CAPITULO 4

4. ANEXOS

El Capítulo 4 contiene la información técnica referente a la documentación que fue utilizada para la construcción del edificio, así como datos generales obtenidos en ensayos recientes para la realización de la presente tesis; tales como:

- Informes de residencia de obra.
- Copia de las Especificaciones Técnicas.
- Copias de Planos Originales.
- Relleno y Suelo Expansivo.
- Filtración Excesiva de Agua.
- Nuevos Estudios de Suelos.
- Nuevos Ensayos de Hormigón.
- Análisis Unitarios.
- Material Técnico Consultado en Bibliografía e Internet.

4.1. Informes de Residencia de Obra

Junto al libro de obra también constan archivados los informes mensuales presentados por el residente de obra, en donde junto con las planillas y otros informes van dando a conocer mes a mes los avances de la obra, a continuación se presenta cronológicamente mediante la investigación de esta información cuales fueron las obras realizadas en los diferentes meses de trabajo.

1-15 Julio/2001: Limpieza del terreno, construcción de la caseta, excavación de la cimentación, preparación de paredes de encofrado y algunas armaduras de hierro.

16-31 Julio/2001: Relleno de capas de piedra, armado y fundición de plintos, armado y fundición de parte de las riostras y pilares, parte del relleno y compactación.

Preparación de paneles de encofrado y algunas armaduras de hierro.

1-15 Agosto/2001: Se completó el relleno y el contrapiso, se instaló una tubería de desagüe de 50 mm., se fundieron todos los pilares y se inició la levantada de paredes.

1-15 Septiembre/2001: Se completó la construcción de las vigas de cubierta y se continuó la levantada de paredes.

16-30 Septiembre/2001: Se completó el embloqueado de paredes, las viguetas y los pilaretes, se completó el 100% de los ramales de 50 mm. y de 110 mm. de eliminación de agua potable y servida y de las tomas y la acometida eléctrica.

1-15 Octubre/2001: Se completó el enlucido de las paredes.

16-31 Octubre/2001: Se completó el 100% de enlucidos de filos y se completó la construcción de los parapetos y canales de cubierta.

1-15 Noviembre/2001: Se inició el empastado interior de las paredes, se completó la albañilería de los mesones y los enlucidos de parapetos y canales.

16-30 Noviembre/2001: Se completó el 100% del revestimiento de baldosa de pisos y de cerámica en las paredes y pisos de baños.

1-15 Diciembre/2001: Se terminó el empastado interior de las paredes, se inició el revestimiento de los mesones y la pulida de pisos, y la construcción de veredas.

16-31 Diciembre/2001: Se continuó con el revestimiento de mesones, pulida de pisos, cielo raso, instalación de ventanas y puertas y otros rubros.

Hasta este momento, en donde se paralizó la obra, se llevaba ejecutado el 90.42% de avance de obra sobre el 100% programado, teniendo un déficit del 9.58% que se adjudica a la falta de recursos.

Luego de una prolongada paralización, se retoma la construcción de este edificio, en su mayoría acabados, teniendo así como obras realizadas desde el 8 de Julio del 2002 hasta el 17 de Agosto del 2002, donde termina la obra, las siguientes actividades:

Pintura y empastado de lugares faltantes, fundición de rampa de ingreso de vehículos.

Se mejora terreno y encofra para fundir cuneta. Se funde la cuneta.
Se mejora terreno y encofra para fundir caminera. Se funde la caminera.
Se colocan materiales eléctricos faltantes.
Junto con las puertas de madera de cedro se colocan chapas y bisagras.
Se realiza limpieza general del edificio.

Mediante el estudio del libro de obra y los diferentes reportes presentados por el residente de obra, podemos darnos una vista más clara de cómo se llevó a cabo esta obra, cual fueron los diferentes problemas llevadas en el transcurso de la misma y como afectan en la actualidad al edificio.

4.2. Copia de las Especificaciones Técnicas

A continuación se adjuntan copias de las especificaciones técnicas originales de la obra en estudio.

4.3. Copias de Planos Originales

A continuación se adjuntan copias de los planos originales de la obra en estudio.

(Colocar copias de planos originales)

Planos 1-8

4.4. Relleno y Suelo Expansivo

En las figuras mostradas en este anexo se muestra la presencia de suelo café expansivo, arcillas expansivas y un relleno que fluctúa entre 24 cm. y 74 cm. de profundidad, lo que no sigue las recomendaciones de los estudios de suelos y ayuda a que la expansión del suelo deteriore el edificio.

FIGURA 4.1. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO

FIGURA 4.2. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO

FIGURA 4.3 SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO

FIGURA 4.4. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO

FIGURA 4.5. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO

FIGURA 4.6. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO

FIGURA 4.7. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO

FIGURA 4.8. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

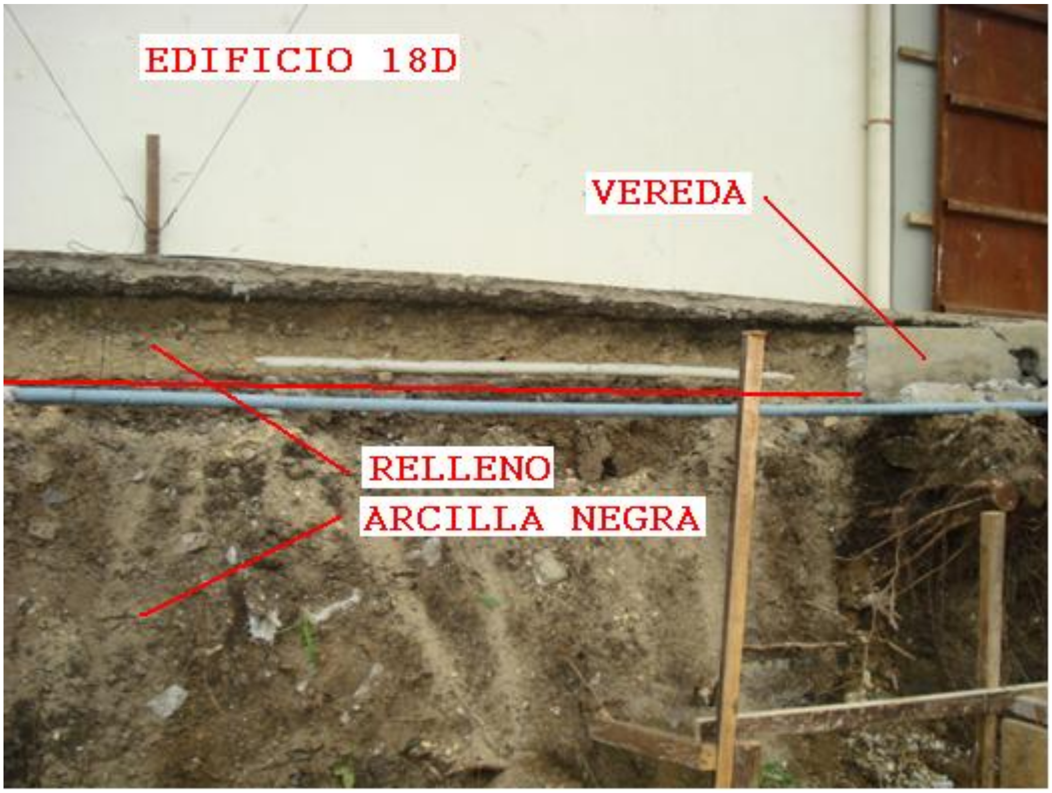

FIGURA 4.9. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

FIGURA 4.10. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

FIGURA 4.11. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

FIGURA 4.12. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

FIGURA 4.13. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

FIGURA 4.14. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

FIGURA 4.15. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

FIGURA 4.16. DIFERENCIA DE PROFUNDIDAD DE RELLENO

FIGURA 4.17. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

4.5. Filtración Excesiva de Agua

Las fotos muestran la incidencia del agua que se utiliza para trabajos de lavado de vehículos, drenaje de aires acondicionado, y las áreas sin tratar alrededor del edificio, lo que contribuye a la expansibilidad del suelo.

FIGURA 4.18. JARDINERAS EN PARTE DELANTERA DE EDIFICIO

FIGURA 4.19. FILTRACIÓN DE AGUA POR VEREDAS, CANALES OBSTRUIDOS

FIGURA 4.20. FILTRACIÓN DE AGUA POR VEREDAS, CANALES OBSTRUIDOS

FIGURA 4.21. VIVERO EN ZONA POSTERIOR, ZONA DE VEGETACIÓN ALREDEDOR DEL EDIFICIO

FIGURA 4.22. CANAL OBSTRUIDO, SIN MANTENIMIENTO

FIGURA 4.23. CANAL OBSTRUIDO, SIN MANTENIMIENTO

FIGURA 4.24. CANAL OBSTRUIDO, SIN MANTENIMIENTO

FIGURA 4.25. FILTRACIÓN POR VEREDAS Y JARDINERAS DE AGUA USADA EN LIMPIEZA DE VEHÍCULOS

FIGURA 4.26. FILTRACIÓN POR VEREDAS Y JARDINERAS DE AGUA USADA EN LIMPIEZA DE VEHÍCULOS

FIGURA 4.27. ZONA DE VEGETACIÓN ALREDEDOR DEL EDIFICIO

4.6. Nuevos Estudios de Suelos

Se realizaron nuevos ensayos de suelos en el Laboratorio de Suelos de FICT, luego de pedir su respectiva autorización y bajo supervisión del Ing. Julio García, encargado del Laboratorio de Suelos, y la Ing. Carmen Terreros de Varela, Jefe del Laboratorio de Suelo.

Se puede observar el lugar donde se realizaron las perforaciones, marcados con puntos negros, en la figura 4.28.

FIGURA 4.28. Ubicación de las perforaciones

En las perforaciones se encontraron residuos de construcciones como se aprecian en las siguientes fotos:

FIGURA 4.29. RESIDUO DE ASFALTO EN EL SUELO

FIGURA 4.30. RESIDUO DE ASFALTO EN EL SUELO

FIGURA 4.31. DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN EN SUELO

Las perforaciones se realizaron en dos días, la metodología seguida para la extracción de las muestras fue la siguiente:

1. Se elegía un lugar cerca de donde se presentan la mayor cantidad de daños en la estructura.
2. se procede a limpiar la vegetación y unos centímetros de suelo con residuos de la misma.
3. Se excava manualmente hasta una profundidad determinada, obteniendo una muestra alterada.
4. Por la excavación antes realizada se introduce un tubo de perforación, el cual será enterrado por roto percusión y luego extraído de manera similar con una muestra inalterada del suelo.
5. Se vuelve a realizar los pasos de excavación manual y del tubo de perforación hasta llegar a la profundidad deseada o ya no sea posible seguir con el procedimiento.
6. Finalmente se vuelve a llenar el orificio con el material sobrante.

A continuación en las siguientes fotos es posible observar parte del procedimiento realizado en las dos perforaciones:

Perforación 1:

FIGURA 4.32. LUGAR DE LA PERFORACIÓN

FIGURA 4.33. ORIFICIO DE PERFORACIÓN

FIGURA 4.34. LUGAR DE PERFORACIÓN

FIGURA 4.35. PERFORACIÓN

FIGURA 4.36. PERFORACIÓN TERMINADA Y RELLENADA

Perforación 2:

FIGURA 4.37. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN

FIGURA 4.38. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN

FIGURA 4.39. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN

FIGURA 4.40. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN

FIGURA 4.41. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN

FIGURA 4.42. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN

FIGURA 4.43. CALICATA PARA PERFORACIÓN

FIGURA 4.44. ORIFICIO DE PERFORACIÓN

FIGURA 4.45. ORIFICIO DE PERFORACIÓN

FIGURA 4.46. RELLENO DE CALICATA

Una vez obtenidas las muestras se procedió a realizar los diferentes ensayos de laboratorio, los cuales se especifican a continuación:

ENSAYOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS:

FIGURA 4.47. MUESTRAS PARA ENSAYOS DE LABORATORIO

Aquí se realizaron los siguientes ensayos, cuyos datos se presentan al final del presente anexo.

- Compresión Simple “qu”.
- Granulometría.
- Limites de Atterberg.
- Expansión Controlada.
- Expansión Libre.

COMPRESIÓN SIMPLE:

Para la realización de este ensayo usamos una muestra inalterada de forma cilíndrica, anotamos su peso, altura y radio, todo esto bajo la humedad natural del suelo.

Se utilizan dos diales, el uno se hace avanzar cada diez segundos una medida de deformación, mientras que en el otro se va midiendo la carga que se le ejerce a la muestra, todo esto hasta que la muestra falle.

Al obtener estos datos se procede a realizar los cálculos, obteniendo finalmente como resultado el esfuerzo de compresión en Ton/m2, también conocido como “qu”.

FIGURA 4.48. MUESTRA, PRENSA Y DIALES DE COMPRESIÓN SIMPLE

FIGURA 4.49. MUESTRA, PRENSA Y DIALES DE COMPRESIÓN SIMPLE

FIGURA 4.50. MUESTRA CULMINADO ENSAYO

GRANULOMETRÍA:

Para el ensayo de granulometría se sigue el siguiente procedimiento:

1. Para este ensayo se secan las muestras en un horno a 105 ºC, excepto si los suelos son residuales, caso en el cual son secadas al ambiente, se pesa la cantidad requerida para la prueba.
2. Se desmoronan las porciones de suelo adheridas entre sí con un rodillo y con la mano.
3. Se coloca la muestra en la tamizadora y se realiza el proceso de tamizado por quince minutos.
4. Todas las partículas retenidas en cada malla son pesadas, cuidando que no se queden retenidas en sus aberturas, las cuales se limpian con una brocha o cepillo de alambre.
5. Si se realizo previamente un lavado por la malla 200, ese porcentaje debe considerarse como que se quedó en el fondo.

Terminado el ensayo y obtenidos todos estos datos se procede a realizar los cálculos, los cuales consisten en calcular mediante el peso retenido en cada malla, el porcentaje de pasante y retenido, tanto acumulado como no acumulado. Con esto se puede analizar la consistencia del suelo en cuanto a cuantas partículas finas posee el mismo.

FIGURA 4.51. MUESTRA EN EL HORNO

FIGURA 4.52. MUESTRA EN PROCESO DE TRITURACIÓN

FIGURA 4.53. MUESTRAS LISTAS PARA ENSAYO GRANULOMÉTRICO

FIGURA 4.54. MUESTRAS EN PROCESO DE TAMIZADO

LIMITES DE ATTERBERG:

Límite Líquido:

Se utiliza la Copa de Casa Grande, un ranurador de 2 mm., un recipiente de evaporización, recipientes pequeños, espátula, horno de 105-110 ºC.

El suelo deberá ser pasante de la malla 40, esta muestra secada previamente en el horno, desmenuzada en un mortero y tamizada.

La Copa de Casa Grande es de bronce y tiene una altura de caída de 1 cm. sobre una base de caucho.

Procedimiento:

Una porción de la muestra se coloca en una bandeja de evaporación y se le agregan de 15 a 20 centímetros cúbicos de agua. Se mezcla bien intentando que la masa quede homogénea, se coloca en la copa sin llenarla, de modo que la altura de la parte más gruesa sea de 1 cm. Se traza un canal en el centro con el ranurador, se da golpes con el manubrio al ritmo de 2 revoluciones por segundo hasta que el canal se una en una longitud de media pulgada. Se anota el número de golpes que han sido necesarios para ello.

Del sitio de unión se coge una pequeña porción y se coloca en un recipiente para determinar su contenido de humedad, esto pesando la muestra antes y después de ser dejada 24 horas en el horno a 110 ºC.

Se retira el material de la copa y se lo regresa a la bandeja de evaporación, se le agregan unos 3 centímetros cúbicos de agua, se mezcla bien y se repite el procedimiento. De la misma manera se anotan el número de golpes.

Si nos excedemos de agua, se deberá añadir suelo seco en lugar de agua.

Línea de Escurrimiento:

En un papel semilogarítmico se grafica humedad (W%) en escala aritmética y numero de golpes en escala logarítmica y se unen los diferentes puntos en línea recta.

El Límite Líquido es el contenido de humedad que corresponde a la intercepción de la línea de escurrimiento con la de 25 golpes.

Un ejemplo de este tipo de grafico es el que se muestra a continuación, donde el Límite Líquido es WL = 61.

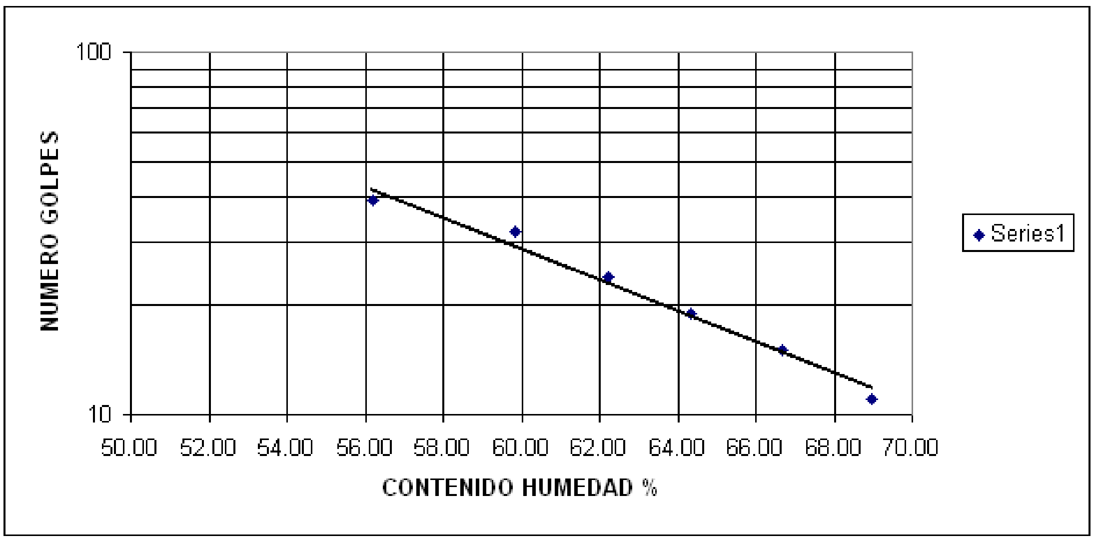

FIGURA 4.55. EJEMPLO DE GRAFICO PARA LÍMITE LÍQUIDO

.

<u>Límite Plástico:</u>

Es el menor contenido de agua con el cual el suelo permanece plástico. Para su determinación se toman unos 10 gramos de la muestra anterior y se le añade algo de suelo seco, de modo que al hacer una bola no se pegue en las manos. Luego se le da una forma elipsoidal y se presiona haciendo rollitos sobre una superficie de vidrio hasta que sean de unos 3 mm. de diámetro, se los une nuevamente y se repite el proceso hasta que los rollitos de 3 mm. se desmoronen o se agrieten durante el enrollado.

En tres recipientes se colocan algunos de esos rodillos y se le determina el contenido de humedad. Los tres recipientes deberán tener el mismo contenido de humedad, el límite plástico deberá ser el promedio entre los tres.

ENSAYOS DE EXPANSIÓN:

El mayor problema en el edifico en estudio es el suelo expansivo bajo el mismo por lo que tomando como referencia el Libro “Mecánica se Suelos” escrito por la Ingeniera Carmen Terreros de Varela a continuación tenemos la definición de expansión y tipos de ensayos de expansión:

EXPANSIÓN:

La expansión del terreno produce en las estructuras levantamientos que destruyen las mismas, estas suelen ser producidas por disminución de presiones y/o un aumento en la humedad del suelo.

Suele producirse con frecuencia en zonas áridas secas, aumentando su volumen al recibir humedad proveniente de lluvias o por capilaridad.

Mientras más ligera es una estructura, se hinchará más el suelo expansivo, debiéndose tomar las debidas precauciones en:

- Edificaciones de carga ligera.
- Vertedores de presas.
- Pavimentos en general.
- Recubrimiento de concreto para canales.
- Paredes o pesos de piscinas.

Se debe sospechar que un suelo es expansivo si posee alguna de las siguientes características:

- Suelos de coloración oscura.
- Índice plástico elevado.
- Límite de contracción < 10%.
- Al observar fisuras o grietas en edificaciones vecinas.

<u>Ensayos de expansión:</u>

Para obtener información de cómo y en que magnitud puede dañar un suelo expansivo una estructura, existen dos tipos de ensayo:

- Expansión libre.
- Expansión controlada.

Expansión libre:

En este ensayo se determina el porcentaje de expansión que sufre el suelo cuando entra en contacto con el agua.

La muestra es confinada en un anillo que permita solo deformaciones verticales y no horizontales, como el que se usa para los ensayos de consolidación, esta será colocada en un recipiente con agua durante 1 o 2 horas. El dial va a girar en sentido contrario por lo que deberá empezar con diez vueltas por adelantado.

$\%\varepsilon$ = (Li-Lf) x 100 / H

$\%\varepsilon$ = (Li-Lf) x 100 / 0.75” (En caso de ser utilizado el consolidómetro)

Expansión Controlada:

En este ensayo se aplican cargas en el consolidómetro de modo de controlar que la aguja del mismo se mantenga en cero, hasta que finalmente deja de moverse.

Esa carga final determinara el esfuerzo de expansión según el brazo de palanca del consolidómetro.

Con lo que si tenemos los siguientes datos: carga final = 3 k

Brazo de palanca = 1:8

σ exp. = 3 x 8 / 31.69 x 1 = 0.758 k/cm2 = 7.58 T/m2

Arcillas normales no expansivas presentan una expansión del 1 al 2%, en caso de tener más de 3% no sirven para carreteras.

FIGURA 4.56. MOLDEO DE MUESTRA PARA ENSAYOS DE EXPANSIÓN

FIGURA 4.57. MOLDEO DE MUESTRA PARA ENSAYOS DE EXPANSIÓN

FIGURA 4.58. PREPARACIÓN DE EQUIPO PARA ENSAYOS DE EXPANSIÓN

FIGURA 4.59. EQUIPO PARA ENSAYOS DE EXPANSIÓN

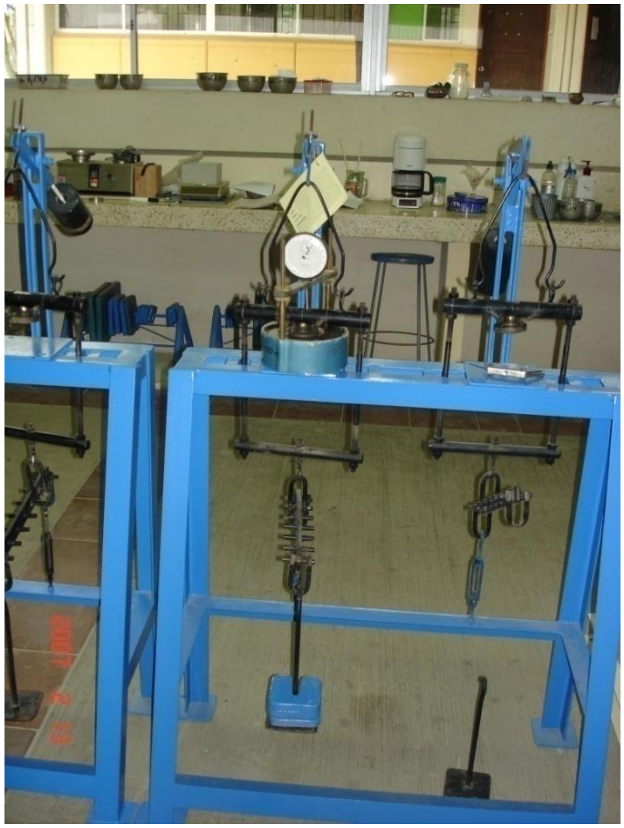

FIGURA 4.60. PROCESO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN

FIGURA 4.61. PROCESO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN

FIGURA 4.62. PROCESO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN

A continuación se presentan gráficos obtenidos a partir de los ensayos de expansión libre:

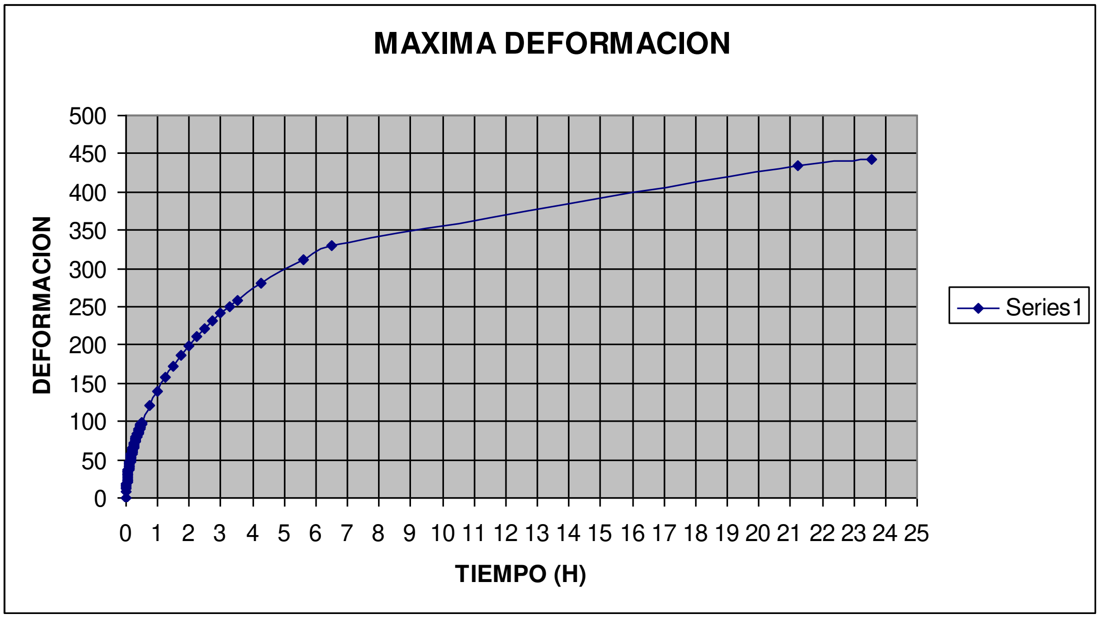

FIGURA 4.63. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 2 PERFORACIÓN 1

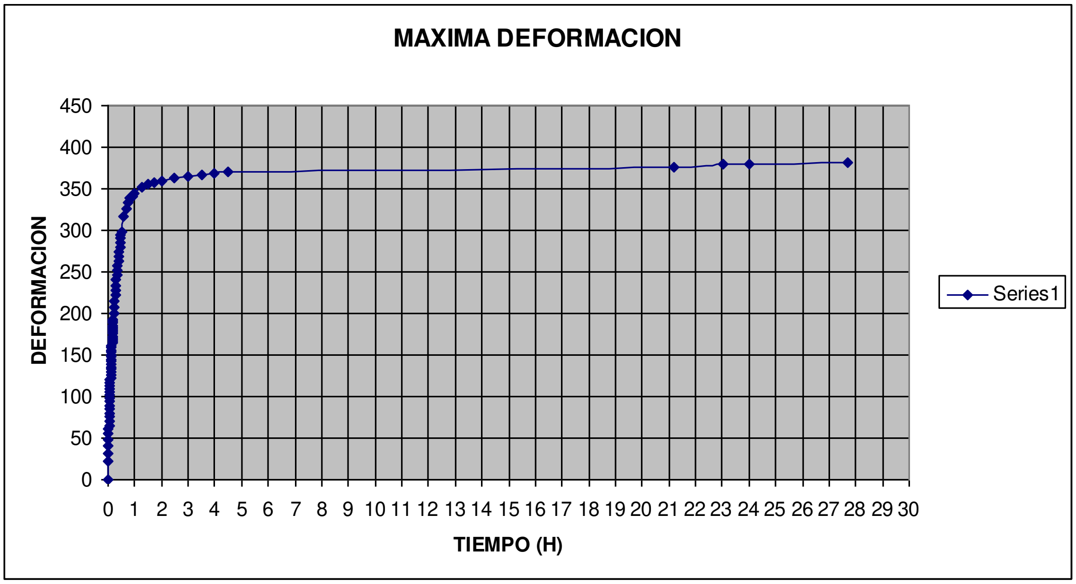

FIGURA 4.64. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 4 PERFORACIÓN 1

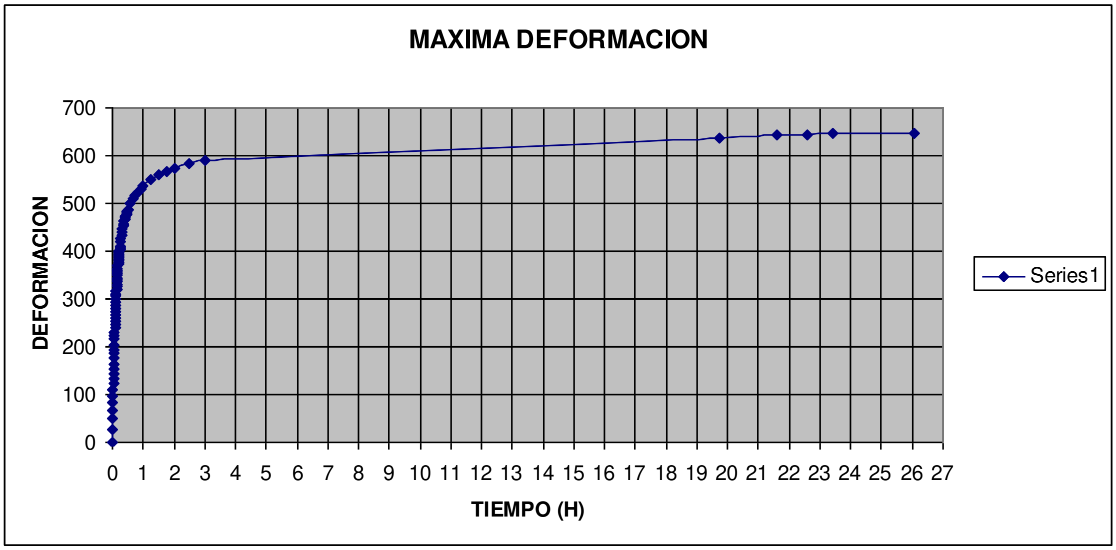

FIGURA 4.65. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 5 PERFORACIÓN 1

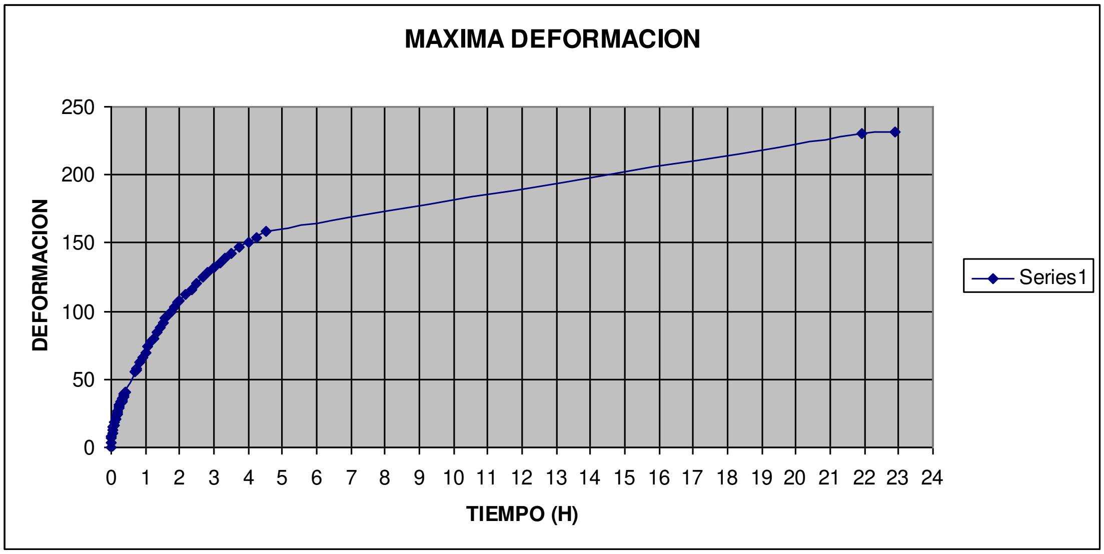

FIGURA 4.66. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 2 PERFORACIÓN 2

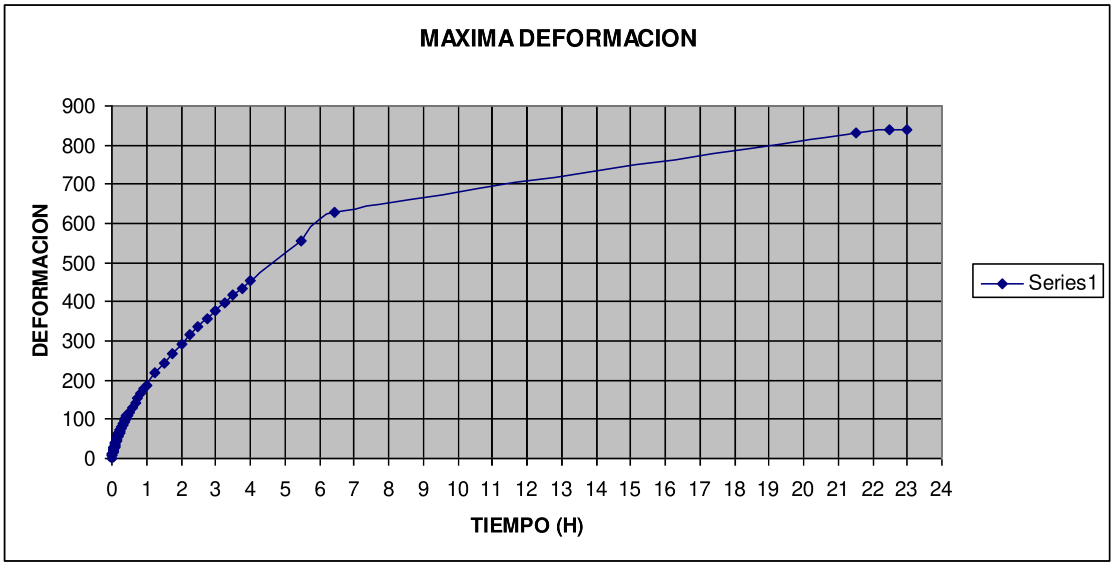

FIGURA 4.67. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 4 PERFORACIÓN 2

En las tablas 19 y 20 observamos los resultados de los nuevos estudios de suelos.

TABLA 19

ESTUDIO DE SUELOS: PERFORACIÓN # 1 (FEBRERO 6 DEL 2007)

MUESTRA #	PROF. M	DESCRIPCIÓN VISUAL	SUCS	HUMEDAD %	PASA #200 (%)	WL %	WP %	IP %	"qu" T/M2	EXPANSIÓN T/M2
2	1.2	ARCILLA CAFÉ OSCURA CON PARTÍCULAS DE ARENISCA EN LA PARTE INFERIOR	CH	24.83	74.39	61	20.81	40.19	50.87	3.95
4	1.9	ARCILLA CAFÉ OSCURA CON INTERCALACIONES DE ARENISCA	CL	14.68	70.20	37.9	19.44	18.46	60.76	12.63
5	2.35	ARCILLA CAFÉ OSCURA Y ARENISCA	CL	13.76	34.37	39.80	18.63	21.17	23.26	3.95

TABLA 20

ESTUDIO DE SUELOS: PERFORACIÓN # 2 (FEBRERO 7 DEL 2007)

MUESTRA #	PROF. M	DESCRIPCIÓN VISUAL	SUCS	HUMEDAD %	PASA #200 (%)	WL %	WP %	IP %	"qu" T/M2	EXPANSIÓN T/M2
2	1.25	ARCILLA CAFÉ OSCURA	CH	37.12	95.40	69.2	19.19	50.01	55.91	3.5
4	2.10	ARCILLA CAFÉ OSCURA	CH	28.39	94.05	76.4	19.90	56.50	41.65	12.63

A continuación se adjuntan las tablas con los todos datos obtenidos por medio de los ensayos de laboratorio previamente descritos.

4.7. Nuevos Ensayos de Hormigón

Para el estudio de los problemas presentados en el edificio del Laboratorio de Agropecuaria de la Facultad de IMCP, es necesario realizar un análisis de los miembros estructurales más afectados para afirmar o descartar la posibilidad de que estos hayan presentado lesiones por motivos estructurales provocados por un mal diseño o una mala construcción.

Dado que el edificio se encuentra en estado operativo, no es factible realizar una extracción de núcleos de hormigón de los miembros estructurales con lesiones puesto que esto presentaría muchos inconvenientes y molestias para las personas que laboran en el mismo. Por suerte este tipo de ensayo destructivo no fue necesario, puesto que como es norma antes de realizar el mismo es posible realizar uno no destructivo por medio de un esclerómetro.

Este instrumento llamado esclerómetro es una especie de martillo que por medio de rebotes del mismo puede obtener un valor muy acertado de la resistencia en este caso de hormigón.

El esclerómetro utilizado para el presente estudio fue el DigiShmidt 2000, un esclerómetro digital perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, el cual fue debidamente solicitado al Laboratorio de Suelos de la misma y facilitado sin ningún inconveniente.

Para evitar cualquier tipo de error se procedió a llevar el instrumento, en compañía del encargado de los laboratorios el Ing. Julio García, hacia los laboratorios de la Hormigonera Holcim para pedir instrucciones sobre el correcto desempeño del aparato, se lo llevo hasta esos laboratorios ya que en los mismos trabajan a diario con este tipo de instrumentos y no hay un lugar mejor que este para pedir asesoramiento para el mismo, ya en los laboratorios de la Holcim fuimos muy bien atendidos y asesorados sobre el manejo de este esclerómetro.

Una vez con todo listo, se procedió a tomar lecturas de todos los miembros estructurales que presentaban lesiones, en este caso fisuras a lo largo de sus caras, los cuales fueron en su totalidad las columnas externas del edificio. No se realizó ensayos para columnas internas ni vigas puesto que estas han sido continuamente remodeladas, recibiendo un continuo mantenimiento y no presentan lesiones, mientras que las columnas externas si presentan fisuras y descascaramiento de su enlucido.

Este descascaramiento de las caras de las columnas puede presentar algún tipo de error rebajando el valor de resistencia del hormigón por lo que se evito tomar datos cerca de las mismas.

Así mismo los datos fueron tomados en lugares representativos, lejos de fisuras y nunca cerca de la armadura de la columna, recomendación dada por el laboratorio de la Holcim, puesto que esto también altera los resultados, por lo que fue necesario tomar distancias con un flexómetro para la toma de datos evitando el hierro en la columna.

Para mejorar el proceso de información, se le dio un número a cada columna dependiendo de su ubicación, el mismo que puede ser observado en la siguiente figura:

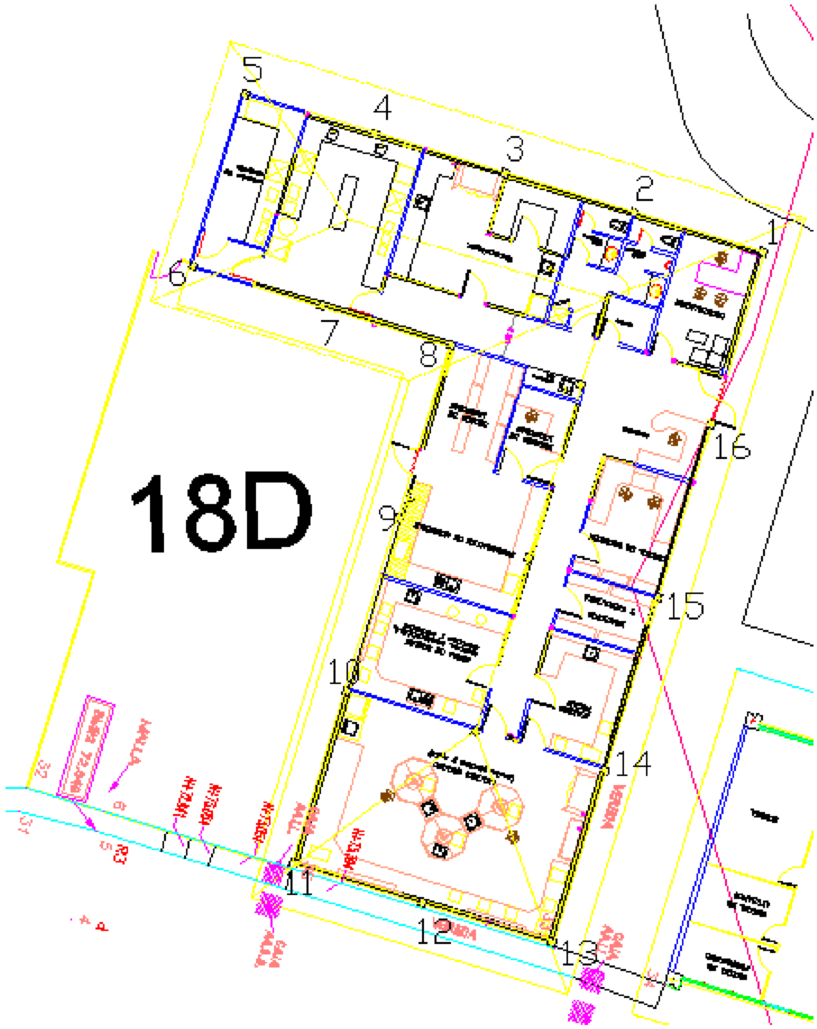

FIGURA 4.68. UBICACIÓN DE COLUMNAS

La prueba fue realizada el día jueves 29 de marzo del 2007.

Los datos promedios del esclerómetro fueron dados en MPa, realizando su debida conversión a Kg/cm2 tenemos los siguientes resultados en las columnas de acuerdo a su numeración previamente dada.

En la tabla 47 se observan los datos obtenidos por el mencionado ensayo.

TABLA 47

RESISTENCIAS DE HORMIGÓN

UBICACIÓN: LABORATORIO DE AGROPECUARIA.

FECHA: MARZO 29 DEL 2007.

COLUMNA	PROMEDIO 1		PROMEDIO 2		**PROMEDIO FINAL**
NÚMERO	(MPa)	(KG/CM2)	(MPa)	(KG/CM2)	**(KG/CM2)**
1	43.65	445.23	41.85	426.87	**436.05**
2	43.8	446.76	43	438.6	**442.68**

3	43.9	447.78	43.7	445.74	**446.76**
4	43.5	443.7	42.7	435.54	**439.62**
5	42.2	430.44	43.9	447.78	**439.11**
6	43.8	446.76	42.7	435.54	**441.15**
7	42.2	430.44	43.6	444.72	**437.58**
8	43.4	442.68			**442.68**
9	41.6	424.32	40.8	416.16	**420.24**
10	43.3	441.66	43.4	442.68	**442.17**
11	40.4	412.08	43.9	447.78	**429.93**
12	40.3	411.06	40	408	**409.53**
13	41.15	419.73	43.9	447.78	**433.755**
14	43.9	447.78	43.9	447.78	**447.78**
15	43.9	447.78	43.9	447.78	**447.78**
16	42.6	434.52	43.3	441.66	**438.09**

4.8. Análisis Unitarios

Para la realización de los Presupuestos Referenciales y Cronogramas Valorados de las alternativas, presentadas en el Capítulo 3, es necesario realizar un análisis de costos unitarios, donde se detallan los materiales, personal y cantidades a ser utilizados con sus respectivos precios.

Las tablas desde la 48 hasta las 73 corresponden a los análisis unitarios del Proyecto # 1, mientras que las tablas desde la 74 hasta la 96 a los análisis unitarios del Proyecto # 2.

Estos análisis unitarios se adjuntan a continuación.

4.9. Material Técnico Consultado en Bibliografía e Internet.

Cimentación en suelos expansivos.

De acuerdo a estudios realizados en 1987, solo en Estados Unidos los suelos expansivos causan anualmente más daños que huracanes y terremotos juntos.

Aunque los daños que estos causan no son tan dramáticos y repentinos como los de los desastres naturales, no causan pérdidas de vidas, pero si muchas pérdidas monetarias deteriorando las estructuras poco a poco.

El potencial de expansión de un suelo depende de varios factores, entre ellos el porcentaje de arcilla expansiva que posea el mismo. En el caso de montmorilonita pura una porción de suelo se puede expandir hasta 15 veces su volumen causando resultados desastrosos, sin embargo esta nunca se la encuentra pura, siempre que se habla de montmorilonita se encuentra mezclada con otros minerales que controlan en algo la expansión, resultando esta en porcentajes de hasta 35 a 50 por ciento de su tamaño en las peores condiciones en un laboratorio.

Existen dos tipos de montmorilonita, la cálcica y la de sodio, siendo esta ultima más expansiva pero menos común en la naturaleza.

Los suelos expansivos se caracterizan por materiales finos sedimentarios heterogéneos. Estos suelos se caracterizan por su comportamiento mecánico: contracción de la arcilla por secado, expansión de la arcilla al humedecerse, desarrollo de presiones cuando la arcilla se confina y no puede expandirse, disminución de la resistencia al corte y de la capacidad de soporte al expandirse.

Existen dos variables muy importantes a considerar, el porcentaje de humedad inicial de la muestra y la carga de presión a la que se encuentra la misma.

El flujo de agua al suelo depende de varios factores, entre los que tenemos:

- Las reservas de agua, entre estas las lluvias, irrigación y drenaje superficial.
- Evaporación y transpiración, dependiendo del clima y la vegetación.

- La presencia de fisuras en el suelo, por donde se puede filtrar con facilidad el agua.
- La presencia de arena o gravas que faciliten la filtración de agua.
- La succión de agua del suelo.

Los suelos expansivos no tienen un patrón de acción establecido, pero por lo general suelen comportarse de diferente manera dependiendo de diferentes factores listados a continuación:

- En zonas áridas la expansión se hace presente en mayor porcentaje en los extremos de la estructura.
- En zonas húmedas la expansión se hace presente en mayor porcentaje en el centro de la estructura.
- También tiene una mayor expansión si se encuentra cerca de arroyos o vertientes naturales o artificiales por donde pueda haber un exceso de filtración.
- Finalmente se puede mencionar el caso en el que existen raíces de arboles que absorban el agua reduciendo la expansión del sector de la estructura cercana al mismo, dando la apariencia de encogimiento.

Medidas de diseño y construcción preventiva:

A continuación tenemos ciertas medidas preventivas que pueden ayudar a minimizar los daños por suelo expansivo:

Drenaje superficial:

Es importante tener buenas superficies de drenaje alrededor del edificio, con diferentes pendientes dependiendo de a que corresponda dicha superficie, como por ejemplo: áreas pavimentadas mínimo 2%, áreas con vegetación mínimo 5% y si es posible a 3 metros de distancia del edificio.

Subdrenes:

Deben ser construidos con material no expansivo y tener tuberías para recolectar el agua que pudiese pasar, desviándola controladamente para evitar la filtración de la misma.

Irrigación:

Se debe evitar la irrigación puesto que introduce grandes cantidades de agua en el suelo, esto se lo puede lograr siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Evitar colocar plantas y sistemas de irrigación adyacentes a la estructura.
- Evitar colocar tuberías de irrigación cercanas a las estructuras.
- Dirigir las cabezas de los rociadores lejos de la estructura.

Canales de aguas lluvias:

En presencia de suelos expansivos, los canalones en la cubierta utilizados para recoger las aguas lluvias, deben estar orientados para desbocar toda el agua a una distancia considerable de la estructura, no directamente en la periferia de la misma.

Medidas preventivas adicionales:

Para incorporar medidas preventivas más extensivas, tenemos tres diferentes categorías:

Alterar las arcillas expansivas:

Reemplazando el material expansivo por material no expansivo, intentando que este nuevo material no sea muy permeable puesto que si permite el paso excesivo de agua, la misma llegará al material expansivo que se encuentra bajo este causando problemas.

Se puede utilizar un tratamiento con limos, los cuales causan una reacción química en suelos expansivos, reduciendo su capacidad de succión de agua y finalmente sus características expansivas.

Se puede utilizar la táctica de pre humedecimiento, saturando el suelo antes de construir la edificación, lo cual hace que el suelo este expandido para luego tratar de mantener este humedecimiento. Este proceso de humedecimiento puede tardar días, semanas o hasta meses, pero puede ser acelerado realizando perforaciones verticales que faciliten el ingreso de agua.

Aislar la arcilla expansiva:

En muchos casos cuando la capa de suelo expansivo no es muy profunda, o el caso es muy crítico, es mejor realizar una cimentación profunda, usando pilotes, pilas o cajones de cimentación apoyados directamente en estratos no sujetos a fenómenos de expansión.

También se realiza una losa que corresponderá al piso de la estructura, dejando un vacio bajo el mismo, para cuando el suelo se expanda ocupe este espacio libre y no provoque daños a la estructura.

Mitigación de movimientos en la estructura:

Esto se lo puede lograr de diferentes maneras, entre esas:

- Construyendo una estructura flexible que pueda soportar grandes movimientos diferenciales.

- Otra manera es todo lo contrario del punto anterior, se puede construir una estructura muy rígida y fuerte, de tal manera que toda la edificación se mueva como una sola. Para esto se suelen utilizar cables postensionados para brindar una mayor resistencia.

Causas más Comunes de Suelo Expansivo:

- Hinchamiento del suelo bajo el edificio por aumento de humedad (no existe evaporación).
- Retracción periférica del terreno (construido en poca humedad).
- Variación de volumen debido a modificaciones del nivel freático (por bombeo, drenajes, etc.).
- Escasa profundidad de fundación (dentro de zona activa).
- Defectos debido a efectos estructurales (para absorber movimientos diferenciales).
- Retracción por desecación debida a raíces de árboles.
- Hinchamientos por eliminación de árboles.
- Rotura de tuberías de agua.
- Defectos en drenajes periféricos.

Identificación de un suelo como expansivo.

- Coloración.
- Grietas de retracción en época seca.
- Material muy pegajoso en época húmeda.
- Grietas en edificaciones cercanas al sitio de construcción, o en la edificación en estudio de ser este el caso.

Punto de vista ambiental.

Este es un tema que ha venido tomando fuerza con los años, y en cierto modo es un factor muy importante en la comprensión de los problemas por suelos expansivos.

Al momento de realizar una construcción se realizan movimientos de tierras, en donde se efectúan muchas veces cortes de laderas y relleno de zonas más bajas, para poder nivelar el terreno y poder construir diferentes tipos de construcciones deseadas.

Al realizar estos cortes y rellenos se altera la naturaleza del terreno, muchas veces desviando cauces naturales de agua o alterando completamente la geografía de un lugar.

Uno de estos casos es el campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en el cual se realizaron extensos cortes y rellenos para su construcción.

En esta zona se pueden observar muchos sectores con suelos altamente expansivos, lo que produce daños a estructuras dada la nueva geografía del sitio.

Pese a que se posee un muy buen sistema de canalización en este campus, tanto la vieja como la nueva geografía afectan a las estructuras, dado las diferentes vertientes naturales de agua que existen, las cuales facilitan la filtración de agua al suelo, y por ende la expansión de los mismos.

Por este motivo es muy importante siempre tomar en cuenta las alteraciones que se vayan a producir en la geografía, así como la existente, puesto que con esto se pueden prever en cierta parte problemas a futuro por expansión del suelo.