



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DETERMINACIÓN DE LAS
CAUSAS DE LAS GRIETAS
PRESENTADAS EN LA LOSA
DE FUNDACIÓN DEL COLEGIO
DE SEMI INTERNOS CASA DEL
CORAZÓN DE JESÚS UBICADO
EN VALENCIA EDO CARABOBO.**

Autores: Alvarado C. Marialejandra.
C.I. 18.411.454
Solórzano R. Rocío A.
C.I. 19.230.535

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego.
Teléfono: (0241) 8714240 (Master) - Fax: (0241) 871239.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE LAS GRIETAS PRESENTADAS
EN LA LOSA DE FUNDACIÓN DEL COLEGIO DE SEMI INTERNOS CASA
DEL CORAZÓN DE JESÚS UBICADO EN VALENCIA EDO CARABOBO.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO CIVIL**

Autores: Alvarado C. Marialejandra.
C.I. 18.411.454
Solórzano R. Rocío A.
C.I. 19.230.535
Tutor: Ing. Gil de León Marisabel

San Diego, Noviembre de 2015.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE CUADROS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I. EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación.....	6
1.5 Alcance.....	7
1.6 Limitación.....	7
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	8
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 Definición del Suelo.....	10
2.2.2 Componentes del Suelo.....	10
2.2.3 Propiedades físicas y Mecánicas del Suelo.....	11
2.2.4 Clasificación del Suelo.....	12
2.2.5 Clasificación según el tamaño de las partículas del suelo.....	12
2.2.6 Consistencia del Suelo.....	13
2.2.7 Granulometría del Suelo.....	14
2.2.8 Características de los Suelos.....	19
2.2.9 Cohesión del Suelo.....	20
2.2.10 Consolidación de los Suelos.....	21
2.2.12 Teoría de la Consolidación.....	22
2.2.12 Asentamiento de los Suelos.....	23
2.2.13 Cimentación.....	25
2.2.13 Capacidad de Soporte del suelo.....	25
2.2.14 Talud.....	26
2.3 Definición de Términos.....	27

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Nivel de investigación.....	33
3.2 Tipo de la Investigación.....	33
3.3 Diseño de la Investigación.....	34
3.4 Población y Muestra.....	34
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	35
3.6 Fases Metodológicas.....	35

IV. RESULTADOS

4.1 Clasificar granulométricamente el suelo según el sistema unificado (SUCS) y el sistema AASHTO.....	38
4.2 Realizar una identificación visual de las características del suelo. Determinar la gravedad específica y el contenido de humedad del suelo.....	38
4.3 Obtener los límites de consistencia del suelo.....	39
4.4 Determinar el índice de expansión, índice de compresión, y el respectivo esfuerzo de consolidación de la muestra de suelo.....	40
4.5 Evaluar de manera visual el estado de la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús y diagnosticar el motivo que ocasionó la falla.....	41
4.6 Proponer una posible solución que proporcione estabilidad a la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús.....	41

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	53
5.2 Recomendaciones.....	56

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

57

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

Figura		Pág.
	1 Límites de Atterberg.....	14
	2 Tabla Método AASTHO.....	16
	3 Tabla Método USCS.....	18
	4 Carta de Plasticidad.....	19
	5 Teoría Analógica de Consolidación de Terzaghi.....	23
	6 Tipo de Suelo.....	43
	7 Índice de plasticidad.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
	1 Primera y/o segunda letra.....	17
	2 Segunda letra.....	17
	3 Muestra 1 Granulometría.....	39
	4 Muestra 2 Granulometría.....	40
	5 Gravedad de los sólidos.....	43
	6 Gravedad de los sólidos.....	44
	7 Límite líquido muestra 1.....	45
	8 Límite líquido muestra 2.....	46
	9 Límite líquido muestra 3.....	46
	10 Límite plástico.....	46
	11 Muestra 1 Consolidación.....	52
	12 Muestra 1 Consolidación.....	52
	13 Muestra 2 Consolidación.....	52
	14 Muestra 2 Consolidación.....	53
	15 Muestra 3 Consolidación.....	53
	16 Muestra 3 Consolidación.....	53

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Pág.
1 Gráfica de Granulometría.....	41
2 Gráfica límite líquido.....	47
3 Gráfica límite líquido indicado.....	47
4 Gráfica muestra 1 consolidación.....	49
5 Gráfica muestra 2 consolidación.....	50
6 Gráfica muestra 3 consolidación.....	50
7 Gráfica muestra 1 deformación por consolidación.....	54
8 Gráfica muestra 2 deformación por consolidación.....	54
9 Gráfica muestra 3 deformación por consolidación.....	55



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE LAS GRIETAS PRESENTADAS
EN LA LOSA DE FUNDACIÓN DEL COLEGIO DE SEMI INTERNOS CASA
DEL CORAZÓN DE JESÚS UBICADO EN VALENCIA EDO CARABOBO.**

Autores: Marialejandra Alvarado Colmenares y Rocío Amelia Solórzano Rogalsky

Tutor: Ing. Marisabel Gil de León

Fecha: Noviembre, 2015

RESUMEN

La presente investigación se desarrollará en la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, en la cual se tomó una (01) muestra de suelo para realizarle un estudio y analizar todas las características que presenta. Además de estudiar el suelo del lugar, se llevará a cabo una evaluación visual de la estructura de la Institución para desarrollar un diagnóstico que resulte en una posible solución para que la edificación no siga fallando. Esta solución se les propondrá como una medida teórica para que posteriormente en otros trabajos de investigación se realicen los cálculos para el diseño de dicha obra. El tipo de investigación es descriptiva con modalidad de proyecto factible y experimental, con un diseño de investigación de campo mediante observación directa de las muestras.

Descriptor: Falla, Cimentación, Suelo, Asentamiento.

INTRODUCCIÓN

La realización del estudio geotécnico proveniente de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, permitirá obtener la clasificación y las características del mismo. También, obtener las gráficas de la curva de consolidación para de esta manera verificar si el suelo está en presencia de asentamiento por consolidación y es la razón por la cual la losa de fundación está fallando. Por otra parte, se realizará un análisis visual de las grietas y el hundimiento que presenta la Casa Hogar y así, de esta forma, poder plantear una solución teórica que permita mejorar la estabilidad de la estructura y, evitar que sigan, produciéndose fallas o que siga agravándose la situación de la edificación.

Para la realización de algunas obras civiles, es necesario realizar cortes en el terreno y hacer terraplenes o terrazas que le brinden estabilidad al lugar donde se pretende construir. Es importante mantener esta estabilidad, y este mismo nivel, en toda la zona donde se esté proyectando la obra. Ya que, si no se hace este trabajo, en el futuro pueden ocurrir fallas en los taludes que perjudiquen las estructuras edificadas.

También se debe tener en cuenta que el suelo durante el proceso de construcción de las obras civiles se ve sometido a procesos de carga y descarga, que generan respuesta a corto y largo plazo sobre él. Estas respuestas se denominan: de corto plazo a los asentamientos inmediatos y de largo plazo a los asentamientos por consolidación, que son producidos cuando la carga genera cambios en la presión intersticial del suelo, la cual a su vez genera cambios volumétricos. Estos asentamientos son un problema para los ingenieros civiles ya que, pueden provocar futuras fallas en la estructura si no se hacen los estudios previos y, no se analiza la mejor opción para la cimentación de la edificación. Para poder realizar un control o evitar los cambios producidos por los asentamientos, es necesario realizar el estudio del suelo en donde se pretende fundar.

La finalidad de este trabajo de investigación es determinar los posibles motivos que llevaron a que se presentaran grietas y que se produjeran hundimientos, que fueron afectando parte de la estructura de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Sagrado Corazón de Jesús. Por tal motivo, se realizarán todos los ensayos del suelo que permitan clasificarlo y conocer sus características, para luego realizar un análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio y de la inspección visual de la falla realizada en el lugar de estudio. Finalmente, partiendo de la información obtenida por medio de los ensayos, proponer un diagnóstico de las posibles mejoras a realizar en la institución, de manera tal, que no se siga deteriorando.

El presente trabajo de investigación se encuentra organizado en cuatro (04) capítulos, en el capítulo I, se encuentra, el planteamiento del problema, formulación del problema, los objetivos de la investigación, la justificación y el alcance. En el capítulo II, se encuentran definidos los antecedentes y las bases teóricas de la investigación que están relacionados con el trabajo y los términos básicos especializados y relevantes de la investigación. En el capítulo III, soporta el nivel, tipo y diseño de investigación, así como el tipo de población y muestra, las técnicas e instrumentos que se utilizan para la recolección de datos, validez y confiabilidad, técnicas de análisis y fases metodológicas. En el capítulo IV se encuentran todos los resultados obtenidos, una vez de desarrollar todas las fases de la investigación. En el capítulo V, se encuentran las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación realizada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Una de las razones por la cual se podrían formar grietas en la estructura de una edificación es, que el talud del terreno fallara y al no estar correctamente estabilizado se produzcan movimientos en el terreno que ocasionen este tipo de fallas.

Se debe considerar, de igual forma, la sobrecarga que pueda existir en la estructura. Ya que, por lo general en Venezuela se le cambia el uso a las edificaciones con el tiempo. O, simplemente se sigue construyendo en vertical sobre la estructura, sin tomar en cuenta ningún tipo de consecuencia que esto pueda traer a los elementos estructurales encargados de transmitir la carga hacia el suelo.

También, es importante conocer el suelo, que sirve como base para cualquier edificación, y todas sus características ya que, es el que se verá expuesto a esfuerzos producidos por la carga ejercida por la estructura. Estos esfuerzos se distribuirán en la masa del suelo dependiendo del tipo de suelo, su estructura, su homogeneidad o heterogeneidad, su espesor, de la forma y dimensiones de la carga y de las propiedades esfuerzo-deformación.

Las deformaciones que tienden a ocurrir en el suelo son dependientes del tiempo, ya que la relación esfuerzo-deformación, depende del grado de compactación y consolidación del suelo.

Es importante también tomar en cuenta el nivel freático que pueda existir en alguno de los estratos, ya que este fenómeno puede afectar de manera directa tanto a la edificación, como al suelo que la soporta.

Bajo ciertas condiciones de carga se entiende que en el suelo ocurre una reducción en el volumen de vacíos. Esta situación podría empeorar si el suelo se encuentra saturado, ya que ocasionaría un proceso de consolidación donde el agua sería expulsada a la superficie por los espacios vacíos del suelo, ocurriendo un

fenómeno de capilaridad, obligando a que éste presente asentamientos y se genere una falla por consolidación en el suelo. Esta consolidación puede tener diferentes efectos en la estructura de la edificación construida.

De acuerdo a lo explicado anteriormente, se entiende que estos tipos de asentamientos que pueden existir en el suelo, colocan en condiciones inesperadas a la estructura, produciendo grietas y en ocasiones, dependiendo del tipo de hundimiento que se presente en la misma, hasta el colapso.

La Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús, la cual es considerada una Institución benéfica donde se imparte educación escolar de Pres- Escolar, Primaria y Bachillerato a una población aproximada de ciento treinta y cinco (135) alumnos y se les brinda alojamiento a una población de veinticinco (25) alumnos que se encuentran en condición Semi- Internos e Internos dentro de la institución, brindándole un gran beneficio en los ámbitos cultural, económico, educativo y espiritual a la sociedad que se encuentra ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo y sus cercanías. Se encuentra en estos momentos presentando una problemática que está afectando su buen funcionamiento. Ya que presenta grietas en parte de la losa de fundación del inmueble, por lo cual se percibe la existencia de una falla que está provocando un hundimiento en el mismo, que está afectando gran parte de la losa de fundación y el terreno donde se encuentra ubicada la institución.

Ahora bien, esta edificación está ubicada en un terreno que presenta un desnivel de 2,5mts a 3mts aproximadamente con respecto a la calle y las viviendas vecinas adyacentes, además dicha edificación antes de ser utilizada como una casa hogar, era utilizada como una vivienda familiar que contaba con un solo piso. Con el tiempo, luego de ser cambiaba su utilización de vivienda familiar a institución educativa, se le anexa otro piso a la estructura, agregando así una sobrecarga en las bases y en el terreno donde se encuentra esta institución. Estas modificaciones están colocando en una situación de riesgo todas las dependencias tales como: aulas, dormitorios,

oficinas, canchas, comedor, entre otras que están ubicadas entre la planta alta y baja de la casa hogar, así como también a las edificaciones ubicadas a los alrededores.

1.2 Formulación del Problema

Por todo lo antes expuesto se presenta la siguiente interrogante:

¿Cuál fue la causa que provocó la presencia de grietas y un hundimiento que está afectando la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Casa del Corazón de Jesús ubicado en la Av. Anzoátegui en la Ciudad de Valencia - Edo Carabobo?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Determinar las causas de las grietas producidas en la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicado en la Av. Anzoátegui en la Ciudad de Valencia - Edo Carabobo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Clasificar granulométricamente el suelo según el sistema unificado (SUCS).
- Realizar una identificación visual de las características del suelo, y determinar la gravedad específica y el contenido de humedad del suelo.
- Obtener los límites de consistencia del suelo.
- Determinar el índice de expansión, índice de compresión, y el respectivo esfuerzo de consolidación de la muestra de suelo.
- Evaluar de manera visual el estado de la losa de fundación y diagnosticar el motivo que ocasionó la falla en la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús.
- Proponer una posible solución que provea estabilidad a la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús.

1.4 Justificación del Problema

En la Casa Hogar Casa del Corazón de Jesús, se están observando fallas en la losa de fundación. Motivo por el cual, la Directiva de la Institución se encuentra en una situación de preocupación, ya que, es una edificación en la que niños y adolescentes pasan la mayoría de su tiempo, algunos incluso duermen allí, hay comedores, biblioteca y canchas. Son estas las razones las que le dan la importancia al estudio de esta investigación para poder proporcionarles sugerencias y recomendaciones, que puedan optimizar la durabilidad y estabilidad de la Casa Hogar. Y así, de esta forma, evitar cerrar aulas o áreas de la Institución que perjudique la educación, recreación y vivienda de estos alumnos.

Al conocer la clasificación del suelo, sus características físicas y mecánicas, analizar su comportamiento ante las cargas recibidas, permitirá obtener los datos necesarios para conocer cómo está trabajando, y saber si es la razón por la cual la estructura está fallando. También, al realizar una evaluación visual de las fallas que se están presentando en la estructura, en la losa de fundación y en la tabiquería, se puede dar un diagnóstico de cuál podría ser la razón por la cual se están presentando las grietas en estos elementos. Para de esta manera plantear recomendaciones que den pie para que posteriormente se desarrollen otros estudios para modificar ciertos aspectos de la parte estructural del Colegio proporcionando una estructura más fuerte y resistente a las demandas que la edificación tiene. Además con esta investigación algunos vecinos de la zona que también padezcan la misma situación se verán beneficiados ya que podrán tener un estudio con el cual orientarse en cuanto a cómo pueden mejorar la capacidad de resistencia de la estructura.

1.5 Alcance

En este trabajo de investigación se presentará información concerniente a la falla que presentó la losa de fundación de la Unidad Educativa Colegio Semi- Interno Casa del Corazón de Jesús Ubicado en Valencia Estado Carabobo, de donde se extrajo una muestra del suelo para ser ensayada en el laboratorio y donde se realizó una inspección visual para evaluar la presencia de las grietas y el hundimientos

producido en la losa de fundación. Con los resultados que arrojen los ensayos y la visita a la institución, se obtendrá la información pertinente, para así realizar el diagnóstico que permita conocer que ocasionó la falla en la losa de fundación y proponer las posibles mejoras que se deben hacer en la institución para evitar que se siga deteriorando.

1.6 Limitación

En este trabajo de investigación se determinara la causa que provoco que fallara la losa de fundación mediante el estudio del suelo, de una muestra que se obtendrá en la parte trasera de la institución y, mediante una inspección visual a realizarse a través de una visita al sitio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Arévalo, H. y Lugo, J. (2003), egresado de la Universidad “Centroccidental Lisandro Alvarado”, realizó la siguiente investigación titulada: **“Diseño de un software para el cálculo de asentamientos totales en arcillas inorgánicas no sensitivas”**, en la cual explican el fenómeno de consolidación como un proceso de reducción de volumen de un suelo saturado debido a la expulsión de agua de sus poros, por causa de aplicación de una carga constante, que con el paso del tiempo genera asentamientos en los suelos de fundación. Estos asentamientos producen daños en las estructuras, por lo que la predicción de su magnitud y variación en el tiempo resultan de suma importancia.

Por tal motivo, en este trabajo, de aplicación tecnológica enmarcado en la modalidad de proyecto factible, se presenta el diseño de un software elaborado en lenguaje "visual - Basic", que facilita el análisis del proceso de consolidación de una arcilla, mejora la representatividad de las curvas involucradas en el análisis y, elimina los diversos errores de apreciación que generan los procedimientos de cálculo realizados en forma manual.

El software está elaborado con plantillas y elementos visuales, donde el usuario se puede desplazar y trabajar de manera sencilla, con la posibilidad de asistirse con la ayuda práctica y de fácil comprensión incorporada en el software. Por otra parte, con la aplicación de este software, se pueden obtener los parámetros de consolidación como lo son el coeficiente de consolidación (c_v), coeficiente de compresibilidad (c_c), las curvas asociadas al proceso, los resultados generales del ensayo de consolidación y el asentamiento total esperado del estrato de arcilla bajo estudio.

Guevara, E. (2006), egresado de la Universidad “Rafael Urdaneta”, en su investigación titulada: “**Análisis técnico de la losa de fundación utilizada en las viviendas de interés social**”, estudió la calidad de la losa de fundación utilizada en este tipo de vivienda ya que estaban presentando ciertas fallas que afectaban la calidad y funcionabilidad de las mismas. El objetivo principal de esta investigación fue el de realizar un análisis técnico de las losas de fundación utilizadas en las viviendas de interés social en la urbanización San Ignacio del municipio Santa Rita del estado Zulia. De esta investigación se utilizaron las bases teóricas como parte de esta investigación.

Henríquez, S. Pedrals, A. y Valdés, P. (2006), egresado de la Universidad de “Santiago de Chile”, autor de la investigación titulada: “**Casos de asentamientos inadmisibles en suelos finos**”, donde expone que la calidad del suelo es un aspecto importante en la evaluación de un proyecto de edificación, incluso, si éste es de baja calidad geotécnica. Y que las estructuras deben verificarse para condiciones críticas de soporte, y más si se van a colocar sobre suelos blandos, para que estas no superen los asentamientos admisibles y evitar de esta manera los daños estructurales ocasionados por ellos. El objetivo principal de esta investigación fue el de describir soluciones y técnicas más utilizadas, tanto para el mejoramiento del suelo, como en soluciones de fundación para reducir los asentamientos que resaltan inadmisibles en las estructuras. De esta investigación se aprovecharon las bases teóricas para el desarrollo de esta investigación.

De Matteus, A. (2006), egresado de la Universidad “Nacional del Rosario”, realizó la siguiente investigación titula: “**Estabilidad de Taludes**”, en ella explica todos los tipos de falla que se pueden presentar en los taludes y la importancia de que el talud se mantenga estable, presentando diferentes casos de fallas de taludes en el país de Argentina y como evitarlas. De esta investigación se aprovecharon algunos conceptos de la base teórica para el desarrollo de esta investigación.

Chirinos, M. y Nardinochi, B. (2012), egresado de la Universidad “José Antonio Páez”, en su trabajo titulado: “**Obtención de curva de consolidación de**

arcillas para mejorar la interpretación de los estudios del suelo del Municipio San Diego, Estado Carabobo”, explica como objetivo principal obtener las gráficas de la curva de consolidación de arcillas para mejorar la interpretación de los estudios de los suelos del Municipio San diego del Estado Carabobo, para el cual tomaron veinte (20) muestras de arcillas que ensayaron y con las que realizaron análisis para determinar el grado de consolidación de los suelos arcillosos, y poder conocer su comportamiento cuando son sometidos a cargas estructurales. De esta investigación se aprovecharon los antecedentes y algunos conceptos de las bases teóricas para realizar esta investigación.

2.2 Bases Teóricas

Los planteamientos teóricos que se desarrollan a continuación, sirven de base para fundamentar la importancia sobre los conocimientos que hay que tener sobre el suelo donde se va a realizar la cimentación, para poder realizar un buen trabajo en las bases, que permita un buen desarrollo de la obra desde su ejecución, hasta luego de concluida la misma.

2.2.1 Definición del Suelo

Se entiende como suelo “el depósito de las partículas minerales y orgánicas disgregadas pero íntimamente asociadas entre sí, pertenecientes al manto de la litosfera, y que presentan diferente grado de cohesión y fuerzas intermoleculares que las mantiene vinculadas” (Fratelli, 1993, p.11). Así mismo se puede definir como “el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y el gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas” (Braja Das, 2001, p.1). Se podría definir de manera general el suelo, como la capa más superficial de la corteza terrestre, que contiene granos minerales y materia orgánica descompuesta que proviene del proceso de desintegración o meteorización de las rocas, debido a los cambios bruscos de temperatura y, por la acción del agua, del viento y de los seres vivos.

2.2.2 Componentes del Suelo

Se divide en tres (03) componentes, que son las siguientes:

- **Sólido:** Este componente se encuentra referido a la parte mineral del suelo relacionado con la litosfera. En este se encuentra la materia orgánica y la materia inorgánica, donde la primera es está compuesta por microorganismos y materia de origen vegetal y animal (las bacterias, los hongos, el humus, las lombrices y las hormigas).
- **Líquido:** Este comprende el agua de la hidrosfera que es capaz de filtrarse por los espacios vacíos de las partículas del suelo. El agua puede estar relacionada al suelo de tres (03) formas diferentes: agua molecular es cuando está se une a las partículas sólidas de manera molecular y solo se puede separar por medio de un horno a altas temperaturas; agua capilar es la retenida por fuerzas capilares en función de la textura del suelo, y saturada que es cuando todos los espacios vacíos del suelo están llenos de agua.
- **Gaseoso:** Esta constituido por los gases atmosféricos fundamentalmente, y tiene gran variabilidad en su composición, por el consumo de O_2 , y la producción de CO_2 dióxido de carbono. El primero siempre menos abundante que en el aire libre y el segundo más, como consecuencia del metabolismo respiratorio de los seres vivos del suelo, incluidas las raíces y los hongos. Otros gases comunes en suelos con mal drenaje son el metano (CH_4) y el óxido nitroso(N_2O).

2.2.3 Propiedades Físicas y Mecánicas del Suelo

Las propiedades físicas de los suelos según el libro de suelo, fundaciones y muros, Fratelli (1993), son las siguientes:

La composición del suelo, la densidad, porosidad y espacios vacíos del suelo, el tamaño de las partículas, la consistencia y el contenido de húmeda, la permeabilidad, la compresibilidad, la capilaridad, la capacidad cortante, la retracción y expansión. Estas propiedades permiten identificarlo y clasificarlo dentro de una gran gama de posibilidades que existen en la naturaleza. Estas propiedades dependen además de posición geográfica del suelo, y la profundidad y el espesor del estrato. (p.13).

2.2.4 Clasificación del Suelo

La clasificación de los suelos está basada en categorizarlo de acuerdo a las características, origen, propiedades y al uso que se le vaya a dar, razón por la cual tiene diferentes formas de clasificarlo, según el criterio que se desee; con respecto a esto tenemos las siguientes clasificaciones más resaltantes del suelo:

1. Según su proceso de Origen se pueden conseguir de dos (02) tipos que son: Autóctonos y Alóctonos.
2. Según el efecto que tenga el clima sobre ellos se pueden conseguir de tres (03) tipos: Zonales, Intrazonales y Azonales.
3. Según su tipo de transporte que los deposita se pueden encontrar de tres (03) tipos: Aluviales o Fluviales, Glaciales y Eólicos.
4. Según el tamaño de las partículas se divide en dos (02) tipo, las cuales son: de Partículas Gruesas (arenas y gravas) y de Partículas Finas (arcillas y limos).

2.2.5 Clasificación según el tamaño de las partículas del Suelo

Los suelos pueden ser clasificados según el tamaño predominante de sus granos, ya que normalmente los suelos presentan una gran variedad partículas con diferentes formas, tamaños y dimensiones. Según el libro de suelo, fundaciones y muros, Fratelli (1993), se clasifica de la siguiente manera:

Dentro de los suelos de granos gruesos podemos encontrar las rocas, canto rodado, grava y arena; y dentro de los suelos de granos finos podemos encontrar limos, loess, arcillas, suelos orgánicos y suelos de relleno.

1. Las rocas como masas de considerable volumen y se halla recubierta de suelo. Cuando quedan a la intemperie sufren de erosión, desgaste, socavación, fractura, etc; las cuales dan lugar a los suelos en un constante ciclo de transformación. Las gravas suelo no cohesivo formado por trozos de rocas de diámetros entre 5 a 80mm.
2. Las arenas suelo no cohesivo formado por partículas minerales de forma redondeada y de tamaño más pequeño q las gravas per mayor a 0,075mm.
3. Los limos formados por partículas minerales de grado muy finas, con tamaño variable entre 0,02 y 0,075mm.

4. Las arcillas son suelos formados por partículas de minerales de menor tamaño que los limos, por lo cual no puede ser clasificado por tamices.
5. Suelos orgánicos son suelos no aptos para fines de ingeniería, por la presencia de materia orgánica en descomposición, generalmente en aguas estancadas. Son suelos altamente compresibles e indeseables como apoyos de construcción. (p.30).

Conocer correctamente la clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas es de suma importancia para los ingenieros ya que va a permitir realizar una categorización de todos los estratos que se encuentre dentro el proyecto.

2.2.6 Consistencia del Suelo

Cuando se habla de consistencia se refiere a la firmeza del suelo, la cual se puede dividir en cuatro estados límites. Estos límites fueron establecidos en el año 1946 por un científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg. Quién, gracias a sus experimentos de análisis de los suelos cohesivos cuyas partículas son muy finas y tienden a juntarse por medio de la interacción agua-partícula, se percató de que cuanto menor es el contenido de agua, el suelo se comporta como un sólido frágil. Y por el contrario, cuando existe un contenido de agua alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido.

Definiendo así los cuatro estados que son: líquido, plástico, semisólido y sólido, y estos varían desde líquido, cuando contienen alta cantidad de agua, a sólido, cuando son suelos secos. A su vez estos estados forman entre sí tres límites: límite líquido (LL) entre estado líquido y plástico; límite plástico (LP) entre estado plástico y semisólido; y límite de retracción (LR) entre estado semisólido y sólido. (Ver figura 1).

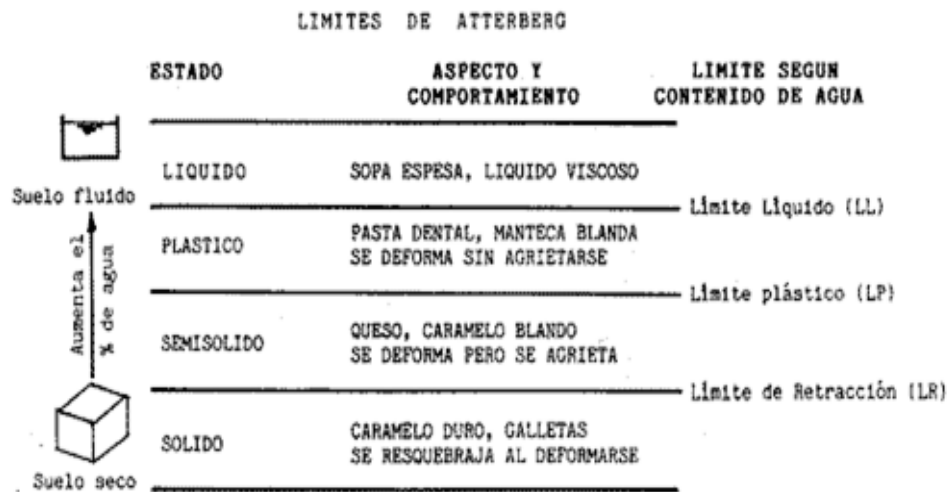


Figura 1. Límites de Atterberg

Fuente: Libro de Fundaciones y Muros, Fratelli María

Hay que destacar que estos límites no son rigurosamente absolutos, son fronteras aproximadas que sirven para clasificar los suelos cohesivos y, en la mecánica de los suelos, funciona perfectamente para identificar las arcillas en los diferentes estratos y así predecir su comportamiento ante las cargas, sus propiedades de consolidación, compactación y sus posibles asentamientos.

2.2.7 Granulometría del Suelo:

Se refiere a la distribución de los granos del suelo según su tamaño para posteriormente clasificarlos de manera descriptiva. Como los suelos están formados por una mezcla de partículas de diferentes tamaños y formas, que pueden variar desde granos muy finos casi imperceptibles al ojo humano así como también pueden contener granos gruesos de gran tamaño, existen dos métodos para poder clasificar el suelo según el porcentaje que contenga de estas partículas grandes o finas: tamices calibrados y ensayos hidrométricos.

Para el método de los tamices calibrados primero se toma una muestra del suelo y se vierte a través de los tamices que se encuentran apilados de manera vertical. Esta pila de tamices es agitada por cierto tiempo. Cabe destacar que los

tamices tienen aberturas cuadradas que van variando su tamaño desde 4" (10cm) hasta el tamiz U.S.A. Standard N°200 (0,075mm). El orden en el que van los tamices se coloca de manera descendente es decir, el que contenga las aberturas de mayor tamaño se coloca arriba y el último de abajo sería el de menor tamaño. De esta manera los granos van cayendo por gravedad y van siendo detenidos por los diferentes tamices. Posteriormente, se va pesando el contenido retenido por cada tamiz. Los resultados se grafican según una curva de distribución de acuerdo al tamaño de los granos.

Los granos mayores a 10cm se miden directamente con los instrumentos de calibración y el contenido que pasa a través del tamiz N°200 se clasifica por métodos de sedimentación como los suelos cohesivos.

Las pruebas hidrométricas consisten básicamente en un método de observación, en el cual se vierte el contenido del suelo que pasa por el tamiz N°200 en agua y se mide la velocidad en que las partículas sedimentan. Mientras más pequeñas sean más lento asientan. Luego de realizar el ensayo de granulometría se puede clasificar el suelo mediante dos métodos: **AASHTO** y **USCS**.

El método de **AASHTO** (American Association of State Highway Officials). Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes clasifica el suelo según su comportamiento como capa de soporte. En este método los suelos se clasifican en siete grupos según su granulometría y plasticidad (A1, A1, A3, A4, A5, A6 y A7). A través de los resultados arrojados en el ensayo de granulometría de porcentaje que pasa por los tamices N° 200, 40 y 10 y de los límites de Atterberg. Estos siete grupos corresponden a dos grandes conjuntos: suelos granulares como las arenas y las gravas y en suelos finos como son los limos y los suelos arcillosos. A su vez estos siete (07) grupos se van descomponiendo en pequeñas vertientes que me permiten ir conociendo diferentes características para realizar su clasificación como se indica en la siguiente tabla. (Ver figura 2).

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...	...		B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	N.P.		B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Figura 2. Tabla Método AASTHO

Fuente: Guía de Laboratorio de Mecánica de los Suelos, Marisabel Gil de León

De esta manera se van descartando grupos hasta obtener un grupo final el cual indica a qué tipo de suelo pertenece.

Para conseguir una mejor clasificación del tipo de suelo, se calcula el índice de grupo IG mediante la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (IP - 10)$$

Siendo:

F: Porcentaje en peso que pasa por el tamiz n° 200 del material inferior a 75 mm, expresado en número entero.

LL: Límite líquido

IP: Índice de plasticidad.

El índice de grupo se expresa en números enteros positivos (un número negativo se expresará como $IG = 0$). Generalmente cuanto menor es el IG de un suelo, mejores son las cualidades del suelo como explanada o capa de asiento del firme. Los suelos de los grupos A-1, A-3, A-2-4 y A-2-5, que pueden calificar de buenos a excelentes, tienen un $IG = 0$. Un $IG = 20$ o mayor corresponde a un suelo de muy mala calidad, en condiciones medias de drenaje y compactación. Es decir, está bien gradado y es poco fina en su constitución. El valor crítico de finos es $F = 35$ con independencia de la plasticidad, y si el índice de plasticidad es superior a 10 este valor será $F = 15$. Los valores críticos del límite líquido y del índice de plasticidad serán, respectivamente, 40 y 10. Por último, hay que señalar que para calcular el IG de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 sólo se considera el segundo sumando de la expresión.

El método USCS (Unified Soil Classification System). Sistema unificado de los suelos clasifica a éstos mediante su textura y tamaño de las partículas. Este sistema puede ser aplicado a materiales sin consolidar y se representa mediante dos letras las cuales se explican en los siguientes cuadros. (Ver cuadro 1 y 2).

Cuadro 1.

Primera y/o Segunda Letra

Símbolo	Tipo de Suelo
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico

Cuadro 2.

Segunda Letra

Símbolo	Definición
P	Pobremente Gradado
W	Bien Gradado
H	Alta Plasticidad
L	Baja Plasticidad

Cuadros 1 y 2. Tablas Método de USCS

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocio Solórzano.

Al igual que en el método de AASHTO se utilizan los porcentajes retenidos del tamiz N°200 y 4. También se utilizan los límites de Atterberg para poder ir clasificando el suelo mediante la siguiente tabla. (Ver figura 3).

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION		
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60} D_{10}}{(D_{30})^2}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{D_{60} - D_{10}}{D_{30}}$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen		
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos			
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla			
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 4	GRAVAS CON FINOS	SW	Arenas y arenas grávicas bien gradadas con pocos finos o sin finos	Clasificación basada en el porcentaje de finos Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200 GP, SW, SP Más del 5% pasa por el tamiz No. 200 GM, GC, SM, SC 15% a 12% pasa por el tamiz No. 200 Para clasificación de frontera se necesitan símbolos dobles	
			SP	Arenas y arenas grávicas mal gradadas con pocos finos o sin finos		
		ARENAS LIMPIAS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo		
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
		ARENAS CON FINOS		Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.		Si los límites de Atterberg se localizan en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles
				$C_u = \frac{D_{60} D_{10}}{(D_{30})^2}$ Superior a 6 $C_c = \frac{D_{60} - D_{10}}{D_{30}}$ Entre 1 y 3 Si no se cumplen los criterios para SW		Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7.
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas	<p>GRAFICO DE PLASTICIDAD Para la clasificación de los suelos finos y de la fracción fina de los suelos granulares Los límites de Atterberg situados en el área sombreada corresponden a la clasificación de frontera y requieren símbolos dobles Ecuación de la línea A: $IP = 0.73(LL - 20)$</p>		
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas grávicas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla			
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media			
		PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos		Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488	

Figura 3. Tabla Método de USCS

Fuente: Guía de Laboratorio de Mecánica de los Suelos, Marisabel Gil de León

Donde la plasticidad del suelo se obtiene por medio de la carta de plasticidad con el índice plástico (IP) del suelo y el índice líquido (LL) del suelo, definiendo así la doble simbología, la carta de plasticidad se puede observar en la siguiente grafica. (Ver figura 4).

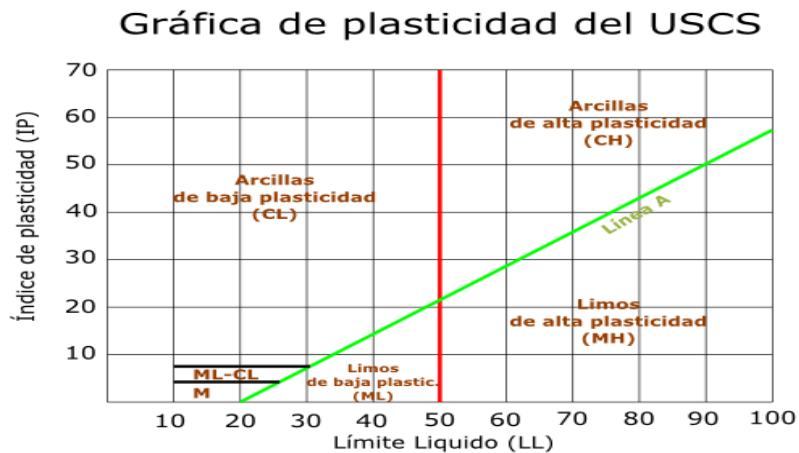


Figura 4. Carta de Plasticidad

Fuente: www.wikipedia.com

2.2.8 Características de los Suelos

Se puede hablar que dentro de las principales características están el tamaño de los granos, que ya se ha explicado con anterioridad, la forma, la textura y el color.

Estas características fácilmente pueden apreciarse bajo el método de la observación y el tacto. Ya que, el color de una muestra de suelo se ve a simple vista. Sin embargo, hay que tener cuidado cuando estas muestras son alteradas por ejemplo al añadirle agua su color cambia drásticamente, además de que ciertas propiedades químicas también intervienen para el cambio repentino de color.

Según el color que se tenga en el estrato se puede obtener cierta información como por ejemplo: si se observa un color rojizo se indica la presencia de óxidos de hierro no hidratados y corresponde a suelos bien drenados. Los colores negro y marrón oscuro quieren decir que puede haber presencia de materia orgánica y los amarillos y marrones amarillentos, un alto porcentaje de hierro hidratado, lo cual indica un mal drenaje del suelo. El azul grisáceo y el gris amarillento corresponden a

suelos con poco drenaje y el color blanco se debe a presencia de sílice y cal como también algunos componentes de aluminio.

La forma es otra característica que puede percibirse pero no a simple vista. Debido a que los granos de las arenas, limos y arcillas son muy pequeños para poder percibirse. Existen dos formas que pueden tener los granos de suelo que permitan obtener una dimensión ajustada a la realidad para clasificarlo por su tamaño: cúbicas o esféricas. Pero no todos los granos son de estas formas, por eso se pueden clasificar en: redondeadas, de cantos vivos, de cantos redondeados, laminares o en escamas y alargadas o en bastones. Se pueden determinar los siguientes parámetros en todos los granos: esfericidad, angulosidad y planeada.

Por último la textura se puede sentir a través del tacto al frotar una parte de la muestra entre los dedos. Cuando se habla de textura se puede clasificar en: rugosas, lisas, estriadas, picadas y pulidas.

Todas estas características que posee el suelo ayudan a los profesionales en el área a conocer un poco del comportamiento y capacidad portante de éste. Ya que éstas propiedades influyen directamente con estos aspectos.

2.2.9 Cohesión del Suelo

Se refiere a la capacidad que tienen las partículas del suelo de permanecer unidas como conjunto, como resultado de la trabazón conjunta o las microestructuras existentes en el suelo. Para el caso de suelos compuestos de partículas con forma granular, la trabazón entre partículas origina estructuras granulares simples y la fricción que se origina entre ellas contrarresta el deslizamiento de unas respecto a otras, a este comportamiento se lo identifica como la cohesión para el caso de suelos granulares, donde el suelo presenta resistencia contra su disgregación ocasionada por un agente externo; el grado de cohesión que presentan los suelos granulares, está en función a la textura de las partículas de forma granular, las partículas con textura angular logran que el suelo tenga cohesión, mientras que las partículas con textura redondeada no contribuyen a la cohesión del suelo. En los suelos arcillosos ocurre lo siguiente la forma de hojuela, el tamaño y la carga eléctrica negativa superficial de

las partículas compuestas de minerales de arcilla, da lugar a que estas partículas generen fuerzas de atracción y repulsión entre ellas denominada fuerza de Van der Waals, se incrementa cuando el espesor de la capa de agua absorbida disminuye por un proceso de intercambio básico, lo que origina que las partículas suspendidas en agua se acerquen cada vez más, cuando la capa absorbida es lo suficientemente delgada para que dominen las fuerzas de atracción, al sedimentarse se forman grupos de partículas con sus superficies en contacto entre extremos positivo–negativo, lo que se llama floculación. Este comportamiento de las partículas de minerales de arcilla dan cohesión a la masa de suelo, manteniéndola unida.

2.2.10 Consolidación de los Suelos

Es un proceso que consiste en la reducción del volumen total del suelo provocado por la colocación de una sobrecarga constante que comprimen los estratos del suelo, que a su vez incrementa los esfuerzos totales del mismo, esta compresión de los estratos puede ser causada por una deformación de las partículas del suelo, un reacomodo de las partícula, o por una expulsión de agua o aire de los espacios vacíos del suelo.

En el caso de suelos arcillosos este proceso es muy lento debido a su baja permeabilidad que no le permite absorber y expulsar el agua a una velocidad alta. Y en caso de suelos arenosos saturados esto lleva a un aumento de la presión poros, pero como el agua no resiste esfuerzo cortante sin que se modifique el nuevo esfuerzo total, el exceso de presión de poros se disipa a una velocidad controlada por su permeabilidad, razón por la cual el esfuerzo efectivo va aumentando a medida que el agua va fluyendo por el suelo.

El proceso de consolidación trae ciertas consecuencias que tienen diferentes efectos a corto, mediano o largo plazo en el terreno y las estructuras, y entre ellas están la reducción del volumen de vacíos, reducción del volumen total, incremento en el esfuerzo efectivo, asentamientos en el terrenos y asentamientos en la estructura (grietas).

2.2.11 Teoría de la Consolidación

Terzaghi y Frölich presentaron la siguiente analogía mecánica para explicar la consolidación con el modelo idealizado de un sistema compuesto por un muelle (resorte), un cilindro con un agujero y relleno de agua. En este sistema el muelle representa la compresibilidad o la estructura propia del suelo, y el agua es el fluido que se encuentra en los vacíos entre los poros. (Ver figura 5).

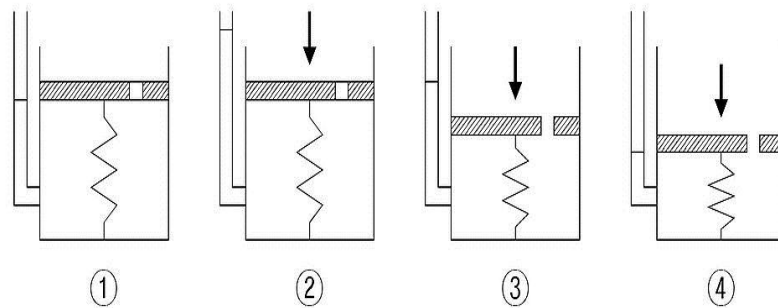


Figura 5. Teoría Analógica de Consolidación de Terzaghi

Fuente: Guía Consolidación de los Suelos

En la primera fase el cilindro está completamente lleno de agua, y el agujero está cerrado (Suelo saturado). La segunda fase una carga es aplicada sobre el muelle mientras el orificio sigue cerrado. En esta etapa, el agua resiste la carga aplicada (Desarrollo de presiones excesivas en los poros de agua). La tercera fase cuando se abre el orificio, el agua comienza a drenar y el muelle se acorta. (Drenaje excesivo de los poros de agua). Y en la cuarta fase después de cierto tiempo, el drenaje de agua termina. Ahora el muelle resiste por sí solo la carga aplicada. (Total disipación del exceso de presión de agua en los poros), por lo tanto un suelo consolidado.

En la teoría de la consolidación vertical de [Terzaghi, 1943], se estudió el suelo considerando un depósito homogéneo, saturado, de longitud lateral infinita y sometido a una carga uniforme (q) aplicada en toda el área superficial, y donde el suelo reposa sobre una base impermeable que puede drenar hacia la parte superior. Se

estudia la consolidación primaria, y se establecen las siguientes hipótesis: el suelo es homogéneo y el incremento de presión, $\Delta\sigma'$, se aplica instantáneamente, el suelo está completamente saturado ($S_r = 100\%$); el agua es incompresible, y las partículas sólidas también, es aplicable el cálculo infinitesimal al conjunto del suelo (partículas y agua), la compresión del suelo es unidimensional (vertical); el drenaje o flujo es unidimensional; es aplicable la ley de Darcy, el índice de huecos, e , depende de la presión p' ; se considera el módulo de deformación del suelo, E , constante; coeficiente de permeabilidad y compresibilidad son constantes en cualquier punto de la capa que se consolida, y no varían con el proceso de la consolidación, se prescinde del proceso secundario (consolidación secundaria). La lentitud con que se produzca la compresión tiene como causa exclusiva la baja permeabilidad del suelo.

2.2.12 Asentamiento de los Suelos

Braja M. Das (2001), Fundamentos de Ingeniería Geotécnica define al asentamiento como:

Un incremento del esfuerzo provocado por la construcción de cimentaciones u otras cargas comprime los estratos del suelo. La compresión es causada por a) deformación de las partículas del suelo, b) reacomodo de las partículas del suelo, y c) expulsión de agua o aire de los espacios vacíos. En general, el asentamiento del suelo causado por cargas se divide en tres amplias categorías:

1. Asentamiento inmediato, provocado por la deformación elástica del suelo seco y de suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de agua.

Los cálculos de los asentamientos inmediatos se basan, generalmente, en ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad.

2. Asentamiento por consolidación primaria, es el resultado de un cambio de volumen en suelos saturados cohesivos debido a la expulsión del agua que ocupa los espacios vacíos.

3. Asentamiento por consolidación secundaria, se observa en suelos saturados cohesivos y es resultado del ajuste plástico de la estructura del suelo. Éste sigue al asentamiento por consolidación primaria bajo un esfuerzo efectivo constante. (p.151).

Los asentamientos según el tipo de suelo podemos tenerlos en los siguientes casos: si son suelos granulares de alta permeabilidad el asentamiento instantáneo es el

más relevante ya que se considera que la expulsión de agua (consolidación primaria) ocurre de manera inmediata, de manera que la consolidación primaria y el asentamiento instantáneo ocurren al mismo momento durante la construcción; en suelos finos de baja permeabilidad el asentamiento por consolidación toma relevancia, ya que puede llevar un tiempo considerable en aparecer y puede tomar una gran magnitud; por otro lado están los suelos orgánicos e inorgánicos muy compresibles toma relevancia es el asentamiento por consolidación secundaria.

El cálculo del asentamiento varía de acuerdo a la carga bajo a la cual se encuentra el suelo previo a la aplicación de la sobrecarga, si la carga (suelo normalmente consolidado o pre consolidado) es menor o igual a la mayor presión (carga de pre consolidación) ha a cuál ha sido sometido el suelo a lo largo de su historia geológica.

Los asentamientos son deformaciones que van afectar de manera directa al terreno y a la estructura en corto o largo plazo y que puede ocasionar en ambos casos grandes daños por lo que es de gran importancia realizar su estudio para poder evitar daños a futuro e inmediatos tanto en el terreno como en la estructura y que en algunas casos puede ocasionar el colapso. Algunas de las causas más comunes que producen asentamiento se pueden mencionar las siguientes:

- La influencia del peso de las cargas permanentes, variables y estáticas de la estructura como el peso de la estructura, el peso del inmobiliario, personas y equipos.
- La influencia de las cargas transitorias o dinámicas como lo son el efecto del viento, los efecto sísmicos, entre otros.
- Los cambios en el contenido de humedad del suelo, producidos generalmente fluctuaciones estacionales del nivel freático o por absorción de agua.
- Deterioro en las fundaciones causadas por agentes corrosivos presentes en suelo, especialmente por sales o azufres.
- Deterioro del suelo por causas de saturación en el mismo.

- Fallas en los taludes del suelo.
- Abatimiento del nivel freático por extracción de agua del suelo mediante el bombeo o cualquier otro motivo.

2.2.13 Cimentación

Es la parte de la estructura que se coloca generalmente por debajo de la superficie del terreno y que transmite las cargas al suelo sin producir en este una sobre carga para que no se produzca un asentamiento o una falla cortante. Esta puede dividirse en dos grandes grupos que son:

- Cimentaciones Superficiales: son aquellas que soportan y transmiten las cargas provenientes de una o varias columnas a estratos relativamente pocos profundos. Por lo general, tiene una configuración cuadrada o rectangular y distribuyen la carga de manera uniforme sobre el suelo, de manera de evitar la falla y los asentamientos excesivos en el mismo. Las formas más comunes de conseguirla es cimentaciones superficiales aisladas, continuas, combinadas y losa de fundación.
- Cimentaciones Profundas: son aquellas que soportan y transmiten cargas más pesadas provenientes de grandes estructuras y que requieren grandes profundidades. Las formas más comunes de encontrarlas son como pilotes y pilas reforzada.

2.2.14 Capacidad de Soporte del Suelo

La capacidad admisible de carga del suelo está restringida por la resistencia al corte del suelo o por la necesidad de eliminar los asentamientos a valores tolerables para la estructura. De sobre pasar estas restricciones o límites de carga se producen asentamientos y grietas en la estructura, esto viene siendo lo que se conoce como falla por capacidad de carga del suelo, y estas fallas se puede conseguir de la siguiente tipo:

- Falla general por corte: tiene un patrón de falla muy definido que viene dado por una superficie de cuña del suelo y dos (02) superficies de deslizamiento, donde la superficie del terreno hacia la cimentación puede rotar y levantarse produciendo cierta inclinación. Es una falla muy violenta y catastrófica. Generalmente ocurre en suelos incomprensibles (suelos granulares densos y cohesivos de consistencia dura a rígida).
- Falla por punzonado: tiene un patrón de falla que no es muy fácil de observar ya que actúa a medida que se va incrementando la carga va comprimiendo el suelo inmediatamente debajo de la cimentación produciendo deslizamientos verticales asentándose la misma, no produce rotaciones y el área alrededor permanece inalterada. Generalmente ocurre en suelos arenosos o suelos cohesivos blandos o muy blandos.
- Falla local por corte: tiene un solo patrón de falla definido debajo de la cimentación, y una tendencia visible al levantamiento en el terreno alrededor de la cimentación, pero no producirá un colapso de la estructura ni su rotación. Esta falla por lo general es una transición entre la falla general por corte y la falla por punzonado.

Entre los factores que pueden afectar la capacidad de carga del suelo podemos nombrar los más comunes como la profundidad de la cimentación, la ubicación del nivel freático, el ángulo de fricción interna y estratigrafía del suelo.

2.2.15 Talud

Se define como talud a la superficie inclinada respecto a la horizontal del suelo que haya de adoptar la estructura del suelo. Se puede encontrar de dos (02) maneras conocidas, como ladera que es cuando el talud se produce de manera natural, y el talud de corte que es el que se produce por acción del hombre. Los taludes deben ser estables para evitar que se produzcan fallas o movimientos del suelo que generen

daños (grietas y asentamientos) y en casos hasta el colapso de la estructura. Los tipos de fallas más comunes que se pueden presentar en los taludes son:

- **Deslizamientos superficiales:** es el proceso que ocurre por la falta de confinamiento de suelo y se produce de manera más o menos continuo donde el talud se desliza ladera abajo y que por general se genera de manera lenta, y es activada por la presencia del agua o el viento. Es una falla de tipo local, pero puede llegar al colapso dependiendo del debilitamiento de la capacidad de carga al disminuir la resistencia al esfuerzo cortante del suelo.
- **Movimientos del cuerpo del talud:** este tipo de falla consiste el deslizamiento total del área del talud debido actúan esfuerzos cortantes que sobre pasan la resistencia al corte del material produciendo deslizamiento en la zona de la falla y que pueden extenderse o no al terreno sobre el cual se encuentra la cimentación. Puede estudiarse dos (02) que son la falla rotacional y la falla transnacional.
- **Por licuación:** este tipo de falla es frecuente en los taludes naturales, se debe a la disminución de la resistencia del esfuerzo cortante por aumento o presencia de agua, o por la pérdida de la resistencia por presencia de deformaciones en el suelo, o por cualquier otro tipo de degradación en la estructura que puede ocurrir por la presencia o no de agua. Este tipo de falla es común en suelos arcillosos sensibles y sueltas, en arenas saturadas sobre todo las de baja compresibilidad.
- **Falla por la falta de la capacidad de carga del terreno de la cimentación:** este tipo de falla es de gran importancia en taludes artificiales o de corte, y puede presenciarse de la siguiente manera asentamientos en el terreno, deslizamiento del terreno de la cimentación, pérdida de la resistencia por la presencia de la presión de poros, hundimientos por la existencia de grietas o cavernas, licuación del suelo, tubificación del suelo, o por traslación del suelo.

2.3 Definición de Términos Básicos

- **Capacidad Cortante de Suelo** se refiere a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.
- **Capilaridad** es una propiedad de los líquidos que depende de su tensión superficial y a su vez, también depende de la cohesión del líquido, que le confieren la capacidad de subir o bajar por los espacios vacíos del suelo hasta llegar a la superficie.
- **Carga pre consolidación** máxima carga o presión efectiva a la cual ha sido sometido el suelo durante su historia geológica.
- **Coefficiente de Consolidación** indica el grado de asentamiento del suelo bajo cierto incremento de carga y vincula a la velocidad del mismo.
- **Compactación** es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades, tiene como objetivo principal el de mejorar las propiedades del suelo para usos de ingeniería.
- **Compresibilidad** es la cantidad o grado consolidación debido o provocado por el aumento unitario de presión en el suelo.
- **Contenido de Humedad de Suelo** está referido a la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo.
- **Curva edométrica** es la representación del ensayo edométrico se hace colocando en abscisas las presiones y en ordenadas el índice de poros alcanzado al final del periodo de consolidación correspondiente a cada presión.
- **Densidad del Suelo** es la relación que existe entre la cantidad de masa y un determinado volumen del suelo.

- **Erosión** es la degradación o desgaste y el transporte del suelo o roca que producen distintos procesos naturales en la superficie de la Tierra. Entre estos agentes está la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos.¹ La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización y es uno de los principales factores del ciclo geográfico.
- **Expansión** es una variación en el volumen del suelo que ocurre cuando este absorbe una gran cantidad de fluido.
- **Falla Rotacional:** define un plano de falla curvo donde ocurre en deslizamiento del suelo, por lo general influyen en estas fallas el perfil estratigráfico del suelo, secuencia geológica local y la naturaleza del material. Este tipo de falla ocurre por lo general en suelos arcillosos.
- **Falla de Traslación:** son frecuentes en taludes donde existe un estrato inferior débil que al humedecerse pierde resistencia produciendo un deslizamiento en la zona de falla.
- **Floculación** proceso a través del cual las partículas de un coloide se aglomeran y forman partículas más gruesas, las cuales a menudo pueden re dispersarse por agitación debido a que las fuerzas de su interior son débiles. Este proceso puede provocarse añadiendo un coagulante líquido.
- **Humus** es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos benéficos (hongos y bacterias). Se caracteriza por su color negro debido a la gran cantidad de carbono que contiene. Se encuentra principalmente en las partes altas de los suelos con actividad orgánica. Los elementos orgánicos que componen el humus son muy estables, es decir, su grado de descomposición es tan elevado que ya no se descomponen más y no sufren transformaciones considerables.

- **Índice de Compresibilidad** indica el nivel de compresibilidad de una muestra.
- **Licuación:** es el proceso en el cual el suelo no consolidado pierde firmeza o rigidez debido a que pierde su resistencia al esfuerzo cortante.
- **Límite Líquido** es cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido, y el cual corresponde al contenido de humedad que posee el suelo. Para la determinación de este límite se utiliza el ensayo de Casagrande.
- **Límite Plástico** es cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico. Se determina presionando o enrollando una pequeña porción del suelo plástico hasta obtener hebras de 3 mm de espesor.
- **Límite Retracción o Contracción** es el contenido de humedad contenido cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.
- **Losa de Fundación:** son estructuras de concreto que actúan de asiento común para toda la edificación, se utilizan generalmente cuando hay casos de altas cargas en relación al soporte del suelo.
- **Meteorización** al proceso de descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrosfera y la biosfera.
- **Permeabilidad** es la capacidad que tiene un material de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.
- **Plasticidad:** es la propiedad que posee los suelos finos por las cuales son capaces de soportar deformaciones rápidas, sin rebotes elásticos, sin variaciones volumétricas apreciables, sin desmoronarse o agrietarse.
- **Porosidad** es una medida de espacios vacíos en un material, y es una fracción del volumen de huecos sobre el volumen total, entre 0-1, o como un

porcentaje entre 0-100%. Se Podría decir de manera general que la porosidad de un suelo está definida por el porcentaje de huecos existentes en el mismo frente al volumen total.

- **Relación de Vacío** la relación de vacío de un suelo es el volumen de suelo no ocupado por partículas sólidas. Cuanto mayor sea la relación de vacío más suelto es el suelo.
- **Retracción** es una variación en el volumen del suelo que ocurre cuando pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.
- **Socavación** es una excavación ocasionada de manera natural debido a la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea material de lecho y de las bancas de un cauce, convirtiéndose en una de las causas más comunes de falla en puentes.
- **Suelo Alóctono** son aquellos que se forman por los componentes que han llegado de fuentes de suministro alejadas del lugar de depósito.
- **Suelo Autóctono** son aquellos que resultan del proceso de desintegración de las rocas de un lugar, sin que los materiales desintegrados sean transportados a otros, por los que estos se quedan cubriendo la roca madre.
- **Suelos Azonales** son suelos pocos evolucionados, razón por la cual no se le conoce bien como es su proceso de evolución.
- **Suelos Intrazonales** son aquellos que realizan su proceso de evolución independiente del tipo del clima que tenga la zona donde se encuentran.
- **Suelo Normalmente Consolidado** es aquel cuya carga o presión efectiva actual es igual a la carga de pre consolidación.
- **Suelo Pre Consolidado** es aquel cuya carga o presión efectiva actual es menor a la carga de pre consolidación.
- **Suelos Zonales** son aquellos que realizan su proceso de evolución dependiendo del tipo del clima que tenga la zona donde se encuentran.

- **Tubificación:** es el proceso en el cual suelo sufre una erosión mecánica por dispersión, disolución y exportación que aparece en los suelos no consolidados, especialmente en suelos finos con alto contenido de sodio y que sean expansibles.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Para Arias (1999, p.18), el marco metodológico es el “conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas”, ya que en él se destacan todos los aspectos relativos a la metodología empleada en la presente investigación como lo son el diseño y tipo de investigación, la población, muestra, así como los instrumentos de recolección de datos, con el propósito de responder las preguntas planteadas en dicha investigación.

3.1 Nivel de la Investigación

Arias, F (1999, p.19) señala que “Nivel de la investigación se refiere al grado de profundidad que aborda un objeto o fenómeno. Indicado la siguiente clasificación: exploratoria, descriptiva o explicativa”.

El proyecto se sustenta en una investigación descriptiva, que para (Arias, F; 1999, p.20) “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o suceso con establecer su estructura o comportamiento”. En este sentido, el proyecto comprende la cuantificación de los datos provenientes de los ensayos a realizar a las muestras de suelo tomadas, y por medio de estos obtener los resultados necesarios para realizar la gráfica de consolidación y brindar la propuesta a la mejor solución para la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo

3.2 Tipo de Investigación

Para Arias, F (1999, p.19), el tipo de la investigación “es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema y los objetivos planteado”. Debido a que esta además de proporcionar las respuestas a las interrogantes y comprobar las hipótesis de la investigación, también suministra las estrategias que el investigador adopta la recolección de datos y especifica los pasos que deben seguirse para el control de las variables planteadas.

Balestrini, M (2001, p.126) señala “que existen diferentes tipos de estudios: documental, de campo, factible y proyectos especiales”. El tipo de investigación que sustenta los objetivos, planteamientos y posibles soluciones será por medio de una propuesta factible que según Mijares, H (p.5) “Consistirá en la investigación, elaboración, de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, necesidades o requerimientos de organizaciones, grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”; por lo que se realizaron una revisión al proceso de consolidación de unas muestras de suelos de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Sagrado Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, permitiendo realizar un análisis de la situación actual y plantear una propuesta que mejore y cubra con los requerimientos y necesidades.

Para el planteamiento de la posible solución o propuestas a la problemática planteada se adoptó un tipo de investigación de experimental, que para (Arias, F; 1999, p.21) plantea que un diseño de investigación experimentales aquel “Proceso que consiste someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variable independiente), para observar los efectos que producen (variables dependientes).

3.3 Diseño de Investigación

Arias, F (1999, p.21) indica que “El diseño de investigación se clasifica en diseño de investigación documental, campo y experimental”.

Para la posible propuestas a la problemática planteada se adoptó un diseño de investigación de campo, que para (Arias, F; 1999, p.21) plantea que un diseño de investigación campo es aquel “Proceso que consiste en la recolección de datos directamente de donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar alguna variable.

3.4 Población y Muestra

Población

Balestrini (2001, p. 137) define la población como el “conjunto finito o infinito de personas, casos o elementos, que presentan características comunes”, y

que de la misma se extrae información necesaria para dar respuesta a los objetivos de la investigación y por consiguiente respuesta al problema planteado. De esta manera, se establece como población de esta investigación las muestras de suelos obtenidas de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo.

Muestra

Balestrini (2001, p.141), señala que “una muestra es una parte representativa de una población, cuyas características deben producirse en ella, lo más exactamente posible”. Por lo tanto, una unidad de análisis se refiere al que o quién va a ser objeto específico de interés en la investigación.

En referencia a lo antes expuesto, para la unidad de análisis de la presente investigación se tomarán dos muestras en dos puntos locales distintos del área trasera de la Casa Hogar. Debido a que esa es la zona en donde se presentan las fallas más trascendentales de la estructura, y se tomo sólo una (01) muestras porque es una toma representativa ya que esta área es de poca extensión. Cantidad suficiente para la realización de los ensayos. En esta Investigación la muestra es igual a la población.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En este caso, la información se obtiene a partir de la observación directa de las muestras de suelo obtenidas de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo. Hernández S, Fernández C, y Baptista L. (2010, p. 260), definen la observación: “Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías.” Así, al realizar los ensayos correspondientes a las muestras se llevará un registro de los datos observados en las tablas y gráficas diseñadas para este tipo de estudio específico como lo es el estudio del suelo.

3.6 Fases Metodológicas

Fase I: Clasificar granulométricamente el suelo según el sistema unificado (SUCS) y el sistema AASHTO.

De la muestra de suelo obtenida de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Sagrado Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo se tomo una proporción para realizarle el ensayo de granulometría mediante los tamices de calibración en el laboratorio de Mecánica de los Suelos de la Universidad José Antonio Páez como lo especifica la norma ASTM D422. Posteriormente se registran los resultados obtenidos en las tablas correspondientes y se realizan sus respectivos cálculos para así clasificar el suelo mediante los métodos de sistema unificado y sistema AASHTO.

Fase II: Realizar una identificación visual de las características del suelo. Determinar la gravedad específica y el contenido de humedad del suelo.

Para realizar esta fase se utilizó una porción de la muestra de suelo obtenida de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, y se realizaron los ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad José Antonio Páez, para obtener la clasificación visual y determinar el contenido de humedad y gravedad específica se utilizó una muestra pasante por el tamiz número 40 y se realizaron diferentes ensayos para de manera visual y manual determinar las diferentes características que presenta el suelo.

Fase III: Obtener los límites de consistencia del suelo.

En esta fase se utilizó una porción de la muestra de suelo obtenida de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, y se realizaron los ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad José Antonio Páez, los cuales se realizaron según la norma ASTM D423-D424, para determinar los límites de consistencia del suelo.

Fase IV: Determinar el índice de expansión, índice de compresión, y el respectivo esfuerzo de consolidación de la muestra de suelo.

En esta fase de igual manera se utilizó una porción de la muestra de suelo obtenida de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, y se realizaron los ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad José Antonio Páez, según como lo indica la noma ASTM D2435, para realizar los cálculos pertinentes y construir las gráficas necesarias.

Fase V: Evaluar de manera visual el estado de la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús y diagnosticar el motivo que ocasionó la falla.

En esta fase se realizó una visita a la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo y se registraron fotos de las zonas más críticas del lugar, y luego se hizo una evaluación general de lo observado en la visita y de los resultados obtenidos en las fases anteriores, para por último poder diagnosticar la causa que provocó la falla.

Fase VI: Proponer una posible solución que proporcione estabilidad a la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús.

Finalmente luego de realizado un análisis visual de los lugares más afectados y de diagnosticado el motivo de la falla se realizó una propuesta con las posibles mejoras para el conjunto cimentación- suelo, permitiendo que no se siga viendo afectada la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Clasificar granulométricamente el suelo según el sistema unificado (SUCS) y el sistema AASHTO.

De la muestra de suelo obtenida de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo se tomó una porción que fue secada y pulverizada debidamente para realizar el ensayo de granulometría según la Norma ASTM D422 en el laboratorio de Mecánica de los Suelos de la Universidad José Antonio Páez. El cual consistió en secar el suelo por veinticuatro (24) horas en el horno para eliminar su humedad natural y, poder triturar de manera más sencilla, con un martillo proctor, con el fin de eliminar todos los posibles terrones que se encontraron. Luego, se colocó la muestra en el tamiz número 200 y se lavó cuidadosamente hasta que el agua aclaró, lo que permitió determinar la cantidad de material fino presente en la muestra. Posteriormente, se dejó secar nuevamente toda la muestra retenida y pasante, por veinticuatro (24) horas.

Se eligió una porción de esta muestra y se le realizaron dos ensayos (02) granulométricos. Los cuales consisten en pasar el suelo a través de diferentes tamaños de tamices durante catorce (14) minutos. Este ensayo se realizó con un tamiz vibratorio el cual permite que la muestra se esparza uniformemente por todos los tamices.

Luego se pesaron en una balanza las porciones retenidas de muestra en cada tamiz. Se tabuló y se calcularon los porcentajes retenidos y porcentajes pasantes de los tamices de la siguiente forma:

% retenido parcial= (peso retenido * 100)/ peso total de la muestra

% retenido acumulado= %retenido acumulado anterior + % retenido parcial siguiente

% pasante= % pasante anterior - % retenido parcial siguiente

(Ver Tabla 3 Muestra 1 granulometría, Tabla 4 Muestra 2 granulometría).

De acuerdo a la información obtenida se presenta en una hoja semi-logarítmica, para graficar la curva granulométrica, donde el eje de las abscisas indica los diámetros de las partículas en milímetros (escala logarítmica del papel) y en las ordenadas el porcentaje pasante (escala natural del papel). (Ver Gráfica 1 de granulometría).

Cuadro 3 Muestra 1 Granulometría

Peso tara		366,9					
Peso muestra + tara		1230,4		Peso Pasante del tamiz N°4 + Tara		1192,30	
Peso total de la muestra		863,5		Peso Pasante del tamiz N°4		825,4	
Tamiz (ASTM)	Peso Tamiz (grs)	Peso Tamiz + Muestra (grs)		Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasante por el tamiz
1"	366,9	366,9		0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	366,9	366,9		0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	366,9	366,9		0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	366,9	366,9		0,00	0,00	0,00	100,00
1/4"	366,9	395,5		28,60	3,31	3,31	96,69
N°4	366,9	375,4		8,50	0,98	4,30	95,70
Tamiz	Peso Tamiz (grs)	Peso Tamiz + Muestra (grs)	Peso Retenido Parcial en (grs)	Fracción representativa del pasante N°4			779,90
N°8	366,9	420,20	53,30	56,41	6,53	10,83	89,17
N°10	366,9	395,30	28,40	30,06	3,48	14,31	85,69
N°30	366,9	396,50	29,60	31,33	3,63	17,94	82,06
N°40	366,9	401,40	34,50	36,51	4,23	22,17	77,83
N°50	366,9	416,60	49,70	52,60	6,09	28,26	71,74
N°100	366,9	414,20	47,30	50,06	5,80	34,06	65,94
N°200	366,9	474,30	107,40	113,67	13,16	47,22	52,78
Pasa 200	366,9	796,60	429,70	454,77			

Cuadro 3. Tabla Muestra 1 Granulometría

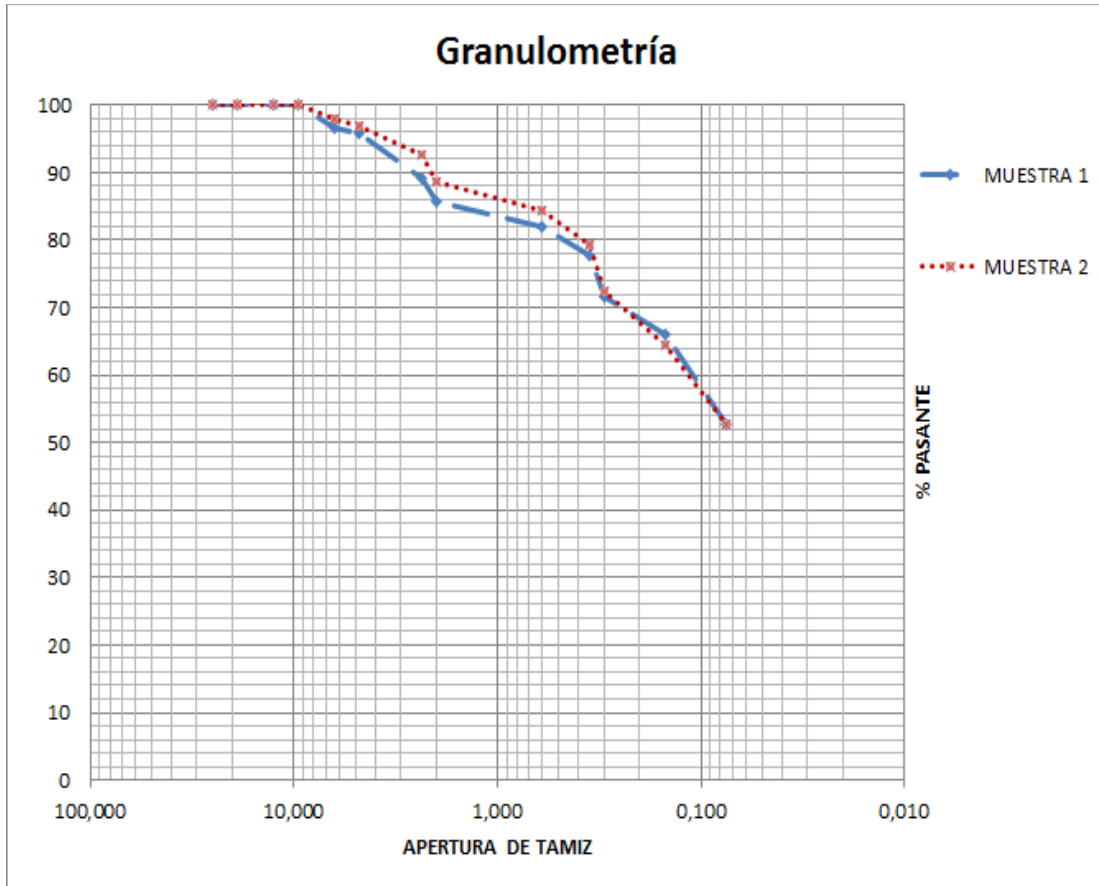
Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Cuadro 4 Muestra 2 Granulometría

Peso tara		366,9					
Peso muestra + tara		1180,4		Peso Pasante del tamiz N°4 + Tara		1154,20	
Peso total de la muestra		813,5		Peso Pasante del tamiz N°4		787,3	
Tamiz (ASTM)	Peso Tamiz (grs)	Peso Tamiz + Muestra (grs)		Peso Retenido en (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Pasante por el tamiz
1"	366,9	366,9		0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	366,9	366,9		0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	366,9	366,9		0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	366,9	366,9		0,00	0,00	0,00	100,00
1/4"	366,9	382,7		15,80	1,94	1,94	98,06
N°4	366,9	376,6		9,70	1,19	3,13	96,87
Tamiz	Peso Tamiz (grs)	Peso Tamiz + Muestra (grs)	Peso Retenido Parcial en (grs)	Fracción representativa del pasante N°4			784,00
N°8	366,9	403,30	36,40	36,55	4,23	7,37	92,63
N°10	366,9	401,10	34,20	34,34	3,98	11,35	88,65
N°30	366,9	403,40	36,50	36,65	4,24	15,59	84,41
N°40	366,9	410,10	43,20	43,38	5,02	20,61	79,39
N°50	366,9	425,90	59,00	59,25	6,86	27,48	72,52
N°100	366,9	435,90	69,00	69,29	8,02	35,50	64,50
N°200	366,9	469,30	102,40	102,83	11,91	47,41	52,59
Pasa 200	366,9	770,20	403,30	405,00			

Cuadro 4. Tabla Muestra 2 Granulometría
Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Gráfica 1 Curva Granulométrica



Gráfica 1. Gráfica de Granulometría
Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocio Solórzano

Obtenidas las gráficas se pudo concluir con el ensayo que el suelo era fino con un pasante del tamiz numero 200 mayor al 50% clasificado por el sistema unificado, (Ver figura 3).

4.2 Realizar una identificación visual de las características del suelo y determinar la gravedad específica y el contenido de humedad del suelo.

Para realizar esta fase se utilizó una porción de la muestra de suelo obtenida de la Casa Hogar en estudio, y se realizaron los ensayos en el laboratorio de suelos conocidos de la Universidad José Antonio Páez.

Para realizar la clasificación visual no se necesitó realizar ensayos en el laboratorio. Se hizo una observación de la muestra de suelo para describir su color y su olor. Al realizar el ensayo de granulometría se percibió que los granos de la muestra son finos. Se determinó que el color de la muestra es rojizo y sin olor.

Luego para determinar el contenido de humedad y gravedad específica, se utilizó una muestra pasante por el tamiz número 40 y se realizaron dos (02) diferentes ensayos, el primero fue para determinar el contenido de humedad en el cual se colocó la muestra húmeda en un envase, hasta llenarlo completamente, y se pesó. Luego, esta muestra se dejó secando en el horno 24 horas y se pesó nuevamente. Al recipiente utilizado para este ensayo se le determinó el volumen. Finalmente, se realizaron los cálculos y se obtuvo un contenido de humedad de la siguiente manera:

$$\frac{(\text{Suelo Húmedo (g)} - \text{Suelo Seco (g)})}{\text{Suelo Seco (g)}} * 100$$

Obteniendo un resultado del 28.29%. (Ver tabla 6 Contenido de humedad).

En el segundo ensayo se pesó en un envase una muestra de suelo seco. Luego en un matraz se añadió agua y se pesó. Posteriormente se añadió la muestra de suelo seco al matraz con agua y, se dejó decantar, para tomar el tiempo de decantado el cual fue de apenas veinte (20) minutos. Se pesó la muestra con agua y finalmente con estos datos se procedió a calcular la gravedad específica que se obtuvo de la siguiente

forma:
$$\frac{\text{Suelo Seco (g)}}{(\text{Suelo Seco (g)} + \text{H}_2\text{O (g)}) - (\text{H}_2\text{O} + \text{Suelo (g)})}$$

El resultado arrojado fue de 2.74 g/cm³ permitiendo, mediante la tabla de gravedad específica (ver figura 6), conocer que se trata de un suelo arcilloso inorgánico que presencia mediana a baja plasticidad, y con mediana tenacidad. (Ver tabla 5 gravedad de los sólidos).

Clasificación del Suelo mediante la Gravedad Específica

Suelos	G_s
Grava	2,65 a 2,68
Arena	2,65 a 2,68
Arcilla inorgánica	2,68 a 2,75
Arcilla orgánica	2,58 a 2,65
Limo inorgánico	2,62 a 2,68

Figura 6. Tipo de Suelo

Fuente: María Gabriela Fratellio

Cuadro 5 Gravedad Sólidos

Tara (g)	65.20	Tara+ Suelo Seco (g)	183.53	Suelo Seco (g)	118.33
Tara (g)	96.53	Tara+ H ₂ O (g)	383.26	H ₂ O (g)	286.73
		Tara+ H ₂ O+Suelo (g)	458.45	H ₂ O + Suelo(g)	361.92
G_s=		2.74 g/cm³			

Cuadro 5. Gravedad de los Sólidos

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Cuadro 6 Contenido de Humedad

Tara (g)	30.70	Tara+ Suelo Húmedo (g)	206.72	Suelo Húmedo(g)	176.02
Tara (g)	30.70	Tara+ Suelo Seco (g)	167.90	Suelo Seco (g)	137.20
		Radio (cm)	4.00	Altura (cm)	2.50
		Volumen (cm ³)	125.60	%W	28.29

Cuadro 6. Contenido de Humedad

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

4.3 Obtener los límites de consistencia del suelo.

En esta fase se utilizó una porción de la muestra de suelo obtenida de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, y se realizaron los ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad José Antonio Páez, los cuales se realizaron según la norma ASTM D423-D424.

Para determinar los límites de consistencia se utilizó una muestra pasante por el tamiz número 40, se humedeció, se mezcló hasta obtener una especie de masa de suelo homogénea, y se colocó en el equipo de Casagrande donde fue en rasada la muestra, y se le abrió una abertura a la muestra que la dividió en dos (02), para luego proceder a colocar en funcionamiento el equipo de Casagrande girando la manilla para aplicarle cierta cantidad de golpes a la muestra hasta lograr la unión de la abertura realizada, por último se obtuvo su peso húmedo, se dejó secar por veinticuatro (24) horas y, se realizaron los cálculos siguientes:

$$\frac{(\text{Suelo Seco (g)} - \text{Suelo Húmedo (g)})}{\text{Suelo Seco (g)}} * 100$$

Que permitieron obtener una gráfica de número de golpes vs contenido de humedad, para con esto obtener, el valor de límite líquido a los veinticinco (25) golpes dados a la muestra y, el cual fue de 37.27%.

Para la determinación del límite plástico se realizaron varias hebras pequeñas, aproximadamente de unos 3mm de espesor, con la misma muestra pasante por el tamiz número 40, luego se procedieron a pesar las hebras húmedas, y después de veinticuatro (24) horas de secado, para posteriormente realizar los cálculos siguientes:

$$\frac{(\text{Suelo Seco (g)} - \text{Suelo Húmedo (g)})}{\text{Suelo Seco (g)}} * 100$$

y se obtuvo un valor de límite plástico de 9.09%, y por medio de esto se calculó su índice de plasticidad: $\frac{\text{Límite líquido}}{\text{Límite Plástico}}$ el cual fue de 28.17; con estos valores obtenidos se procedió a terminar la clasificación del suelo por ambos métodos usando la carta de plasticidad para el sistema unificado, de la cual se obtuvo que el suelo en estudio

es un material poca plástico, el cual, por el sistema unificado, se obtuvo como clasificación del suelo un CS lo que sería una suelo arcilloso arenoso de mediana plasticidad, (Ver Tabla 07, 08, 09 y10). (Ver Gráfica 2 y 3). (Ver figura 2, 4 y 7).

Tabla de Índice de Plasticidad

INDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	SUELO
0 - 5	No plástico
5 - 15	Ligeramente plástico
15 - 40	Medianamente plástico
> 40	Altamente plástico

Figura 6. Índice de Plasticidad

Fuente: Guía de Laboratorio de Suelos de Universidad Carabobo.

Cuadro 7 Límite Líquido

Muestra 1 (25 golpes)					
Tara (g)	30.70	Tara+ Suelo Húmedo(g)	68.00	Suelo Húmedo (g)	37.30
		Tara+ Suelo Seco (g)	54.10	Suelo Seco (g)	23.40

%Wl 37.27 LL

Cuadro 7. Límite Líquido

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Cuadro 8 Límite Líquido

Muestra 2 (22 golpes)

Tara (g)	29.69	Tara+ Suelo Húmedo(g)	56.13	Suelo Húmedo (g)	26.44
	Tara+ Suelo Seco (g)		43.84	Suelo Seco (g)	14.15

$$\%Wl = 46.48$$

Cuadro 8. Límite Líquido

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocio Solórzano

Cuadro 9 Límite Líquido

Muestra 3 (24 golpes)

Tara (g)	30.98	Tara+ Suelo Húmedo(g)	66.62	Suelo Húmedo (g)	35.64
	Tara+ Suelo Seco (g)		52.48	Suelo Seco (g)	21.50

$$\%Wl = 39.67$$

Cuadro 9. Límite Líquido

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocio Solórzano

Cuadro 10 Límite Plástico

Tara (g)	30.70	Tara+ Suelo Húmedo(g)	34.00	Suelo Húmedo (g)	3.30
	Tara+ Suelo Seco (g)		33.70	Suelo Seco (g)	3.00

$$\%Wp = 9.09$$

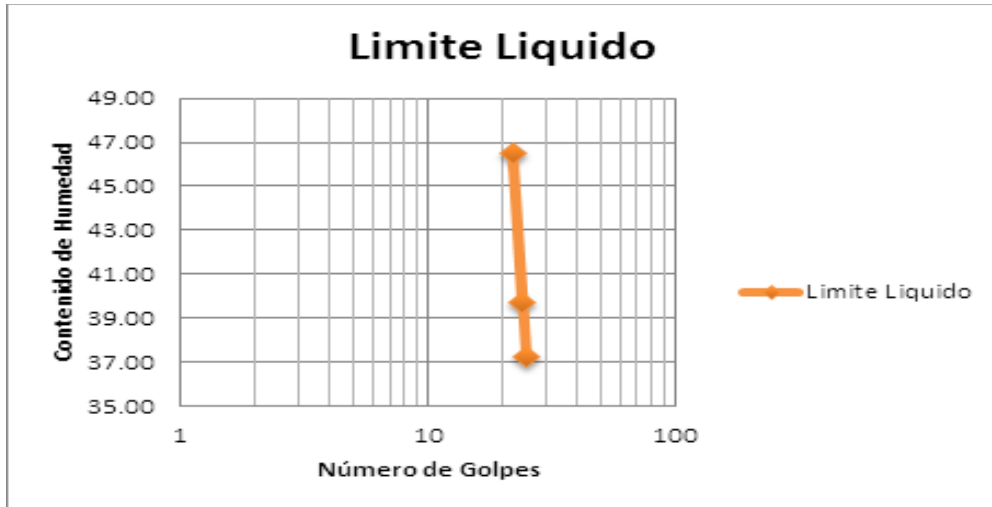
Cuadro10. Límite Plástico

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Índice Plástico

$$Ip = 28.17$$

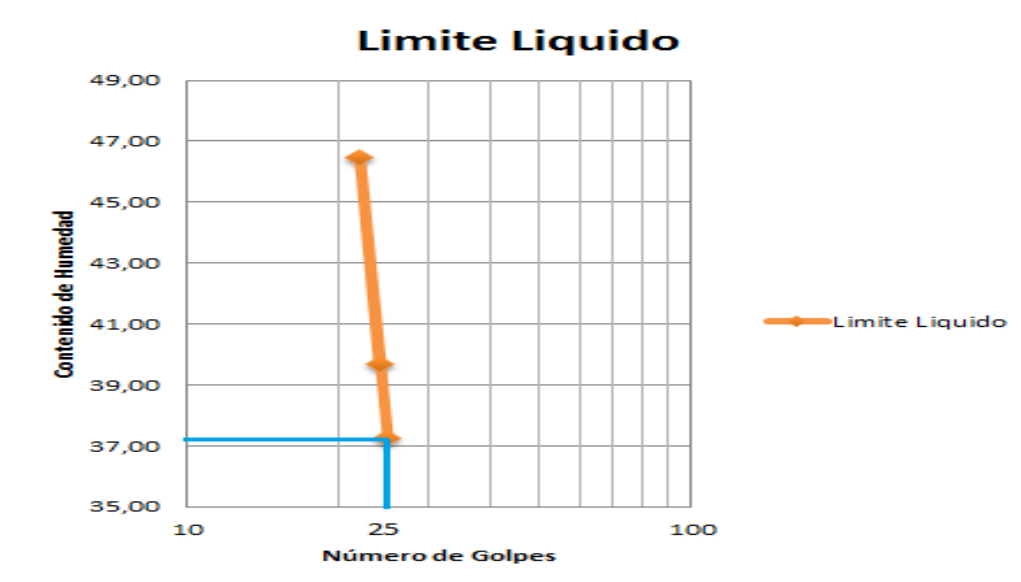
Gráfica 2 Límite Líquido



Gráfica 2. Límite Líquido

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocio Solórzano

Gráfica 3 Límite Líquido Indicado



Gráfica 3. Límite Líquido Indicado

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocio Solórzano

4.4 Determinar el índice de expansión, índice de compresión, y el respectivo esfuerzo de consolidación de la muestra de suelo.

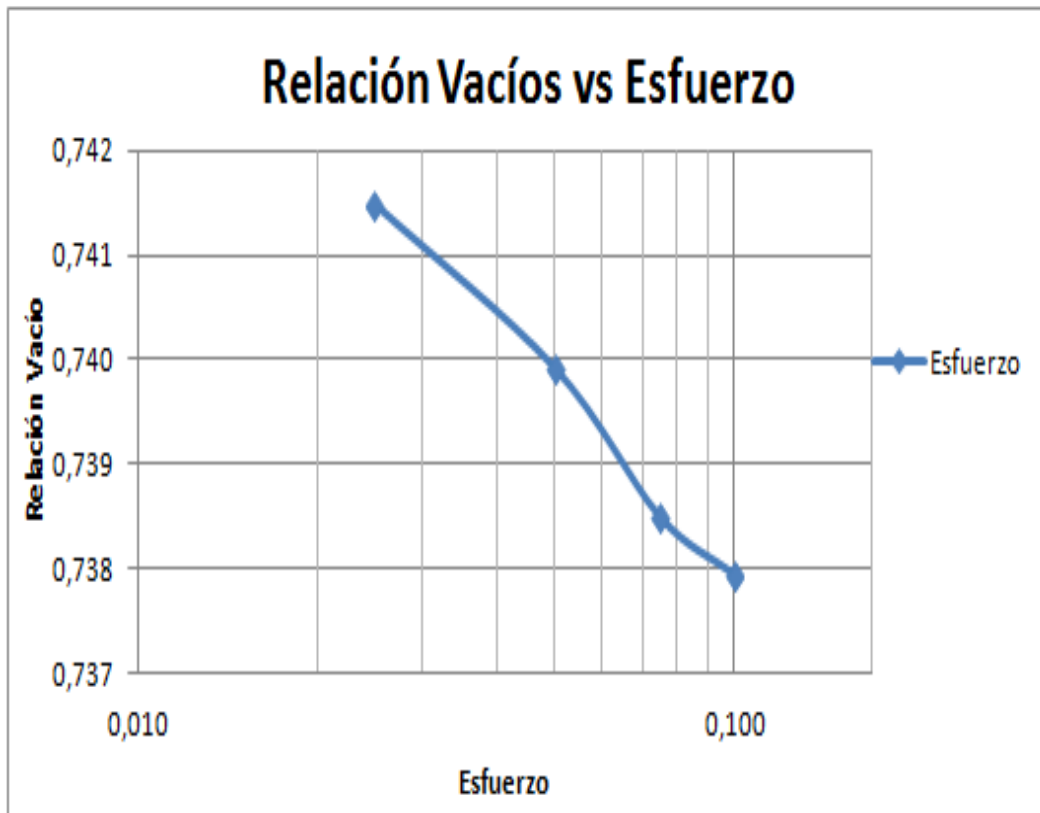
En esta fase de igual manera se utilizó una porción de la muestra de suelo obtenida de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, y se realizaron los ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad José Antonio Páez, según como lo indica la norma ASTM D2435. Para el ensayo se utilizó una muestra pasante por el tamiz número 40 y se colocó en el equipo (consolidómetro eléctrico) que permite determinar su deformación por consolidación a medida que experimenta diferentes escalafones de cargas.

Para poder colocar la muestra de suelo en el equipo se debieron realizar ciertos pasos; comenzando por dejar secar la muestra en el horno por 24 horas, luego se humedeció mientras se iba mezclando hasta formar una masa lo suficientemente húmeda y homogénea. Se tomó la mezcla y se compactó moldeándola hasta formar un cubo, posteriormente, se tomó el anillo, que forma parte del equipo de consolidación y, se incrustó en el cubo formado de suelo para rellenarlo y enrasarlo, obteniendo la muestra a ensayar. Se colocó el anillo en el equipo y se le colocó también una piedra porosa encima de la muestra, para luego ser humedecida hasta saturar la muestra en su totalidad. Luego se instaló debidamente el consolidómetro, ajustando los medidores y cargando el equipo para comenzar a ensayar la muestra saturada.

En este caso se utilizaron cargas de 10, 20, 30 y 40 psi ($\frac{0,455\text{kg}}{2,54\text{cm}^2}$), durando ocho (08) a nueve (09) horas con cada carga, hasta obtener su máxima deformación cada carga, y se repitió el procedimiento para tres (03) muestras diferentes. Se tomó dato de todas sus deformaciones en diferentes momentos observando que con la primera aplicación de carga se presenciaba una mayor deformación mientras que con el resto de las cargas aplicadas su deformación era muy pequeña.

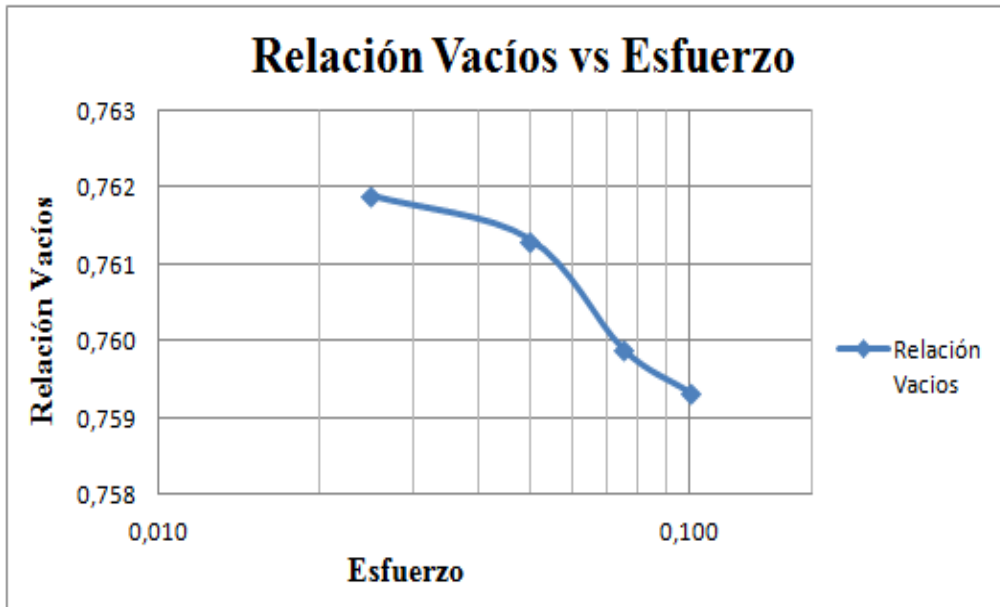
Con estos datos recogidos se realizaron las diferentes gráficas de compresibilidad (espacios de vacíos vs tiempo), y la de consolidación (deformación vs tiempo), para cada muestra respectivamente y, de donde se obtuvieron los esfuerzos o cargas de pre-consolidación para las tres (03) muestras ensayadas. (Ver gráfica 03, 04 y 05).

Gráfica 4 Muestra 1 Consolidación



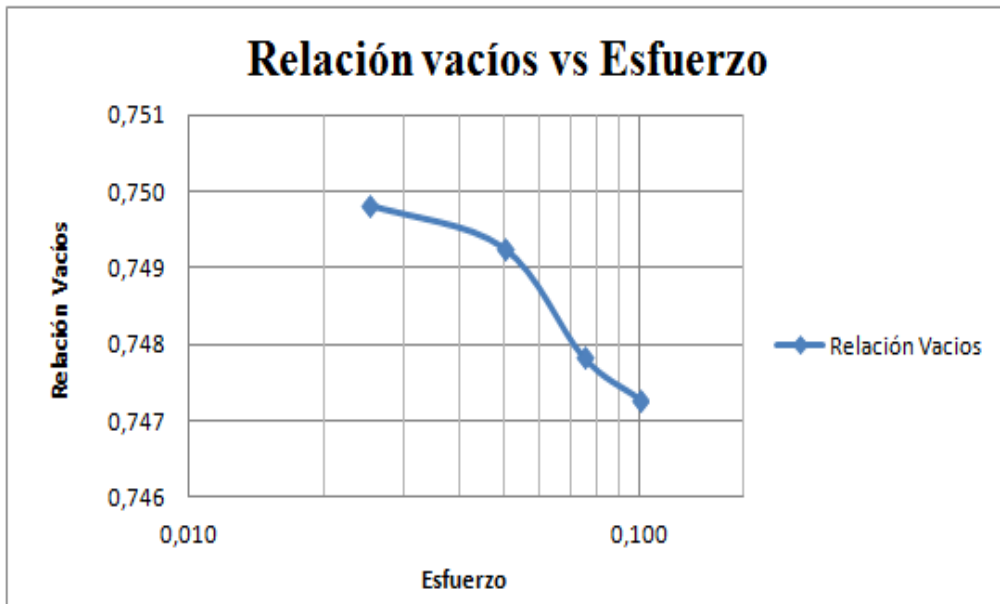
Grafica 4. Gráfica de Compresibilidad
Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Gráfica 5 Muestra 2 Consolidación



Grafica 5. Gráfica de Compresibilidad
Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Gráfica 6 Muestra 3 Consolidación



Grafica 6. Gráfica de Compresibilidad
Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Para determinar las cargas de pre-consolidación (E_{pc}) se procedió a ubicar visualmente el punto (A) de mayor curvatura de la gráfica, luego se trazó una recta horizontal, y una recta tangente, ambas pasando por el punto A. Para luego trazar una recta bisectriz desde el punto A, que se intersecta con la extensión de la parte resta de la curva, obteniendo el punto B que permitió conocer cada valor de las diferentes cargas de pre-consolidación.

En la determinación de la presión efectiva inicial (E_{vo}) se ubico en las graficas de compresibilidad (relación de vacíos vs esfuerzo) la relación de vacío inicial calculada para cada una de las muestras ensayadas, y se intercepto con la prolongación de la parte recta de la gráfica, obteniendo así, en ese punto intercepción el valor de la presión efectiva inicial.

Luego se realizaron los cálculos respectivos de la presión vertical (ΔE_v), la variación de la relación de vacío (ΔE), la relación de pre-consolidación (O.C.R), el índice de compresión (C_c), el índice de expansión (C_r) para las muestras ensayadas. (Ver cuadros 10, 11, 12, 13, 14 y 15).

Un vez obtenido por medio de los cálculo el valor de la relación de pre-consolidación (O.C.R), el cual fue mayor que 1,2 en las tres (03) muestras ensayadas, por lo que conoció que se trata de una arcilla pre-consolidada, es decir que, la presión o carga a la que fue sometido el suelo no fue mayor que a la carga a cual estuvo sometida el suelo antes.

Luego de conocer que la arcilla esta pre-consolidado, se logro definir la formula a utilizar para realizar los cálculos del asentamiento respectivamente, y en los cuales se obtuvieron los siguientes valores de asentamientos de S igual a 0.024cm para la primera muestra, mientras que para la segundo muestra fue un S de 0.021cm, y para la tercera muestra fue un S de 0.022cm. (Ver cuadros 10, 12 y 14).

Cuadro 11 Muestra 1 Consolidación

Epc (kg/cm²)	0,057	A (cm²)	28,26	Hi (cm)	2,5
Ws (kg)	111,18	Wh (Kg)	157,63	Hs (cm)	1,43
Vs (cm³)	40,53	Eo	0,743	Hv (cm)	1,07
Vo (cm³)	70,65	Cc	0,01	S (cm)	0,024
ΔV (cm³)	30,12	Cr	0,006	Evo (kg/cm²)	0,041
ΔEv (Kg/cm²)	46,50	OCR	1,390	ΔE	0,017

Cuadro 11. Ensayo de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Cuadro 12 Muestra 1 Consolidación

Carga psi	Deformación (mm)	A. Deformación (mm)	Relación V	Esfuerzo (Kg/cm²)
10	0,022	0,022	0,741	0,025
20	0,008	0,030	0,740	0,050
30	0,006	0,036	0,739	0,075
40	0,008	0,044	0,738	0,100

Cuadro 12. Ensayo de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Cuadro 13 Muestra 2 Consolidación

Epc (kg/cm²)	0,056	A (cm²)	28,26	Hi (cm)	2,5
Ws (kg)	109,9	Wh (Kg)	149,26	Hs (cm)	1,42
Vs (cm³)	40,07	Eo	0,763	Hv (cm)	1,08
Vo (cm³)	70,65	Cc	0,01	S (cm)	0,021
ΔV (cm³)	30,58	Cr	0,005	Evo (kg/cm²)	0,044
ΔEv (Kg/cm²)	46,50	OCR	1,270	ΔE	0,015

Cuadro 13. Ensayo de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Cuadro 14 Muestra 2 Consolidación

Carga psi	Deformación (mm)	A. Deformación (mm)	Relación V	Esfuerzo (Kg/cm2)
10	0,020	0,020	0,762	0,025
20	0,008	0,028	0,761	0,050
30	0,006	0,034	0,760	0,075
40	0,008	0,042	0,759	0,100

Cuadro 14. Ensayo de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Cuadro 15 Muestra 3 Consolidación

Epc (kg/cm2)	0,055	A (cm2)	28,26	Hi (cm)	2,5
Ws (kg)	110,65	Wh (Kg)	152,46	Hs (cm)	1,43
Vs (cm3)	40,34	Eo	0,751	Hv (cm)	1,07
Vo (cm3)	70,65	Cc	0,01	S (cm)	0,022
ΔV (cm3)	30,31	Cr	0,007	Evo (kg/cm2)	0,040
ΔEv (Kg/cm2)	46,50	OCR	1,370	ΔE	0,016

Cuadro 15. Ensayo de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

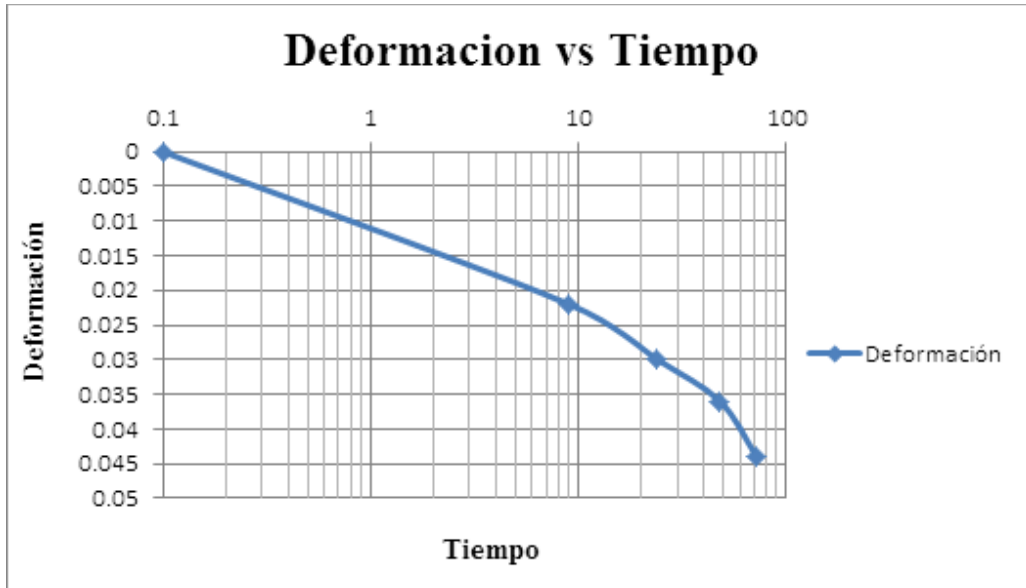
Cuadro 16 Muestra 3 Consolidación

Carga psi	Deformación (mm)	B. Deformación (mm)	Relación V	Esfuerzo (Kg/cm2)
10	0,022	0,022	0,750	0,025
20	0,008	0,03	0,749	0,050
30	0,006	0,036	0,748	0,075
40	0,008	0,044	0,747	0,100

Cuadro 16. Ensayo de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

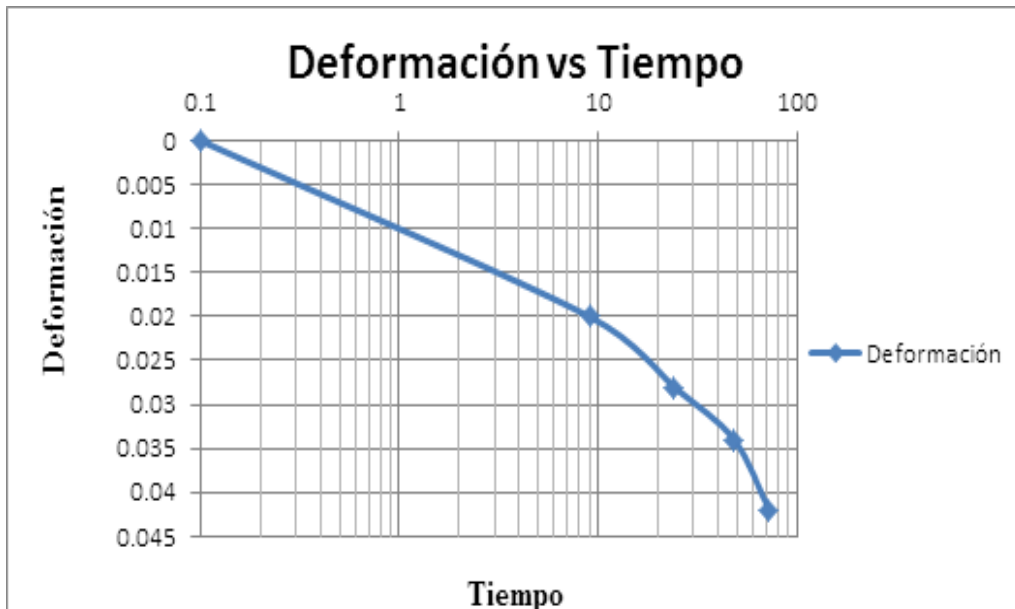
Gráfica 7 Muestra 1 Deformación



Grafica 7. Gráfica de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

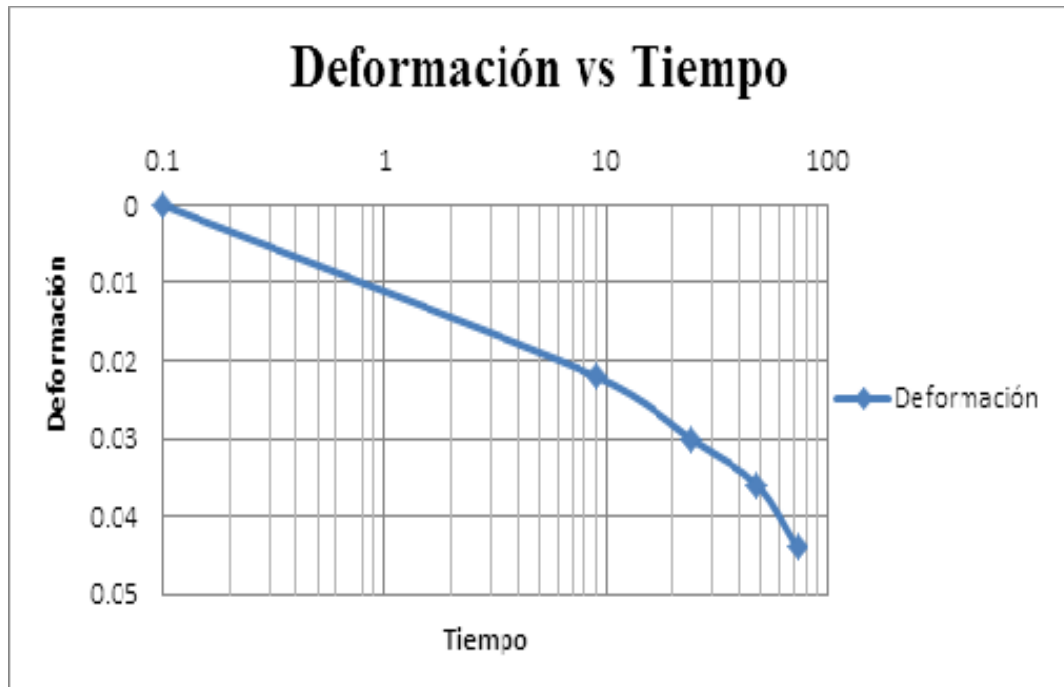
Gráfica 8 Muestra 2 Deformación



Grafica 8. Gráfica de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

Gráfica 9 Muestra 3 Deformación



Grafica 9. Gráfica de Consolidación

Fuente: Marialejandra Alvarado y Rocío Solórzano

De las gráficas de consolidación (ver gráficas 6,7 y 8) se pudo notar la variación de la deformación de las muestras ensayadas con respecto al tiempo, lo que permitió observar que la deformación más grande se presencia en las primeras horas de cargas, es decir, que presencio su mayor deformación con la aplicación del primer escalafón de carga.

4.5 Evaluar de manera visual el estado de la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús y diagnosticar el motivo que ocasionó la falla.

Para esto se realizó una visita a la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo y se registraron fotos de las zonas más críticas

del lugar. Allí se observó que el área afectada se encuentra en la parte posterior de la institución, y se notó lo siguiente:

1. Pequeñas grietas en dirección vertical en las paredes y en la losa de piso en la zona cercana al talud de corte.
2. Un hundimiento de la losa en el área posterior de la institución, hacia donde se encuentra el talud de corte.
3. Debido a que el lugar donde ocurre la falla se encuentra en el patio de la casa, allí no existe una aplicación de carga de la estructura.
4. La tubería que recolecta el agua de lluvia vaciaba sobre el área en estudio. La cual presentaba daños que ocasionaron filtraciones de agua que fue absorbida por el suelo donde reposa la losa.
5. Los elementos estructurales (viga-columna) no presentan daños a la vista ya que, no se notaron grietas o fracturas en los mismos.

Luego de hacer una evaluación general de lo observado en la visita y de los resultados obtenidos en las fases anteriores, se pudo diagnosticar la posible causa que provocó que se agrietara y asentara la losa de fundación, obteniendo de manera visual que la razón considerada de que se presentaran estos daños fue una falla de movimiento del cuerpo del talud de corte en el terreno provocada por una socavación del suelo ocasionada por la descarga de aguas de lluvia en el suelo de la zona mencionada. Ya que se observó que solo habían daños en las zonas cercanas en donde se realizó el corte del talud.

4.6 Proponer una posible solución que proporcione estabilidad a la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús.

Finalmente, luego de realizado un análisis visual de los lugares más afectados por la falla y de haber diagnosticado el posible motivo de ésta, de manera visual, se obtuvo que hay que realizar una estabilización en la parte trasera de la unidad educativa. Ya que al efectuar el corte del talud no se tomó la previsión de dejar la pendiente pertinente para que se mantuviese estable.

De esta forma se trata de evitar que se siga viendo afectada por la falla del talud de corte la losa de fundación de la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De los resultados de la investigación realizada, luego de desarrolladas todas las fases de esta investigación que tuvieron lugar por una falla que se presenció en la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús ubicada en la Av. Anzoátegui de la Ciudad de Valencia – Edo Carabobo, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Realizado el ensayo de granulometría se determinó que el tipo de suelo que presenta la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús es un suelo con partículas finas.
- Después de realizar el ensayo visual se percibió que el suelo era de un color rojizo, sin olor, sin presencia de material orgánico, con poca resistencia a romperse con los dedos y un suelo con mediana plasticidad.
- El ensayo de Casagrande permitió determinar que es un suelo de tipo CS. Lo que significa, que es un suelo fino que se puede clasificar como una arcilla con una cierta cantidad de arena, lo que lo denominaría arcilla arenosa y que posee mediana plasticidad.
- Debido a los resultados proporcionados por el ensayo de consolidación que se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad José Antonio Páez, se pudo obtener en las tres (03) muestras que con la aplicación de la primera carga alcanzó su máxima nivel de deformación, y con el resto de las cargas aplicadas su deformación fue muy pequeña en comparación a la primera carga. Además se obtuvo que es una arcilla pre-consolidada lo que determino que una falla por consolidación del suelo no fue el motivo que ocasionó las grietas ni el hundimiento en la losa de fundación de la unidad educativa.

- La inspección en la visita a la Casa Hogar de Semi – Internos Unidad Educativa Colegio Casa del Corazón de Jesús determinó que la posible causa de que se produjeran estas grietas y hundimiento en la losa de fundación fue debido a una falla de movimiento del cuerpo del talud de corte en el terreno donde se encuentra la losa. Este movimiento pudo ser ocasionado por una erosión del suelo debido a las descargas de aguas de lluvias en el área de terreno de la losa de fundación de la unidad educativa.
- Además se analizó de manera general la evolución que ha tenido la edificación de estudio. Primeramente, esta Casa Hogar funcionaba como vivienda unifamiliar la cual poseía una carga variable distribuida de aproximadamente 1.375 kg/m^2 . Con pasar del tiempo esta vivienda pasó a ser una edificación educacional la cual ahora poseía una carga variable distribuida de aproximadamente 3.575 kg/m^2 . Ya que, posee biblioteca, canchas, balcones, terrazas, aulas, habitaciones, comedor y oficinas. De esta forma también podemos concluir que este cambio de uso, que en consecuencia aumentó las cargas en la edificación, no colaboró con la condición del suelo, ya que la parte afectada de la edificación no presenta un aumento en sus cargas porque se mantuvo de un solo piso.
- Como propuesta se considera que la mejor manera de evitar que se siga produciendo dicha falla es de realizando una estabilización del talud de corte, la cual, sería mediante la construcción de un muro de contención corrido a en la zona trasera de la institución del ancho de la losa de piso, para de esta manera garantizar el confinamiento de la zona del talud, permitiendo garantizar la estabilidad del talud y aumentar la resistencia del suelo; y de esta manera evitar que siga viendo afectada la institución.

RECOMENDACIONES

Para poder ejecutar obras futuras que ayuden al mejoramiento de la edificación con respecto a la falla que se presentó en la losa de fundación estudiada en este trabajo de investigación, se proponen algunas recomendaciones que logren hacer posible esta renovación que evitará inconvenientes en el tiempo debido a esta falla. Y son las siguientes:

- Realizar un estudio en donde se contabilicen todas las cargas permanentes y variables que posee la edificación para definir la distribución de cargas aplicadas a la estructura. Es importante llevar a cabo este análisis debido a que el uso de la edificación varió con respecto al original y es posible que como consecuencia se deban realizar cambios o refuerzos estructurales para mantener en pie la Casa Hogar sin ningún tipo de complicación.
- Al finalizar el estudio previo de las cargas se debe realizar un análisis de los elementos estructurales de la Casa Hogar para certificar si éstos cumplen con las dimensiones requeridas para soportar y transmitir de manera armónica las cargas aplicadas a la estructura. De manera de que si no cumplen con los requerimientos necesarios se puedan realizar ciertos refuerzos a estos elementos para que sean capaces de llevar a cabo sus objetivos.
- Realizar una revisión en el sistema de tuberías sanitarias para que se identifiquen las zonas que necesiten reparaciones, así de esta manera, proceder a hacerle el mantenimiento que sea necesario, para evitar que siga ocurriendo una filtración de agua.
- Finalmente, como recomendación principal, se sugiere realizar el ensayo de resistencia al corte al suelo para determinar sus esfuerzos efectivos y el plano de falla, que permita confirmar lo obtenido de manera visual en la visita, y determinar el tipo de falla de talud. De manera, que se pueda elegir la mejor forma de realizar la estabilización al talud de corte, que sea económica y duradera. Para así, de manera inmediata, atacar el problema existente

actualmente y asegurar que no se presente durante muchos años más. Brindándole seguridad y tranquilidad a las autoridades y alumnado de la Casa Hogar. Ya que, es una Institución que depende de las contribuciones de los buenos ciudadanos que de manera desinteresada ayudan a mantener con vida esta bonita causa llamada “Casa del Corazón de Jesús” la cual alberga a varios estudiantes, que incluso algunos de ellos no tienen otro lugar a donde ir.

ANEXOS

Ensayo de Granulometría





Ensayo de Consolidación



Cubo de Muestra para el Ensayo de Consolidación



Anillo del Equipo de Consolidación



Equipo de Consolidación (Consolidometro Eléctrico)



Visita a la Unidad Educativa



Visita a la Unidad Educativa





Parte delantera de la Unidad Educativa





REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas

- Arévalo, H. y Lugo, J. (2003). **Diseño de un software para el cálculo de asentamientos totales en arcillas inorgánicas no sensitivas.** Egresado de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Braja, M. Das. (2001). **Fundamentos de Ingeniería Geotécnica.** Distrito Federal, Méjico.
- Braja, M. Das. (2001). **Principios de Ingeniería de Cimentaciones.** Distrito Federal, Méjico.
- Cimentada, A. (2009). **Análisis Experimental del Modelo Reducido de la Consolidación Radial y deformaciones del Suelo Blando Mejorado con Columnas de Grava.** Egresada de la Universidad de Cantabria España.
- Chirinos, M. y Nardinochi, B. (2012). **Obtención de curva de consolidación de arcillas para mejorar la interpretación de los estudios del suelo del Municipio San Diego, Estado Carabobo.** Egresado de la Universidad José Antonio Páez.
- De Matteus, A. (2006). **Estabilidad de Taludes.** Egresado de la Universidad Nacional del Rosario.
- Fratelli, María Graciela. (1993). **Suelos, fundaciones y muros.** Caracas, Venezuela.
- Gallardo, J. (2010). **Ajuste de los Parámetros de Consolidación Mediante el uso de Herramientas de Programación.** Egresado de la Universidad Javeriana Bogotá.
- Gil de León Marisabel. (2013). **Guía de laboratorio de Mecánica de los Suelos.** San Diego, Edo. Carabobo, Venezuela.
- González Matilde. (2001). **El Terreno.** Barcelona, España.
- Guevara, E. (2006). **Análisis técnico de la losa de fundación utilizada en las viviendas de interés social.** Egresado de la Universidad Rafael Urdaneta.
- Henríquez, S. Pedrals, A. y Valdés, P. (2006). **Casos de asentamientos inadmisibles en suelos finos.** Egresado de la Universidad de Santiago de Chile.

Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos, Baptista Lucio María del Pilar. (2010). **Metodología de la Investigación**. Distrito Federal, Méjico.

Poliotti, M. y Sierra, P. (2005). **Consolidación Unidimensional de los Suelos**. Egresados de la Universidad Nacional del Rosario Argentina.

Referencias electrónicas:

Clasificación AASHTO de los suelos.

http://www.wikivia.org/wikivia/index.php/Clasificaci%C3%B3n_AASHTO

Clasificación de los suelos.

<http://www.monografias.com/trabajos33/suelos/suelos.shtml>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo>

Consolidación de los suelos.

http://es.wikipedia.org/wiki/Consolidaci%C3%B3n_de_suelos

<http://albatros.uis.edu.co/eisi/ArchivosProfesores/U9186/CONSOLIDACION%20DE%20SUELOS%20.pdf>

Definición del Suelo.

<http://www.monografias.com/trabajos33/suelos/suelos.shtml>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo>

Propiedades de los suelos.

<http://www.monografias.com/trabajos33/suelos/suelos.shtml>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Suelo>

Sistema Unificado de clasificación de los suelos.

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Unificado_de_Clasificaci%C3%B3n_de_Suelos

<http://www.monografias.com/trabajos33/suelos/suelos.shtm>

Límites de Consistencia

<http://es.slideshare.net/DiegoDeIgadoTorres/determinacin-del-limite-liquido-y-limite-plastico-ok>

Tipos de falla en talud

<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/5260/Capitulo3.pdf>

https://es.wikipedia.org/wiki/Estabilidad_de_taludes

Cimentación

<https://es.wikipedia.org/wiki/Cimentaci%C3%B3n>

<http://www.construmatica.com/construpedia/Cimentaciones>

<http://es.slideshare.net/leones2011/cimentaciones-16607189>

https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1036794