan solo unos pocos milímetros.

Por último recordemos que el estudio de mecánica de suelos que, para este proyecto, realizó la Universidad Autónoma de Querétaro dice que, según cálculos llevados a cabo con el método de Cullman, se puede llevar a cabo un corte vertical de manera segura hasta una profundidad de 4.43 m.

De acuerdo a todo lo anterior, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Debido a que la profundidad de corte en talud vertical máxima permisible según el estudio de mecánica de suelos mencionado es

mayor que la profundidad de excavación máxima a realizar en el dren, de 3.50 m, es factible su construcción sin afectar las construcciones aledañas, siempre y cuando el método constructivo propuesto efectivamente garantice la estabilidad del talud en todos los puntos y durante todo el proceso constructivo.

- Los asentamientos diferenciales necesarios para que las construcciones pasen de un estado de desempeño a otro son de tan solo unos pocos milímetros. Por lo anterior, independientemente de garantizar la estabilidad del talud, se recomienda que se busque un método constructivo que prácticamente no provoque asentamientos diferenciales en las construcciones aledañas, para lo anterior será necesario evitar variaciones de humedad en los terrenos de desplante de la cimentación de las construcciones aledañas, así como vibraciones excesivas producto del equipo de construcción a utilizar.
- En la zona de mayor riesgo (Callejón de Guadalupe), las construcciones muestran un desempeño estructural adecuado, en tanto que las construcciones con peor desempeño estructural se encuentran en zonas de bajo a nulo riesgo estructural, lo anterior es una condición favorable ya que en las construcciones con desempeño estructural último no está garantizada su estabilidad y cualquier movimiento podría ponerlas en riesgo de colapso.
- El estudio de mecánica de suelos elaborado por la Universidad Autónoma de Querétaro recomienda que las excavaciones se hagan en tramos máximos de 20 m y que en las zonas de mayor riesgo (Privada de la Flor y Callejón de Guadalupe) las excavaciones sean cerradas el mismo día. Lo anterior es difícil de cumplir, por lo que en cambio se propone disminuir los tramos de apertura de excavaciones y crear algún procedimiento de refuerzo provisional.

- Las cimentaciones de las construcciones aledañas se encuentran en estrados muy superficiales comparados con las profundidades de excavación, por lo que, en las zonas de alto y muy alto riesgo de acuerdo a la distancia de construcción del dren, habrá que tomar excesivas precauciones debido a que cualquier tipo de falla de talud puede provocar colapsos en las estructuras.
- Es conveniente llevar a cabo las tareas necesarias para el reforzamiento estructural, a fin de disminuir el riesgo por mala estructuración, de las construcciones que así lo requieran.
- Así mismo, es necesario evaluar caso por caso la conveniencia de conservar o no parte de las construcciones, tal es el caso de bardas con alto riesgo estructural ante la construcción del dren y bajo valor de pérdida.

Por otro lado se toman medidas de seguridad adicionales para reducir los riesgos ante eventuales colapsos.

- Se sugiere la desocupación de las viviendas cuyo riesgo por cercanía a la construcción del dren sea mayor, esto es en Callejón de Guadalupe, así como viviendas en las que su desempeño estructural se encuentre en el rango último, esto debido a que como se menciona en el capítulo III, a este nivel de desempeño la estabilidad de la estructura no está garantizada.
- Es necesaria el apuntalamiento de todas y cada una de las construcciones dentro de la zona de riesgo de la construcción del dren, esto es, toda construcción cercana al dren en menos de 6.00 m, debe de ser apuntalada mientras los trabajos de construcción se encuentren dentro de la distancia mencionada.
- Apuntalamiento especial a construcciones con niveles de desempeño en el rango de resistencia o último.

- Apuntalamientos especiales a estructuras con alto riesgo estructural ante la construcción del dren en cuanto a estructuración se refiere.
- Acordonamientos durante el proceso constructivo para evitar accidentes de vecinos y gente ajena a la obra.

En el capítulo siguiente se hace una propuesta del método constructivo a seguir con la finalidad cumplir con las condiciones para no afectar el desempeño estructural de las construcciones aledañas. En el mismo capítulo se hacen recomendaciones detalladas para disminuir el riesgo de dichas construcciones ante la construcción del dren.

VI. PROCESO CONSTRUCTIVO, DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN DEL DREN

En el presente capítulo, se hace de manera detallada las recomendaciones para la construcción del dren así como las medidas adicionales para disminuir el riesgo estructural de las construcciones aledañas al mismo, de manera que éstas mantenga el desempeño estructural que mostraban anterior a dicha construcción.

Estas recomendaciones están descritas de manera paralela con la descripción del seguimiento constructivo, para una mejor comprensión de los procesos recomendados y ejecutados.

Las recomendaciones son de tres tipos según se indica:

- Instrumentación para el seguimiento del comportamiento de las construcciones.
- Medidas adicionales para disminuir riesgos de daños humanos y materiales.
- Propuesta de proceso constructivo acorde a las condiciones del lugar.

VI.1 Recomendación de monitoreo e instrumentación.

Tal como se puede apreciar en el capítulo anterior, asentamientos diferenciales muy pequeños (del orden de unos pocos milímetros) pueden provocar cambio en el desempeño estructural de las construcciones aledañas, o incluso ponerlas en condiciones en que su estabilidad no pueda ser garantizada. Debido al orden de dichos asentamientos, es necesario instrumentar las construcciones para poder detectar movimientos pequeños en éstas. Para lo anterior se proponen tres tipos de instrumentación según se describe a continuación:

- Nivelación en las fachadas de las construcciones. Todas las construcciones se instrumentaron con tres puntos de nivelación. Dichos puntos se revisaron diariamente durante los trabajos de construcción del dren frente a cada construcción y tres veces por semana antes y después de que dichos trabajos se realizaran frente a ellas. En la figura 6.1 se muestra un testigo de nivelación tipo.



Figura 6.1 *Ejemplo de testigo de nivelación.*

- Colocación de inclinómetros. Se recomienda la colocación de nueve inclinómetros en Privada de la Flor (en las construcciones con desempeño estructural en el rango de resistencia y último y aquellas con riesgo estructural alto debido a la distancia a la construcción del dren) y un inclinómetro en cada una de las construcciones del Callejón de Guadalupe. Debido al alto costo de los inclinómetros electrónicos y al fuerte riesgo de pérdida por robo, se propone un inclinómetro hechizo, fabricado de acuerdo al croquis que se presenta en la figura 6.2. Uno de ellos se puede observar en las figuras 6.3 y 6.4

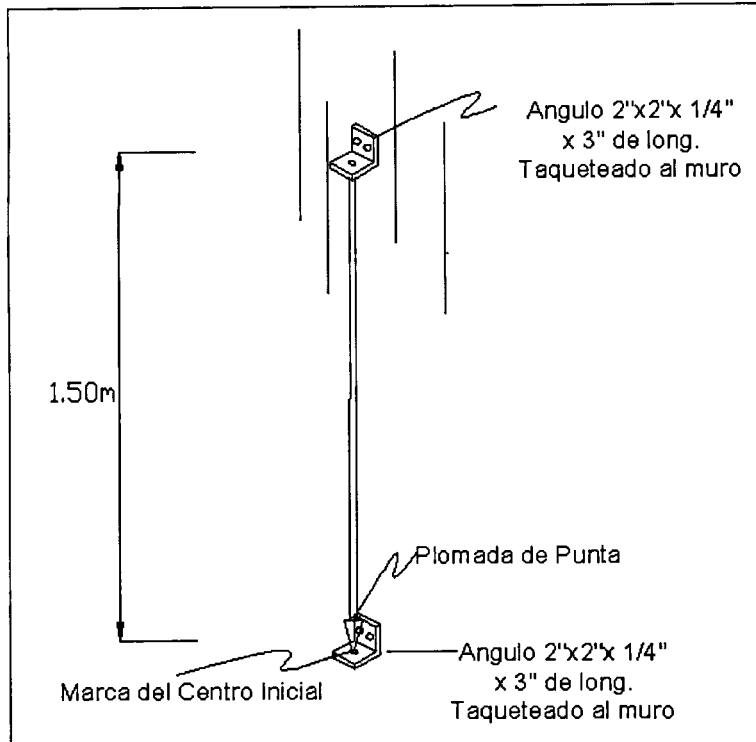


Figura 6.2 Croquis para fabricación de inclinómetro, para monitoreo de construcciones aledañas al dren.



Figura 6.3 Vista de un inclinómetro tipo colocado en las construcciones aledañas al dren.



Figura 6.4 *Detalle inferior de inclinómetro tipo*

- Testigos de yeso en grietas existentes. Se colocan testigos de yeso demoliendo el aplanado (en caso de que éste exista) y 0.5 cm de tabique, en grietas existentes y en zonas que se consideran críticas, para después ser colocado yeso que sirva de testigo ante movimientos de la estructura. En la figura 6.5 se puede apreciar uno de ellos.



Figura 6.5 *Ejemplo de testigo de yeso*

VI.2 Recomendaciones Preventivas.

Independientemente de las recomendaciones constructivas que se describen adelante, es necesario tomar medidas de seguridad adicionales con la finalidad de prever, dentro de lo posible, pérdidas materiales o humanas debidas a colapsos parciales o totales de las construcciones, ante eventuales fallas de talud o imprevistos en el método constructivo planteado. De esta manera se propone tomar las siguientes precauciones.

- Apuntalamiento según detalle presentado en la figura 6.6, en toda construcción de uno o dos niveles, dentro de la zona de riesgo por distancia a la construcción del dren, esto es, toda construcción a 6.00 m o menos de éste. En la figura 6.7 se muestra un apuntalamiento ejecutado en una construcción ubicada en Privada de la Flor.

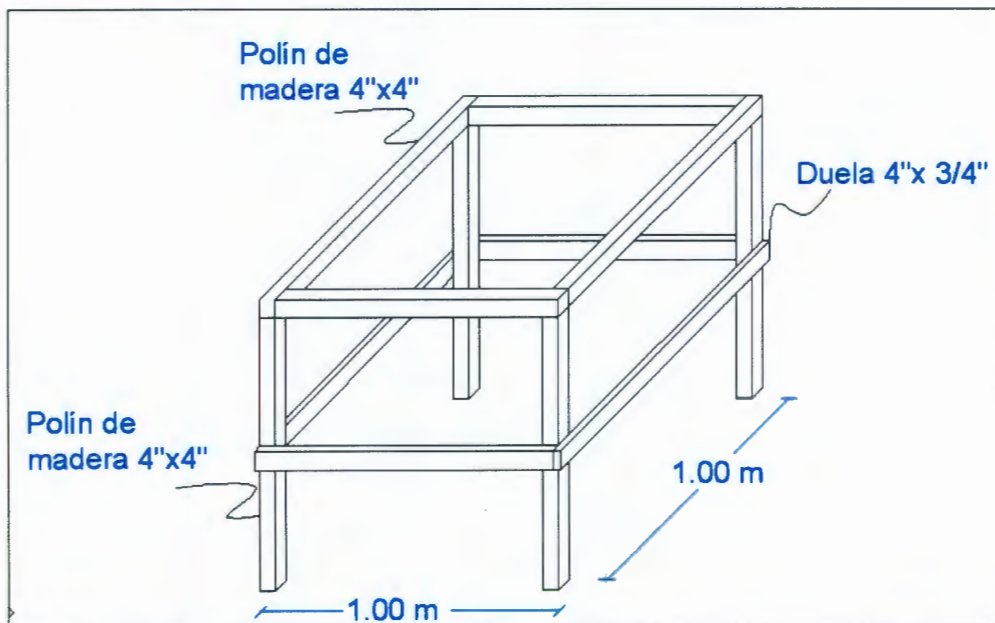


Figura 6.6 *Detalle tipo para apuntalamiento de construcciones de uno o más niveles.*



Figura 6.7 Vista de apuntalamiento losas.

- Apuntalamientos según detalle mostrado en la figura 6.8, para toda construcción con mala estructuración (muros paralelos al dren, sin muros perpendiculares para rigidización), dentro de la zona de riesgo por distancia a la construcción del dren.

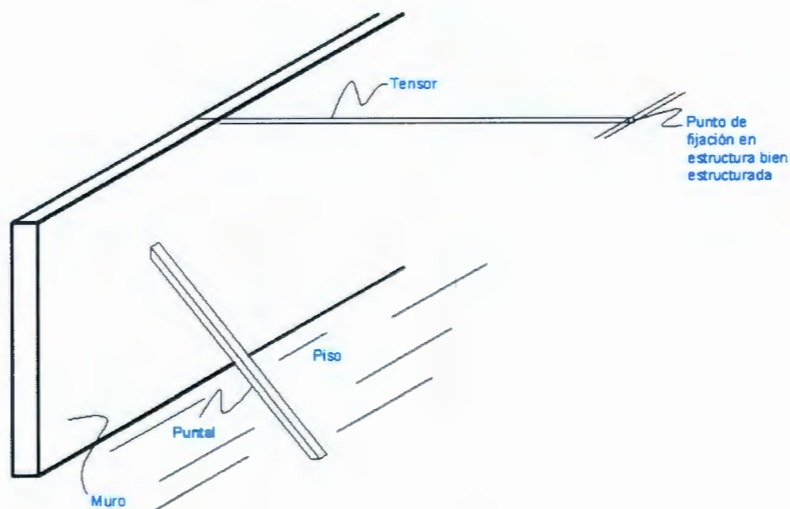


Figura 6.8 Croquis de apuntalamiento para construcciones mal estructuradas (Bardas sin muros perpendiculares ligados a ellas).

VI.3 Proceso constructivo.

Después de largas deliberaciones entre los grupos de especialistas, estructuristas, mecánica de suelos, hidráulicos, constructores y autoridades municipales se decide que el tipo de dren a construir es el de sección en cajón de concreto reforzado colado en situ.

Otros métodos fueron discutidos, entre los que destacan la tubería (de acero o concreto) y la sección cajón de concreto prefabricado, sin embargo la primera fue rechazada debido a que los trabajos de relleno implicaban aplicación de vibración al terreno, o en su defecto la utilización de rellenos que encarecían el proceso. En cuanto a la sección de concreto prefabricado, era complicado el evitar oquedades entre el dren y el terreno lo que puede provocar asentamientos a largo plazo en las construcciones, además el costo es, igualmente, elevado. Otro inconveniente para ambos casos es la necesidad de la utilización de grúas, lo cual es complicado por lo estrecho de las calles y la existencia de cables aéreos.

VI.3.1 Diseño Estructural. En colaboración con el Colegio de Ingenieros Civiles del Estado de Querétaro, se llevó a cabo el cálculo estructural de las secciones tipo cajón de concreto reforzado para el dren. Dependiendo de la ubicación del tramo, se considera una condición de carga distinta según se indica a continuación:

- Para los callejones y baldíos ,se considera al dren con carga vehicular solamente en su tapa superior, así como los empujes laterales provocados por el terreno según las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, para los callejones y baldíos.
- Para los cruces, se considera al dren con carga vehicular en su tapa superior y a los lados del dren, además de las mencionadas cargas laterales provocadas por el terreno.

En la figura 6.9, se muestra el problema de valores sobre la frontera, con los esquemas de las cargas y restricciones que se consideran para fines de análisis.

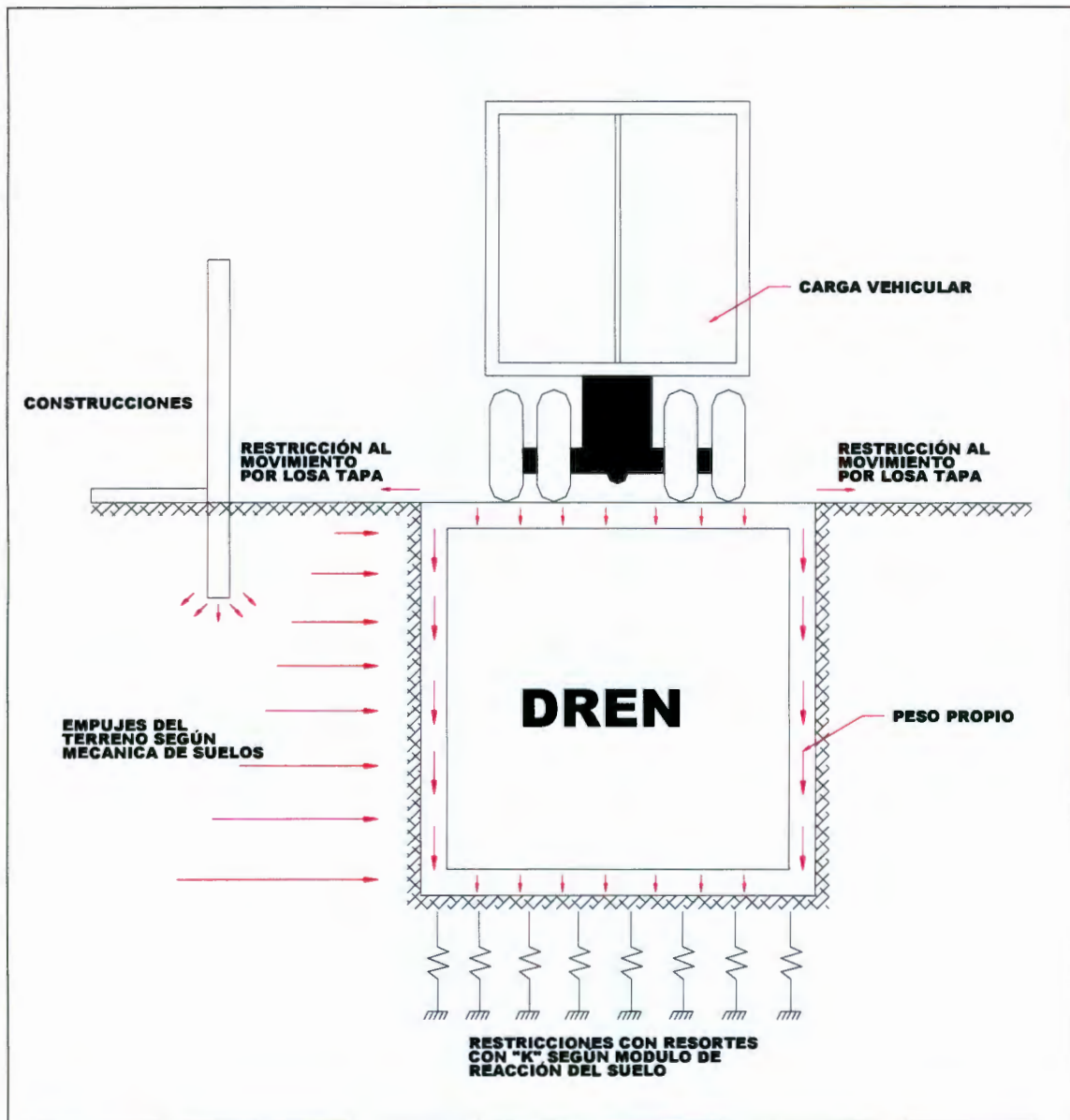


Figura 6.9 Esquema de modelo del dren según valores sobre la frontera.

El dren está construido con losas de concreto con una dimensión (espesor) mucho menor que las otras dos, por lo que se puede considerar que el canal está formado de cuatro placas, mismas que pueden ser modeladas por los elementos finitos tipo placa (shells). Debido a lo anterior, para el análisis de esfuerzos y elementos mecánicos en el dren se elabora un modelo con elementos finitos tipo placa (shells), al que se le aplica diferentes condiciones de carga para generar los cortantes y momentos críticos para, con estos, utilizar el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal para el diseño de los elementos.

En dicho modelo se aplican las restricciones según el esquema de valores en la frontera de la figura 6.9, de acuerdo a la siguiente lógica.

- En la losa inferior, restricciones con resortes con $K = 2,564.10 \text{ kg/m}$, obtenido en base a los resultados del estudio de mecánica de suelos que indican un módulo de reacción del suelo de manera que $10,000 \text{ kg/m}^2$ provocan un asentamiento de 3.9 cm y considerando un área por elemento finito de 0.01 m^2 , esto es:

$$K = \left(\frac{10,000 \text{ Kg} / \text{m}^2}{0.039 \text{ m}} \right) (0.01 \text{ m}^2) = 2,564.10 \text{ kg} / \text{m}$$

- En los límites superiores de los muros, restricción en el sentido "x" y liberado en los demás sentidos, para modelar la restricción que la losa superior impone a los muros. La losa superior no se modela monolíticamente, para dar la opción de utilizar losas prefabricadas si así se desea.

Las restricciones en el modelo de elementos finitos son mostradas en la figura 6.10

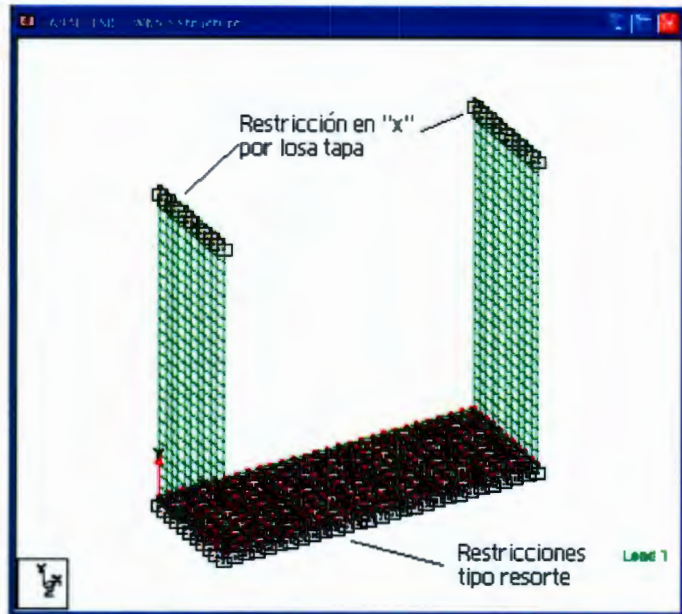


Figura 6.10 Modelo de elemento finito para dren, con restricciones indicadas.

En lo que respecta a las cargas aplicadas mostradas en la misma figura 6.9 del esquema de valores en la frontera, se toma como base el vehículo virtual propuesto por el AASHTO LRFD (1994), el cual propone una carga por eje de 145 kN (ver figura 6.11), más una carga dinámica del 33%. En un ancho de un metro se considera una carga vertical correspondiente a un eje y al que se le adiciona el peso propio de la losa. Estas cargas son aplicadas como cargas verticales en la parte superior de los muros.

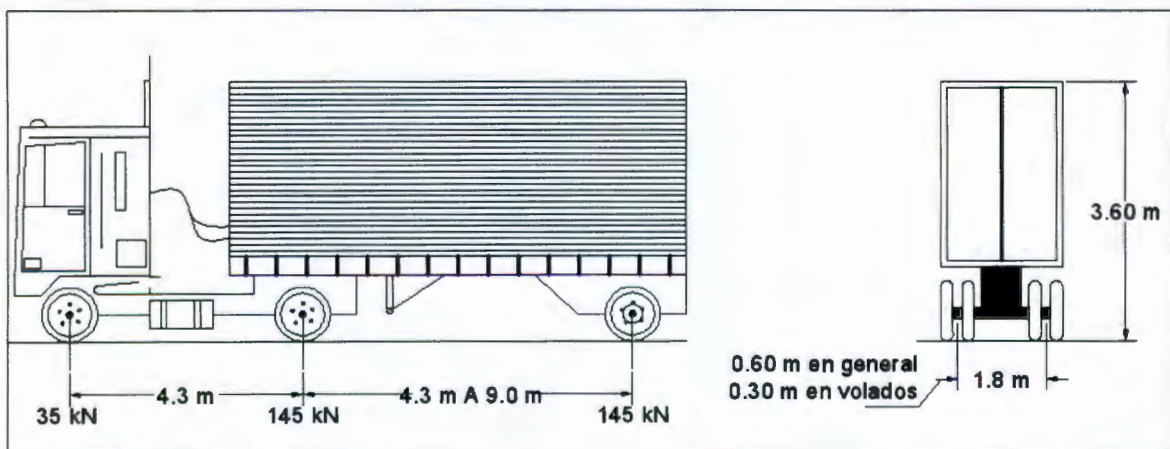


Figura 6.11 Vehículo tipo propuesto por el AASHTO LRFD (1994).

Por otro lado se aplica la carga del terreno utilizando la fórmula de Terzagui (Juárez Badillo, 1979) para empujes laterales en muro, la cual indica:

$$P = \frac{1}{2} K_H H^2$$

Donde:

- P = Carga lateral (kg/ml de muro) aplicada al muro a 1/3 de la altura.
- K_H = 560 kg/m²/m el cual es un dato aportado por la mecánica de suelos de acuerdo a las condiciones del lugar.
- H = Altura del muro en metros (3.50 m en nuestro caso).

Substituyendo los valores se tiene que P = 3,430 kg, aplicada a 1/3 H medido del fondo del dren. Las cargas son aplicadas al modelo como cargas distribuidas sobre los elementos.

En la figura 6.12 se aprecian las cargas aplicadas al modelo, las cuales son aplicadas como presiones uniformes sobre los elementos finitos.

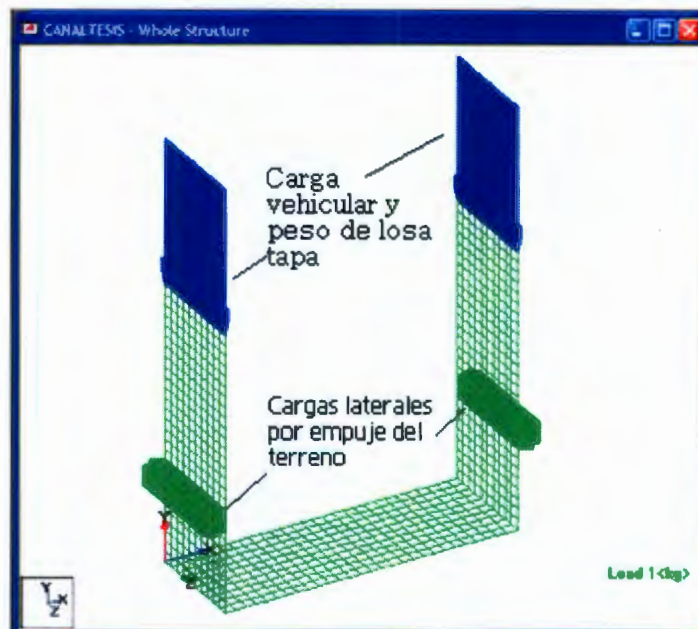


Figura 6.12 Cargas aplicadas al modelo de elementos finitos del dren.

De acuerdo a lo anterior, en la figura 6.13 se muestran los momentos flexionantes del modelo de elementos finitos con escala de colores, para la condición de carga descrita.

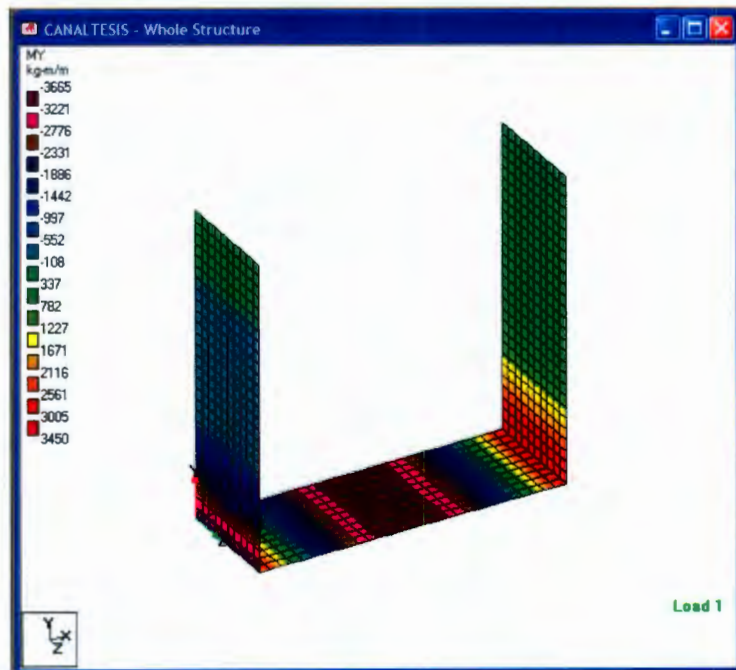


Figura 6.13 Modelo de elementos finitos del dren, con los momentos flexionantes en escala de colores

Para el cálculo de elementos en donde rigen los efectos locales, se utiliza la propuesta que el mismo AASHTO 1994 propone, la cual indica utilizar un área de contacto de 510 mm de ancho por una longitud obtenida con la fórmula que a continuación se indica:

$$I = 2.28\gamma \left(1 + \frac{IM}{100} \right) P$$

Donde:

- γ = Factor de carga
- IM = Carga dinámica (33 %)
- P = 72.5 kN

El área de contacto promedio anterior se utiliza para el cálculo de las tapas para los registros de mantenimiento, las cuales se modelan con elementos tipo placa y tipo viga. Como en el caso de dren, se consideran las ubicaciones de carga más desfavorables para generar los cortantes y momentos máximos. En la figura 6.14 se muestra el modelo de las tapas con una condición de carga crítica para cortante, en tanto que en la figura 6.15 se aprecia el esfuerzo cortante con escala de colores, para la misma condición de carga.

De acuerdo a lo anterior se determinaron las secciones estructurales mostradas de las figuras 6.16 para baldíos y callejones y 6.17 para cruceros. Se consideró la misma sección para baldíos y callejones debido a que las autoridades municipales así lo solicitaron con la finalidad de prever eventuales circulaciones vehiculares sobre los baldíos.

En la figura 6.18, se muestra la estructuración de las tapas de registro para mantenimiento del dren.

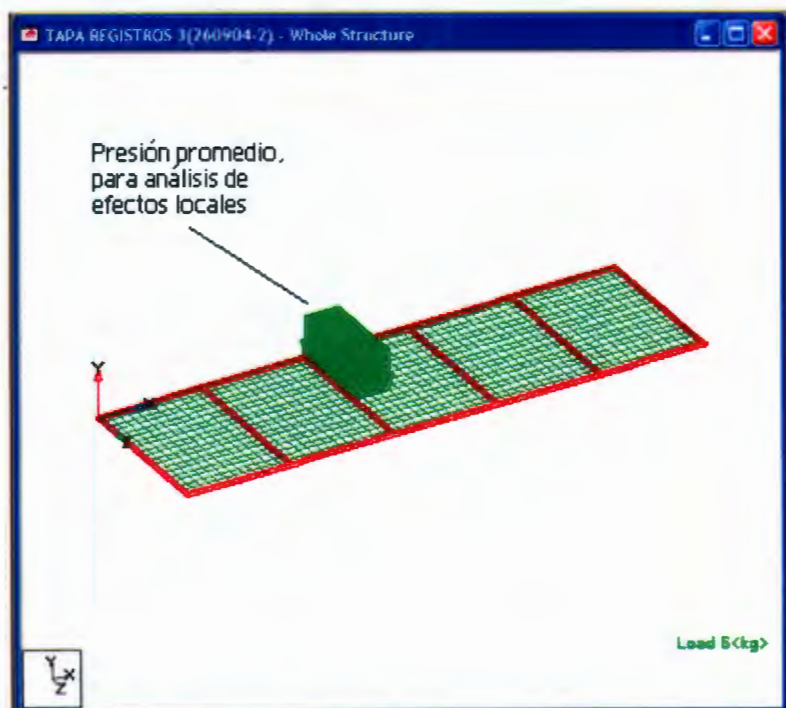


Figura 6.14 Modelo de elementos finitos para tapas de registro.

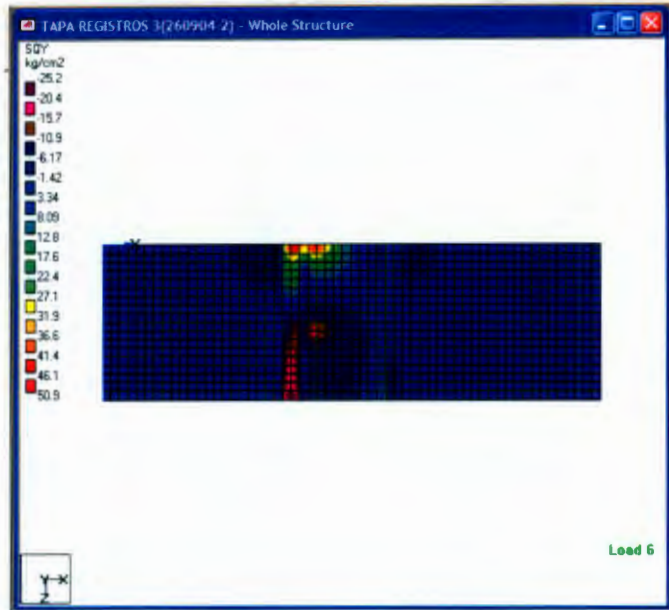


Figura 6.15 Escala de colores de esfuerzo cortante para condición de carga mostrada en la figura 6.14.

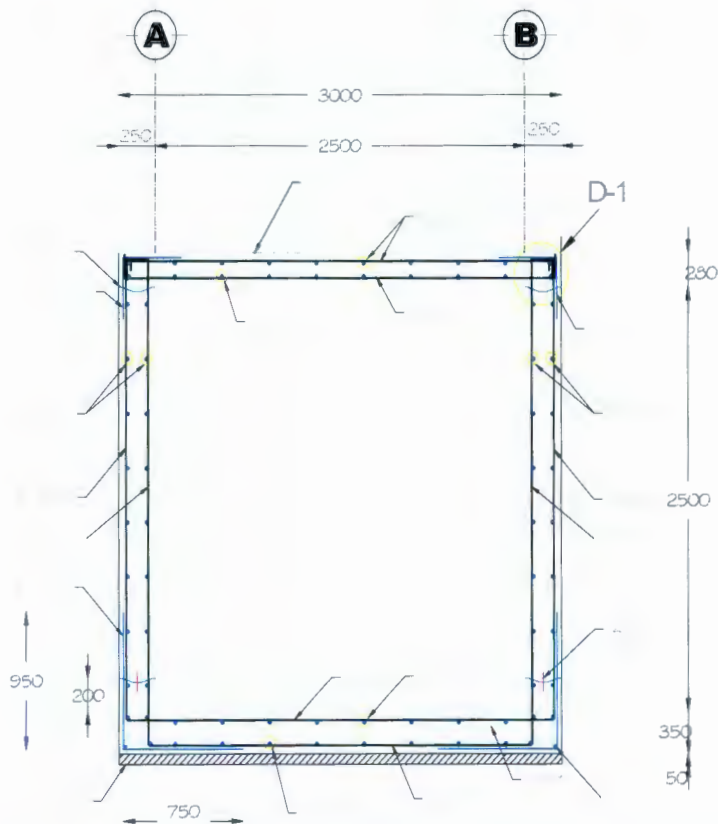


Figura 6.16 Sección estructural del dren para zonas de baldíos y callejones. Cotas en milímetros, varillas en octavos de pulgada.

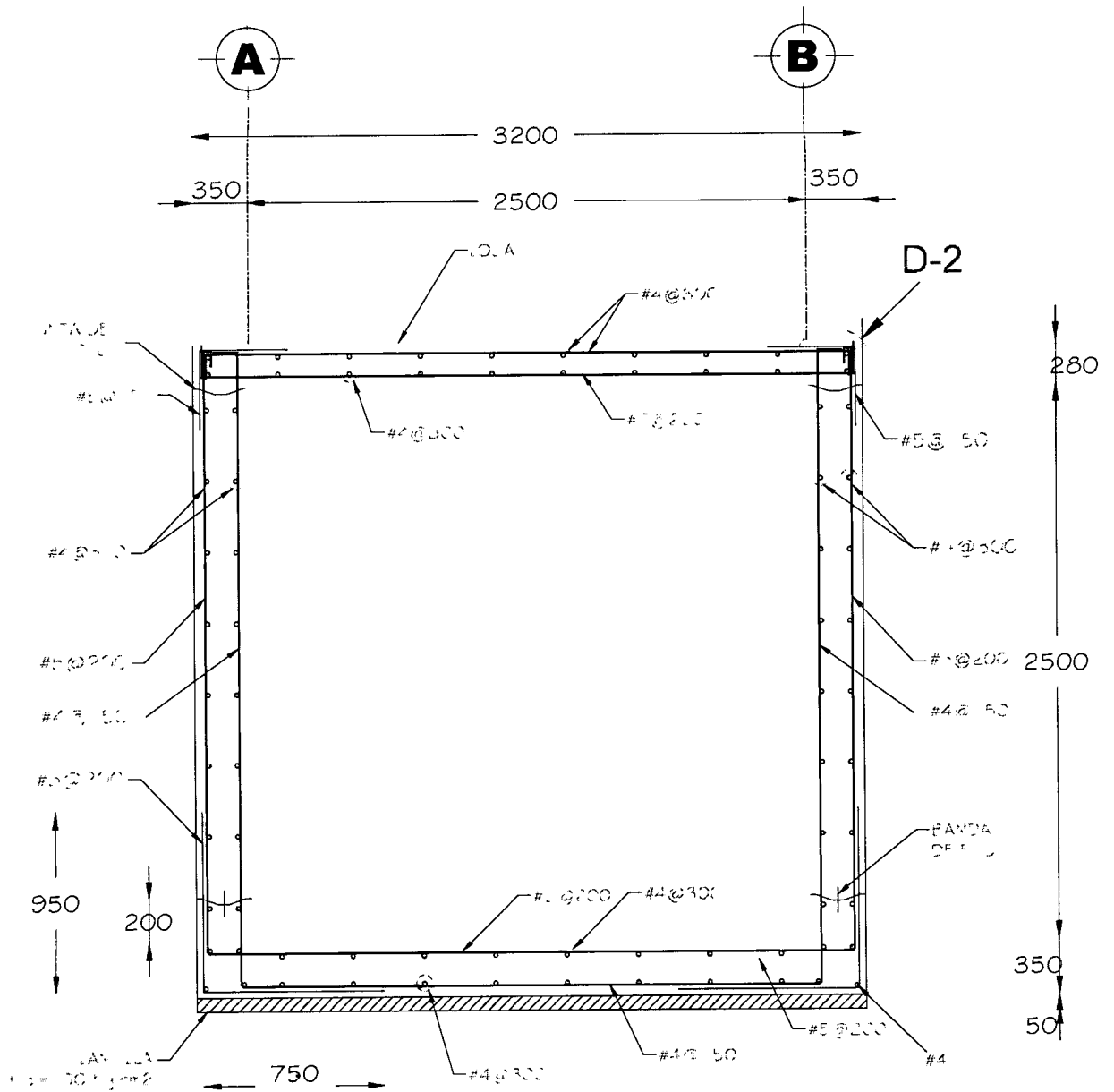
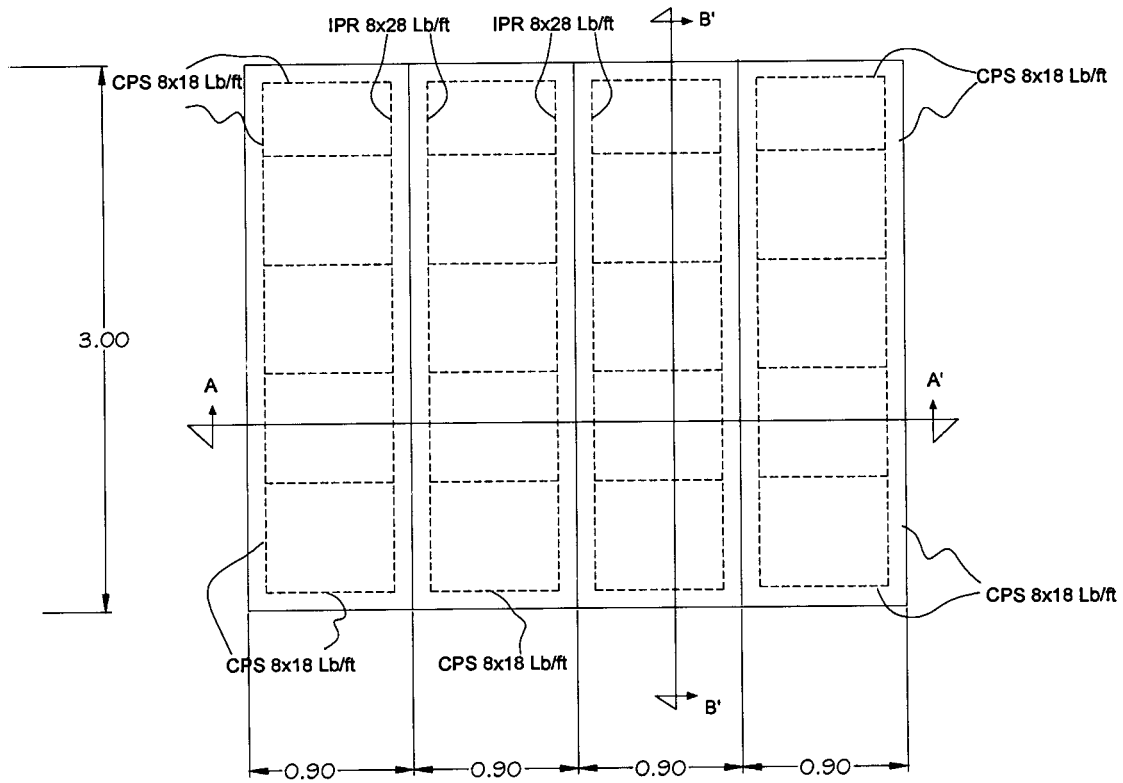
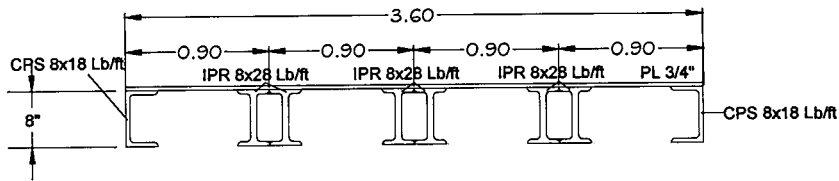


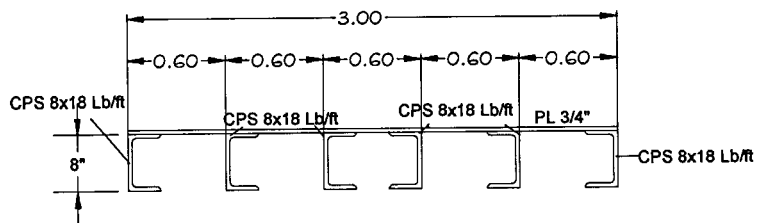
Figura 6.17 Sección estructural de dren en zona de cruces de avenidas. Cotas en milímetros, varillas en octavos de pulgada.



PLANTA



CORTE A-A'



CORTE B-B'

Figura 6.18 Sección estructural para tapas de acero en registros de mantenimiento, cotas en metros.

VI.3.2 Método constructivo. En la presente sección se explica la propuesta del método constructivo del dren adecuado para cumplir con los requerimientos mencionados en el capítulo anterior, los cuales son necesarios para evitar daños en las construcciones.

Dicho método inicia con trabajos previos de reubicación de instalaciones de servicios, lo anterior porque el dren ocupa la mayor parte de la calle, destruyéndose las instalaciones existentes durante el proceso constructivo. Dichas instalaciones se enlistan a continuación:

- Instalación Sanitaria
- Instalación de Agua Potable
- Teléfono
- Luz
- Gas (solamente para el caso de Privada de la Flor).

Se construyen instalaciones nuevas a cada lado de ambos callejones, de manera que el dren pueda pasar entre ambas franjas con instalaciones. En el movimiento de las instalaciones de agua potable, es necesario la realización de pruebas, ya que en muchos casos existían tomas clandestinas las cuales se tienen que detectar para evitar fugas de agua posteriores a la demolición de las instalaciones viejas. En la figura 6.19 y 6.20 se muestran los trabajos de movimiento de instalaciones.



Figura 6.19 *Trabajos de construcción de las nuevas instalaciones a los lados de Privada de la Flor.*



Figura 6.20 *Trabajos de registros sanitarios para las nuevas instalaciones a los lados de Callejón de Guadalupe.*

Una vez construidas las nuevas instalaciones de servicios, se procede a la construcción del dren. Cabe mencionar que el proceso propuesto se prueba en las secciones no críticas (zonas de baldíos). Pruebas de laboratorio de mecánica de suelos se llevan a cabo durante este proceso de prueba, con la finalidad de conocer el cambio de propiedades del suelo ante el proceso constructivo propuesto. Lo anterior permite lo siguiente:

- Conocer el comportamiento de suelo ante el método constructivo.

- Probar y mejorar el método propuesto previo a la ejecución en zonas críticas.
- Capacitación del personal en el proceso.
- Medir y mejoramiento los tiempos de ejecución.

La parte crítica del proceso constructivo es del inicio de la construcción hasta el colado de los muros laterales del dren, ya que durante ese tiempo es cuando existe el riesgo de falla de talud, así como de variaciones importantes de humedad en el terreno de cimentación de las construcciones. Debido a lo anterior, es durante ese proceso que se tuvo que prestar mayor atención al proceso constructivo para evitar daños.

El estudio de mecánica de suelos elaborado por la Universidad Autónoma de Querétaro, afirma que el terreno permite un corte vertical de hasta 4.43 m, recomendando no abrir tramos mayores de 20 m y en las zonas críticas (callejones) cerrar la excavación el mismo día. La última recomendación es prácticamente imposible de cumplir por lo que se propone el siguiente método constructivo, el cual se debe de ejecutar completamente en el mismo día.

- Previo al inicio de los trabajos de excavación, se programan reuniones con los vecinos para determinar construcción por construcción el tipo de apuntalamiento y las zonas con mayor riesgo. Se determinan los refuerzos necesarios en las estructuras como por ejemplo el cerramiento provisional de acero en una barda que se muestra en la figura 6.21, o bien cuando el riesgo era grande y el valor de pérdida era poco se ordenaron demoliciones parciales para posterior reconstrucción como se muestra en la barda demolida de la figura 6.22.
- Reducción de la zona de excavación máxima a 12 m en las zonas de callejones y a 6 m en las zonas de muy alto riesgo estructural según su distancia al dren.



Figura 6.21 Refuerzo provisional en barda mal estructurada, por medio de cerramiento metálico.



Figura 6.22 Barda demolida por representar alto riesgo estructural y bajo valor de pérdida.

- Excavación con retroexcavadora hasta 15 cm menos del ancho total del dren (ver figura 6.23)
- De manera simultánea recorte en forma manual hasta ancho de proyecto. (figura 6.24)



Figura 6.23 *Excavación con retroexcavadora.*



Figura 6.24 *Afine de excavación en forma manual, posterior a excavación con retroexcavadora.*

- Troquelado con polines a 2 m de separación, para estabilizar la parte superior del talud, ya que en la primera capa, cuyo espesor es de entre 1.50 m a 2.00 m, se encuentra arcilla negra revuelta en algunas zonas con escombros, que muestra cierta inestabilidad durante los procesos de excavación (figura 6.25).

- Inmediatamente después, colocación de metal desplegado en todo el talud, fijado con anclas de varilla al terreno, dando la vuelta para cubrir el terreno natural hasta las construcciones aledañas, donde el metal desplegado es igualmente fijado (figura 6.26). En zonas de riesgo muy alto según la distancia a la construcción del dren, es necesario la colocación de tensores sobre el metal desplegado, los cuales se apoyan por un lado de las construcciones aledañas y del otro en varillas de 5/8" clavadas 1.5 m en la capa más profunda del talud compuesta por arcilla color café (la cual muestra mucho mejor estabilidad).
- Repellido sobre todo el talud con mortero cemento-cal-arena. (figura 6.27)
- Una vez terminada y afinada la excavación colado de plantilla de concreto pobre $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, de 5 cm de espesor.



Figura 6.25 Vista de troquelado a parte superior de talud.



Figura 6.26 Vista de colocación y fijado de metal desplegado en talud.



Figura 6.27 Proceso de aplanado con mortero cemento-cal-arena en talud, posterior a colocación de metal desplegado.

Con el proceso anterior se logra lo siguiente:

- Estabilizar el talud, sobretodo ante agentes erosionantes.
- Evitar variaciones de humedad en el terreno de cimentación de las construcciones.

- Servir como cimbra muerta en el colado de los muros laterales, evitando el riesgo de contaminación del concreto con suelo durante el colado.
- Confinar perfectamente el talud, evitando oquedades entre el dren y el terreno natural que pudieran provocar asentamientos a mediano y largo plazo en las construcciones aledañas.
- Proteger la excavación contra probables inundaciones como ocurrió en Privada de la Flor, en el que una fuerte lluvia inundó la excavación. En pocas horas el agua pudo ser rápidamente bombeada con equipo para contingencias que se mantenía permanentemente en el lugar de la obra. Ver figura 6.28.
- En las zonas de muy alto riesgo según la distancia a la construcción del dren, el sistema sirve de contención para el pequeño volumen de suelo que queda entre el dren y las cimentaciones de las construcciones, en el cual están alojadas las nuevas instalaciones de servicios. Ver figura 6.29.



Figura 6.28 Vista de inundación en el dren durante su construcción.



Figura 6.29 *Proceso de construcción del dren en zonas de muy alto riesgo.*

Una vez terminado el proceso de excavación y protección del talud, se procede al armado del acero de refuerzo de la losa inferior, así como de los muros laterales, según el detalle estructural mostrado en las figuras 6.16 y 6.17. El acero de refuerzo se habilita previamente en terrenos baldíos cercanos para que el proceso de armado se haga de la manera más rápida posible. En la figura 6.30 se puede apreciar una vista de uno de los terrenos baldíos utilizados para el proceso de habilitado del acero, en tanto que los trabajos de armado se observan en la figura 6.31.



Figura 6.30 *Proceso de habilitado de acero de refuerzo.*



Figura 6.31 *Proceso de armado de acero de refuerzo en losa inferior y muros laterales.*

Una vez terminado este armado, se procede al colado de la losa inferior, utilizando concreto premezclado bombeado, según se puede apreciar en la figura 6.32. El proceso de armado y colado de losa inferior así como el armado de muros laterales se tiene ejecutar en un día.



Figura 6.32 *Colado de losa inferior del dren.*

Posterior al colado de la losa inferior, se procede al cimbrado y colado de los muros laterales, utilizando cimbra en el lado interior del canal y el talud con el proceso de protección tipo ferrocemento como cimbra exterior. El procedimiento de cimbra varia dependiendo de la compañía constructora, por ejemplo en Privada de la Flor se utiliza cimbra con bastidores y separadores metálicos (ver figura 6.33), lo que agiliza el proceso de cimbrado, lográndose en algunos casos el colado de los muros de manera simultánea con el de la losa inferior, ganándose de esta forma un día en el proceso. En caso de no lograrse el colado simultáneo, el colado de muros se tiene que hacer al día siguiente del colado de la losa. Esto es, un día para cimbrado y colado de muros.



Figura 6.33 Cimbra interior en muros del dren, utilizando bastidores y separadores metálicos.

Una vez colado los muros laterales, el riesgo de daño a las construcciones aledañas disminuye considerablemente, debido a que el talud queda completamente contenido por estos. El colado de muro se logra en un máximo de tres días a partir del inicio de los trabajos. Posterior al colado, se procede al descimbrado, troquelando ambos muros para evitar su eventual falla por empujes laterales, debido a que el concreto no ha adquirido su resistencia de diseño a ese momento y a que la losa tapa aún no está fabricada.

Por último se cimbra, arma y cuela la losa superior, con la cual el canal queda perfectamente bien rigidizado y las construcciones fuera de peligro. En la figura 6.34 se muestra el armado de la losa superior, en tanto que en la 6.35 el proceso de colado y por último en la 6.36 una vista interior del dren posterior al descimbrado de la losa superior.



Figura 6.34 Losa superior cimbrada y armada preparada para colado.



Figura 6.35 Vista de colado de losa superior.



Figura 6.36 Vista interior del dren posterior al proceso de descimbrado de la losa superior.

En cada junta fría de colado, se coloca una banda de P.V.C. para disminuir riesgo de filtraciones durante la operación del canal, las cuales pudieran provocar movimientos en las cimentaciones de las construcciones durante dicha operación. En la figura 6.37 se puede observar la colocación de la banda.



Figura 6.37 Vista de banda de P.V.C en junta fría.

En la figura 6.38 se aprecia una vista de Callejón de Guadalupe con el dren terminado. Posteriormente y por último se procede a construcción de pavimentos, banquetas, iluminación y ornatos. En la figura 6.39 se aprecia el inicio de los trabajos de construcción de banquetas en Privada de la Flor.



Figura 6.38 *Vista de Callejón de Guadalupe con el dren terminado*



Figura 6.39 *Vista de inicio de los trabajos de construcción de guarniciones y banquetas en Privada de la Flor.*

Gracias al proceso constructivo propuesto se lograron los siguientes objetivos:

- Seguridad estructural de las construcciones.
- Rapidez constructiva.
- Costo dentro de lo programado por el Municipio de Querétaro.
- Solución a problemática de instalaciones de servicios.

VII. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS CONSTRUCCIONES

Con el afán de hacer una evaluación final del estado de desempeño de las construcciones, al término de la construcción del dren, tomando como referencia el estado inicial previo a dicha construcción, se analizan los resultados de la instrumentación, plomadas, testigos de yeso y nivelaciones, así como una inspección visual del estado en que se encuentran cada una de las construcciones.

En la tabla 7.1 se muestra un resumen construcción por construcción en el que se indican las intervenciones aplicadas a cada una de ellas, el estado de desempeño inicial y final, así como los movimientos registrados en la estructura con la instrumentación y tomando en cuenta reclamos provenientes de los propietarios de las construcciones.

En la tabla 7.2 se muestran los resultados finales de estudio, tomando en cuenta cada una de los aspectos mencionados en la tabla 7.1. En dicha tabla se puede ver como todas las construcciones aledañas al dren se mantuvieron dentro del mismo desempeño estructural que mostraban al inicio de la construcción. No se registraron movimientos en las instrumentaciones colocadas y tampoco se ha registrado reclamo alguno por daño estructural por parte de los vecinos.

El total de las construcciones estudiadas es 45. De estas 45 todas fueron instrumentadas con testigos de nivelación. 37 se instrumentaron con inclinómetros que correspondieron a las 23 de la zona de Callejón de Guadalupe, incluyendo los cruces por Calzada Guadalupe Victoria y Calle Magdalena (ya que en esta zona el riesgo por distancia a la construcción es mayor) más 14 en la zona de Privada de la Flor, incluyendo el cruce por calle Higuera (en las construcciones con

desempeño estructural en el rango de resistencia y último y aquellas con riesgo estructural alto debido a la distancia a la construcción del dren).

La última de las instrumentaciones son los testigos de yeso en grietas existentes, aplicados a 18 construcciones en la zona de Callejón de Guadalupe y a 9 en la zona de Privada de la Flor. El criterio que se sigue es por determinación en sitio de las zonas críticas, obviamente, dando preferencia a las construcciones con peor desempeño o con mayor riesgo.

En cuanto a los apuntalamientos se siguió el criterio de apuntalar toda construcción cuya distancia al dren fuera de 6.00 m o menos (siempre y cuando los habitantes lo permitieran). De acuerdo a este criterio se apuntalaron 20 y 11 construcciones y 14 y 5 bardas en Callejón de Guadalupe y Privada de la Flor respectivamente.

En base a las juntas con los colonos llevadas a cabo antes de inicio de la construcción del dren, se determinaron el refuerzo de 6 bardas en Callejón de Guadalupe y una en Privada de la Flor, en tanto que 5 bardas, todas ellas en Callejón de Guadalupe fueron demolidas para su posterior reconstrucción.

Por otro lado tenemos que las 23 casas de Callejón de Guadalupe tuvieron que ser desocupadas por el alto riesgo estructural según la distancia a la construcción del dren que esta zona tiene, en tanto que en Privada de la Flor solamente dos construcciones con desempeños estructurales muy malos se desocuparon como medida de prevención y para tranquilidad de sus moradores.

Por último podemos decir que gracias al procedimiento propuesto en este trabajo, a la buena colaboración entre los diferentes actores, llámese constructora, gobierno municipal, colonos, colegio de ingenieros civiles, supervisión de obra, y a la ejecución en obra de lo planeado y diseñado así como al consenso en los cambios o adecuaciones sobre la ejecución del proyecto, se identifica un buen

comportamiento de las casas aledañas a la construcción del dren, al no presentarse ningún daño registrado ni en la instrumentación ni por reclamos provenientes de los propietarios de los inmuebles.

Debido a lo anterior se puede decir que la construcción del dren no impactó de manera negativa el comportamiento estructural de las construcciones aledañas a éste, sin embargo es recomendable dar un seguimiento a su comportamiento durante la operación futura del dren, a través de monitoreos periodicos.

Tabla 7.1 *Concentrado de intervenciones, desempeños antes y después de la construcción del dren, así como de movimientos registrados en la estructura de las construcciones aledañas al Dren Norte Brazo "A".*

No.	DOMICILIO	INSTRUMENTACIÓN			INTERVENCIONES					DESPLAZAM.		MOVIMIENTOS	
		NIVELACIÓN	INCLINAMIENTOS	DESPLAZAM. VERTICAL	AFUNDAMIENTO CONSTRUCCIONES	AFUNDAMIENTO BARRAS	REPULSOS EN BARRAS	DEFORMACIONES BARRAS	DESCARRIACION	CRONIA	DESPLAZ.	DESPLAZAMIENTOS	RECLAMOS PROPIETARIOS
1	Calzada de Gpe. 201	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	DRO	DRO	NO	NO
2	CG 8 (entre casa 108 y 200)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
3	Callejón de Gpe. 8 (acceso por Calzada de Guadalupe)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
4	CG 104	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	DRDC	DRDC	NO	NO
5	CG 105	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
6	CG 108	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
7	CG 109	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
8	CG. 112	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NA	NA	NO	NO
9	CG 115	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
10	CG 122	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	DRE	DRE	NO	NO
11	CG 125	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	DRO	DRO	NO	NO
12	CG 126	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
13	CG 128	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
14	CG 200	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO

15	CG 201	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	DRO	DRO	NO	NO
16	CG 210	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
17	CG 210 A	SI	SI	NO	SI	SI	NO	NO	SI	DRDC	DRDC	NO	NO
18	CG 211 y 211 A	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	DRDC	DRDC	NO	NO
19	CG 214	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
20	CG 216	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	DRDC	DRDC	NO	NO
21	CG 220	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	DRO	DRO	NO	NO
22	Magdalena 20	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	DRO	DRO	NO	NO
23	Magdalena 138	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	DRO	DRO	NO	NO
24	PF 98	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	DRO	DRO	NO	NO
25	PF 100	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	DRO	DRO	NO	NO
26	PF 101	SI	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	DRR	DRR	NO	NO
27	PF 102	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	DRO	DRO	NO	NO
28	PF 104	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	DRR	DRR	NO	NO
29	PF 105	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	DRR	DRR	NO	NO
30	PF 106	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	DRDC	DRDC	NO	NO
31	PF 107	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	DRR	DRR	NO	NO
32	PF 108 y 110.	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	DRR	DRR	NO	NO
33	PF 111	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	DRO	DRO	NO	NO
34	PF 112	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	DRO	DRO	NO	NO
35	PF 113	SI	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO	DRO	DRO	NO	NO
36	PF 114	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	DRU	DRU	NO	NO
37	PF 115	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	DRU	DRU	NO	NO
38	PF 116	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	DRO	DRO	NO	NO
39	PF 117	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	DRE	DRE	NO	NO
40	PF 119	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	DRDC	DRDC	NO	NO
41	PF 121	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	DRU	DRU	NO	NO
42	PF 123	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	DRDC	DRDC	NO	NO
43	PF 125	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	DRU	DRU	NO	NO
44	Higuera 77	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	DRE	DRE	NO	NO
45	Higuera 144	SI	NO	NO	SI	SI	NO	NO	NO	DRDC	DRDC	NO	NO

CG = Callejón de Guadalupe, PF = Privada la Flor, DRE = Desempeño en el Rango Elástico
DRO = Desempeño en el Rango Operacional, DRDC = Desempeño en el Rango de Daño Controlado, DRR = Desempeño en el Rango de Resistencia, DRU Desempeño en el Rango Último

Tabla 7.2 *Resumen de resultados finales, desempeños antes y al término de la construcción del dren, así como de movimientos registrados en la estructura de las construcciones aledañas al Dren Norte Brazo "A".*

CONCEPTO	No. de Construcciones	Porcentaje del Total
Total de construcciones estudiadas	45	100 %
Total de construcciones instrumentadas con testigos de nivelación	45	100 %
Total de construcciones instrumentadas con inclinómetros.	32	71 %
Total de construcciones instrumentadas con testigos de yeso.	27	60 %
Total de construcciones apuntaladas	31	68 %
Total de bardas apuntaladas	19	42 %
Total de bardas reforzadas	7	15 %
Total de bardas demolidas	5	11 %
Total de construcciones desocupadas durante la construcción del dren.	25	55 %
Total de construcciones con deterioro estructural debido a la construcción del dren.	0	0 %
Total de construcciones con movimientos registrados por la instrumentación.	0	0 %
Total de construcciones con daños estructurales reportados por vecinos.	0	0 %

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio de tesis se pueden mencionar las siguientes conclusiones.

- En el presente trabajo se propone una metodología de evaluación por desempeño, riesgo estructural y valor de pérdida de beneficio, para las construcciones cercanas a la construcción del dren. Con este criterio de referencia se dictamina el estado de las casas antes, durante y al término de la construcción del dren.
- Este procedimiento puede ser de suma utilidad para situaciones similares al que puedan estar sometidas construcciones en zonas urbanas de acelerado crecimiento tanto en el estado, como en la región o en la República Mexicana.
- De igual forma, dicho procedimiento puede ser utilizado en evaluaciones y seguimientos estructurales de construcciones dañadas por asentamientos diferenciales de la cimentación, como por ejemplo conjuntos habitacionales de interés social, caso muy frecuente en la ciudad de Querétaro.
- Gracias al procedimiento propuesto en este trabajo y a la buena colaboración entre los diferentes actores, llámese constructores, autoridades, colonos, colegio de ingenieros civiles, supervisión de obra, así como a la ejecución en obra de lo planeado y diseñado y al consenso en los cambios o adecuaciones sobre la ejecución constructiva, se pudo lograr que de las 45 construcciones aledañas estudiadas, ninguna de ellas presentara daños en cuanto a su desempeño estructural se refiere, esto en base a la revisión final que

de ellas se hizo, a las lecturas de la instrumentación colocada y a que no se recibió ningún reclamo en ese sentido por parte de los vecinos.

- La metodología propuesta también se ajusta a los aspectos económicos, ya que tanto las disposiciones de seguridad y monitoreo, como el proceso constructivo sugerido, permiten que el costo de la ejecución de la obra se mantenga dentro de lo presupuestado inicialmente por parte del Municipio.
- Así mismo los tiempos de construcción se ajustaron al programa de obra inicialmente propuesto por el Municipio, ya que los 160 m de dren en Privada de la Flor y los 180 m en Callejón de Guadalupe, se ejecutaron en cuatro semanas.
- El conjunto de estudios, negociaciones y ejecución de obra se realizaron en tiempos adecuados, ya que el inicio de los levantamientos estructurales fue a mediados de mayo y el dren en sus zonas críticas se terminó a principios de octubre.
- Gracias a la ejecución de esta obra, se resuelve parcialmente un problema de inundaciones de la parte norte de la ciudad, con lo que, según datos proporcionados por el Instituto de Investigaciones Eléctricas en un estudio encargado por el Municipio de Santiago de Querétaro, se verán beneficiados un total de 267,000 habitantes de dicho municipio. Por otro lado los callejones serán remodelados de tal forma que los colonos que dieron su aval para la construcción se vean beneficiados con una mejor imagen urbana. En el caso de Callejón de Guadalupe, el municipio compró un terreno que era punto de reunión de drogadicto para convertirlo en un parque comunitario.

Por otro lado se pueden dar las siguientes recomendaciones.

- Es necesario continuar con el monitoreo de las construcciones aledañas durante la operación del dren.
- Es necesario un correcto mantenimiento del dren durante su vida útil para garantizar que cumpla de manera adecuada con la función para la que fue creado, sin afectar a los vecinos que dieron su aval para el cruce de éste por sus calles.
- Es necesario que el dren se opere con control de avenida y con supervisión permanente. Lo anterior con la finalidad de evitar eventuales inundaciones provocadas por pasos de avenidas superiores a la capacidad del dren.
- Para trabajos futuros, se recomienda realizar estudios de desempeño de estructuras de mampostería desplantadas sobre arcillas expansivas, ya que para el presente trabajo se tuvo que llevar a cabo una extrapolación de resultados de estructuras estudiadas ante cargas laterales. Dicha extrapolación, si bien en los rangos de servicio parece ser bastante coherente, para rangos últimos no queda claro en que punto la estructura se encuentra en riesgo de colapso.

Por último, esta construcción representa un ejemplo, en el que una obra esperada por más de diez años y que brinda beneficios a miles de personas, fue posible debido a que tanto autoridades, universidad, profesionistas, colonos y constructores trabajaron en equipo para buscar el bien común sin afectar ningún interés y sin tomar ventajas no éticas para ninguna de las partes.

IX. BIBLIOGRAFÍA

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 1994. American Association of State Highway and Transportation Officials. Primera Edición. EUA.

Alarcón, P. y S.M. Alcocer. 1997. Repercusiones de las características mecánicas de la mampostería en el diseño sísmico. Memorias XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, México, Volumen I, pag 625.

Alcocer, S. R. Meli, y T. Sánchez. 1994. Comportamiento ante cargas laterales de sistemas de muros de mampostería confinada con diferentes grados de acoplamiento a flexión. Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). Cuaderno de investigación No. 17. México, D.F.

Alcocer, S.M. 1997. Comportamiento sísmico de estructuras de mampostería: una revisión. Memorias XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, México. Volumen I, pag. 164.

Arroyo M. et. al. 1997. Elaboración de cartas de rallas y agrietamientos de Celaya, Gto. Y Querétaro, Qro. Proyecto Siglo. DUV-1/96.

Astroza M. y A. Schimidt. 2004. Capacidad de deformación de muros de albañilería confinada para distintos niveles de desempeño. Revista de Ingeniería Sísmica, SMIS, No. 70, pag 59.

Bonelli, P. 1999. Formato propuesta para la norma NCh433 y comentarios. Borrador de trabajo.

Bowles, J. 1996. Foundation analysis and Design. McGraw-Hill International Editions. Fifth edition. New York.

Departamento del Distrito Federal. 1987. Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, México.

Departamento del Distrito Federal. 2004. Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería. Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, México.

Fundacion I.C.A. 1999. Edificaciones de mampostería para vivienda. Fundación I.C.A., A.C. México, D.F.

Hernández, O., R. Meli, M. Padilla y E. Valencia. 1981. Refuerzo de la vivienda económica en zonas sísmicas. Estudios experimentales. Publicación 441 de la Serie Azul del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Instituto de Investigaciones Eléctricas. 2004. Estudio de la problemática pluvial de la ciudad de Querétaro, encargado por el Municipio de Querétaro. Comisión Federal de Electricidad, México.

Instituto Mexicano del Transporte. 1997. Análisis normativo y estadístico de cargas vivas en puentes en México. Publicación técnica 97. Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México.

Juárez Badillo, E., A. Rico. 1979. Mecánica de Suelos, Tomo II. Editorial Limusa. 2ª. Edición. México, D.F.

Meli, R. 1975. Comportamiento sísmico de muros de mampostería. Informe 352, Instituto de Ingeniería, UNAM. México, D.F.

Misuno, H., T. Fukuta, I. Ohkawa y M. Iiba. 1998. A monotonic lateral loading test of adobe wall specimens. Building Research Institute, Ministry of Construction. Tsukuba, Japón.

Pualay, T. y M. J. N. Priestley. 1991. Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings, John Wiley & Sons. Nueva York, Estados Unidos.

Pume D. 1989. Czechoslovakian practice in evaluating, strengthening and retrofitting masonry buildings. Seminario Internacional sobre Evaluación, Refuerzo y Rehabilitación de Edificios de Mampostería. The Masonry Society.

Rodríguez M. 2004. Un enfoque alternativo para la evaluación y diseño de edificaciones de mampostería en zonas sísmicas. Revista de Ingeniería Sísmica, SMIS, No. 70, pag. 27.

Rodríguez, M. y E. Castrillón. 1995. Manual de evaluación postsísmica de la seguridad estructural de edificaciones. Serie Azul No. 569. Instituto de Ingeniería, UNAM.

Ruiz García, J. 1995. Reparación y refuerzo de una estructura tridimensional de mampostería confinada de dos niveles a escala natural. Tesis de maestría. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM.