

# CAPITULO 1

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### 1.1. Generalidades

#### 1.1.1. Introducción

Las edificaciones en la ciudad de Guayaquil a lo largo de la historia, nos indican que han sido asentadas sobre terrenos rellenados de esteros, manglares y salitrales.

La presencia de estos elementos naturales, han ocasionado problemas en la mayoría de estructuras que se han construido a lo largo de la historia.

El suelo, base para todas las construcciones, presenta muchas características o cualidades diferentes, dependiendo de su ubicación y de su tratamiento, lo cual puede ser beneficioso en algunos casos y desastroso en otros.

Una de estas condiciones desfavorables de los suelos es la expansibilidad, característica por la cual, el suelo al entrar en contacto con el agua reacciona,

empezando a aumentar su volumen y empezando a ejercer una increíble presión en el caso de estar confinado, como lo está cuando se encuentra bajo una edificación u otra obra.

Por este motivo todos los ingenieros buscan trabajar lo más alejado posible de este tipo de suelo, pero existen ocasiones en donde es imposible huir del problema y es entonces cuando hay que utilizar el ingenio y técnica para convertirlo en un suelo apto para la edificación.

Este tipo de suelo cuando no es correctamente tratado empieza a empujar la estructura aplicando una presión en diferentes direcciones, lo que produce fisuras en las estructuras, levantando los pisos, e incluso en casos más críticos, produciendo el colapso de la estructura.

Aunque este fenómeno, en la mayoría de los casos, va destruyendo la estructura lentamente y no es el causante de muertes por colapsos repentinos de edificaciones, es sin lugar a dudas el principal destructor de obras civiles, carreteras, puentes, represas, entre otras construcciones. Aunque parezca difícil de creer, el fenómeno de expansión de los suelos causa a nivel mundial

más pérdidas económicas en destrucción de estructuras, que varios fenómenos naturales juntos como huracanes y terremotos.

Guayaquil no está libre de este tipo de suelos, por ende tampoco lo está la Escuela Superior Politécnica del Litoral. En el Campus Gustavo Galindo podemos ser testigos de varios ejemplos de este fenómeno, como en el edificio del Auditorio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Humanísticas y Económicas, el edificio principal de la Facultad de Ingeniería Marítima, entre otros edificios alrededor del campus.

Para esta tesis se ha seleccionado uno de los edificios que presenta deterioro por causas que tienen que ver con la calidad del suelo sobre el cual fue implantado y corresponde al edificio 18 D perteneciente al Laboratorio de Agropecuaria de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.

Este edificio presenta varios daños en paredes, columnas y veredas producidos por suelos expansivos del sector, lo que se procederá a confirmar por medio de investigaciones, estudios de laboratorios y consultas a expertos profesionales en diferentes temas, para llegar a conclusiones sobre el

problema y entregar las propuestas de solución para detener la causa que ha producido daños en el edificio.

### **1.1.2. Historia de la construcción del Campus Ing. Gustavo Galindo V.**

En el año 1986 con financiamiento BID, se empezaron a firmar contratos con diversas constructoras para empezar las diferentes obras correspondientes a un nuevo Campus para la ESPOL, cuyo nombre es Ing. Gustavo Galindo V.

La firma de estos contratos incluían la construcción de los diferentes edificios del campus, vías de comunicación y canchas de recreación, así como la creación de áreas verdes que le darían un aspecto atractivo y natural al campus.

Entre las principales constructoras contratadas, podemos mencionar dos que ejecutaron gran parte de los edificios del campus.

Una es la constructora Furoiani Obras y Proyectos, representada en aquella época por el Arquitecto José Furoiani Villagómez, con la que se firmó contrato en Mayo de 1986 para la construcción de varios edificios como los laboratorios de Eléctrica, edificios del Instituto de Ciencias Humanísticas y Empresariales, entre otros.

La otra gran constructora es Nidec – Tokura, representada en ese tiempo por el Economista Nagayani Ibuki, con la que se firmó contrato el 5 de Febrero de 1986 para la construcción de los edificios de rectorado, comedor de Ingenierías, los edificios del núcleo de las tecnologías, infraestructura vial y sanitaria.

A partir del año 1992, la ESPOL comenzó a funcionar en el campus Ing. Gustavo Galindo V. el cual sigue creciendo en concordancia con el desarrollo académico institucional.

El edificio 18D correspondiente al Laboratorio de Agropecuaria en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, es una obra relativamente joven, cuya construcción empezó el 2 de Julio del 2001 bajo la modalidad de administración directa, fue suspendida el 3 de Enero del 2002

por problemas de financiamiento, continuando su construcción el Julio 8 del 2002.

La obra fue ejecutada en el rectorado del Ing. Víctor Bastidas, como representante de la ESPOL se tenía al Ing. Daniel Tapia Falcón, Vicerrector Administrativo-Financiero, el Ing. Edison Navarrete como Decano de la FICT.

En esta obra se designó como residente de obra al Ing. Jaime Hidalgo Rigaíl y como Fiscalizador el Ing. Julio Rodríguez R., profesor de FICT.

### **1.1.3. Información Hídrica**

#### **Información Hidrometereológica**

La estación meteorológica más cercana al Campus Gustavo Galindo de la ESPOL, de acuerdo al INAMHI es la Guayaquil DAC ubicada en el aeropuerto Simón Bolívar, a pocos kilómetros de distancia del campus, lo que hace que sus datos sean representativos.

A continuación se presenta un resumen de datos de precipitación, información obtenida de la estación mencionada:

**TABLA 1**

**INFORMACIÓN DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIONES DADA POR  
INAMHI**

<b>DATOS METEOROLÓGICOS (RESUMEN MULTIANUAL)</b>			
<b>ESTACIÓN</b>	<b>GUAYAQUIL</b>	<b>LAT.:</b>	<b>02°09'12"S</b>
<b>PROV.:</b>	<b>GUAYAS</b>	<b>LONG.:</b>	<b>79°53'00"W</b>
<b>PERIO.:</b>	<b>1959 - 2001</b>	<b>ELEVA.:</b>	<b>5m</b>

<b>DATO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AG O</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUA L</b>
<b>PRECIPI. (mm)</b>	187.3	277.1	263.4	147.0	30.1	1.9	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	18.7	<b>925.9</b>
<b>PRECIPI. MAX. (mm)</b>	701.3	783.3	929.3	1158.7	638.8	612.2	292.5	19.7	58.2	89.6	571.9	772.0	<b>1158.7</b>
<b>PRECIPI. MAX. 24hs (mm)</b>	204.7	122.1	151.2	221.8	116.3	124.6	64.4	7.3	18.1	46.6	168.3	190.6	<b>221.8</b>
<b>DÍAS CON PRECIPI.</b>	16	18	19	14	8	3	1	0	1	1	2	6	<b>89</b>

Las precipitaciones normalmente suelen darse entre los meses de Diciembre y Abril, aunque cuando existe la influencia de la corriente de “El Niño” pueden producirse anormalmente entre Octubre y Junio.

Las lluvias se dan de forma torrencial y por motivos de la morfología la escorrentía es inmediata, los cuales suelen darse con apreciable arrastre de sedimentos.

La temperatura es variada, entre 20 y 33 grados centígrados, teniendo la más baja en los meses más fríos como Julio y Agosto, y la más alta en los meses más calurosos que coinciden con la época normal de lluvias.

En cuanto a la evapotranspiración potencial, AGRE. pp. 28, es media, fluctuando entre 1.50 y 2.0 (Subhúmedo) con un vapor relativamente alto de evaporación de 1245 mm. en Guayaquil, con humedad relativa del orden del 80% con variaciones diarias, en especial en el periodo lluvioso.



#### **1.1.4. Información del Suelo**

##### **Estudios geológicos y geotécnicos:**

El campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral se encuentra ubicado en la región costera. A continuación se detalla información geológica general de la región costa como de la zona específica del campus politécnico.

##### **Marco geológico de la región costera**

Está ubicada al oeste de la Cordillera de los Andes. La información de expertos señala que su composición posee una base de rocas basálticas sobre la cual se han depositado formaciones geológicas de origen marino y posteriormente formaciones recientes de origen sublitoral-continental.

Un levantamiento tipo Horst formó la Cordillera Chongón – Colonche, llevando hacia la superficie rocas basálticas de la Formación Piñón, antiguo piso oceánico, y rocas detríticas de la Formación Cayo.

La Formación Cayo esta subdividida en tres miembros de abajo hacia arriba:

*Miembro Calentura:* compuesto de rocas volcánicas de tamaño variable desde polvo volcánico hasta bloques piroclásticos de gran tamaño.

*Miembro Cayo Sensu Strictu (S.S.):* es el más representativo de esta formación compuesta por material volcánico y detritos clásticos de origen fluvial.

*Miembro Guayaquil (Definida también como Formación Guayaquil):* está formada por material volcánico de textura muy fina depositada en un ambiente acuático y enriquecido de sílice, dando lugar a lutitas silicificadas en diferente grado hasta llegar a Chert, en este caso con el máximo contenido de sílice.

## **Geología Local**

### **Geomorfología**

Geomorfológicamente el área del Campus presenta tres rangos de relieve claramente diferenciados:

El primero comprende el sector situado a partir de la Perimetral, cubriendo unas 200 ha, está caracterizado por varias colinas, muchas de ellas adyacentes y con una altura que no supera los 800 m.s.n.m., poseen perfiles suaves, con vertientes de baja pendiente, alineadas al rumbo de los estratos de las unidades litológicas existentes.

El segundo está ubicado en el sector central del Campus, con colinas que alcanzan los 180 m.s.n.m. Las colinas son alargadas, con pendientes que varían de suaves a levemente pronunciadas, esto debido a la resistencia mecánica de los estratos rocosos que afloran en dicho sector.

Finalmente tenemos un tercer rango que abarca el sector Oeste del Campus, se desarrolla desde los 180 hasta los 450 m.s.n.m. En esta unidad se aprecian colinas altas con variación de pendientes desde pronunciadas a muy pronunciadas. En superficie de base de este dominio se han formado depósitos coluviales que tienen en general una pendiente ligeramente pronunciada.

**Geología De La Zona donde se implanta la Facultad de Ingeniería  
Mecánica y Ciencias de la Producción**

La Facultad de IMCP se encuentra implantada dentro de un mismo sector geológico, el cual es en general de características de estratos rocosos, aunque posee depósitos de arcilla negra de mala calidad, ciertas características de estos tipos de suelo los detallaremos a continuación:

### **Geotecnia**

El sector geológico está constituido por estratos rocosos de la formación Cayo, aquí predominan las microbrechas y areniscas de grano grueso, también se tienen paquetes de estratos de lutitas, intercaladas entre los antes mencionados, las cuales tienen las siguientes propiedades geomecánicas en promedio ponderado:

Peso volumétrico seco: promedio ponderado 2 Ton / m<sup>3</sup>.

Peso volumétrico saturado: promedio ponderado 2.2 Ton / m<sup>3</sup>.

Cohesión: promedio ponderado 60 Ton / m<sup>2</sup>.

Angulo de fricción interna: promedio ponderado 29°.

En condiciones naturales, el macizo rocoso de esta caracterización tiene un espesor de meteorización que fluctúa entre 0.3 y 1.0 metros de espesor, dando como resultado en las capas superficiales, suelos arcillosos – limo

arenosos, y en algunos sectores, arcillas finas bien plásticas y expansivas (exp.  $\geq 10 \text{ Ton} / \text{m}^2$ ).

Los estratos rocosos meteorizados o alterados de este sector, son excelentes materiales para ser compactados en terraplenes pues fácilmente pueden alcanzar un próctor modificado superior al 100%.

Por otro lado este terreno también tiene bancos de material malo, las cuales son arcillas de color negro característico, estas arcillas son plásticas de consistencia rígida, con un LP=25%, IP=55% en promedios ponderados.

Poseen un elevado grado de expansión, superando su esfuerzo expansivo las  $10 \text{ Ton} / \text{m}^2$ , su peso específico es de un promedio ponderado de  $1.68 \text{ Ton} / \text{m}^3$ . Son suelos prácticamente impermeables tanto en sitio como cuando son compactados.

En general la mayor parte de la zona posee areniscas, limonitas, lutitas silicificadas, Chert, areniscas de grano medio a fino estratificadas y resistentes.

Mientras que los bancos son de un material arcilloso negro, orgánico, altamente plástico y expansivo.

### **Constructibilidad**

En general el terreno posee pendientes medianamente fuertes, está constituido por capas rocosas, duras y cobertura de suelos arcillosos erosionables por sus fuertes pendientes naturales, es buena para realizar construcciones aunque es necesaria reforestación para estabilizar ciertos taludes. Por el otro lado, la existencia de los bancos de arcilla negra constituyen un terreno no apto para la construcción de infraestructura, por ser un depósito de materiales heterogéneos, inestables, sin vegetación. Este material debería ser removido y sustituido por otro de mejor calidad, y en casos de taludes ser estabilizados con árboles.

Con estos antecedentes, el edificio 18D fue implantado en un suelo de características arcillosas, parte del banco de arcilla negra del sector. A continuación se procederá a presentar la información técnica que demuestra la causa u origen de los problemas que se están suscitando en el edificio.