

INTRODUCCIÓN

1) Resumen ejecutivo

El presente proyecto tiene como objetivo apoyar al personal del laboratorio de suelos de la carrera de ingeniería civil de la facultad de ciencias y tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, pueda prestar de forma eficiente todos los servicios que presta a la universidad como a la comunidad en general.

Se pretende la mejora del manejo de la información y que esto permita al personal del laboratorio tener un mejor control de la información que se maneja, los cálculos que se realizan de los ensayos geotécnicos para los distintos servicios, así como del préstamo de herramienta y equipo que se hace en el laboratorio a los estudiantes de las distintas carreras para la ejecución de los diversos ensayos geotécnicos.

Todo esto va a permitir mejorar la administración de los recursos con los que cuenta el laboratorio de suelos y ayudar al responsable del laboratorio de suelos disponer de información de forma más rápida y organizada.

Para ello se realizó una recopilación de la información de las actividades y servicios que presta el presente laboratorio, para luego proceder con el análisis de software, teniendo como resultado un programa ó software desarrollado en java y software libre, que permita el registro de usuarios, personal, solicitantes de servicios, el cálculo de los ensayos geotécnicos, herramientas y equipos con que cuenta el laboratorio y los reportes del sistema.

2) Contextualización

La Mecánica de Suelos tiene una gran importancia dentro de la Ingeniería Civil, ya que el Suelo es usado como material de construcción en diversos proyectos de Ingeniería Civil y sirve también para soportar las cimentaciones estructurales, es por estos motivos que se debe estudiar las distintas propiedades del suelo, tales como su origen, distribución granulométrica, resistencia cortante, capacidad de carga y otras.

La mecánica de suelos es la rama de la ciencia que trata del estudio de sus propiedades físicas y el comportamiento de masas de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas.

Todos estos estudios son realizados en Laboratorios de Suelos, donde, a través de ensayos se pueden determinar las distintas características de los suelos, con éstas se pueden determinar los distintos usos de cada suelo analizado.

La Informática es la ciencia aplicada que abarca el estudio y aplicación del tratamiento automático de la información, utilizando sistemas computacionales, generalmente implementados como dispositivos electrónicos. También está definida como el procesamiento automático de la información.

En los inicios del procesado de información, con la informática sólo se facilitaban los trabajos repetitivos y monótonos del área administrativa. La automatización de esos procesos trajo como consecuencia directa una disminución de los costes y un incremento en la productividad.

En la informática convergen los fundamentos de las ciencias de la computación, la programación y metodologías para el desarrollo de software, la arquitectura de computadores, las redes de computadores, la inteligencia artificial y ciertas cuestiones relacionadas con la electrónica. Se puede entender por informática a la unión sinérgica de todo este conjunto de disciplinas.

Actualmente es difícil concebir un área que no use, de alguna forma, el apoyo de la informática. Ésta puede cubrir un enorme abanico de funciones, que van desde las más simples cuestiones domésticas hasta los cálculos científicos más complejos.

Entre las funciones principales de la informática se cuentan las siguientes:

- Creación de nuevas especificaciones de trabajo.
- Desarrollo e implementación de sistemas informáticos.
- Sistematización de procesos.

- Optimización de los métodos y sistemas informáticos existentes.¹

3) **Antecedentes**

En la actualidad, el manejo de los datos en el laboratorio, se realiza de forma manual o mediante el uso de tablas de Excel u otros programas, tanto de los ensayos realizados en el laboratorio de los distintos servicios que se prestan como de otra información del manejo del laboratorio.

Si bien los ensayos se encuentran registrados de una manera digital, ordenados en carpetas por gestión, solicitante, y calculados por fórmulas internas, existe la posibilidad de que se produzcan errores durante el ingreso de datos por parte de los involucrados en su registro, dado que el programa Excel, si bien es una forma de registrar la información en tablas, no garantiza el correcto ingreso de datos ó que todos los procedimientos de cálculo se puedan ejecutar en las tablas, provocando errores de cálculo de los ensayos que se realizan en el laboratorio.

Además se maneja de forma manual la información correspondiente al préstamo de equipo y herramienta a los estudiantes por parte del laboratorio de suelos para la ejecución de ensayos de las distintas materias que son cursadas y su correspondiente devolución.

Todos estos elementos hacen que sea difícil la búsqueda de información de los ensayos o su correcto registro, dificultando de esta manera la administración del laboratorio por parte del responsable del Laboratorio de Suelos.

Es por eso que se ve la necesidad de la implementación de un software específico en el laboratorio de suelos, que permita el registro de toda esta información, ayudando de esta manera al manejo de la administración del mismo, en los distintos servicios que presta.

4) **Identificación y descripción del problema**

El problema que se plantea es el siguiente “¿Se puede mejorar el procesamiento manual de datos de los ensayos y la funcionalidad operacional administrativa de un

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Inform%C3%A1tica>

laboratorio de suelos mediante un software desarrollado en JAVA?”. Como se mencionó anteriormente el registro de la información se realiza de forma manual o mediante el uso de herramientas informáticas que no son las más óptimas.

5) Hipótesis

Una vez implementado el sistema informático desarrollado en Java en el Laboratorio de Suelo, se mejorará el procesamiento de la información, en lo referido a los cálculos de los ensayos geotécnicos y a la funcionalidad operacional administrativa.

6) Objetivos

a. Objetivo General

Mejorar el procesamiento de la información del laboratorio de suelos, tanto en el manejo de los datos y cálculos de los ensayos, como en la funcionalidad operacional administrativa del laboratorio, esto mediante la aplicación de software programado en java para la gestión del laboratorio de suelos.

b. Objetivos Específicos

- Analizar las distintas actividades que se ejecutan al brindar los servicios tanto el académicos como el de servicio externo que presta el laboratorio de suelos.
- Identificar los distintos elementos utilizados para realizar los ensayos de Laboratorio de Suelos y su importancia para la aplicación práctica en la ingeniería civil.
- Determinar qué herramientas matemáticas e informáticas van a ser utilizadas para programar los distintos elementos de los ensayos de suelos.
- Desarrollar un sistema informático que cumpla con los requerimientos del laboratorio de suelos, según las necesidades planteadas.
- Ejecutar pruebas a los distintos ensayos de laboratorio programados, mediante el ingreso de datos reales y la verificación de los resultados obtenidos.

7) **Justificación**

El Laboratorio de Suelos de la Carrera de Ingeniería Civil perteneciente a la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”, presta cuatro tipos de servicios que se detallarán a continuación:

1. Prestación de Servicios Académicos, aquellos que tienen el objetivo de mejorar el Proceso de Enseñanza Aprendizaje, en las materias que tengan aplicación directa e indirecta con la especialidad del laboratorio, en los temas de investigación tanto para los cursos de pre y posgrado entre otros que se consideren relevantes para la mejora del conocimiento. Este servicio no debe ser remunerado económicamente.
2. Prestación de Servicios Externos, aquellos que tienen carácter de venta de servicios de especialidad bajo arancel vigente y aprobado por el Honorable Consejo Facultativo, a los solicitantes ya sean particulares, empresas, públicas o privadas o por convenio de la Universidad con otra entidad que así lo requiera.
3. Servicios de Apoyo Administrativo y Académico, son aquéllos que tienen el objetivo de asistir a los requerimientos de la Carrera y la Facultad a solicitud de la Autoridad pertinente. Este servicio no debe ser remunerado económicamente.
4. Prestación de Servicios Internos, aquellos que de manera eventual se encuentran solicitados para algún beneficio dentro de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, y que son previamente autorizados por el Decano de la Facultad. Este servicio no debe ser remunerado económicamente.

Una vez definido los cuatro servicios que presta el Laboratorio de Suelos, podemos agrupar estos en dos categorías: una, que aglutina a los servicios vinculados a los servicios que no generan ingresos a la Universidad, y otra que es el servicio externo que sí es remunerado en bien de la universidad.

Como se puede evidenciar, actualmente todos estos servicios se registran manualmente, cosa que dificulta la búsqueda de la información correspondiente, es por eso que se percibe la necesidad de la implementación de herramientas tecnológicas para optimizar ambos servicios en su registro.

8) Alcance

A través de la ejecución de este proyecto, el Laboratorio de Suelos contará con un sistema informático que le servirá como una herramienta de gestión de los servicios y procedimientos mencionados, permitiendo optimizarlos.

El sistema permitirá:

- El registro de la información del personal y los usuarios
- Realizar el cálculo de los siguientes ensayos:
 - El ensayo de Determinación de Humedad Natural
 - El ensayo de Granulometría mediante tamices
 - El ensayo de Granulometría mediante el Hidrómetro
 - El ensayo de Límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico)
 - El ensayo de Clasificación de Suelos (S.U.C.S. y A.A.S.H.T.O).
 - El ensayo de Densidad Relativa.
 - El ensayo de Peso Específico.
 - El ensayo de Compactación.
 - El ensayo de Densidad In – Situ por el método del cono de Arena.
 - El ensayo de Compactación T-99 y T-180.
 - El ensayo de Cono Holandés.
 - El ensayo de California (C.B.R.)
 - El ensayo de Penetración Estándar (S.P.T.)
 - El ensayo de Compresión Inconfinada.
- El registro de la Herramienta y Equipo con el que cuenta el laboratorio.
- El registro de los solicitantes de servicios y los distintos ensayos solicitados.

- El registro de los alumnos que cursan las distintas materias del laboratorio de suelos, los ensayos que realizan y el préstamo de herramientas y equipo correspondiente.
- Reportes del sistema de los distintas gestiones.

9) Metodología

La metodología a utilizar se la describe a continuación, utilizando los objetivos específicos para determinar las actividades a realizar.

Objetivo 1: Analizar las distintas actividades que se ejecutan al realizar los servicios tanto el académicos como el de servicio externo que presta el laboratorio de suelos.

-Actividades:

- a) Investigación de los distintos servicios que se prestan en el Laboratorio de suelos mediante entrevistas al Responsable del mismo.
- b) Valoración de los servicios prestados por el Laboratorio de Suelos.
- c) Evaluación de los posibles elementos a automatizar en los servicios prestados por el Laboratorio de suelos.

-Descripción: Los datos proporcionados de parte del Responsable del Laboratorio de Suelos serán utilizados para determinar las distintas actividades que se realizan así como su administración.

-Metodología: Mediante el método de entrevista se recabará información del Responsable del Laboratorio de Suelos y también la recolección de información impresa como trípticos o el manual u otros. Una vez recolectada la información se procederá a armar esquemas que nos permitan entender de forma más clara las distintas funciones y actividades que se realizan en el Laboratorio de Suelos, así como identificar a los distintos actores que participan. Esto nos permitirá crear una línea base para determinar el manejo de la información dentro del Laboratorio, cómo está organizada, quiénes tienen acceso a ella y qué procedimientos o actividades de los servicios prestados pueden ser automatizados en un sistema informático.

-Variables: Las distintas actividades que realizan, dentro Laboratorio de Suelos.

Objetivo 2: Identificar los distintos elementos utilizados para realizar los ensayos de Laboratorio de Suelos y su importancia para la aplicación práctica en la ingeniería civil.

-Actividades:

- a) Investigación de los ensayos que se practican en el laboratorio de suelos y su bibliográfica correspondiente.

-Metodología: En base a la entrevista antes realizada al Responsable del Laboratorio se determinará cada uno de los ensayos practicados en el Laboratorio de Suelos, se procederá a realizar la investigación del mismo en la bibliografía correspondiente para determinar sus aplicaciones prácticas en la ingeniería civil, así mismo determinar los distintos elementos que componen a cada uno de los ensayos.

-Variables: Son los distintos ensayos, los elementos que las componen como tablas o curvas, asimismo las herramientas matemáticas que permiten realizar los cálculos como regresiones lineales o no lineales, etc.

Objetivo 3: Determinar que herramientas matemáticas e informáticas van a utilizadas para programar los distintos elementos de los ensayos de suelos.

-Actividades:

- a) Determinación de las herramientas matemáticas que pueden ayudar a la programación del software en JAVA, una vez conocidos los componentes de los distintos ensayos de suelos.
- b) Determinación de las herramientas informáticas necesarias para la construcción del software, esto incluye software de construcción y librerías de programación.

-Descripción: Con la información de los cálculos de los distintos ensayos de suelos se procede a investigar los elementos necesarios para la construcción del software en JAVA.

-Metodología: Se realiza un análisis de los distintos cálculos que se efectúan en los ensayos, se determina qué herramientas matemáticas se necesitan aplicar para reducir el uso de tablas y ábacos. También qué tipo de gráficas y cálculos se hacen para su construcción en los distintos ensayos.

Con toda esta información se puede también determinar que librerías y herramientas se van a utilizar en la construcción del software en JAVA

-Variables: Los cálculos, tablas y ábacos usados en los cálculos de los ensayos de suelos.

Objetivo 4: Desarrollar un sistema informático que cumpla con los requerimientos del laboratorio de suelos, según las necesidades planteadas.

-Actividades:

- a) Elaboración de un plan de desarrollo de software para realizar el control del proceso de construcción del software en JAVA.
- b) Realizar un análisis de software para determinar los requerimientos del software a construir para el laboratorio de suelos.
- c) Realizar la construcción del software en JAVA haciendo uso de las distintas herramientas de programación necesarias.

-Descripción: Con todos los elementos determinados se procede a la construcción del software en JAVA para el laboratorio de suelos.

-Metodología: Una vez comprendido el funcionamiento del Laboratorio de Suelos, los distintos Ensayos Geotécnicos que se realizan, los actores que participan en el mismo, tanto internos como externos se puede elaborar una Base de Datos y así también la selección de las herramientas requeridas para la programación de un sistema que cumpla con los requerimientos del mismo.

Se programaran las pantallas en función a los distintos elementos que se observaron en la investigación, el diseño de pantallas tratara de ser acorde con los ensayos para lograr que sea fácil la introducción de datos y su posterior cálculo.

-Variables: Las herramientas a usar para la programación, El diseño de pantallas acorde a los distintos ensayos.

Objetivo 5: Ejecutar pruebas a los distintos ensayos de laboratorio programados, mediante el ingreso de datos reales y la verificación de los resultados obtenidos.

-Actividades:

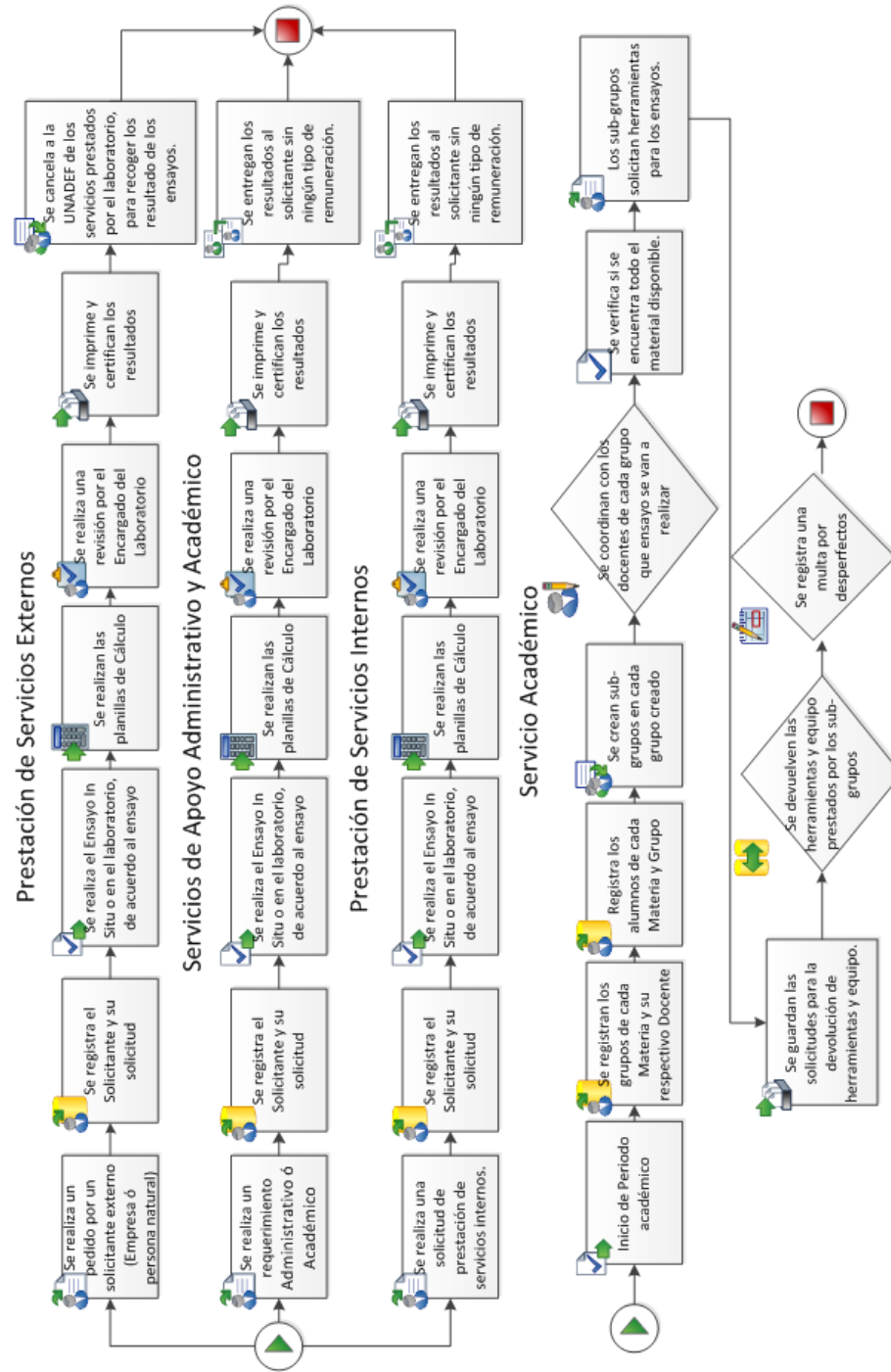
- a) Introducción de datos reales al sistema informático en los distintos ensayos.
- b) Introducción de datos reales en el sistema informático de los distintos equipos inventariados, para su préstamo.
- c) Comprobación de los resultados obtenidos en los cálculos de los ensayos con los obtenidos mediante el Excel y su verificación.
- d) Comprobación de los préstamos en la gestión académica a través de los reportes del sistema para determinar si la información resultante es la correcta.

-Descripción: Con la información de los cálculos de los distintos ensayos de suelos se procede a investigar los elementos necesarios para la construcción del software en JAVA.

-Metodología: Una vez construido el software en JAVA para el laboratorio, se procederán a hacer pruebas para verificar los resultados obtenidos en los distintos componentes del mismo.

-Variables: Los datos de los ensayos, de los prestamos realizados y los resultados obtenidos.

Figura 1. Diagrama de los servicios que presta el Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S



Fuente: Propia

10) Cronograma

Tabla 1 Tabla de cronograma de actividades para la elaboración del presente proyecto.

N°	Actividad	N° días						
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	Análisis de las actividades y servicios que se realizan en el Laboratorio de Suelos.	x						
2	Análisis de las herramientas para la elaboración del proyecto.	x						
3	Especificación de requerimientos	x						
4	Elaboración de diagramas de casos de uso.	x						
5	Diseño de la base de datos del Sistema.		x					
6	Diseño del Prototipo del Sistema.		x	x				
7	Programación del Sistema.		x	x	x			
8	Elaboración del Informe final sobre el Desarrollo del Sistema.					x		
9	Realización de pruebas.						x	
10	Realizar la formación al personal del laboratorio en el uso del sistema							x
11	Instalación de la base de datos.							x
12	Instalación del sistema Informático.							x

Fuente: Propia

1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. Conceptos Básicos de Suelos y Modelos Matemáticos

1.1.1. Introducción

1.1.1.1. Conceptos Generales de Mecánica de Suelos

La Mecánica de Suelos está definida de varias formas, la más emblemática es de Terzaghi considerado el fundador de esta parte de la Ingeniería, quien decía: *”La Mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de la ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan o no contenido de materia orgánica”*¹, otros autores como el Ing. Crespo Villalaz la describen como una *“disciplina de la Ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos que conducen, directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se van a erigir estructuras de índole variable”*². Por último tenemos el concepto de Braja M. Das que la define de la siguiente manera: *“La mecánica de suelos es la rama de la ciencia que trata el estudio de sus propiedades físicas y el comportamiento de masas de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas”*³.

En resumen podemos decir que la Mecánica de suelos es una rama de la ingeniería que tiene por finalidad es el estudio de los distintos suelos, mediante la aplicación de métodos que nos permiten determinar las propiedades físicas y su comportamiento cuando es sometido a distintos tipos de fuerzas.

Otro concepto que tenemos que estudiar es El Suelo, pero este término es usado de distintas maneras ya que para un Ingeniero Agrónomo el concepto varía completamente del concepto para un Ingeniero Civil o un Geólogo. Una vez

¹ Mecánica de suelos Tomo 1 – Juárez Badillo , Rico Rodríguez

² Mecánica de Suelos y Cimentaciones - Ing. Carlos Crespo Villalaz

³ Fundamentos de ingeniería geotécnica – Braja M. Das

explicado esto vamos a dar unos conceptos que están orientados al presente documento, para el autor Juárez Badillo es el siguiente: “*Suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves*”, para el autor Villalaz “*Suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de la actividad de los seres vivos que sobre ella se asientan*”², para Braja M. Das es el siguiente: “*El suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas*”³; este último concepto es quizás el más representativo para este trabajo. Las relaciones gravimétricas y gravimétricas se encuentran descritas en el anexo 7.

1.1.2. Ensayos Geotécnicos

Los ensayos geotécnicos de laboratorio son pruebas realizadas para la determinación de las características geotécnicas de un terreno, como parte de las técnicas de reconocimiento geotécnico. Estos ensayos se ejecutan sobre las muestras previamente obtenidas en el terreno y, dependiendo del tipo de ensayo, se exigen distintas calidades de muestra.⁴

La exposición de los ensayos geotécnicos que se presentan a continuación se encuentra ubicada en anexo 8:

- Ensayo de Determinación del Contenido de Humedad
- Ensayo de Límites de Atterberg
- Ensayo de Análisis Granulométrico – Método Mecánico
- Ensayo de Análisis Granulométrico – Método Hidrómetro
- Ensayo de Clasificación de Suelo
- Ensayo de Gravedad Específica de los Sólidos del Suelo (Peso Específico)
- Ensayo de Relaciones Humedad-Densidad ó Compactación (T-99 T-180)

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayos_geot%C3%A9cnicos_de_laboratorio

- Ensayo de Determinación de la Densidad de Suelo en el Terreno (IN-SITU)
- Ensayo de la Relación de Soporte de California O (CBR)
- Ensayo de Determinación de la Densidad Relativa
- Ensayo De Cono Holandés
- Ensayo De Penetración Estándar (SPT)
- Ensayo de Compresión Inconfinada

1.1.3. Modelos matemáticos

1.1.3.1. Introducción

Un modelo matemático para las ciencias aplicadas es un tipo de modelos científicos que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones para estudiar el comportamiento de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. También es utilizada en el diseño gráfico cuando se habla de modelos geométricos de los objetos en dos dimensiones o tres dimensiones.

Dentro de los modelos matemáticos existen varias herramientas que nos permiten analizar los datos que se tienen, entre las herramientas que citamos tenemos los ajustes de curvas y las interpolaciones, a continuación veremos ambas, su uso y aplicación.

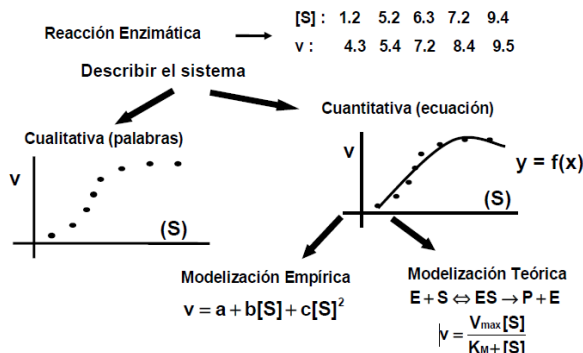
1.1.3.2. Regresión o Ajuste de curvas

Una de las técnicas usadas con mayor frecuencia por investigadores es la regresión o ajuste de curvas, casi la mayoría utiliza la regresión no lineal.

A continuación se analizarán los distintos tipos de modelos matemáticas que se suelen utilizar para el ajuste de curvas, tanto para regresiones lineales como no lineales por mínimos cuadrados.

El ajuste de curvas es utilizado cuando el investigador trata de interpretar los datos de un experimento. Los resultados se describen mejor cuando se encuentra una ecuación que se ajusta a los datos.

Figura 1. Cómo interpretar los datos en un experimento.



Fuente: <http://web.usal.es/~burgui/simfit/ajustecurvas.pdf>

El objetivo de la Modelización matemática es obtener ecuaciones que describan el comportamiento de los sistemas, estas ecuaciones pueden ser de dos tipos:

- Modelización Empírica
- Modelización Teórica

Para el presente trabajo sólo se utilizó la Modelización Empírica que detallaremos a continuación.

1.1.3.2.1. Modelización Empírica

Trata de encontrar una ecuación cualquiera que cierre con los datos del sistema, independientemente de que esa ecuación tenga o no significado físico sobre lo que está ocurriendo en el sistema. Supone ya una cierta cuantificación y permite aspectos operacionales como la calibración, predicción y simulación. Si bien se pueden utilizar distintas ecuaciones para modelar los datos, siempre es recomendado utilizar aquella que tenga menos parámetros.

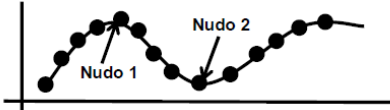
Los modelos empíricos más habituales son los polinomios de distinto grado y los tramos de cúbicas (cubic splines).

Figura 2. Modelos empíricos habituales.

$$\text{Polinomios } y^n = a + bx + cx^2 + \dots nx^n$$

- Adecuados para curvas suaves en calibración
- Adecuados para datos sin mucho ruido
- Cuidado porque son demasiado flexibles (hiperajuste)

$$\text{Cubic splines } y = \sum (a + bx + cx^2 + dx^3)_i$$



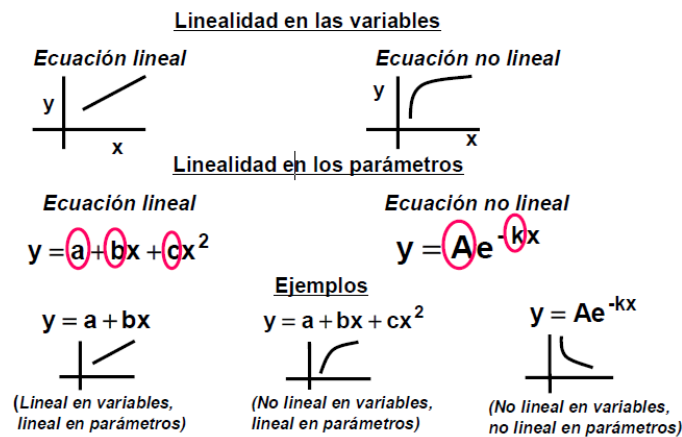
- Adecuados para datos con ruido (por ej. en calibración)
- Subjetividad al elegir el nº de nudos (hiperajuste)

Fuente: <http://web.usal.es/~burgui/simfit/ajustecurvas.pdf>

En el caso de una ecuación algebraica con una variable independiente y otra dependiente, los conceptos de linealidad y no linealidad de la ecuación se pueden referir bien a las variables o a los parámetros.

Se dice que una ecuación es lineal en las variables cuando su representación “y” frente a “x” es una recta y lineal en los parámetros cuando, considerada la “x” como una constante, la dependencia de “y” con los parámetros es combinación de sumas y restas. Los respectivos conceptos de no lineal es justo lo contrario a lo anteriormente expuesto.

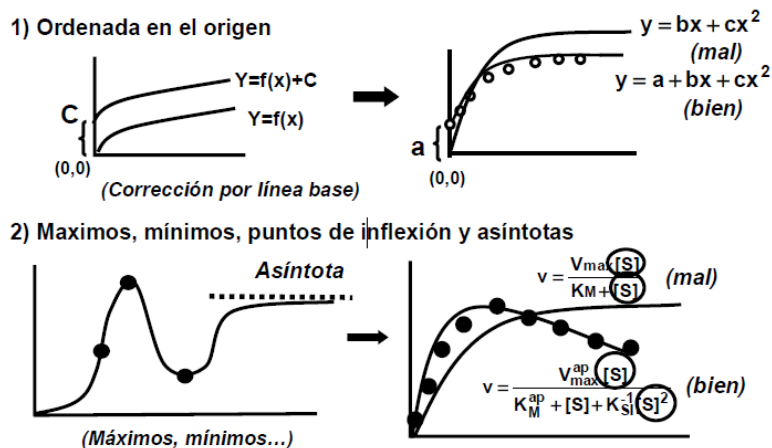
Figura 3. Linealidad de una ecuación.



Fuente: <http://web.usal.es/~burgui/simfit/ajustecurvas.pdf>

Debemos tener en cuenta que a la hora de elegir una ecuación como modelo se debe comprobar que el tipo de curva concuerda con el comportamiento cualitativo de los datos experimentales, a continuación observaremos algunos ejemplos.

Figura 4. Comparación cualitativa entre la forma de los datos y el tipo de curva a ajustar.



Fuente: <http://web.usal.es/~burgui/simfit/ajustecurvas.pdf>

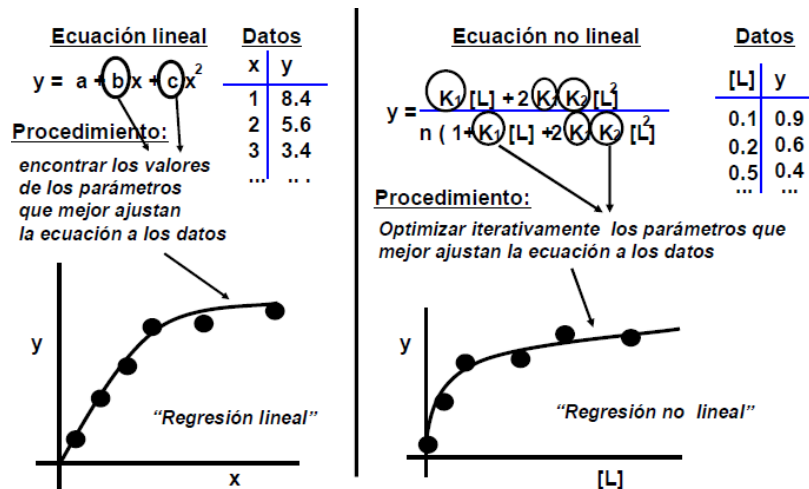
El siguiente paso sería el ajuste de la ecuación elegida a los datos experimentales. Este procedimiento consiste en encontrar los valores de los parámetros que mejor ajustan la ecuación a los datos.

Estrictamente hablando debería decirse “ajuste de la ecuación a los datos” y no “ajuste de los datos a la ecuación”, ya que lo que se trata de “amoldar es la ecuación y no los datos, que son invariables. Con este sentido también se habla de “ajuste de curvas” a datos o Curve Fitting.

Para ello se utiliza normalmente el criterio de los mínimos cuadrados, que consiste en obtener aquellos valores de los parámetros que minimizan el sumatorio residuales al cuadrado, siendo los residuales las distancias verticales de los puntos a la curva de ajuste. Este criterio es muy sensible a los datos atípicos, por lo que se han desarrollado otros criterios más robustos:

- 1) Minimizar las distancias verticales absolutas.
- 2) Minimizar la distancia absoluta más grande.

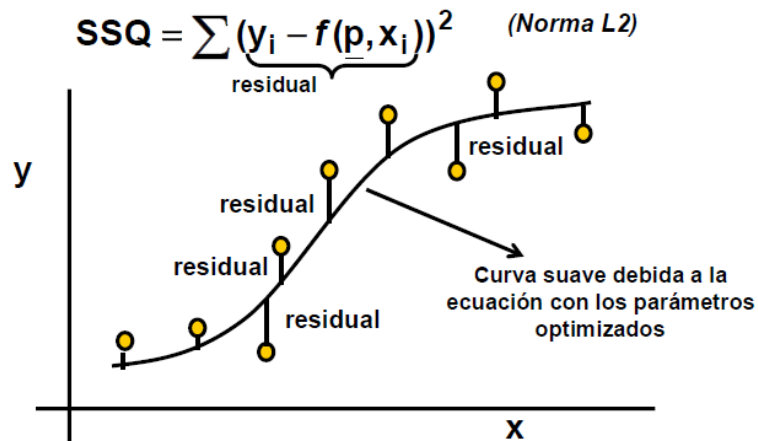
Figura 5. Ajuste de ecuaciones a datos.



Fuente: <http://web.usal.es/~burgui/simfit/ajustecurvas.pdf>

Figura 6. Criterios de ajuste.

- 1) Minimizar residuales al cuadrado (Mínimos Cuadrados)



Fuente: <http://web.usal.es/~burgui/simfit/ajustecurvas.pdf>

Se denomina regresión al proceso general de ajustar una ecuación a unos datos. Y cuando esto se hace mediante el criterio de los mínimos cuadrados se habla de regresión lineal y no lineal por mínimos cuadrados, según que la ecuación a ajustar

sea lineal o no lineal en los parámetros. Para ambos casos el objetivo es el mismo: encontrar las mejores estimas de los parámetros y cuantificar la precisión de los mismos.

En el caso de la regresión lineal la solución es única y el método es exacto, mientras que en la regresión no lineal la solución es aproximada y el método es iterativo.

Tanto para las lineales como para las no lineales se utiliza la siguiente construcción de ecuaciones:

$$\begin{aligned} Na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 + a_3 \sum x^3 + \dots + a_n \sum x^n &= \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 + a_3 \sum x^4 + \dots + a_n \sum x^{n+1} &= \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 + a_3 \sum x^5 + \dots + a_n \sum x^{n+2} &= \sum x^2y \end{aligned}$$

Hasta...

$$a_0 \sum x^n + a_1 \sum x^{n+1} + a_2 \sum x^{n+2} + a_3 \sum x^{n+3} + \dots + a_n \sum x^{n+n} = \sum x^n y$$

Dónde:

x = variable independiente

y = variable dependiente

N = Número de duplas o datos

$a_0 \dots a_n$ = coeficientes de una expresión polinómica del tipo:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + \dots + a_nx^n$$

El procedimiento matemático de la regresión lineal es directo. Se basa en aplicar la condición de mínimo, es decir que la derivada del sumatorio de residuales al cuadrado (SSQ) respecto a cada parámetro ha de valer cero, lo que permite despejar el valor de cada parámetro y obtener un valor único y exacto.

Figura 7. Regresión lineal y no lineal por mínimos cuadrados.

Objetivos $\begin{cases} \rightarrow \text{Encontrar las mejores estimas de los parámetros} \\ \rightarrow \text{Cuantificar precisión parámetros usando limites de confianza} \end{cases}$

<u>Regresión lineal</u>	<u>Regresión no lineal</u>
(Ecuaciones lineales en los parámetros)	(Ecuaciones no lineales en parámetros)
$SSQ = \sum (y_i - (a + bx_i))^2$	$SSQ = \sum (y_i - Ae^{-kx_i})^2$
$\frac{\partial(SSQ)}{\partial a} = \dots = 0 \Rightarrow a = \dots$	$\frac{\partial(SSQ)}{\partial A} = \dots = 0 \Rightarrow A = ?$
$\frac{\partial(SSQ)}{\partial b} = \dots = 0 \Rightarrow b = \dots$	$\frac{\partial(SSQ)}{\partial k} = \dots = 0 \Rightarrow k = ?$
<ul style="list-style-type: none"> • Se puede explicitar cada parámetro, solución única, método exacto 	<ul style="list-style-type: none"> • No se pueden explicitar los parámetros, solución aproximada • Métodos iterativos tipo: <ul style="list-style-type: none"> “Búsqueda” (Random Search) “Gradiente” (Gauss-Newton)
<u>Regresión lineal múltiple</u>	
$f = C + B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3$	

Fuente: <http://web.usal.es/~burgui/simfit/ajustecurvas.pdf>

Para discernir acerca de la bondad de un ajuste se utilizan diferentes criterios en la regresión lineal. Unos se refieren a los residuales: como son el valor del sumatorio de residuales al cuadrado, la varianza y la desviación estándar del ajuste, el coeficiente de correlación al cuadrado, la distribución gráfica de los residuales (al azar, con rachas), el test estadístico de las rachas, el test de los signos... etc.

Figura 8. Bondad de un ajuste en regresión lineal.

Sumatorio de residuales al cuadrado :

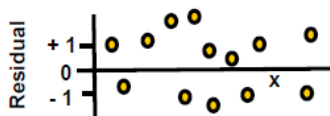
$$SSQ = \sum (y_i - f(\underline{p}, x_i))^2$$

Varianza y desviación estandar del ajuste :

$$s^2 = \frac{SSQ}{n - m} \quad \text{y} \quad s = \sqrt{s^2}$$

$$\text{coef. correlación cuadrado: } R^2 = \frac{(\sum (y_i - \bar{y})(y_{i,c} - \bar{y}_c))^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2 \sum (y_{i,c} - \bar{y}_c)^2} = 1 - \frac{SSQ_{reg}}{SSQ_{total}}$$

Representación de los residuales:



- Test de las rachas (p>0.05)
- Test de los signos (p>0.05)

Fuente: <http://web.usal.es/~burgui/simfit/ajustecurvas.pdf>

A continuación se presentaran los ajustes de curvas ajustados para este trabajo:

1.1.3.2.2. Ajuste de la Ecuación Lineal

El Ajuste de la Ecuación Lineal consiste en encontrar las variables para resolver la siguiente ecuación:

$$y = a_0 + a_1x$$

Para ello se resuelve el siguiente conjunto de ecuaciones planteadas en función a la teoría.

$$Na_0 + a_1 \sum x = \sum y$$

$$a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum xy$$

Este conjunto de ecuaciones se aplica a los siguientes ajustes de curvas, pero para ello se debe realizar cambios de variables, ya que estas ecuaciones no son lineales.

1.1.3.2.3. Ajuste de la Función Logarítmica

El ajuste de la función logarítmica está en función a la siguiente ecuación:

$$y = a_0 + a_1 \log(x)$$

Para evitar resolverlo como una ecuación no lineal se realiza un cambio de variable como se muestra a continuación y se la resuelve como la Ecuación Lineal:

$$X = \log(x) \Rightarrow \text{obteniendo como resultado} \Rightarrow y = a_0 + a_1X$$

Una vez resuelto el sistema de ecuaciones se vuelve a hacer el cambio de variable para obtener la Función Logarítmica.

1.1.3.2.4. Ajuste de la Función Potencia

El ajuste de la función Potencia está dada por la ecuación:

$$y = a_0x^{a_1}$$

De similar manera a la función Logarítmica se hace un cambio de variable ya que no se trata de una ecuación lineal.

Los cambios de variables son los siguientes:

$$\ln(y) = \ln(a_0) + a_1 \ln(x)$$

$$Y = \ln(y)$$

$$A_0 = \ln(a_0)$$

$$X = \ln(x)$$

Obteniendo como resultado $\Rightarrow Y = A_0 + a_1 X$

Una vez resuelto el sistema de ecuaciones se realizan los cambios de variables para obtener la Función Potencia.

1.1.3.2.5. Ajuste de Polinomios de grado superior

Como en los anteriores ajustes tiene la ecuación a resolver:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + a_4 x^4 + \dots + a_n x^n$$

Para ello se debe armar las ecuaciones a en función al grado del polinomio

$$\begin{aligned} Na_0 + a_1 \sum x + a_2 \sum x^2 + a_3 \sum x^3 + \dots + a_n \sum x^n &= \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 + a_2 \sum x^3 + a_3 \sum x^4 + \dots + a_n \sum x^{n+1} &= \sum xy \\ a_0 \sum x^2 + a_1 \sum x^3 + a_2 \sum x^4 + a_3 \sum x^5 + \dots + a_n \sum x^{n+2} &= \sum x^2 y \end{aligned}$$

Hasta...

$$a_0 \sum x^n + a_1 \sum x^{n+1} + a_2 \sum x^{n+2} + a_3 \sum x^{n+3} + \dots + a_n \sum x^{n+n} = \sum x^n y$$

Una vez armadas las ecuaciones y resueltas, se reemplaza en la ecuación del polinomio.

A diferencia de las anteriores ecuaciones el factor de correlación se calcula de distinta manera:

1.1.3.3. Interpolaciones lineales⁵

La interpolación lineal es un caso particular de la Interpolación general de Newton.

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Representaci%C3%B3n_logar%C3%ADmica

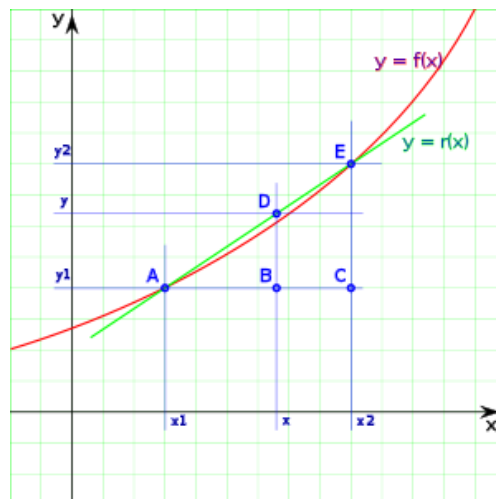
Con el polinomio de interpolación de Newton se logra aproximar un valor de la función $f(x)$ en un valor desconocido de x . El caso particular, para que una interpolación sea lineal es en el que se utiliza un polinomio de interpolación de grado 1, y se denota de la siguiente manera:

$$f(x|x_1; x_2) = f(x_1) + \frac{f(x_2) - f(x_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1)$$

1.1.3.3.1. Interpolación lineal de una variable independiente.

En una tabla se representan algunos valores de la función, pero no todos. En ocasiones nos interesa el valor de la función para un valor de la variable independiente, distinta de los que figuran en la tabla; en este caso podemos tomar el más próximo al buscado, o aproximarnos más por interpolación. La interpolación casi siempre nos dará un pequeño error respecto al valor de la función verdadero, pero siempre será menor que tomar el valor más próximo de los que figuran en la tabla. Veamos cómo se calcula al valor de la función para un valor de la variable independiente de que se encuentre entre dos valores de la tabla por interpolación lineal.

Figura 9. Representación gráfica de una interpolación lineal.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Interpolaci%C3%B3n_lineal

Por la tabla sabemos que:

$$y_1 = f(x_1)$$

y

$$y_2 = f(x_2)$$

Queremos, pues, saber:

$$y = f(x)$$

Siendo:

$$x_1 < x < x_2$$

La interpolación lineal consiste en trazar una recta que pasa por (x_1, y_1) y (x_2, y_2) , $y = r(x)$ y calcular los valores intermedios según esta recta en lugar de la función $y = f(x)$.

Para ello nos basamos en la semejanza de triángulos \widehat{BAD} y \widehat{CAE}

Esto es:

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{CE}}{\overline{BD}}$$

Despejando, tenemos:

$$\overline{BD} = \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} \overline{CE}$$

o lo que es lo mismo:

$$(y - y_1) = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} (y_2 - y_1)$$

El valor buscado es:

$$(y - y_1) + y_1 = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} (y_2 - y_1) + y_1$$

Esto es:

$$y = \frac{(x - x_1)}{(x_2 - x_1)} (y_2 - y_1) + y_1$$

2. METODOLOGÍAS

2.1. Plan de desarrollo de Software

2.1.1. Introducción

El presente documento es un Plan de desarrollo del Software que será incluida en la propuesta elaborada como respuesta al proyecto de Tesis de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

El proyecto estará basado en la metodología RUP (Rational Unified Process)¹, cumpliendo las 4 fases que contiene ésta y haciendo uso de la terminología adecuada.

El enfoque de desarrollo propuesto constituye una configuración del proceso RUP de acuerdo a las características del proyecto, seleccionando los roles de los participantes, las actividades a realizar y los artefactos ó entregables, que serán generados. Este documento es, a su vez, uno de los artefactos de RUP.

2.1.1.1. Resumen

El presente capítulo está organizado en las siguientes secciones:

Vista General del Proyecto — Proporciona una descripción de los artefactos que serán producidos y utilizados durante el proyecto.

Gestión del Proceso — Define las fases e hitos del proyecto y describe cómo se realizará su seguimiento.

Planes y Guías de aplicación — Proporciona una lista global del proceso de desarrollo de software, incluyendo métodos, herramientas y técnicas que serán utilizadas.

¹ El Proceso Unificado de Rational (Rational Unified Process en inglés, habitualmente resumido como RUP) es un proceso de desarrollo de software desarrollado por la empresa Rational Software, actualmente propiedad de IBM. Junto con el Lenguaje Unificado de Modelado UML, constituye la metodología estándar más utilizada para el análisis, diseño, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos.

2.1.2. Vista General del Proyecto

La información que a continuación se incluye es el resultado de las diferentes entrevistas que se han realizado con el responsable del laboratorio, además de la recolección de la información de los distintos Ensayos que se practican en el Laboratorio correspondiente.

El Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho fue creado respondiendo a la necesidad de dar apoyo Académico a la Carrera de Ingeniería Civil.

A continuación se detallan los distintos servicios que presta el Laboratorio de Suelos:

- 1.** Prestación de Servicios Académicos, aquellos que tienen el objetivo de mejorar el Proceso de Enseñanza Aprendizaje, en las materias que tengan aplicación directa e indirecta con la especialidad del laboratorio, en los temas de investigación. Este servicio es importante para los cursos de pre y posgrado entre otros que se consideren relevantes para la mejora del conocimiento y no debe ser remunerado económicamente.
- 2.** Prestación de Servicios Externos, aquellos que tienen carácter de venta de servicios de especialidad, bajo arancel vigente y aprobado por el Honorable Consejo Facultativo, a los solicitantes ya sean particulares, empresas, públicas o privadas o por convenio de la Universidad con otra entidad que así lo requiera.
- 3.** Servicios de Apoyo Administrativo y Académico, son aquellos que tienen el objetivo de asistir a los requerimientos de la Carrera y la Facultad a solicitud de la Autoridad pertinente. Este servicio no debe ser remunerado económicamente.
- 4.** Prestación de Servicios Internos, aquellos que de manera eventual se encuentran solicitados para algún beneficio dentro de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, y que son previamente autorizados por el Decano de la Facultad. Este servicio tampoco debe ser remunerado económicamente.

Una vez analizado los cuatro servicios que presta el Laboratorio de Suelos, podemos agrupar estos en dos categorías, una que aglutina a los servicios vinculados a los

servicios no remunerados que presta a la Universidad y la otra categoría que es el servicio externo que es remunerado en bien de la universidad.

El personal del laboratorio se divide en tres tipos que son: Encargado, técnico y ayudantes.

El Laboratorio cuenta con equipo y material que le es asignado al personal para la realización de las actividades o como préstamo a los estudiantes para realizar los ensayos correspondientes.

El proyecto debe proporcionar una propuesta para el desarrollo de todos los subsistemas implicado en la gestión del laboratorio de Suelos. Se pueden diferenciar los siguientes bloques:

- a) Gestión de usuarios, incluyendo:
 - Agregar y modificar Usuarios.
 - Modificar personas registradas.
 - Agregar persona como usuario.
- b) Gestión de personal, incluyendo:
 - Agregar y modificar personal.
 - Agregar, modificar y eliminar la formación académica del personal.
 - Agregar, modificar y eliminar la experiencia laboral del personal.
 - Gestión de ítems del personal
- c) Gestión de Solicitantes, incluyendo:
 - Agregar, modificar y ver Ensayos de Solicitantes Empresas o Personas.
 - Agregar y modificar Proyectos.
 - Agregar y modificar Puntos de proyecto.

- Agregar y modificar los distintos ensayos de los Solicitantes, en estos se encuentran los distintos ensayos que se van a programar.
 - Agregar y modificar proyecto.
- d) Gestión Académica, incluyendo:
- Agregar, modificar Periodos.
 - Agregar y modificar Grupos.
 - Agregar y modificar Subgrupos.
 - Gestión Materias.
 - Agregar y modificar Materias.
 - Agregar y modificar Ensayos de Materias.
 - Gestión Docentes.
 - Agregar y modificar Docentes.
 - Gestión Universitarios.
 - Agregar, modificar y eliminar Universitarios de Grupo.
 - Agregar y modificar Préstamo de Equipo y Herramienta.
 - Devolución de Equipo y Herramientas.
 - Agregar y modificar multas y pagos de multa.
- e) Gestión de Equipo, incluyendo:
- Agregar y modificar equipos.
 - Gestión Ítems de equipos.
 - Agregar y modificar herramienta menor.
- a) Gestión de reportes del sistema.

2.1.2.1. Suposiciones y Restricciones

Acontecimientos que deben ocurrir para que el proyecto se ejecute con éxito, pero que están fuera del ámbito de control por parte del proyectista.

Suposiciones.- El Laboratorio de Suelos:

- Cuenta con equipos en los cuales se podría implementar el sistema.
- El personal del Laboratorio tiene la predisposición de proporcionar toda la información necesaria para el desarrollo del sistema.

Restricciones.-

- El sistema no contempla el manejo de notas de los distintos grupos así como el registro de ingreso económico por los servicios prestados por el laboratorio a Personas, Empresas, o Instituciones exteriores.
- No contar con la información necesaria en el momento que se la solicite.
- Viajes o paros imprevistos por parte del personal durante el análisis de requerimientos.

2.1.2.2. Entregables del Proyecto

A continuación se indican y describen cada uno de los artefactos que serán generados y utilizados por el proyecto y que constituyen los entregables. Esta lista constituye la configuración de RUP desde la perspectiva de artefactos, y que proponemos para este proyecto.

Es preciso destacar que de acuerdo a la filosofía de RUP (y de todo proceso iterativo e incremental), todos los artefactos son objeto de modificaciones en el transcurso del proceso de desarrollo, con lo cual, sólo al término del proceso podríamos tener una versión definitiva y completa de cada uno de ellos. Sin embargo, el resultado de cada iteración y los hitos del proyecto están enfocados a conseguir un cierto grado de completitud y estabilidad de los artefactos. Esto será indicado más adelante cuando se presenten los objetivos de cada iteración.

1) Plan de Desarrollo del Software

Es el presente capítulo del documento.

2) Modelo de Casos de Uso del Negocio

Es un modelo de las funciones de negocio vistas desde la perspectiva de los actores externos (Agentes de registro, solicitantes finales, otros sistemas etc.) que permite situar al sistema en el contexto organizacional haciendo énfasis en los objetivos en este ámbito. Este modelo se representa con un Diagrama de Casos de Uso, empleando para él, estereotipos específicos.

3) Modelo de Datos

Previendo que la persistencia de la información del sistema será soportada por una base de datos relacional, este modelo describe la representación lógica de los datos persistentes, de acuerdo con el enfoque para modelado relacional de datos. Para expresar este modelo se utiliza un Diagrama de Clases (donde se utiliza un profile UML² para Modelado de Datos, para conseguir la representación de tablas, claves, etc.).

4) Material de Apoyo al Usuario Final

Corresponde a un conjunto de documentos y facilidades de uso del sistema, incluyendo: Guías del Usuario y otros.

2.1.3. Gestión del Proceso

2.1.3.1. Plan de Proyecto

En esta sección se presenta la organización en fases e iteraciones y el calendario del proyecto.

² Lenguaje Unificado de Modelado (LUM o UML, por sus siglas en inglés, Unified Modeling Language) es el lenguaje de modelado de sistemas software más conocido y utilizado en la actualidad

2.1.3.2. Plan de Fases

El desarrollo se llevará a cabo en base a fases con una o más iteraciones en cada una de ellas. La siguiente tabla muestra una distribución de tiempo y el número de iteraciones de cada fase de forma preliminar.

Tabla 1 Cuadro de iteraciones de las fases RUP del proyecto

Fase	Nro. Iteraciones	Duración (días)
Fase de Inicio	1	40
Fase de Elaboración	2	72
Fase de Construcción	3	115
Fase de Transición	1	39

Fuente: Propia.

Los hitos que marcan el final de cada fase se describen en la siguiente tabla.

Tabla 2 Cuadro de hitos del fin de fases del proyecto.

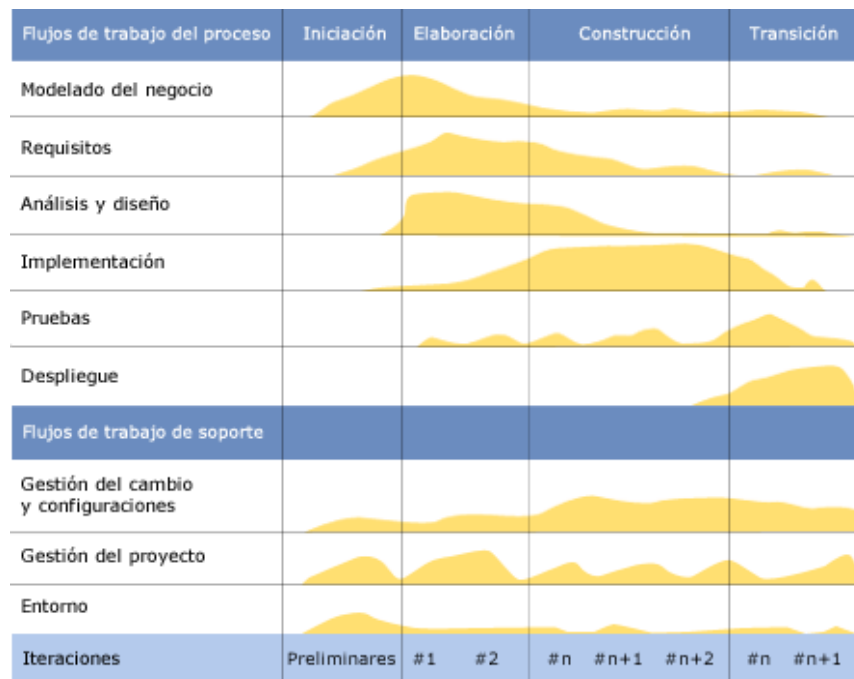
Descripción	Hito
Fase de Inicio	En esta fase desarrollarán los requisitos del producto desde la perspectiva del usuario, que serán establecidos en el artefacto Visión. Los principales casos de uso serán identificados y se hará un refinamiento del Plan de Desarrollo del Proyecto. La aceptación del Cliente /usuario del artefacto Visión y el Plan de Desarrollo marcan el final de esta fase.
Fase de Elaboración	En esta fase se establecen los requisitos y se desarrolla un prototipo de arquitectura (incluyendo las partes más relevantes y / o críticas del sistema). Al final de esta fase, todos los casos de uso correspondientes a requisitos que serán implementados en la primera release de la fase de Construcción deben estar analizados y diseñados (en el Modelo de Análisis / Diseño). La revisión y aceptación del prototipo de la arquitectura del sistema marca el final de esta fase. En nuestro caso, por no incluirse las fases siguientes, la revisión y entrega de todos los artefactos hasta este punto de desarrollo también se incluye como hito. La primera y única iteración tendrá como objetivo la identificación y especificación de los principales casos de uso, así como su realización preliminar en el Modelo de Análisis / Diseño, también permitirá hacer una revisión general del estado de los artefactos hasta este punto y ajustar si es necesario la planificación para asegurar el cumplimiento de los objetivos.
Fase de Construcción	Durante la fase de construcción se terminan de analizar y diseñar todos los casos de uso, refinando el Modelo de Análisis / Diseño. El producto se construye en base a una iteración, en la cual se produce una release a la que se le aplican las pruebas y se valida con el Cliente / usuario. Se comienza la elaboración de material de apoyo al usuario.
Fase de Transición	En esta fase se prepararán los releases para distribución, asegurando una implantación y cambio del sistema previo de manera adecuada, incluyendo el entrenamiento de los usuarios. El hito que marca el fin de esta fase incluye, la entrega de toda la documentación del proyecto con los manuales de instalación y todo el material de apoyo al usuario, la finalización del entrenamiento de los usuarios y el empaquetamiento del producto.

Fuente: Propia.

2.1.3.3. Calendario del proyecto

A continuación se presenta un calendario de las principales tareas del proyecto incluyendo sólo las fases de Inicio y Elaboración. Como se ha comentado, el proceso iterativo e incremental de RUP está caracterizado por la realización en paralelo de todas las disciplinas de desarrollo en el transcurso del proyecto, con lo cual la mayoría de los artefactos son generados muy tempranamente en el proyecto, pero van desarrollándose en mayor o menor grado de acuerdo a la fase e iteración del proyecto. La siguiente figura ilustra este enfoque, en ella lo ensombrecido marca el énfasis de cada disciplina (workflow) en un momento determinado del desarrollo.

Figura 1. Iteraciones RUP



Fuente: <http://www.slideshare.net/david.motta/modelo-del-negocio-con-rup-y-uml-parte-1>

Para este proyecto se ha establecido el siguiente calendario. La fecha de aprobación indica cuándo el artefacto en cuestión tiene un estado de completitud suficiente para someterse a revisión y aprobación; pero esto no quita la posibilidad de su posterior refinamiento y cambios.

Tabla 3 Calendario de fechas de los artefactos del proyecto.

Disciplinas / Artefactos generados o modificados durante la Fase de Elaboración	Comienzo	Aprobación
Modelado del Negocio		
Modelo de Casos de Uso del Negocio	1-08-2011	9-08-2011
Requisitos		
Glosario	10-08-2011	17-08-2011
Visión	12-08-2011	19-08-2011
Modelo de Casos de Uso	19-08-2011	7-9-2011
Análisis / Diseño		
Modelo de Análisis / Diseño	8-9-2011	29-11-2011
Modelo de Datos	15-9-2011	16-12-2011
Implementación		
Prototipos de Interfaces de Usuario	30-9-2011	30-02-2012
Modelo de Implementación	30-9-2011	2-4-2012
Pruebas		
Casos de Pruebas Funcionales	2-4-2012	19-04-2012
Gestión de Cambios y Configuración	Durante todo el proyecto	
Gestión del proyecto		
Plan de desarrollo de Software	1-08-2011	16-03-2012
Ambiente	Durante todo el proyecto	

Fuente: Propia

2.1.4. Seguimiento y Control del Proyecto

2.1.4.1. Gestión de Requisitos

De acuerdo al tiempo de vida de la realización del proyecto se irá analizando los siguientes requisitos.

Requisitos Organizacionales.-

El personal debe seguir como estándar la metodología RUP bajo un modelado con el lenguaje UML.

Se debe contar con personal que conozca sobre la plataforma java, programación, manejo del gestor de Datos MySQL, generación de reportes mediante IREPORT, manejo de componentes de Java.

Requisitos de Personal y Usuarios.-

El Usuario debe tener interés de participación en el desarrollo del sistema.

Los Usuarios deben contar con un nombre de Usuario y clave para poder realizar aportes de información.

Requisitos Físicos y de funcionamiento.-

Para el funcionamiento se debe contar con un equipo que soporte la base de datos y que tenga instalado la máquina virtual de java. El usuario debe disponer de un equipo de Computación PIII con 256MB de RAM o posterior con conexión en red con los demás equipos del Laboratorio de Suelos.

Requisitos de Construcción.-

Se debe contar con 2 equipos PIV de 3.2GHZ con 1GB de RAM o superior.

En software se debe contar con un servidor con MYSQL.

Requisitos de Software.-

Máquina virtual java o JRE versión 1.5 en adelante.

2.1.4.2. Referencias

<http://www.calidaddelsoftware.com/modules.php?name=News&file=article&sid=66;>

IBM Press Project Management with the IBM Rational Unified Process Jul.2006 eBook.

Addison Wesley Managing Iterative Software Development Projects Jun 2006 eBook

[http://www.sc.ehu.es/jiwdocoj/mmis/cocomo.htm;](http://www.sc.ehu.es/jiwdocoj/mmis/cocomo.htm)

[http://www.tecnyce.com.mx/ti/cursosN.php?ids=641;](http://www.tecnyce.com.mx/ti/cursosN.php?ids=641)

[http://html.rincondelvago.com/analisis-y-diseno-de-sistemas_1.html;](http://html.rincondelvago.com/analisis-y-diseno-de-sistemas_1.html)

[http://es.wikibooks.org/wiki/Inform%C3%A1tica_Educacional/Seguimiento_y_Control_del_Proyecto;](http://es.wikibooks.org/wiki/Inform%C3%A1tica_Educacional/Seguimiento_y_Control_del_Proyecto)

2.1.5. Modelo de Caso de Uso del Negocio

2.1.5.1. Introducción

El Modelo de Caso de Uso del Negocio es un artefacto de la disciplina Requisitos en la metodología RUP que estamos implementando. Define los límites del proceso de modelado posterior.

Los propósitos de los casos de uso del negocio son los siguientes:

- Comprender la Estructura y la Dinámica de la Organización.
- Comprender problemas actuales e identificar posibles mejoras.

Los alcances que tiene el realizar el modelo de casos de uso del negocio se presentan a continuación:

- Describe los Procesos de Negocio y los Clientes
- Identifica y Describe los Procesos de Negocio según los Objetivos de la Organización.
- Definir un caso de uso del negocio para cada proceso de negocio.

2.1.5.2. Descripción Textual de cada uno de los Procesos del Negocio

Supervisar los distintos ensayos que se realizan en el laboratorio

Proceso del negocio en el que el Encargado del Laboratorio supervisa los ensayos solicitados por las Empresas o Personas y los resultados obtenidos por los mismos.

Gestionar Solicitudes de Ensayos

Constituye el proceso en el que la gerencia organiza y administra los recursos de tal manera que se puedan realizar los ensayos solicitados por las Empresas, Personas o Docentes de la universidad.

Supervisar el préstamo y devolución de la Herramienta y Equipo.

Proceso del negocio donde el Encargado del laboratorio supervisa el préstamo y devolución de la Herramienta y Equipo realizada por el Técnico y los ayudantes, también contempla los castigos o multas correspondientes.

Designación del personal en las distintas Actividades del Laboratorio

Proceso en el cual el Encargado designa personas para las actividades que se realizan en el Laboratorio de Suelos, estas pueden ser del tipo Académico o referente a la los ensayos que se realizan para los Solicitantes.

Realizar informes de los Ensayos

Proceso en el que el Encargado del Laboratorio de Suelos entrega los resultados de los ensayos realizados una vez revisados y aprobados.

2.1.5.3. Descripción de Actores del negocio

Al mismo tiempo que se determinan los procesos del negocio, es posible identificar los agentes implicados en el mismo.

Se identificó los siguientes actores:

- **Encargado del Laboratorio de Suelos**

Persona que se dedica a la Administración del Laboratorio de Suelos, como la designación de horarios para los distintos grupo, préstamo de herramientas y equipo, asignación de personal para las actividades que se realizan en el Laboratorio de suelos etc.

- **Técnico del Laboratorio de Suelos**

Personal administrativo que realiza los distintos Ensayos del Laboratorio solicitados por Empresas o personas y además de apoyar en la administración de las herramientas y equipos del Laboratorio de Suelos.

- **Ayudantes del laboratorio de Suelos**

Personal eventual que ayudan en los distintos ensayos que se realizan en el laboratorio y también en el registro de préstamo y devolución de equipo y herramienta.

- **Solicitantes de Ensayos**

Empresas privadas y Persona particulares solicitan los distintos Ensayos Geotécnicos, estos pueden ser en remunerados o no.

- **Docentes**

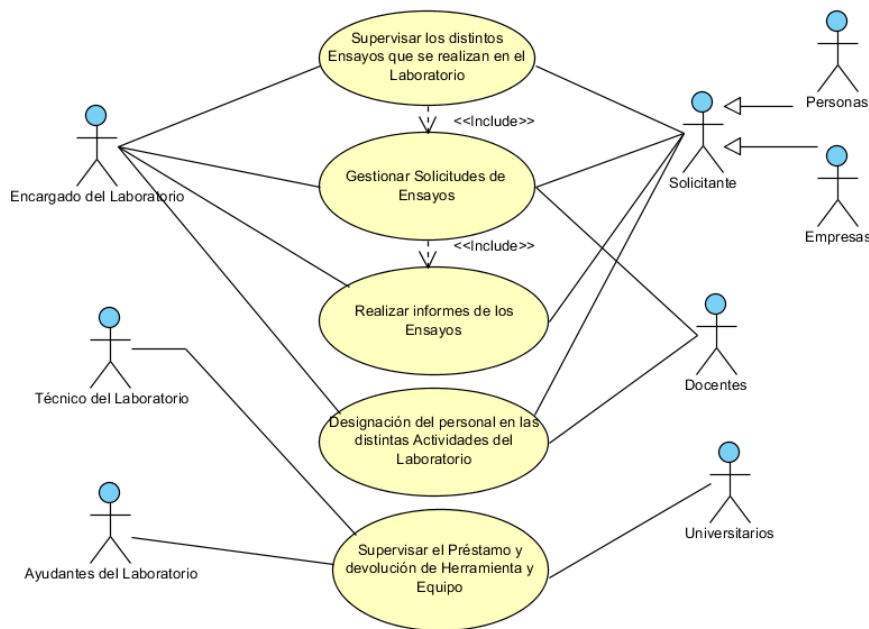
Los distintos docentes de la universidad que dictan las materias en el Laboratorio de Suelos, tienen la función de instruir a los universitarios en el proceso de los ensayos y evaluarlos.

- **Universitarios**

Todos los universitarios que cursan materias correspondientes a las materias de Mecánica de Suelos y que solicitan equipo y material para realizar los distintos Ensayos, se registran por grupos y a la vez se subdividen en subgrupos para realizar los distintos ensayos.

2.1.5.4. Diagrama de Casos de Uso del Negocio

Figura 2. Diagrama de casos de uso del negocio.



Fuente: Propia

2.1.6. Modelos de Casos de Uso

2.1.6.1. Introducción

El presente documento es un artefacto de la disciplina Requisitos en la metodología RUP que estamos implementando. Los modelos de caso de uso tienen 3 propósitos identificados a continuación:

- Comprender la estructura y la dinámica del sistema desarrollado.
- Identificar el nivel de complejidad del sistema.
- Identificar posibles mejoras

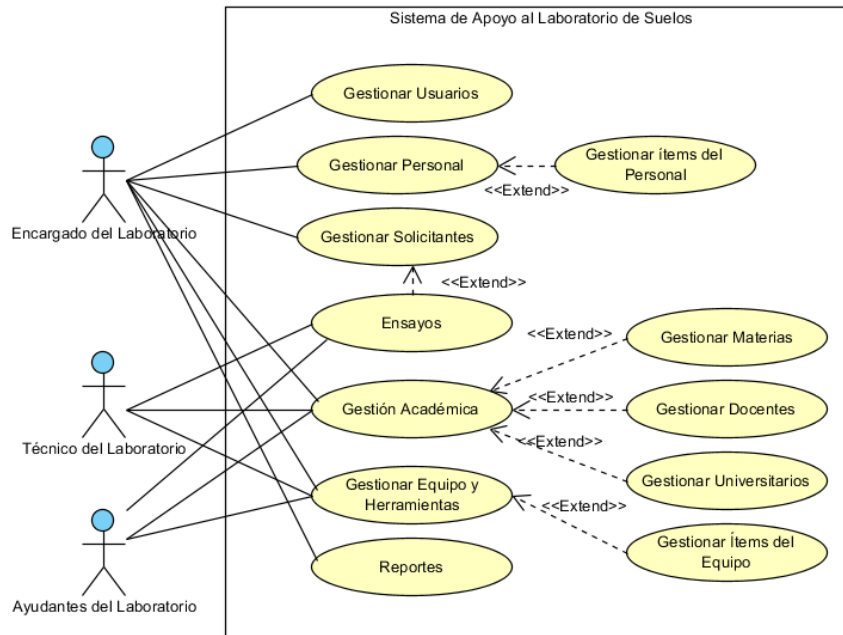
El alcance de los modelos de caso de uso del sistema son los siguientes:

- Identificar y definir procesos del sistema según los objetivos de la organización.
- Definir un Caso de Uso para cada proceso del sistema (el diagrama de caso de uso nos detalla el contexto y los límites de la organización)

2.1.6.2. Diagramas de Casos de Uso

2.1.6.2.1. Diagrama Caso de Uso General del Sistema

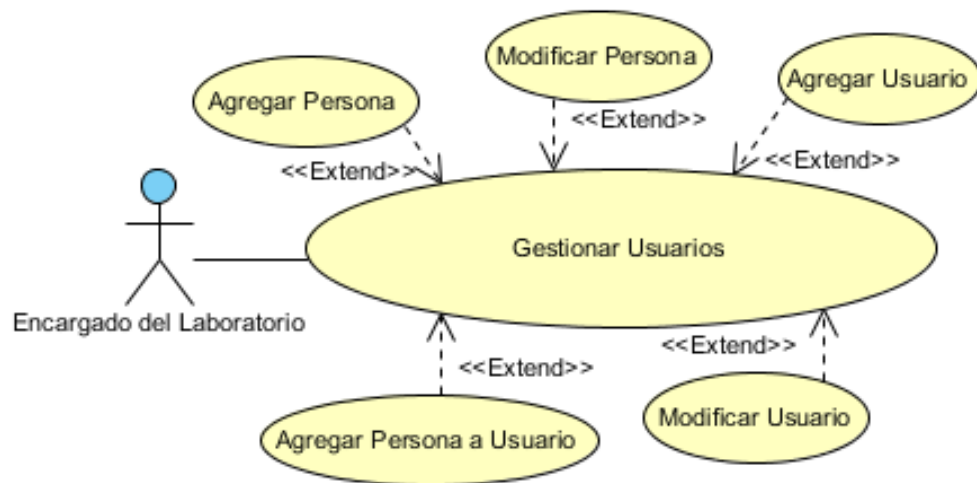
Figura 3. Diagrama de casos de uso General del Sistema.



Fuente: Propia

2.1.6.2.2. Diagrama Caso de Uso Gestionar Usuarios

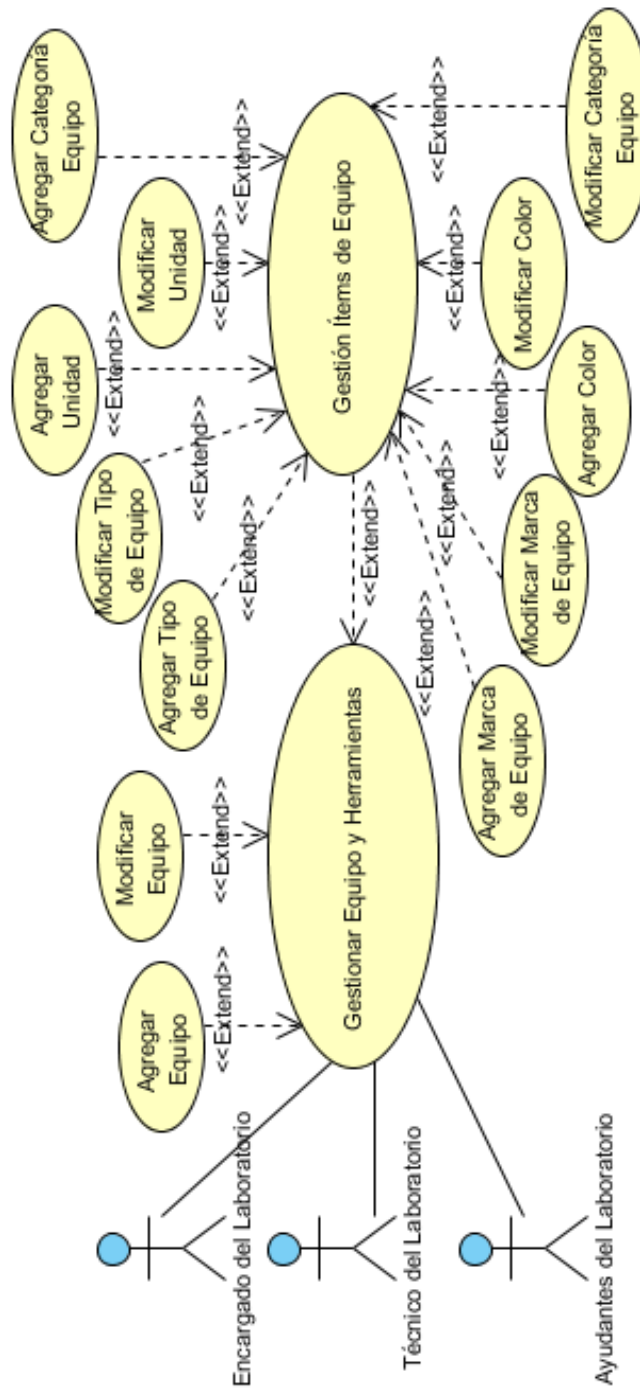
Figura 4. Diagrama de casos de uso Gestionar Usuarios.



Fuente: Propia

2.1.6.2.3. Diagrama Caso de Uso Gestionar Equipo y Herramienta

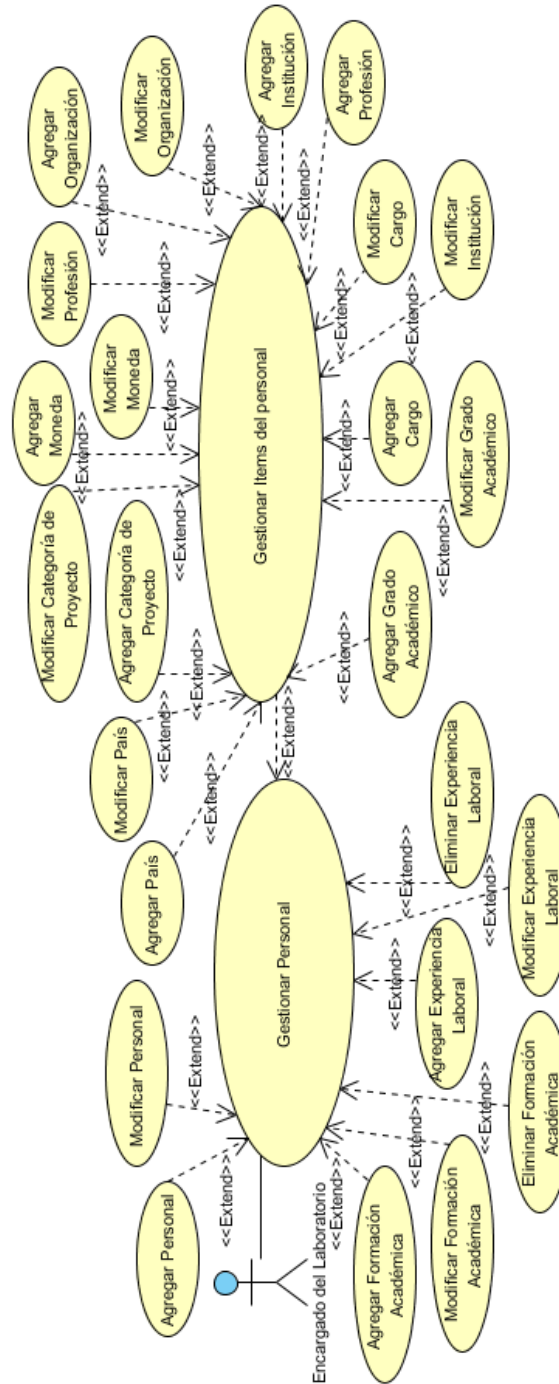
Figura 5. Diagrama de casos de uso Gestionar Equipo y Herramienta.



Fuente: Propia

2.1.6.2.4. Diagrama Caso de Uso Gestionar Personal

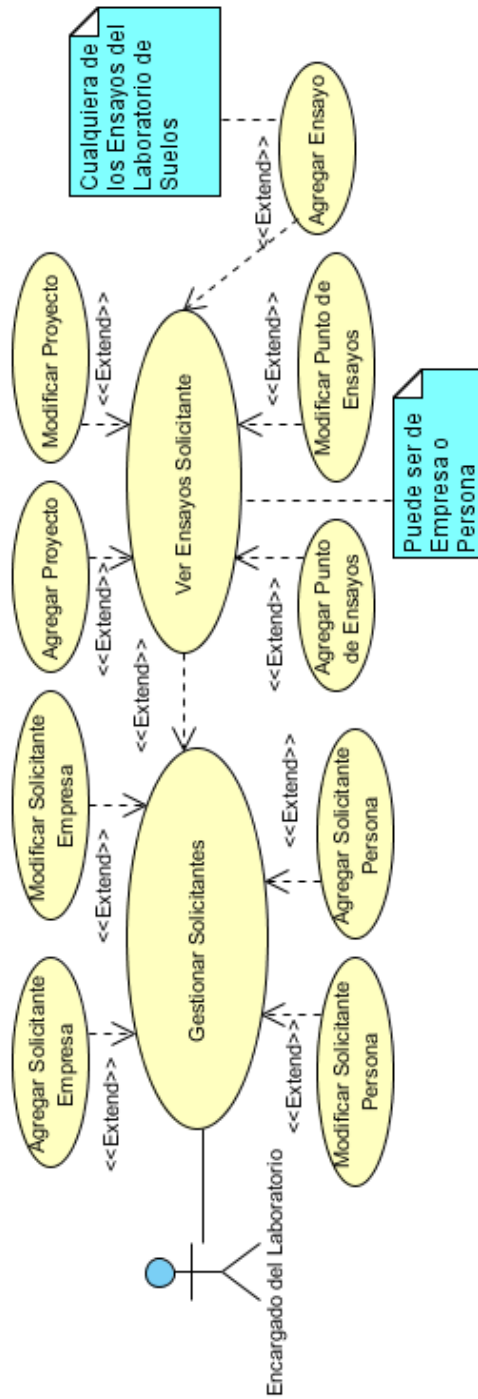
Figura 6. Diagrama de casos de uso Gestionar Personal.



Fuente: Propia

2.1.6.2.5. Diagrama Caso de Uso Gestionar Solicitantes

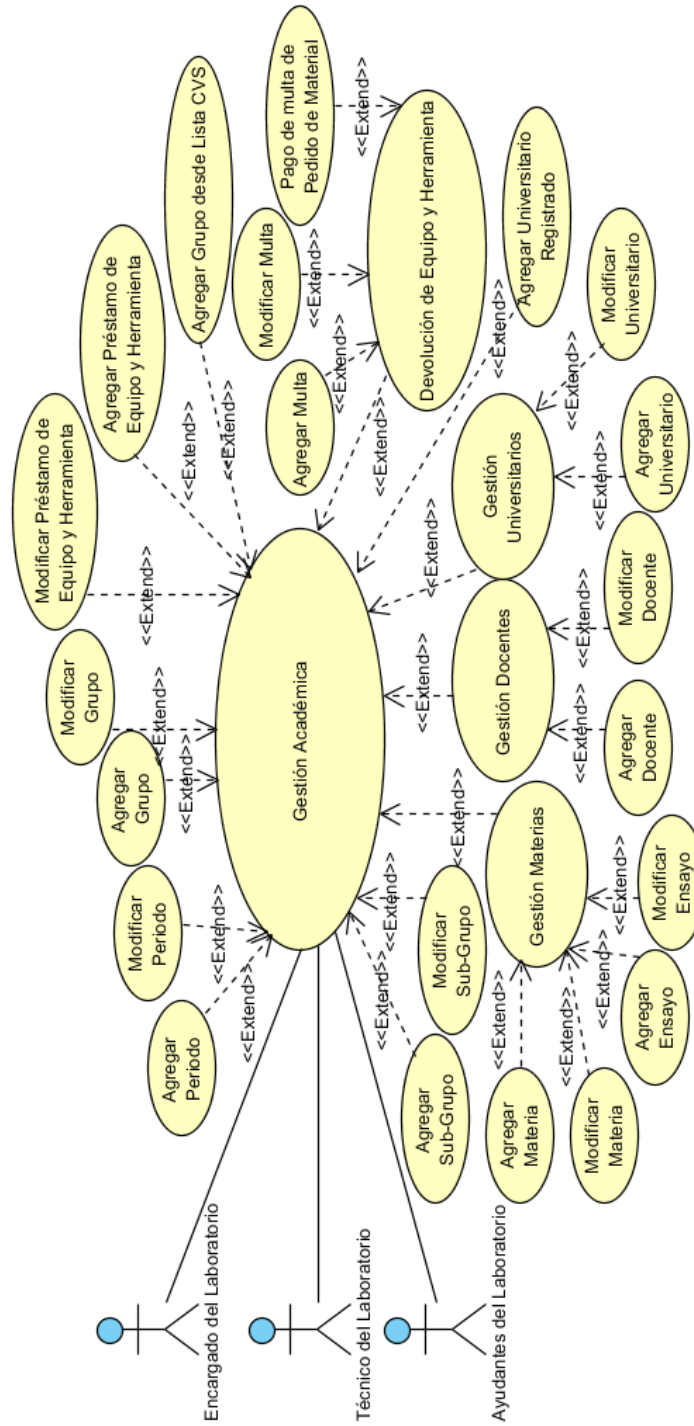
Figura 7. Diagrama de casos de uso Gestionar Solicitantes.



Fuente: Propia

2.1.6.2.6. Diagrama Caso de Uso Gestión Académica

Figura 8. Diagrama de casos de uso Gestión Académica.



Fuente: Propia

2.1.6.3. Modelo de Datos

Un modelo de datos es un lenguaje orientado a describir una Base de Datos. Típicamente permite describir:

- Las estructuras de datos de la base: El tipo de los datos que hay en la base y la forma en que se relacionan.
- Las restricciones de integridad: Un conjunto de condiciones que deben cumplir los datos para reflejar correctamente la realidad deseada.
- Operaciones de manipulación de los datos: típicamente, operaciones de agregado, borrado, modificación y recuperación de los datos de la base.

Otro enfoque nos induce a pensar que un modelo de datos permite describir los elementos que intervienen en una realidad dada y la forma en que se relacionan dichos elementos entre sí.

No hay que perder de vista que una Base de Datos siempre está orientada a resolver un problema determinado, por lo que los dos enfoques propuestos son necesarios en cualquier desarrollo de software

2.1.6.4. Modelo Entidad Relación

Cuando se utiliza una base de datos para gestionar información, se está plasmando una parte del mundo real en una serie de tablas, registros y campos ubicados en un ordenador; creándose un modelo parcial de la realidad. Antes de crear físicamente estas tablas en el ordenador se debe realizar un modelo de datos.

Se suele cometer el error de ir creando nuevas tablas a medida que se van necesitando, haciendo así el modelo de datos y la construcción física de las tablas simultáneamente. El resultado de esto acaba siendo un sistema de información parcheado, con datos dispersos que terminan por no cumplir adecuadamente los requisitos necesarios

2.1.6.5. Descripción de Atributos de las Tablas

El esquema de atributos de las distintas tablas de la base de datos, para algunos atributos no tienen su correspondiente descripción esto se debe a que son atributos que están vinculando esta tabla con otra. La descripción de atributos de las tablas es el anexo 9 y la representación gráfica de dichas tablas se encuentra en los anexos 10 y 11, donde se puede ver el vínculo entre tablas y sus respectivas características.

2.1.7. Planes y Guías de aplicación

2.1.7.1. Introducción

El presente subtítulo tiene como finalidad presentar todas las herramientas informáticas que fueron utilizadas para el desarrollo del sistema informático que se implementará en el laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”. Esto quiere decir el lenguaje de programación utilizado y también las herramientas denominadas CASE. A continuación se presenta el concepto de lo que son estas herramientas.

“Las herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering, Ingeniería de Software Asistida por Computadora) son diversas aplicaciones informáticas destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de software reduciendo el costo de las mismas en términos de tiempo y de dinero. Estas herramientas pueden ayudar en todos los aspectos del ciclo de vida de desarrollo del software en tareas como el proceso de realizar un diseño del proyecto, cálculo de costos, implementación de parte del código automáticamente con el diseño dado, compilación automática, documentación o detección de errores entre otras”.³

2.1.7.2. Lenguaje de programación

El lenguaje de programación utilizado fue Java, que es un lenguaje de programación versátil que entre sus características está el permitir la implementación en cualquier sistema operativo y, además, se trata de un lenguaje libre; esto quiere decir gratuito. A continuación un breve resumen del lenguaje de programación Java.

³ http://es.wikipedia.org/wiki/Herramienta_CASE

Java es un lenguaje de programación de alto nivel orientado a objetos, desarrollado por James Gosling en 1995. El lenguaje en sí mismo toma mucha de su sintaxis de C, Cobol y Visual Basic, pero tiene un modelo de objetos más simple y elimina herramientas de bajo nivel, que suelen inducir a muchos errores, como la manipulación directa de punteros o memoria. La memoria es gestionada mediante un recolector de basura.

Las aplicaciones Java están típicamente compiladas en un bytecode, aunque la compilación en código máquina nativo también es posible. En el tiempo de ejecución, el bytecode es normalmente interpretado o compilado a código nativo para la ejecución, aunque la ejecución directa por hardware del bytecode por un procesador Java es también posible.

La implementación original y de referencia del compilador, la máquina virtual y las bibliotecas de clases de Java fueron desarrolladas por Sun Microsystems en 1995. Desde entonces, Sun ha controlado las especificaciones, el desarrollo y evolución del lenguaje a través del Java Community Process, si bien otros han desarrollado también implementaciones alternativas de estas tecnologías de Sun, algunas incluso bajo licencias de software libre.⁴

Figura 9. Logotipo del lenguaje de programación java



Fuente: <http://www.java.com/es/download/>

La versión utilizada en el desarrollo de este proyecto fue la versión JDK 1.6.0_24.

2.1.7.3. Herramienta de Análisis de software.

La herramienta utilizada para el análisis del sistema fue Visual Paradigm, dicha herramienta permite un conjunto de ayudas para el desarrollo de programas

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Java_%28lenguaje_de_programaci%C3%B3n%29

informáticos. Como la planificación, análisis y diseño; también permite la documentación de todos los componentes creados.

Visual Paradigm ha sido concebida para soportar el ciclo de vida completo del proceso de desarrollo del software a través de la representación de todo tipo de diagramas. Constituye una herramienta privada disponible en varias ediciones, cada una destinada a unas necesidades: Enterprise, Professional, Community, Standard, Modeler y Personal. Existe una alternativa libre y gratuita de este software, la versión Visual Paradigm UML 6.4 Community Edition (ojo, la versión Community Edition, ya que existe la Enterprise, Professional, etc). Fue diseñado para una amplia gama de usuarios interesados en la construcción de sistemas de software de forma fiable a través de la utilización de un enfoque Orientado a Objetos.⁵

Figura 10. Logotipo de Visual Paradigm



Fuente: www.visual-paradigm.com

Como se ve en la imagen la versión de Visual Paradigm fue la versión 8.0.

2.1.7.4. Herramienta CASE de construcción de software.

Existen varias herramientas para la construcción de software para el lenguaje de programación java, pero debido a su versatilidad y posibilidad de implementación de

⁵ http://www.ecured.cu/index.php/Visual_Paradigm

librerías y otros componentes, la herramienta utilizada fue Eclipse, dicha herramienta permite la construcción de aplicaciones en varios lenguajes de programación, es por esto y por su característica de ser software libre de código abierto que es ampliamente usado.

Figura 11. Logotipo de ECLIPSE



Fuente: <http://eclipse.org/>

La versión de ECLIPSE utilizada para el proyecto fue la 3.4.

2.1.7.5. Base de datos

La base de datos utilizada para el proyecto fue la denominada MySQL, dicha herramienta tiene entre sus características el servir de base de datos relacional, multihilo y multiusuario.

Figura 12. Logotipo de MySQL y su herramienta Workbench



Fuente: <http://www.mysql.com/>

Aunque es un software de uso libre, existe la posibilidad de comprar una licencia, que permite soporte técnico y servicios. En este caso se lo utiliza como software libre.

Aparte de la base de datos, se utilizó su herramienta denominada Workbench, que permite la conexión, consultas, modelado de datos y la administración del servidor.

La versión de MySQL utilizada para el proyecto fue la 5.5 y de la herramienta MySQL Workbench la versión 5.2.34.

2.1.7.6. Herramienta Case para la elaboración de reportes

La herramienta iReport es un constructor / diseñador de informes visual, poderoso, intuitivo y fácil de usar para JasperReports escrito en Java. Este instrumento permite que los usuarios corrijan visualmente informes complejos con cartas, imágenes, subinformes, etc. iReport está además integrado con JFreeChart, una de la biblioteca gráficas OpenSource más difundida para Java. Los datos para imprimir pueden ser recuperados por varios caminos incluso múltiples uniones JDBC, TableModels, JavaBeans, XML, etc.

Características de iReport:⁶

- La lista siguiente describe algunas de las características importantes de iReport:
- 100% escrito en JAVA y además OPENSOURCE y gratuito.
- Maneja el 98% de las etiquetas de JasperReports
- Permite diseñar con sus propias herramientas: rectángulos, líneas, elipses, campos de los textfields, cartas, subreports (subreportes).
- Soporta internacionalización nativamente.
- Browser de la estructura del documento.
- Recopilador y exportador integrados.
- Soporta JDBC.

⁶ <http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php?pagina=ireport>

- Soporta JavaBeans como orígenes de datos (éstos deben implementar la interface JRDataSource).
- Incluye Wizard's (asistentes) para crear automáticamente informes.
- Tiene asistentes para generar los subreportes
- Tiene asistentes para las plantillas.
- Facilidad de instalación.

Figura 13. Logotipo de iReport



Fuente: <http://www.mysql.com/>

La versión de iReport utilizada para el proyecto fue la 4.0.

2.1.7.7. Otras herramientas utilizadas para elaboración del proyecto.

A parte de las herramientas presentadas anteriormente, se hizo uso componentes y de otras herramientas denominadas librerías, que permiten ahorrar tiempo durante la construcción de software, dichas herramientas son de código libre y abierto, lo que permite su implementación sin necesidad de solicitar alguna licencia, a continuación se presenta la lista de estas librerías y componentes.

- Librería JFREECHART (para la construcción de las gráficas en las distintas pantallas)

- El componente WindowBuilder Pro, herramienta de diseño de pantallas de uso libre desde que Google es propietaria del software.
- La librería JCalendar, que permite el uso calendarios y fechas de forma gráfica en las pantallas.
- La librería Jasypt, que permite la encriptación y codificado de textos.

3. ANALISIS DE RESULTADOS

3.1. Aplicación Práctica

3.1.1. Introducción

En el siguiente capítulo se explicará todo el procedimiento que se utilizó para realizar la programación de los distintos ensayos del laboratorio de suelos, las unidades que se utilizaron y los resultados que se obtienen del proceso.

También en este capítulo se seleccionarán ensayos reales que se hicieron en el laboratorio de suelos, esto con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en el programa Excel y el sistema desarrollado, así lograremos ver las ventajas y las desventajas de ambos programas, de esta manera se estarán validando los resultados obtenidos por el sistema desarrollado.

3.1.2. Programación de Ensayos Geotécnicos.

En la programación de los ensayos del sistema se tienen que abordar dos partes importantes que se explicaran a continuación:

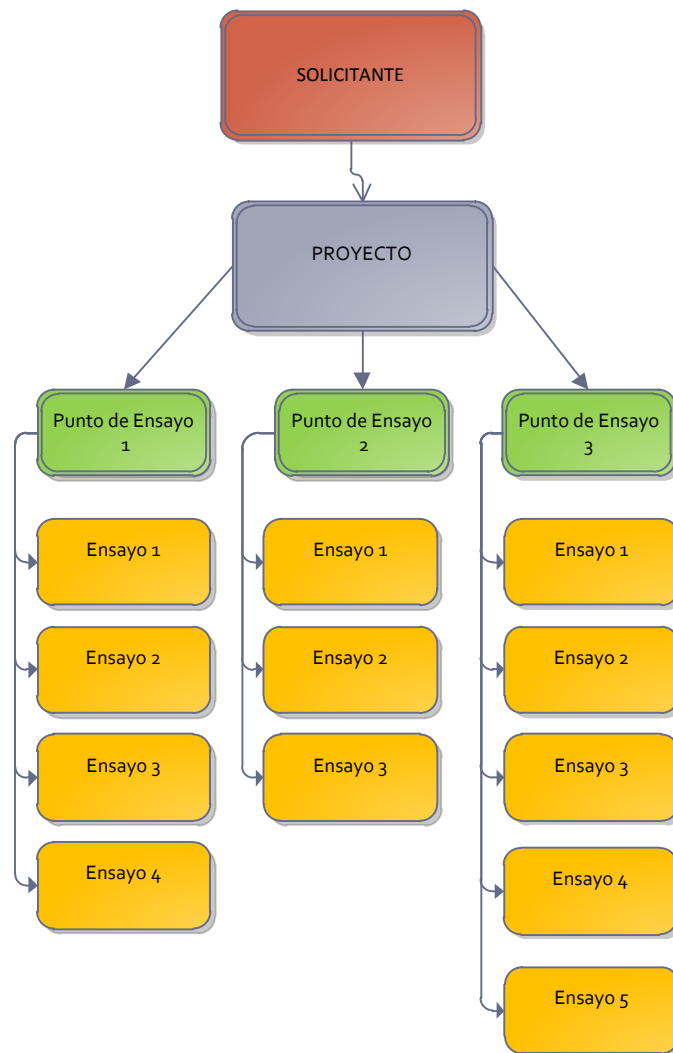
La primera está ligada con los cálculos que se realizan en cada uno de los ensayos, las variables, los procedimientos, el uso de tablas, las gráficas que se generan en cada uno de los ensayos y los resultados que se muestran. Para ello se utilizarán las herramientas matemáticas como la interpolación, regresión lineal, etc. que se explicarán en cada uno de los ensayos, también en algunos casos se utilizaron librerías creadas en java con la finalidad de reutilizar este código y no generar otro, ahorrando tiempo en la codificación del sistema.

La segunda parte tiene que ver con el cómo se va a almacenar los datos en el sistema; para ello primero se considera que los ensayos pertenecen a un punto de un proyecto específico, la segunda consideración fue tener en cuenta que algunos ensayos dependen de otros para calcularse, este es el caso de la clasificación de suelos que está supeditado directamente al ensayo de granulometría y de límites de Atterberg; y,

por último, se realizó el análisis de que datos se tendrían que almacenar en la base de datos para poder utilizarlos para generar los resultados nuevamente del ensayo.

A continuación se presenta una imagen que nos permite ver lo descrito anteriormente, cabe señalar que en un mismo punto se pueden realizar más de un ensayo del mismo tipo, por ejemplo, se puede tener 2 o más ensayos de granulometría en el mismo punto y así sucesivamente, esto permite poder que se puedan verificar los resultados de un ensayo en el que se tengan dudas.

Figura 1. Diseño de distribución Solicitante - Proyecto – Puntos - Ensayos.



Fuente: Propia

Con este análisis realizado se decidió incluir en la introducción de datos de todos los ensayos un componente que permita seleccionar el solicitante, el proyecto y, por ende; su identificación. A continuación se presenta una imagen del componente:

Figura 2. Selección de Solicitante – Proyecto - Identificación.

The image shows a software interface window titled "DATOS GENERALES". It contains several input fields and buttons:

- Solicitante ::** A dropdown menu with the text "Seleccione un Solicitante de la lista". To its right are two buttons labeled "+E" and "+P".
- NIT ::** A text input field followed by a "Buscar" button.
- Proyecto ::** A dropdown menu with a "+" button to its right.
- Identificación ::** A dropdown menu with "+" and "I" buttons to its right.

Fuente: Propia

Después de realizar el análisis se tomó la decisión de sólo almacenar los datos iniciales de los ensayos, dependiendo de éstos se tenían una o varias tablas de datos; también se almacenaron los resultados del ensayo para poder utilizarlo en los casos en que haya ensayos dependientes. Todos estos elementos se pueden observar en la gráfica de base de datos.

Para el diseño de las pantallas de los ensayos se utilizaron como base las tablas de cálculo de Excel que se utilizan en el laboratorio, esto con la finalidad de que los usuarios se puedan acostumbrar de forma más rápida a la introducción de datos y así evitar también la modificación de las pantallas durante la fase de pruebas del sistema.

En lo referido a la presentación de los resultados de los ensayos, se utilizó el formato del laboratorio, donde también se presentan los datos de los Solicitantes, Proyecto, fecha, procedencia, identificación y personal que trabajó en los ensayos.

Luego se presentan los datos y resultados con sus gráficas correspondientes. A continuación se presenta una pantalla de un ensayo para su impresión.

Figura 3. Modelo de presentación de resultados de ensayos.

LOGOTIPO DEL LABORATORIO		UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y HORMIGÓN	
		NOMBRE DEL ENSAYO	
Proyecto : SP(proyecto)	Procedencia : SP(procedencia)	Identificación de muestras : SP(idenMuestra)	
Solicitante : SP(solicitante)	Laboratoristas :		SP(laboratorista1)
Fecha : new java.util.Date()			
ESPACIO DE CÁLCULOS, GRÁFICAS Y RESULTADOS DEL ENSAYO			
Observaciones : SP(observaciones)			
		SP(encargado) JEFE DE LAB. SUELOS Y HORMIGONES	

Fuente: Propia

3.1.2.1. Ensayo de determinación del contenido de humedad

Unidades: gramos (gr), porcentajes (%)

Para el ensayo de determinación de humedad se procedió a diseñar el siguiente ingreso de datos:

Figura 4. Ingreso de datos del ensayo de determinación del contenido de humedad.

DATOS A INGRESAR				
Peso de suelo húmedo + Cápsula (gr)	Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	Peso de cápsula (gr)	+	Mod
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		

Fuente: Propia

Como se puede ver los datos a ingresar son:

- Peso del suelo húmedo más cápsula
- Peso del suelo seco más cápsula
- Peso de la cápsula

En el ingreso de datos se controla que los pesos sean correctos para evitar errores en el sistema y se procede a realizar los siguientes cálculos:

$$\text{peso suelo seco} = \text{peso suelo seco más cápsula} - \text{peso de cápsula}$$

$$\text{peso del agua} = \text{peso suelo húmedo más cápsula} - \text{suelo seco más cápsula}$$

$$\text{porcentaje de humedad (\%)} = \left(\frac{\text{peso del agua}}{\text{peso suelo seco}} \right) * 100$$

Con estos resultados se procede a calcular el contenido de humedad promedio del suelo en estado natural, esto en función a la cantidad del número de mediciones mediante la fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\sum \text{porcentaje de humedad (\%)}}{\text{número de mediciones}}$$

Los resultados son presentados en la siguiente tabla:

Figura 5. Tabla de resultados del cálculo del ensayo de contenido de humedad de un suelo.

TABLA DE RESULTADOS	
Cápsula	
Peso de suelo húmedo + Cápsula	
Peso de suelo seco + Cápsula	
Peso de suelo seco	
Peso de cápsula	
Peso del agua	
Contenido de humedad	

Fuente: Propia

Luego de calcular el porcentaje de humedad se procede a almacenar los resultados en la base de datos

- La humedad natural del suelo

De cada punto se almacena:

- El peso del suelo húmedo más cápsula
- El peso del suelo seco más cápsula
- Peso de la cápsula

3.1.2.2. Ensayo de Granulometría por el método mecánico o tamices.

Unidades: milímetros (mm), gramos (gr), porcentajes (%)

Para el presente ensayo se tienen los datos de entrada, que consiste:

- Cantidad total de la muestra utilizada para el ensayo en gramos.
- Cantidad de la base, que en el método del lavado no se tiene.
- El tipo de suelo en la inspección visual (puede ser orgánico o inorgánico)
- Las cantidades de peso en gramos que son retenidas en los distintos tamices que se utilizan en el ensayo.

Los primeros 3 datos de entrada se los ordenaron de la siguiente forma en la pantalla de introducción de datos:

Figura 6. Introducción de datos del ensayo de Granulometría.

Fuente: Propia

Debido a que se tienen distintos tamaños de tamices (apertura del tamiz en mm) y no todos son utilizados, se procedió a crear una tabla donde se encuentran todos los tamices que se tienen, y un botón de selección, esto permite que los usuarios puedan seleccionar los que van a ser usados; además, para ayudar a la selección de tamices se puso una pestaña de selección de los juegos de tamices.

Figura 7. Introducción de datos de pesos retenidos en tamices.

Tamices	Tamaño(mm)	Peso retenido	Sel.
5 "	127	0	<input type="checkbox"/>
3 "	76,2	0	<input checked="" type="checkbox"/>
2 1/2"	63,5	0	<input checked="" type="checkbox"/>
2 "	50,8	0	<input checked="" type="checkbox"/>
1 1/2"	38,1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
1 "	25,4	0	<input checked="" type="checkbox"/>
3/4 "	19,05	0	<input checked="" type="checkbox"/>
1/2"	12,7	0	<input checked="" type="checkbox"/>
3/8 "	9,525	0	<input checked="" type="checkbox"/>
1/4 "	6,35	0	<input type="checkbox"/>
Nº 4	4,75	0	<input checked="" type="checkbox"/>
Nº 5	4	0	<input type="checkbox"/>
Nº 7	2,8	0	<input type="checkbox"/>
Nº 8	2,36	0	<input type="checkbox"/>
Nº 10	2	0	<input checked="" type="checkbox"/>
Nº 16	1,18	0	<input type="checkbox"/>
Nº 20	0,85	0	<input type="checkbox"/>
Nº 25	0,71	0	<input type="checkbox"/>
Nº 30	0,6	0	<input type="checkbox"/>
Nº 40	0,425	0	<input checked="" type="checkbox"/>
Nº 50	0,3	0	<input type="checkbox"/>
Nº 60	0,25	0	<input type="checkbox"/>
Nº 100	0,15	0	<input type="checkbox"/>
Nº 200	0,075	0	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Propia

Una vez introducidos todos los datos se procede a sumar todos los pesos retenidos en los tamices y el peso retenido en la base, medio esto se compara el peso total del con la finalidad de comprobar que no se está introduciendo pesos erróneos en los tamices:

$$\sum \text{pesos retenidos tamices} + \text{peso retenido en la base} \leq \text{Peso total de muestra}$$

Luego de comprobar esto se procede a crear una matriz resultado (matrizResultado) de n x 6, donde n es el número de tamices seleccionados. En esta matriz se comienzan a realizar los siguientes cálculos, donde "i" es a fila de cálculo y está en función al número de tamices utilizados en el ensayo:

Calculamos los pesos retenidos acumulados de los tamices mediante la siguiente fórmula:

$$\text{matrizResultado}[i][1] = \text{matrizResultado}[i][0] + \text{matrizResultado}[i-1][1];$$

Luego calculamos el porcentaje retenido mediante la siguiente ecuación:

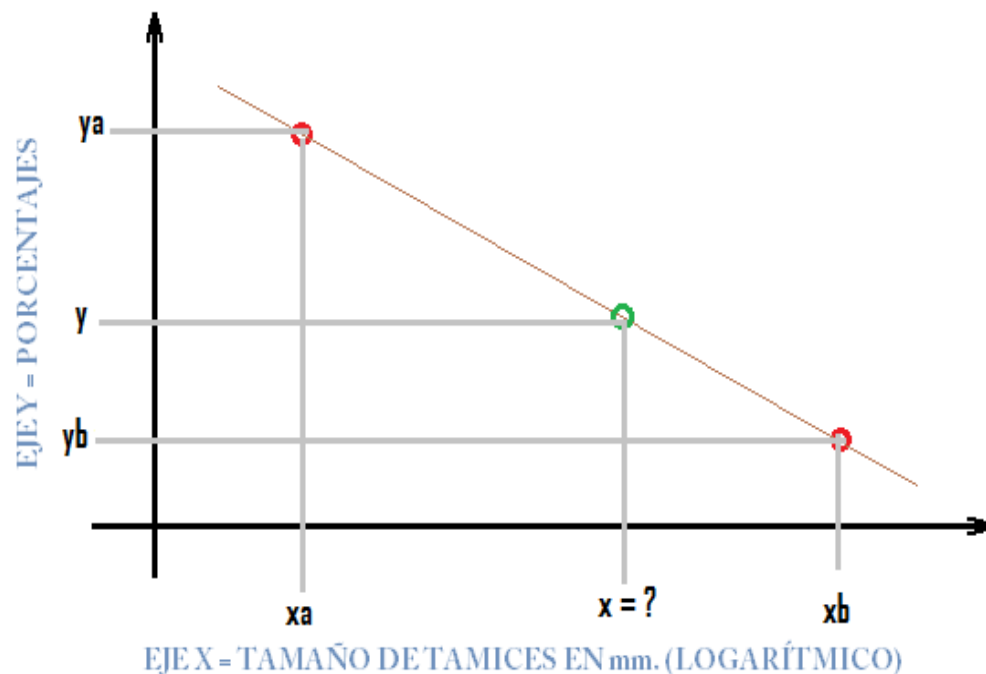
$$\text{matrizResultado}[i][2] = (\text{matrizResultado}[i][1] / \text{pesoTotalTxt}) * 100;$$

Luego calculamos el porcentaje que pasa del total mediante la ecuación

$$\text{matrizResultado}[i][3] = 100 - \text{matrizResultado}[i][2];$$

Una vez obtenidos estos resultados procedemos a calcular los diámetros característicos que son el d60, d30 y d10, para ello se utilizan los resultados de la última columna calculada que son los porcentajes que pasan del total. Primero se verifica si el d60 no está en un tamiz específico, de no ser así se utilizan dos puntos para realizar una interpolación, el primer punto es el inmediato superior al 60% y el segundo es el inmediato inferior al 60%, se utilizan los valores de los tamaños de tamices para el valor de “y” y los valores de los porcentajes para valores de “x” y se aplica una interpolación lineal logarítmica, para ello se va a explicar el proceso de la determinación de la fórmula, primero presentaremos una gráfica donde se plantea el problema a resolver; Aquí la incógnita es el valor de “x” que tiene el tamaño de abertura en milímetros del diámetro:

Figura 8. Gráfica del planteamiento de interpolación logarítmica para la curva granulométrica.



Fuente: Propia

Haciendo la regla de triángulos obtenemos la siguiente ecuación de igualdad:

$$\frac{ya - yb}{\log(xa) - \log(xb)} = \frac{y - yb}{\log(x) - \log(xb)}$$

Procedemos a despejar el valor de x que es el valor incógnita:

$$\log(x) = \left(\frac{y - yb}{ya - yb} \right) * (\log(xa) - \log(xb)) + \log(xb)$$

$$x = 10^{\left(\frac{(y-yb)*(\log(xa)-\log(xb))}{ya-yb} + \log(xb) \right)}$$

Con esta ecuación se calcula el valor deseado de d60, se sigue el mismo procedimiento con los otros valores de d30 y d10, en caso de no encontrar un valor se imprime un mensaje en el gráfico de la curva granulométrica.

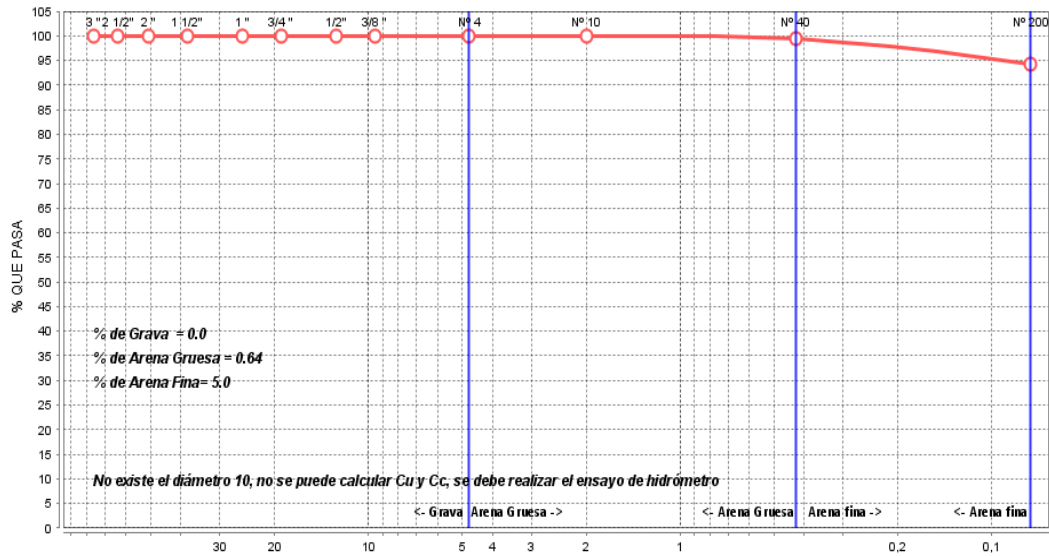
Si no se puede determinar los valores de d60, d30 y d10 se procede a calcular los valores de los coeficientes de uniformidad (Cu) y de curvatura (Cc) con las siguientes fórmulas:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

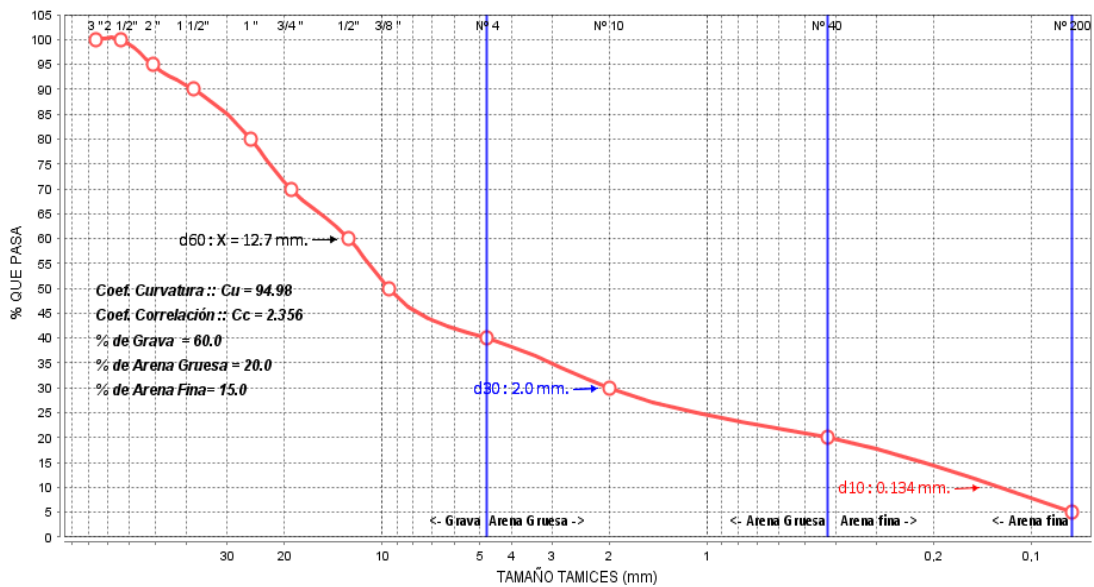
Calculados todos estos valores se realiza la gráfica granulométrica con los resultados de la matriz y también se imprimen los mensajes con los datos de los diámetros característicos y los valores de los coeficientes. A continuación se muestran algunos ejemplos de los resultados obtenidos.

Figura 9. Curva granulométrica sin d60, d30 y d10.



Fuente: Propia

Figura 10. Curva granulométrica con d60, d30, d10, Cu y Cc.



Fuente: Propia

Por último, se procede a registrar los datos generales resultados del ensayo para ser utilizados en otros ensayos como los límites de Atterberg o la clasificación de suelos, estos datos son los siguientes:

- Porcentaje retenido tamiz 4
- Porcentaje retenido tamiz 10
- Porcentaje retenido tamiz 40
- Porcentaje retenido tamiz 200
- Diámetro 60 ó d60
- Diámetro 30 ó d30
- Diámetro 10 ó d10

3.1.2.3. Ensayo de Granulometría por el método del Hidrómetro

Unidades: milímetros (mm), gramos (gr), porcentajes (%)

Para este ensayo se registran datos de inicio del ensayo y luego datos de las mediciones que se hacen progresivamente.

Los datos de inicio del ensayo son los siguientes:

El peso de suelo seco a usar en el ensayo en gramos (gr)

El peso específico del suelo a usar que por norma debe estar dentro del intervalo de 2.5gr/cm³ y 2.85gr/cm³.

La fecha y hora inicial del ensayo.

Para estos datos se creó un ingreso de datos como se ve a continuación:

Figura 11. Entrada de datos iniciales del ensayo de hidrómetro.

DATOS INICIALES			
Mod. Hidrómetro	Peso suelo seco (gr)	INICIAL	Hora : Min
152 H		<input type="button" value="INICIAL"/>	0 : 0
	Peso Esp. (gr/cm3)		

Fuente: Propia

Los datos que se hacen progresivamente en las mediciones por intervalo de tiempo son los siguientes:

- Lectura real del hidrómetro(unidades)

- Temperatura del agua en la medición que debido a calibración tiene un intervalo de 16 grados centígrados y 30 grados centígrados.
- Fecha y hora de medición.

Figura 12. Entrada de datos iniciales del ensayo de hidrómetro.

The image shows a software interface for entering test data. The title is 'DATOS DEL ENSAYO'. It contains several input fields: 'Lectura Real' (empty), 'Temp. °C' (set to 16), 'FECHA' (27-06-2012), and 'Hora : Min' (0:1). There are also '+' and 'Mod' buttons.

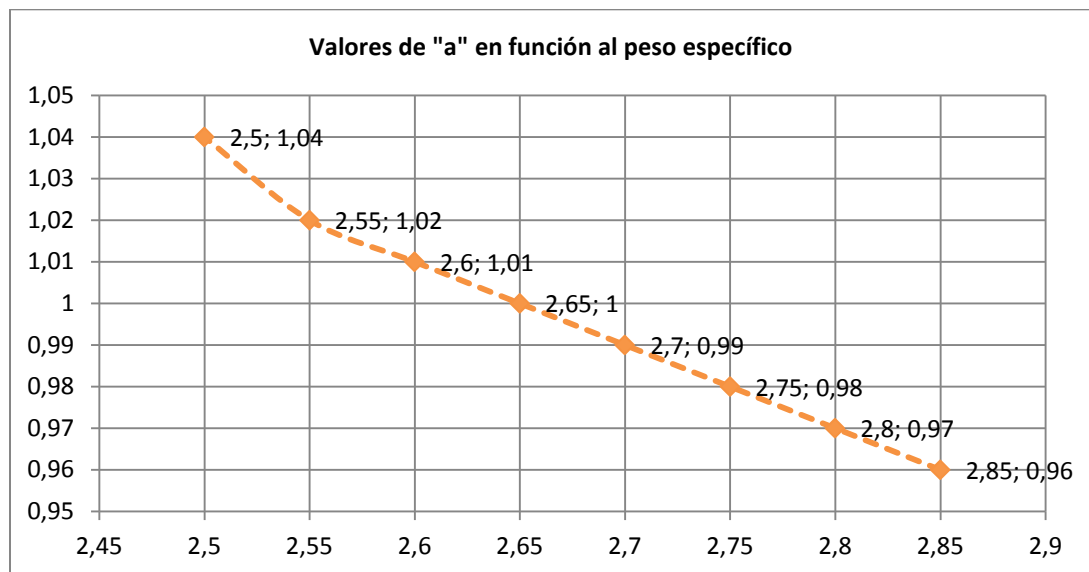
Fuente: Propia

En este ensayo la fecha y hora inicial y la fecha y hora de los intervalos nos permiten calcular el intervalo de tiempo en minutos que se utilizara en los cálculos. Con la lectura real y la temperatura se procederán a calibrar y corregir los errores mediante coeficientes que se calibraron para este ensayo.

El primer cálculo es la corrección de lectura por menisco, que se realiza de la siguiente manera:

$$R = R' + 1$$

Figura 13. Gráfica de peso específico vs coeficiente “a”.

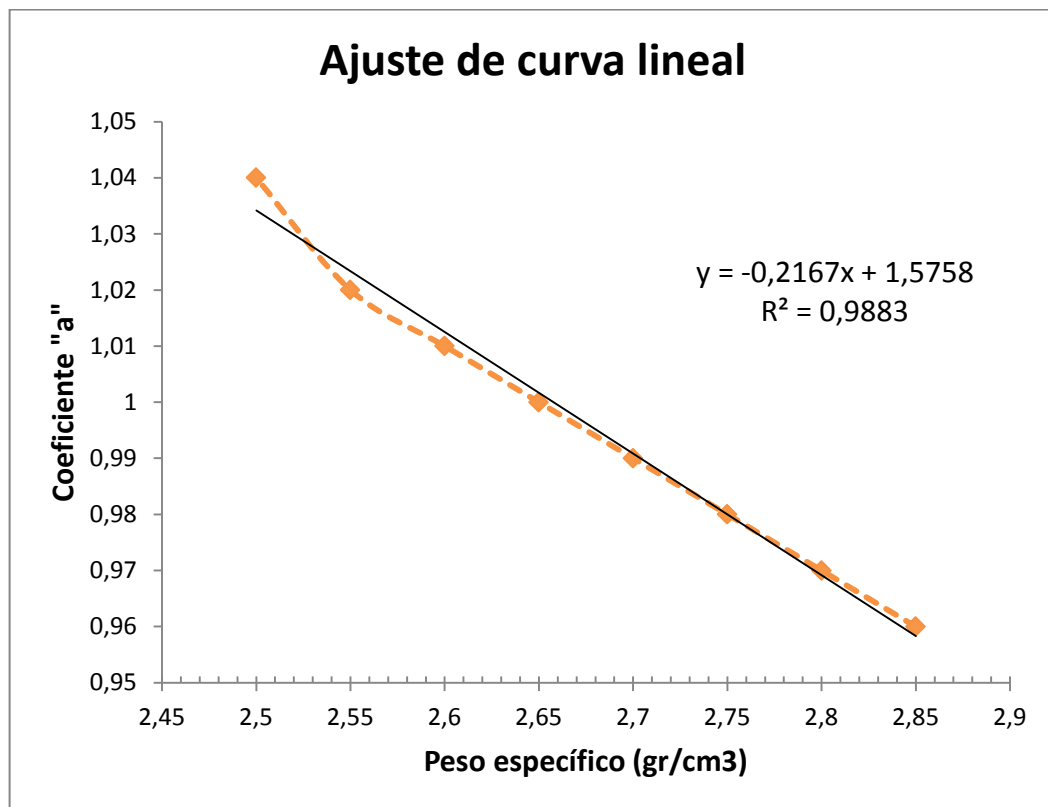


Fuente: Propia

Luego se calcula el coeficiente de corrección “a” que está en función al peso específico (Pesp) de los suelos, a continuación se presenta una gráfica donde en el eje “x” se encuentran los pesos específicos y en el eje “y” los valores del coeficiente “a”, estos valores se encuentran en el anexo 2:

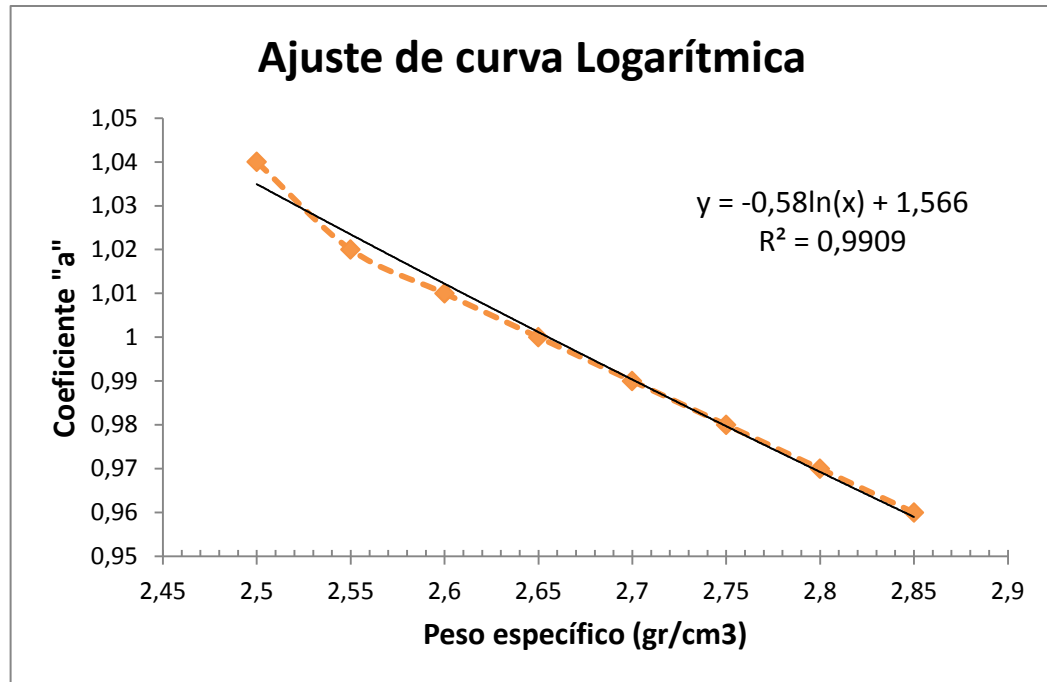
Con estos valores graficados se pudo determinar que se podía utilizar un ajuste de curva, para ello se usó Excel para realizar las gráficas y ver que curva se acomodaba de mejor manera los datos, a continuación se muestran las gráficas para realizar este análisis:

Figura 14. Gráfica de ajuste de curva lineal



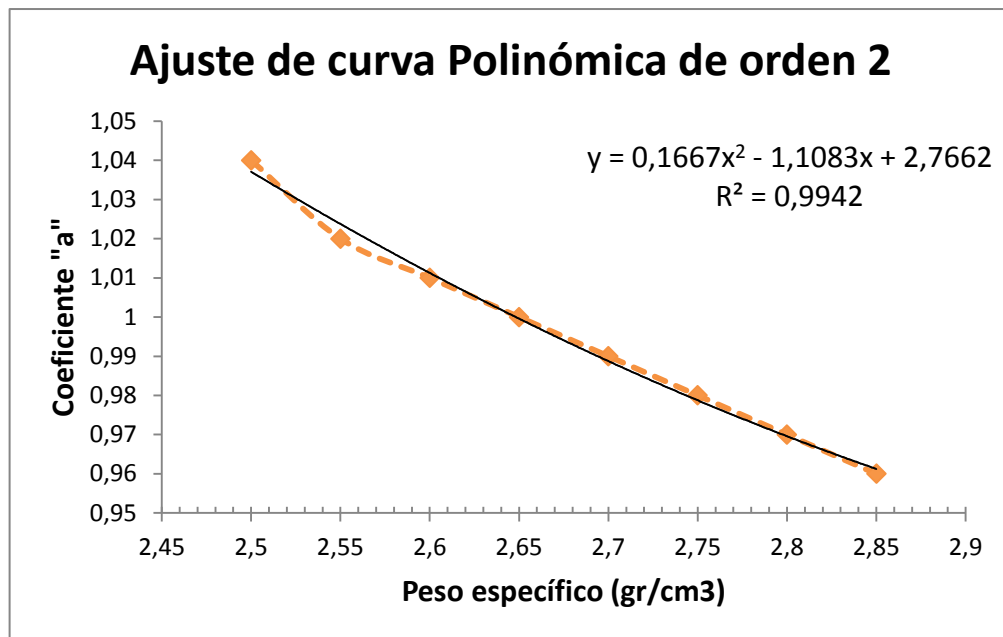
Fuente: Propia

Figura 15. Gráfica de ajuste de curva logarítmica



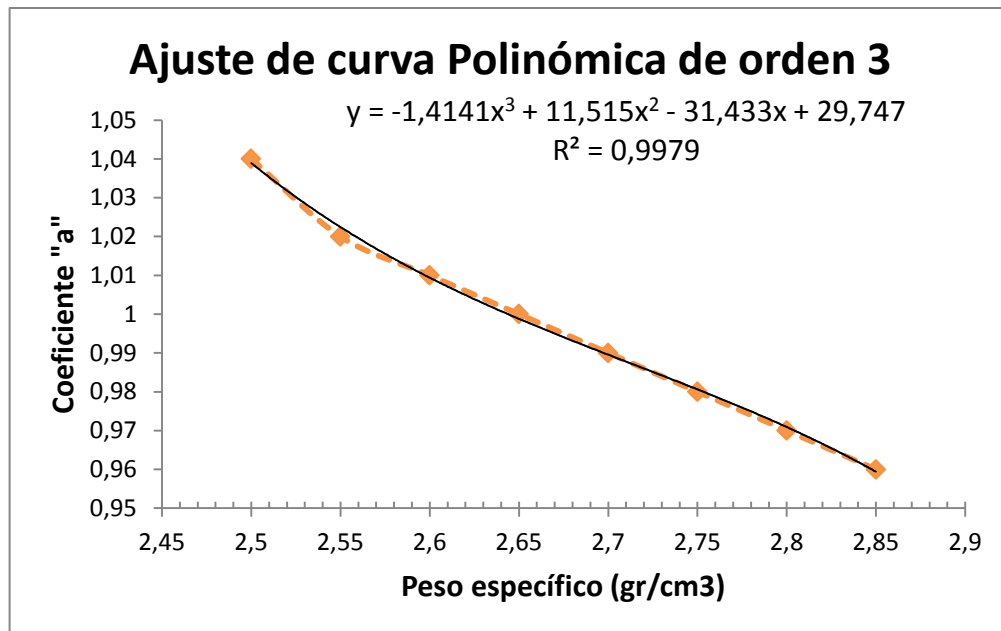
Fuente: Propia

Figura 16. Gráfica de ajuste de curva polinómica de orden 2



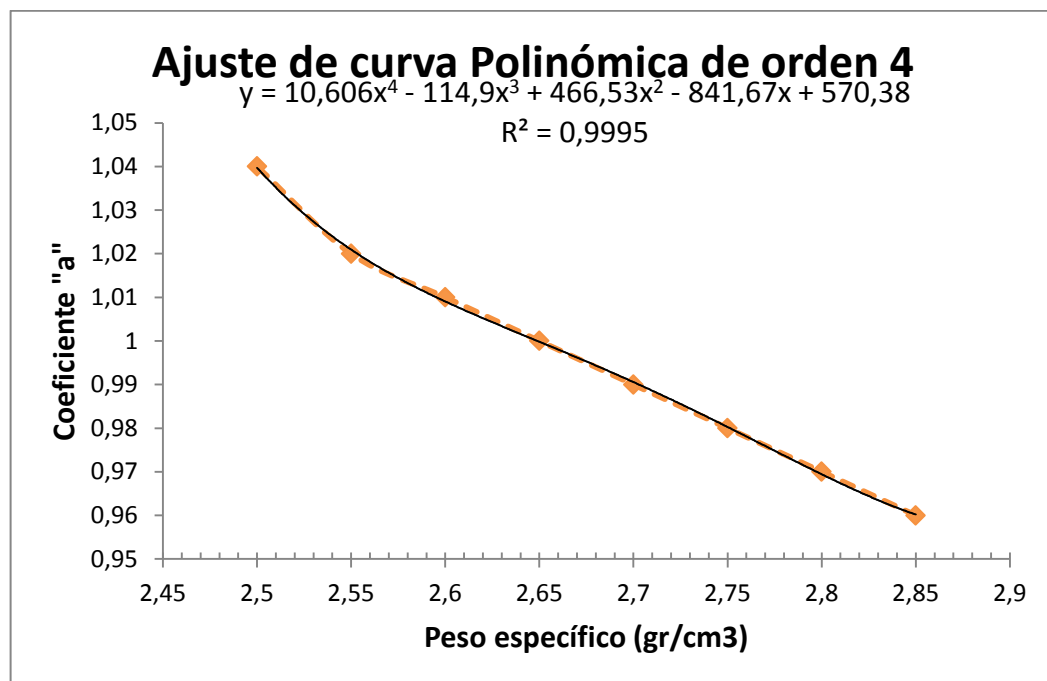
Fuente: Propia

Figura 17. Gráfica de ajuste de curva polinómica de orden 3



Fuente: Propia

Figura 18. Gráfica de ajuste de curva polinómica de orden 4



Fuente: Propia

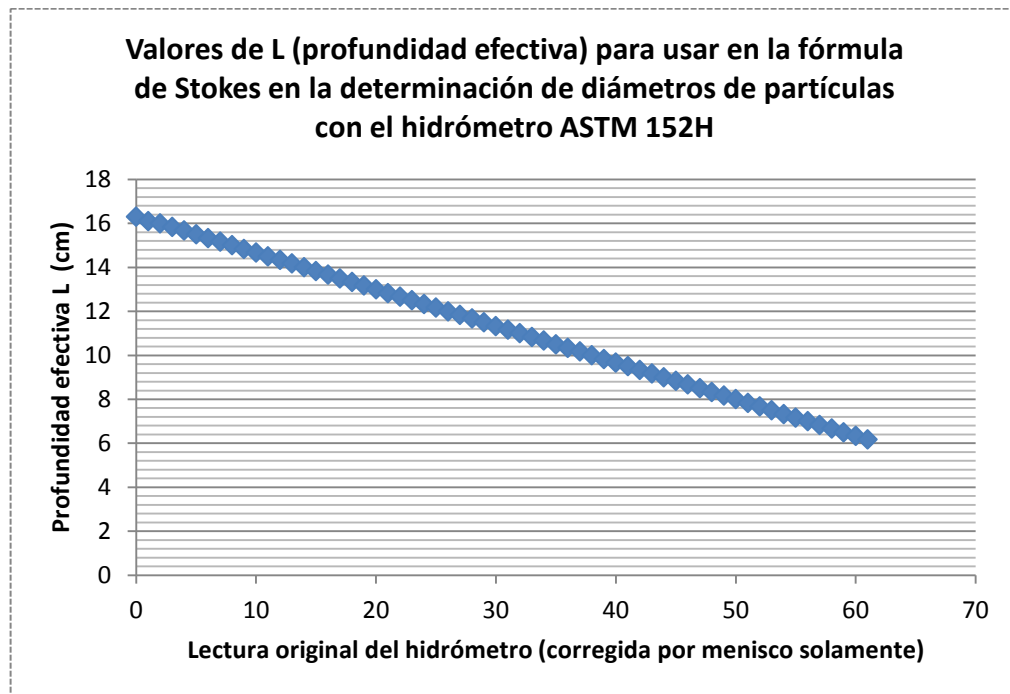
Como podemos ver la última curva se asemeja más a los datos que los anteriores y el coeficiente de correlación es aproximadamente 1.

Debido a que el Excel no nos proporciona todos los decimales de los coeficientes, se procedió a realizar el ajuste de curva polinómica de orden 4 utilizando matrices, como el cálculo es demasiado extenso, solo se colocará el resultado obtenido de dicho ajuste. La ecuación resultante es la siguiente:

$$a = 10.6546564102172 * Pesp^4 - 115.4191284179680 * Pesp^3 + 468.6197814941400 * Pesp^2 - 845.3891601562500 * Pesp + 572.8656616210930$$

Como se puede ver en la gráfica, no se tienen todos los decimales, por ello no se debe utilizar en cálculos los ajustes de curvas de Excel sin realizar una comparación de los valores generados por los ajustes y los valores reales, este es otro motivo por el que dejar de usar este software para el cálculo de ensayos de un laboratorio.

Figura 19. Gráfica de Profundidad efectiva en función a lectura original del Hidrómetro.

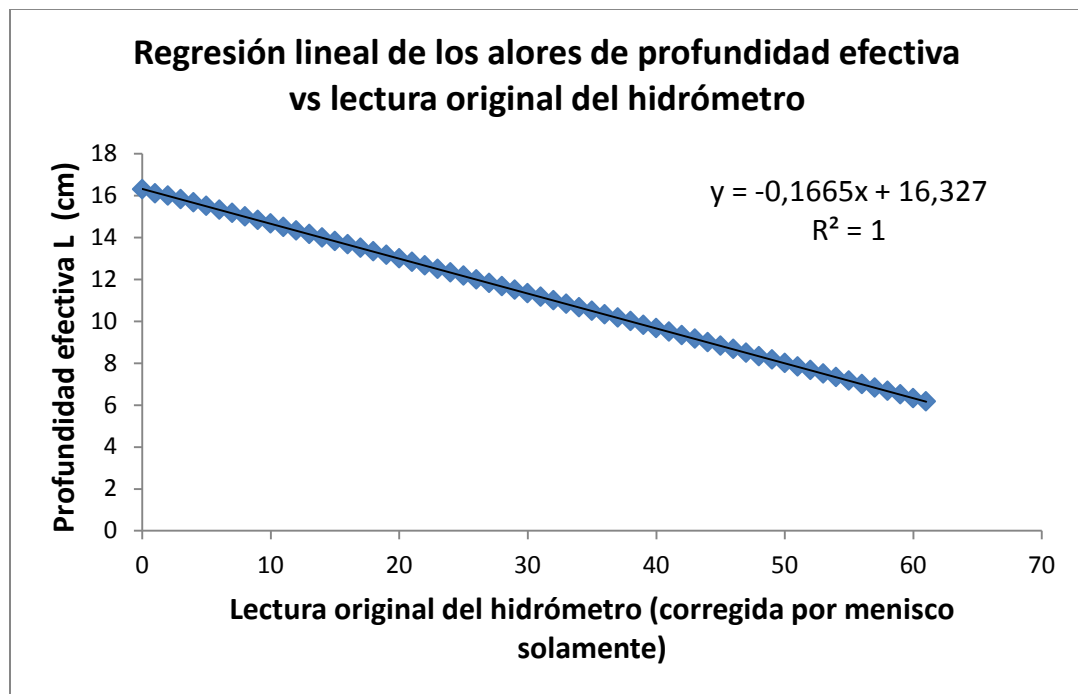


Fuente: Propia

Luego se calcula la profundidad efectiva, para ello se proceden a graficar los puntos como se ve en la anterior imagen:

Como se puede observar se trata de una recta, entonces se procede a hacer el procedimiento anterior utilizando el Excel para luego hacer el ajuste de curva correspondiente:

Figura 20. Gráfica de ajuste de curva lineal.



Fuente: Propia

Una vez determinado que el ajuste de curva de una ecuación lineal se ajusta perfectamente a los datos, también se puede comprobar el ajuste mediante el coeficiente de correlación que en este caso es 1, con este análisis se procedió a determinar la ecuación mediante el ajuste lineal y el resultado del análisis es la siguiente ecuación:

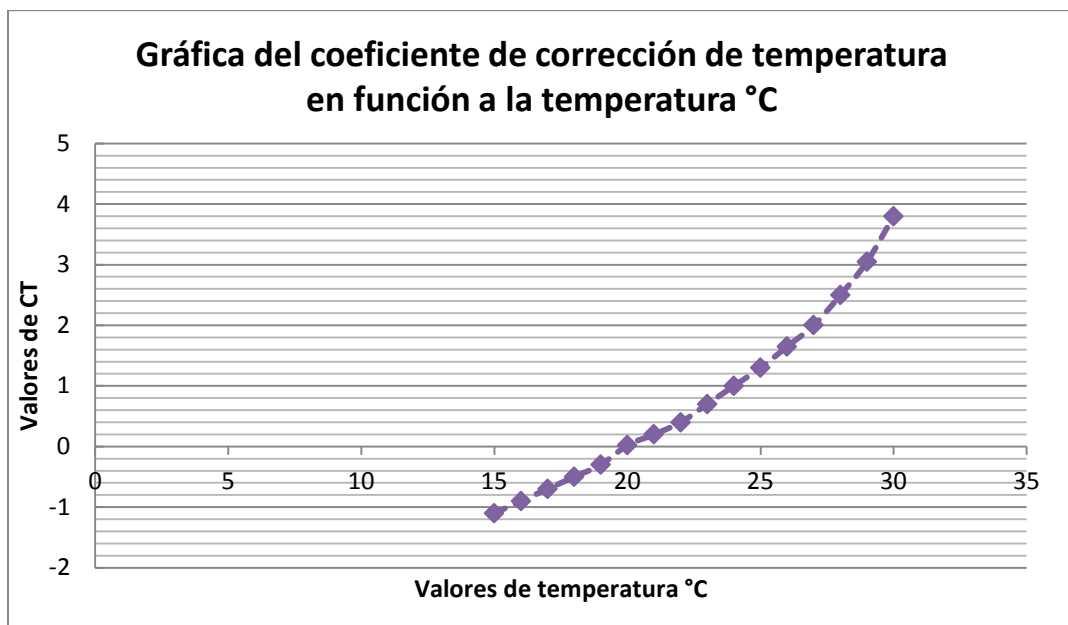
$$L = 16.3270353302611 - 0.166513056835637 * R;$$

Se procede a calcular el valor de "K" que está en función al peso específico y la temperatura medida, para ello se hace una interpolación lineal, usando el anexo 4.

Calculamos luego el valor de L/t , que es dividir el valor de “L” entre el tiempo “t” de la medición en minutos entre la hora que se empezó el ensayo y la hora de la medición.

Seguidamente se procede a calcular el coeficiente de corrección por temperatura o CT, la tabla es el anexo 3 que también se ajustó a una curva después graficar los puntos. La grafica es la siguiente:

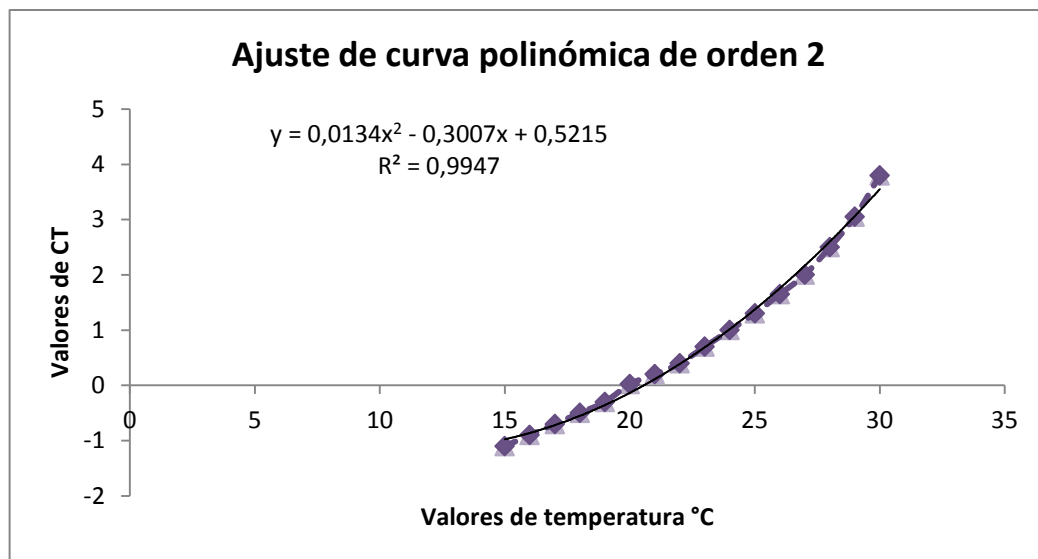
Figura 21. Gráfica del coeficiente de corrección de temperatura



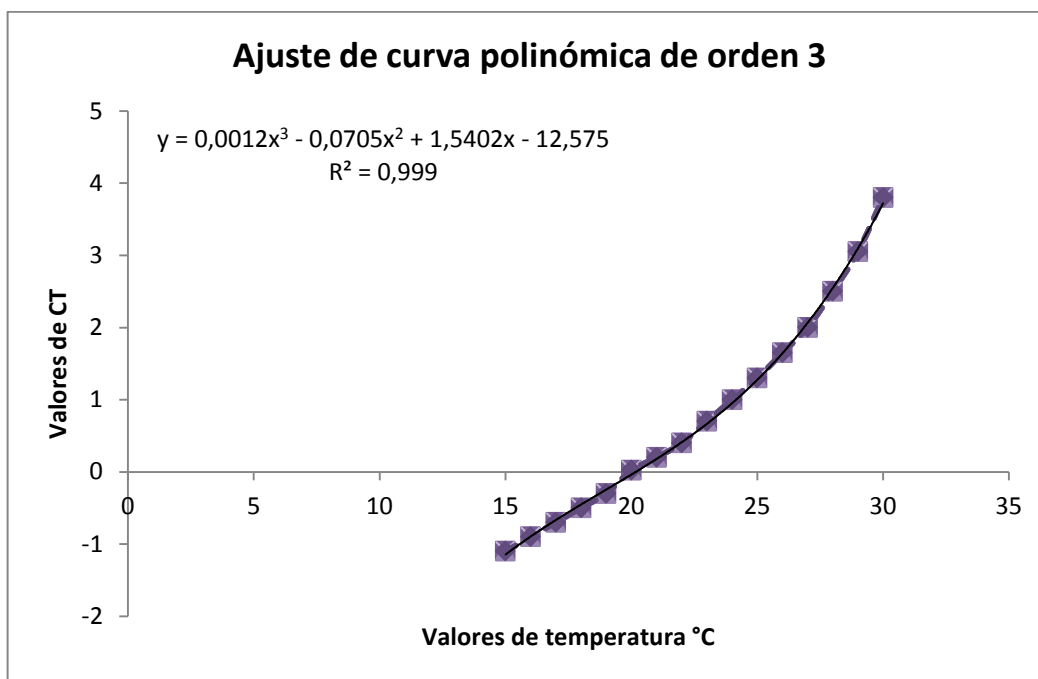
Fuente: Propia

Ya con la gráfica se procedió a usar el Excel para poder ajustar una curva, debido a la forma de los puntos se empezó utilizando una parábola, y se siguió usando curvas de polinomio mayor hasta encontrar una curva que se ajuste de mejor manera y donde su coeficiente de correlación sea cercano a uno.

A continuación se muestran todas las gráficas que se utilizaron para este análisis.

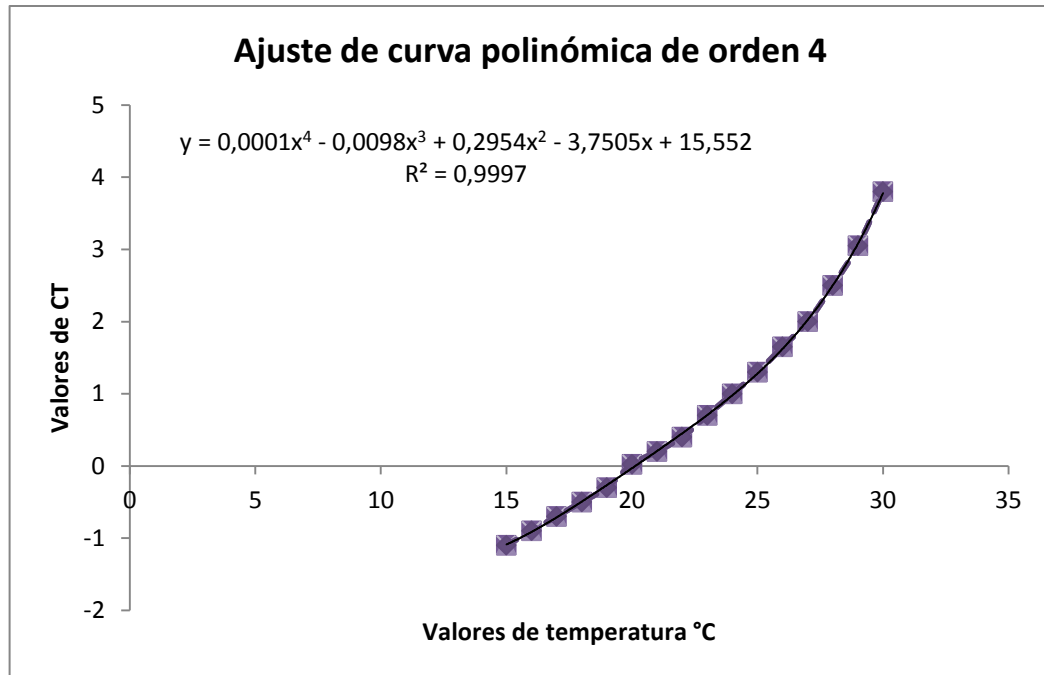
Figura 22. Gráfica de ajuste de curva polinómica de orden 2

Fuente: Propia

Figura 23. Gráfica de ajuste de curva polinómica de orden 3

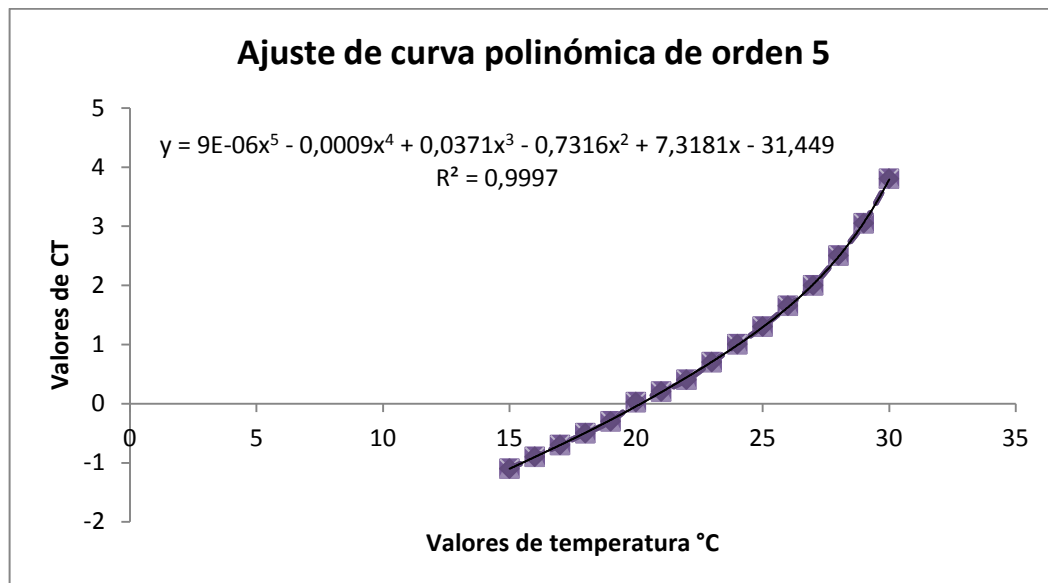
Fuente: Propia

Figura 24. Gráfica de ajuste de curva polinómica de orden 4



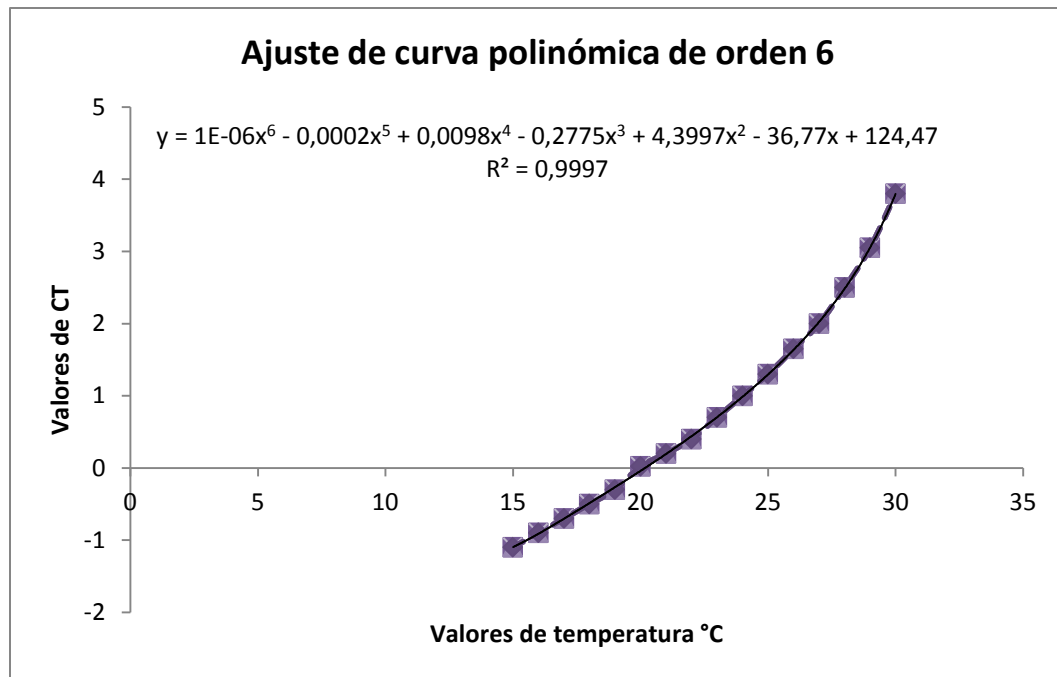
Fuente: Propia

Figura 25. Gráfica de ajuste de curva polinómica de orden 5



Fuente: Propia

Figura 26. Gráfica de ajuste de curva polinómica de orden 5



Fuente: Propia

El resultado del ajuste de curva para calcular el valor del coeficiente CT es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 CT = & 0.00000122546913416954 * x^6 - 0.000154671881773538 * x^5 \\
 & + 0.00811409993912093 * x^4 - 0.225939625874162 * x^3 \\
 & + 3.52027611434459 * x^2 - 28.8964563608169 * x \\
 & + 95.5531387329101
 \end{aligned}$$

Luego se calcula la lectura corregida Rc, para ello se utiliza la lectura real y el valor calculado de CT, la fórmula es la siguiente:

$$\text{Lectura corregida} = \text{lectura real} + CT$$

Se prosigue calculando el diámetro de la partícula que es igual a la siguiente fórmula:

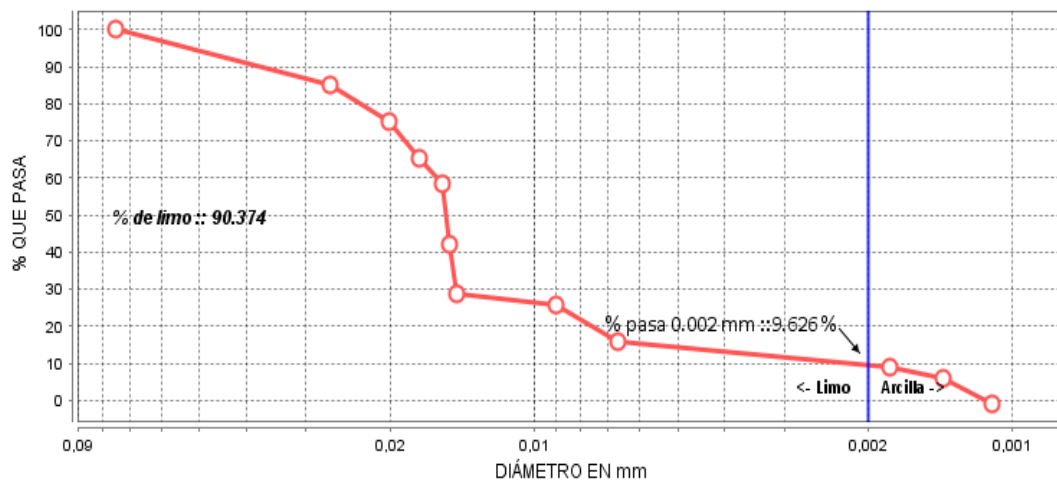
$$D = K \sqrt{L/t}$$

Y luego se calcula el porcentaje más fino para ese diámetro utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje más fino} = 100 * a * \frac{\text{Lectura corregida}}{\text{peso del suelo seco}}$$

Con estos últimos dos valores de diámetro y porcentaje más fino se procede a realizar la gráfica de la curva granulométrica, donde el eje x corresponde a los valores del tamaño de la partícula en milímetros (mm) en un eje logarítmico y el valor de y son los porcentajes, como se ve en la siguiente figura:

Figura 27. Gráfica de la curva granulométrica resultado de los cálculos del ensayo de Hidrómetro.



Fuente: Propia

Luego se guardan los datos en el sistema, estos son:

El peso específico, el peso del suelo seco, la fecha de inicio del ensayo, y de cada medición se guarda la temperatura, la fecha, hora y la lectura real realizada.

3.1.2.4. Ensayo de Límites de Atterberg

Unidades: número de golpes, gramos (gr), porcentajes (%)

El ensayo de límites es el primer ensayo que depende de otro, en este caso es del ensayo de granulometría, de donde requiere el porcentaje que pasa el tamiz 200.

Por lo que se diseñó en este ensayo un seleccionador de granulometrías que se realizaron en el mismo punto, debido a que se trata de dos juegos distintos de datos y cálculos. El primero es el ensayo de límite líquido y el otro es el ensayo de límite plástico. Por ello se decidió separar el ingreso de ambos ensayos en distintas pestañas, también en el diseño se consideró que pueden existir suelos que no contengan ensayos, no contenga ni límite líquido, límite plástico, ó también que no tenga límite plástico pero si líquido, lo que no se puede presentar en el caso de un suelo que no tenga límite líquido pero si tenga límite plástico, ya que no se encuentra ese tipo de suelo en la vida real; debido a este motivo se crearon pestañas que permiten evitar que ingresen mal los datos introduciendo estas pestañas de selección que bloquean el ingreso de los datos de los ensayos. A continuación se muestra el diseño de ingreso de límite líquido:

Figura 28. Diseño de ingreso de datos del ensayo de límite líquido.

Fuente: Propia

Como se puede observar, se tiene un seleccionador de granulometrías, un ingreso para:

- Número de golpes
- El peso del suelo húmedo más cápsula
- El peso del suelo seco más cápsula
- Peso de la cápsula

También en la misma pantalla se cuenta con las opciones mencionadas de los casos especiales de suelos sin los distintos límites. La grafica se muestra a continuación:

Figura 29. Diseño de ingreso de casos especiales para el ensayo de límites de Atterberg.

Fuente: Propia

Para el ensayo de límite líquido se recogen los datos ya mostrados en la figura 55 y se procede a realizar los cálculos correspondientes.

Primero se verifican que los pesos ingresados no tengan error, para ello se controla que el peso seco de la muestra no sea mayor al peso húmedo, también se controla que el peso de la cápsula no sea superior a cualquiera de los pesos mencionados.

Luego se realizan los siguientes cálculos:

$$\text{peso del agua} = \text{peso suelo húmedo mas cápsula} - \text{suelo seco más cápsula}$$

$$\text{peso suelo seco} = \text{peso suelo seco más capsula} - \text{peso de cápsula}$$

$$\text{porcentaje de humedad (\%)} = \left(\frac{\text{peso del agua}}{\text{peso suelo seco}} \right) * 100$$

Realizados estos cálculos se agregan estos datos a la tabla siguiente:

Figura 30. Tabla de resultados del ensayo de límite líquido.

TABLA DE RESULTADOS DE LIMITE LÍQUIDO	
Número Cápsula	
Nº de golpes	
Suelo Húmedo + Cápsula	
Suelo Seco + Cápsula	
Peso de la Cápsula	
Peso del agua	
Peso Suelo seco	
Porcentaje de Humedad	

Fuente: Propia

A continuación se hace el cálculo del ajuste de curva logarítmica para determinar el límite líquido a los 25 golpes; se utilizan para esto en la coordenada de “x” un cambio de variable, para así poder trabajar la ecuación como una recta:

$$x = \ln(\text{número de golpes})$$

$$y = \text{porcentaje de humedad}$$

Acto seguido se harán las siguientes sumas por cada punto ingresado:

$$\text{sum}x = \text{sum}x + x$$

$$\text{sum}x^2 = \text{sum}x^2 + x^2$$

$$\text{sum}xy = \text{sum}xy + x * y$$

$$\text{sum}y = \text{sum}y + y$$

$$\text{sum}y^2 = \text{sum}y^2 + y^2$$

Después de realizar estos cálculos se procede a calcular los coeficientes de la ecuación usando las siguientes ecuaciones que resultan de despejar los valores:

$$a0 = \frac{((\text{sum}y * \text{sum}x^2) - (\text{sum}x * \text{sum}xy))}{((\text{número de puntos} * \text{sum}x^2 - \text{sum}x * \text{sum}x))}$$

$$a1 = \frac{((\text{número de puntos} * \text{sum}xy) - (\text{sum}y * \text{sum}x))}{(\text{contador} * \text{sum}x^2 - \text{sum}x * \text{sum}x)}$$

Se procede a calcular el coeficiente de correlación para determinar que tan bien se ajusta la curva:

r^2

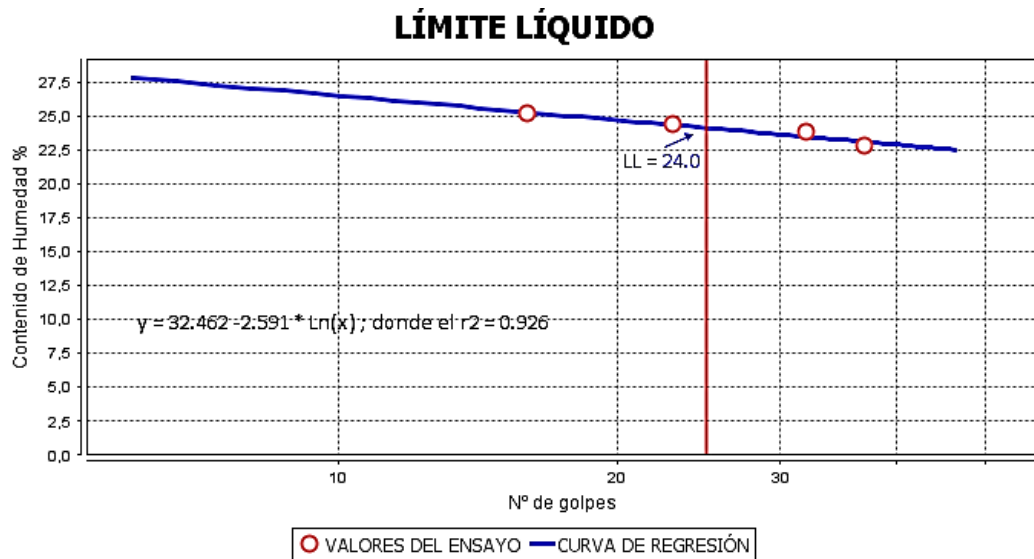
$$= \left(\frac{(\text{\#de puntos} * \text{sum}xy) - \text{sum}x * \text{sum}y}{\sqrt{(\text{\#de puntos} * \text{sum}x^2 - (\text{sum}x)^2) * (\text{número de puntos} * \text{sum}y^2 - (\text{sum}y)^2)}} \right)^2$$

Se calcula el valor del límite líquido usando la siguiente fórmula:

$$\text{límite líquido} = a0 + a1 * \ln(25)$$

Con todos los cálculos realizados se elabora la gráfica del límite líquido, quedando el resultado similar al siguiente ejemplo:

Figura 31. Gráfica resultante del ensayo de límite líquido.



Fuente: Propia

Para el ensayo de límite plástico se establece el ingreso de datos de la siguiente manera:

Figura 32. Ingreso de datos de límite plástico.

DATOS A INGRESAR

Peso de suelo húmedo + Cápsula (gr)	Peso de suelo seco + Cápsula (gr)	Peso de cápsula (gr)	+	Mod
-------------------------------------	-----------------------------------	----------------------	---	-----

Fuente: Propia

Donde ingresan los siguientes datos:

- Peso del suelo húmedo más cápsula
- Peso del suelo seco más cápsula
- Peso de la cápsula

Como en el anterior ingreso de datos se controla que los pesos sean correctos para evitar errores en el sistema y se hacen los siguientes cálculos:

$$\text{peso suelo seco} = \text{peso suelo seco más capsula} - \text{peso de cápsula}$$

$$\text{peso del agua} = \text{peso suelo húmedo mas cápsula} - \text{suelo seco más cápsula}$$

$$\text{porcentaje de humedad (\%)} = \left(\frac{\text{peso del agua}}{\text{peso suelo seco}} \right) * 100$$

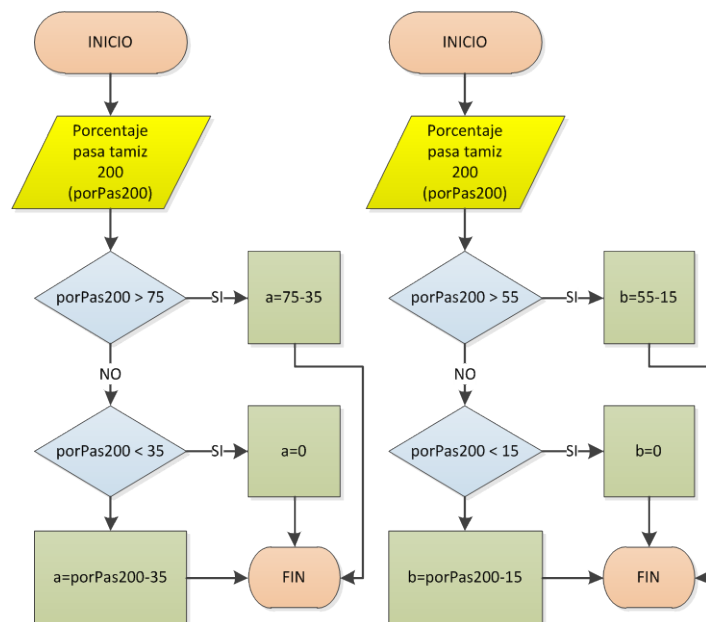
Con estos resultados se procede a calcular el límite plástico del suelo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Límite plástico} = \frac{\sum \text{porcentaje de humedad (\%)}}{\text{número de puntos}}$$

Se calcula también el índice plástico que es la resta entre el límite líquido y el límite plástico:

$$\text{Índice plástico (IP)} = \text{límite líquido (\%)} - \text{límite plástico (\%)}$$

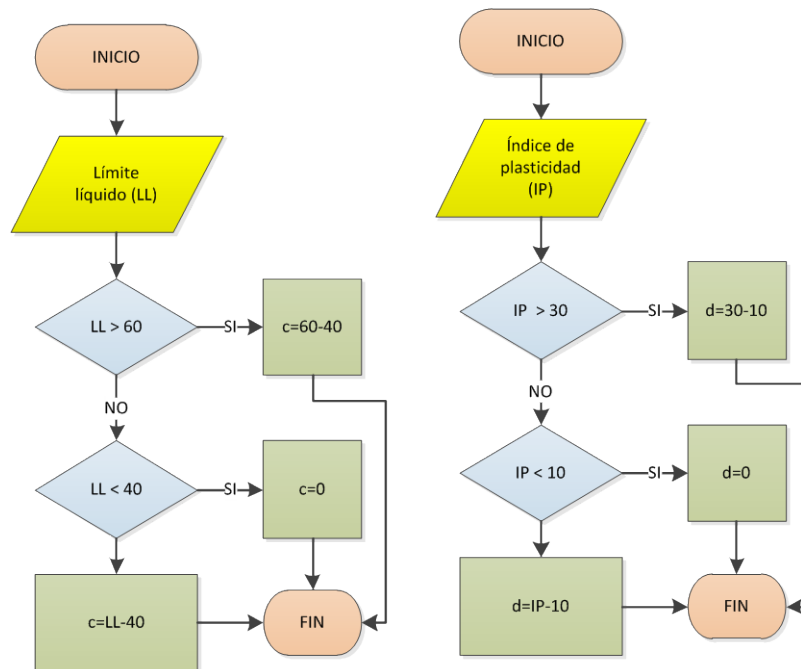
Figura 33. Diagramas de flujo para determinar los valores de “a” y “b”



Fuente: Propia

Por último, se calcula el valor del índice de grupo, para ello se utiliza una ecuación que está en función a parámetros, con vista a esto ello se presentaran los criterios para encontrar los valores de dichos parámetros, que están en función a porcentaje que pasa el tamiz 200 (a, b), el límite líquido (c) y el índice de plasticidad (d).

Figura 34. Diagramas de flujo para determinar los valores de “c” y “d”.



Fuente: Propia

Con los coeficientes ya determinados se calcula el índice de grupo con la fórmula siguiente:

$$IG = 0.2 * a + 0.005 * a * c + 0.01 * b * d$$

El valor resultado se lo redondea a un número entero, y por último se guardan los datos del ensayo, estos son:

- El valor del límite líquido
- El valor del límite plástico
- La ecuación generada del límite líquido
- El coeficiente de correlación de la ecuación logarítmica
- El índice de plasticidad
- El índice de grupo
- Luego de cada punto del límite líquido se guardan:
- El número de golpes

- El peso del suelo húmedo más cápsula
- El peso del suelo seco más cápsula
- El peso de la cápsula
- Y por último del límite plástico se guarda:
 - El peso del suelo húmedo más cápsula
 - El peso del suelo seco más cápsula
 - El peso de la cápsula

En los casos especiales solo se registran sólo los valores necesarios en función a si tiene o no límite líquido o límite plástico.

3.1.2.5. Ensayo de Clasificación de suelos (Método S.U.C.S, A.A.S.H.T.O.)

Unidades: porcentajes (%), gramos (gr)

Para el ensayo de clasificación se requieren los datos de una granulometría y de un límite de Atterberg realizado en el punto seleccionado, para ello se crearon pestañas para seleccionar primero la granulometría y luego el ensayo de límites de Atterberg. Se presenta a continuación ese ingreso:

Figura 35. Selección de granulometría y límites de Atterberg para el ensayo de clasificación de suelos.



Fuente: Propia

Una vez que se seleccionan los dos ensayos se cargan los siguientes campos con los datos de dichos ensayos y solo se deben ingresar los últimos campos, que corresponden a una verificación para saber si se trata de un suelo inorgánico u orgánico. En estos campos se introducen los pesos en gramos de dos muestras del mismo peso, pero con la diferencia de que una muestra es secada en horno y la otra muestra es secada a la intemperie.

Figura 36. Ingreso de datos de granulometría y límites de Atterberg para el ensayo de clasificación de suelos.

El formulario, titulado "DATOS PARA CLASIFICACIÓN", contiene los siguientes campos de entrada:

- Pasa tamiz 4 :
- Pasa tamiz 10 :
- Pasa tamiz 40 :
- Pasa tamiz 200 :
- Diámetro 60 :
- Diámetro 30 :
- Diámetro 10 :
- Límite líquido :
- Límite plástico :
- Secado Horno :
- Secado al Aire :

Debajo de los campos se encuentra un botón etiquetado como "CLASIFICAR".

Fuente: Propia

Una vez ingresados los valores se clasifica el suelo para los dos métodos que utiliza el laboratorio, el primero es el método unificado ó S.U.C.S y el otro es el método A.A.S.H.T.O. Todo el procedimiento está en el diagrama de flujos, para el método unificado se usan los anexos 12, 13 y 14, para el método A.A.S.H.T.O se utiliza el anexo 15.

Terminado el procedimiento se presentan los resultados de la clasificación.

Figura 37. Resultados de la clasificación de suelos por los métodos S.U.C.S y A.A.S.H.T.O.

El resultado de la clasificación se muestra en un cuadro con el título "RESULTADOS CLASIFICACIÓN". El contenido es el siguiente:

```

CLASIFICACIÓN POR S.U.C.S. :
GP-GM Grava mal graduada con limo y arena
CLASIFICACIÓN POR A.A.S.H.T.O. :
A-2-4 (0) GRAVA Y ARENA LIMOSA O ARCILLOSA
  
```

Fuente: Propia

Por último se guardan los datos del ensayo que son los siguientes:

- La clasificación A.A.S.H.T.O
- La clasificación S.U.C.S.
- El peso del suelo secado al horno y el peso del suelo secado al aire libre.

3.1.2.6. Ensayo de gravedad específica de los sólidos del suelo (Peso específico)

Unidades: grados centígrados °C, porcentajes (%), gramos (gr), gr/cm³

En el ensayo de gravedad específica de un suelo o peso específico se tiene el siguiente ingreso de datos:

Figura 38. Ingreso de datos para el ensayo de peso específico.

Temp. ensayo °C	Peso del suelo seco (Ws)	Peso del frasco + Agua (Wfw)	Peso del frasco+Agua+Suelo (Wfws)
20			

Fuente: Propia

En la imagen se observa el ingreso de los siguientes datos:

- Temperatura del ensayo en grados centígrados °C
- Peso del suelo seco W_s en gramos.
- Peo del frasco más agua W_{fw} en gramos.
- Peso del frasco más agua más suelo W_{fws} en gramos.

Una vez ingresados los datos se controlan los valores como en los anteriores ensayos, luego se procede a realizar los siguientes cálculos.

Se calcula el peso específico con la siguiente fórmula:

$$P_{esp} = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fws}}$$

Luego se corrige el peso específico por el factor K, para calcular este factor se utilizó la fórmula que es la determinación de la densidad del agua mediante CCM, donde las unidades resultantes son en kg/m³:

$$\rho_{CCM} = \left\{ a_5 \left[1 - \frac{(t + a_1)^2 (t + a_2)}{a_3 (t + a_4)} \right] + C_{ad} \right\} \cdot F_c$$

t Temperatura del agua en °C

$$a_1 = -3,983\ 035\ ^\circ\text{C}$$

$$a_2 = 301,797\ ^\circ\text{C}$$

$$a_3 = 522528,9\ ^\circ\text{C}^2$$

$$a_4 = 69,348\ 81\ ^\circ\text{C}$$

$$a_5 = 999,972\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$F_c = \left[1 + (K_0 + K_1 t + K_2 t^2) (p - p_0) \right]$$

p = presión atmosférica en Pa.

$$p_0 = 101\ 325\ \text{Pa.}$$

$$K_0 = 50,74 \times 10^{-11}\ \text{Pa}^{-1}$$

$$K_1 = -0,326 \times 10^{-11}\ \text{Pa}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$$

$$K_2 = 0,004\ 16 \times 10^{-11}\ \text{Pa}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-2}$$

$$C_{ad} = s_0 + s_1 t$$

$$s_0 = -4,612 \times 10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$s_1 = 0,106 \times 10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$$

Después de remplazar todos los valores se obtiene la siguiente ecuación:

$$\rho_{CCM} = 999,972 * \left\{ \frac{(1 - t)^2 * (t + 301,797)}{522528,9 * (t + 69,34881)} \right\} + (-4,312 * 10^{-3} + 0,103 * 10^{-3})$$

Para calcular el factor K se utiliza la siguiente formula:

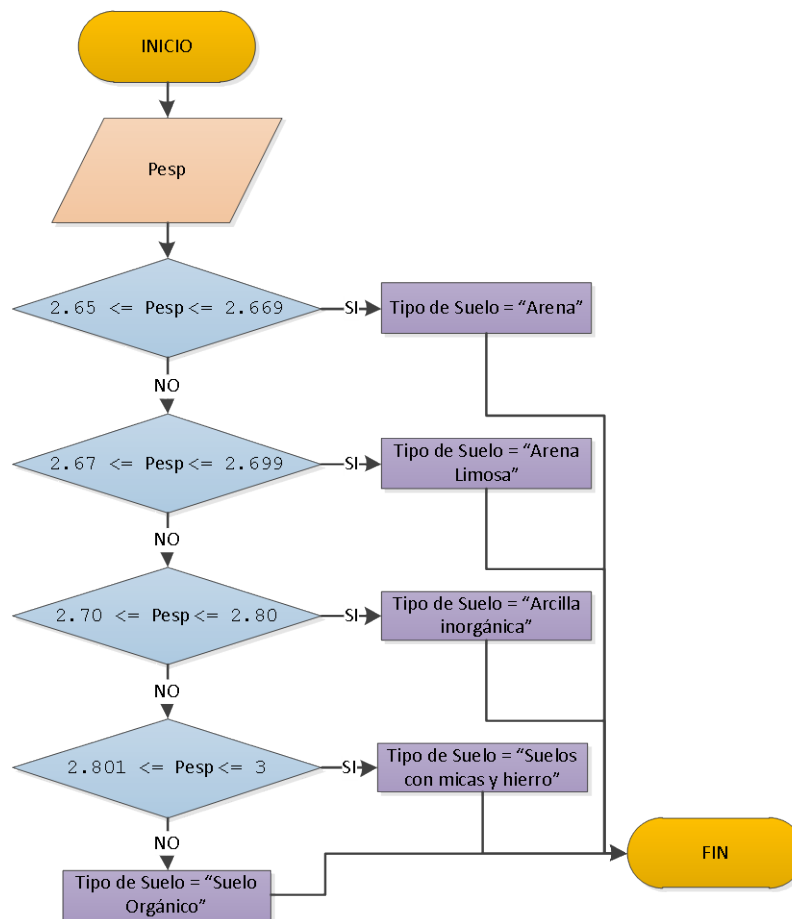
$$K = \frac{\rho_{CCM}}{998,201309}$$

Luego de calcular el coeficiente K, se realizan la corrección para obtener el peso específico corregido:

$$Pesp_{corr} = \frac{Pesp}{K}$$

Con el valor del peso específico se realiza una clasificación de suelo en función al valor calculado. A continuación se presenta un diagrama de como la clasificación:

Figura 39. Clasificación del suelo por su peso específico.



Fuente: Propia

Se agrega la columna con los cálculos y se saca el promedio del peso específico; por último, se registran los datos del ensayo, que son los siguientes:

- Peso específico promedio
- Tipo de suelo
- Temperatura

- Peso del suelo seco
- Peso del frasco más agua
- Peso del frasco más agua más suelo

3.1.2.7. Ensayo de relaciones humedad – densidad ó compactación (T-99, T-180)

Unidades: número de golpes por capa, gramos (gr), porcentajes (%), número capas, cm^3

En el ensayo de compactación se diseñó la entrada de datos para poder ingresar tanto el ensayo de T-99 como el de T-180, en el diseño se separaron los datos estandarizados del ensayo donde se ingresan los siguientes datos:

- Tipo de ensayo
- Peso del molde
- Número de capas
- Número de golpes
- Volumen de la muestra en cm^3

Figura 40. Ingreso de datos estandarizados para el ensayo de compactación T-99, T-180.

El formulario, titulado "DATOS ESTANDARIZADOS", contiene los siguientes campos:

- Tipo de Ensayo:** Seleccionado "T-99" (radio botones).
- Peso del molde:** Campo de texto vacío.
- Nº de capas:** Campo de texto con el valor "3".
- Nº de golpes por capa:** Campo de texto con el valor "25".
- Volumén de la muestra cm^3 :** Campo de texto vacío.

Fuente: Propia

Todos estos datos se introducen en los campos que se ven en la gráfica a anterior:

Estos son los primeros datos a llenar en el ensayo, luego se llenan los datos de cada uno de los puntos, esos campos son ingresados en los siguientes campos.

Figura 41. Ingreso de datos para el ensayo de compactación T-99, T-180.

Peso suelo húmedo + molde	Peso suelo húmedo + capsula	Peso suelo seco + cápsula	Peso cápsula
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Fuente: Propia

Como se puede ver en la imagen anterior los datos que se ingresan son los siguientes:

- Peso del suelo húmedo más el molde
- Peso suelo húmedo más cápsula
- Peso suelo seco más cápsula
- Peso cápsula

Todos los pesos ingresados son en gramos (gr) y con todos estos datos tanto del ingreso estandarizado como de los datos de cada prueba, se procede a realizar los siguientes cálculos:

$$\text{Peso del suelo húmedo} = \text{peso suelo húmedo más molde} - \text{peso del molde}$$

$$\text{Densidad suelo húmedo} = \frac{\text{peso suelo húmedo}}{\text{volúmen de la muestra}} (\text{gr/cm}^3)$$

$$\text{peso suelo seco} = \text{peso suelo seco más capsula} - \text{peso de cápsula}$$

$$\text{peso del agua} = \text{peso suelo húmedo mas cápsula} - \text{suelo seco más cápsula}$$

$$\text{contenido de humedad (\%)} = \left(\frac{\text{peso del agua}}{\text{peso suelo seco}} \right) * 100$$

$$\text{densidad del suelo seco} = \left(\frac{\text{densidad suelo húmedo}}{100 + \text{contenido de humedad}} \right) * 100 (\text{gr/cm}^3)$$

Una vez hecho esto se calcula el ajuste de curva que en este caso es un ajuste a una parábola, donde el valor de “x” corresponde a los valores de humedad de cada punto

y el valor de “y” corresponde a las densidades de suelo seco, para ello se hacen las siguientes sumas de los valores:

$$\sum x = \sum x + x$$

$$\sum x^2 = \sum x^2 + x^2$$

$$\sum x^3 = \sum x^3 + x^3$$

$$\sum x^4 = \sum x^4 + x^4$$

$$\sum xy = \sum xy + x * y$$

$$\sum x^2y = \sum x^2y + x^2 * y$$

$$\sum y = \sum y + y$$

$$\sum y^2 = \sum y^2 + y^2$$

Los datos de los puntos son extraídos de la tabla que se va generando con los datos ingresados, como se ve a continuación:

Figura 42. Tabla de cálculos del ensayo de compactación T-99, T-180.

TABLA DE RESULTADOS					
NÚMERO DE ENSAYO	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
Nº de capas	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Nº de golpes por capa	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Peso suelo húmedo + molde	5010.0	5194.5	5353.8	5368.5	5194.0
Peso del molde	3675.0	3675.0	3675.0	3675.0	3675.0
Peso suelo húmedo	1335.0	1519.5	1678.8	1693.5	1519.0
Volumén de la muestra	903.21	903.21	903.21	903.21	903.21
Densidad suelo húmedo (gr/cm ³)	1.4781	1.6823	1.8587	1.875	1.6818
Cápsula Nº	1	2	3	4	5
Peso suelo húmedo + capsula	49.62	70.58	57.06	55.12	65.25
Peso suelo seco + cápsula	46.82	61.38	48.52	46.32	49.6
Peso del agua	2.8	9.2	8.54	8.8	15.65
Peso de la cápsula	21.47	21.19	21.14	21.3	21.37
Peso suelo seco	25.35	40.19	27.38	25.02	28.23
Contenido de humedad (%h)	11.0454	22.8913	31.1907	35.1719	55.4375
Densidad suelo seco (gr/cm ³)	1.3311	1.3689	1.4168	1.3871	1.082

Fuente: Propia

Como se trata de una parábola se pudo hacer resumir el desarrollo para determinar los valores a partir de la matriz que se utiliza. A continuación presentamos el cálculo de

la determinante de la matriz y los coeficientes ya despejados que se utilizan en el ensayo, además el valor del coeficiente de correlación correspondiente:

$$Det = ((sumx^2)^3 + (sumx)^2 * sumx^4 + (# de puntos) * (sumx^3)^2) - (sumx * sumx^2 * sumx^3 + sumx^4 * sumx^2 * #de puntos + sumx^3 * sumx^2 * sumx)$$

$$a = [((sumx^2)^2 * sumy + sumxy * sumx^3 * #de puntos + (sumx)^2 * sumx^2 y) - (sumx * sumx^2 * sumxy + #de puntos * sumx^2 * sumx^2 y * + sumx^3 * sumx * sumy)] * Det^{-1}$$

$$b = \frac{sumx * (sumy - a * sumx^2) - #de puntos * (sumxy - a * sumx^3)}{(sumx)^2 - #de puntos * sumx^2}$$

$$c = \frac{sumy - a * sumx^2 - b * sumx}{#de puntos}$$

La ecuación final es la siguiente:

$$y = a * x^2 + b * x + c$$

Para el cálculo del factor de correlación de una ecuación no lineal se utiliza las siguientes fórmulas, algunas utilizan los coeficientes calculados en el ajuste de curva:

$$ymed = \frac{sumy}{#de puntos}$$

Luego por cada punto se realizan los siguientes cálculos, donde de igual manera que en el cálculo anterior el valor de “x” corresponde al valor de porcentaje de humedad y el valor de “y” son los valores de densidad:

$$yfun = a * x^2 + b * x + c$$

$$ydifMedy = (y - ymed)^2$$

$$ydifFun = (y - yfun)^2$$

$$SSE = SSE + ydifFun$$

$$SST = SST + ydifMedy$$

$$r^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

Una vez calculados todos estos valores se calculan la densidad máxima y humedad óptima:

$$humOpt = -b/2 * a$$

$$DenMax = a * humOpt^2 + b * humOpt + c$$

En algunos casos el valor de la densidad máxima es negativo, por lo que se debe multiplicar por el valor negativo de -1, luego se despliegan los resultados como se ve en la imagen:

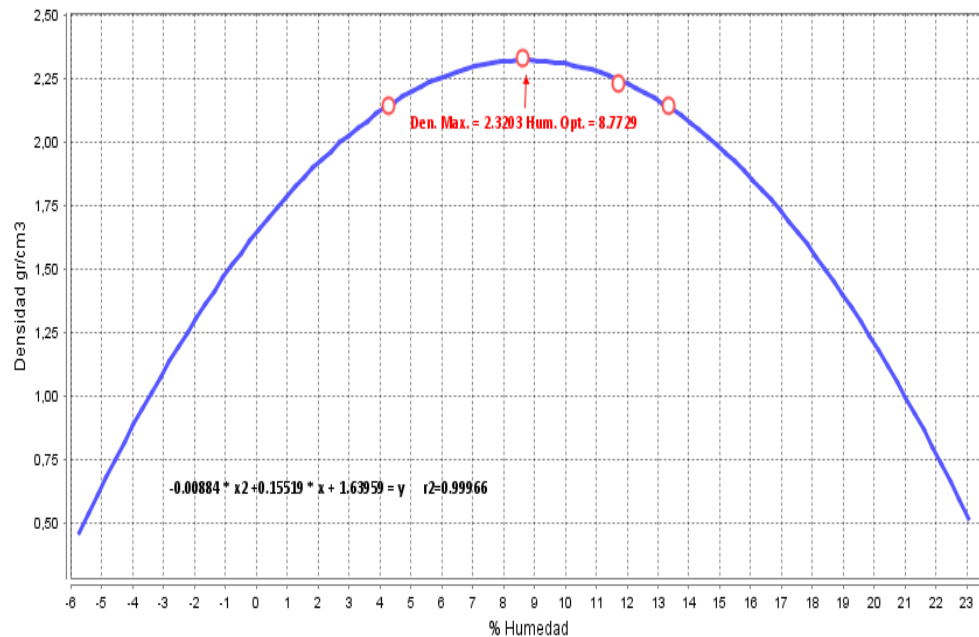
Figura 43. Resultados finales desplegados del ensayo de compactación T-99, T-180.

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3) ::1.4078 HUMEDAD ÓPTIMA (%):: 26.287

Fuente: Propia

Por último se realiza la gráfica con los resultados y se asemeja a la siguiente imagen:

Figura 44. Resultados finales desplegados del ensayo de compactación T-99, T-180.



Fuente: Propia

Luego se procede a guardar los datos del ensayo, primero con los datos estandarizados del ensayo:

- Tipo de Ensayo (T-99 ó T-180)
- Volumen de la muestra
- Número de capas
- Peso del molde
- Ecuación de la curva, coeficiente de correlación
- Densidad máxima
- Humedad óptima

Luego los datos de cada punto:

- Peso del suelo húmedo más molde
- Peso del suelo húmedo más cápsula
- Peso del suelo seco más cápsula
- Peso de la cápsula

3.1.2.8. Ensayo de determinación de la densidad de suelo (IN - SITU)

Unidades: gramos (gr), cm^3 , densidad gr/cm^3 , porcentajes (%)

En el ensayo de densidad in-situ, primero se introducen los valores de calibración de aparato, estos son ingresados en los siguientes campos:

Figura 45. Ingreso de datos de calibración de aparato para el ensayo de densidad in-situ.

CALIBRACIÓN DEL APARATO	
Peso del aparato más agua	<input type="text"/>
Peso aparato	<input type="text"/>
Densidad agua a Temp. Ensayo	<input type="text"/>
Peso aparato más arena	<input type="text"/>
Peso del aparato más arena (después de llenar el embudo)	<input type="text"/>
DETERMINACIÓN DEL PESO SECO Y HUMEDAD	
Peso de tara más suelo húm.	<input type="text"/>
Peso de tara más suelo seco	<input type="text"/>
Peso de tara	<input type="text"/>
Peso de suelo húmedo retirado del hoyo + tara	<input type="text"/>
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HOYO	
Peso de arena calib. más ap.	<input type="text"/>
Peso de arena que queda después del ensayo	<input type="text"/>
Den. Máx. de curva de comp.	<input type="text"/>

Fuente: Propia

Los datos son los siguientes:

- Peso del aparato más agua (A).
- Peso del aparato (B).
- Densidad del agua a temperatura de ensayo (D).
- Peso del aparato más arena (F).
- Peso del aparato más arena después de llenar el embudo (I).

Luego se ingresan los datos de determinación del peso seco y humedad:

- Peso tara más el suelo húmedo (1).
- Peso de la tarda más suelo seco (2).

- Peso de la tara (4).
- Peso de suelo húmedo retirado del hoyo más tara (M).

Y por último, los datos de determinación de volumen del hoyo donde se realizó el ensayo, los datos son los siguientes:

- Peso de la arena calibrada más aparato (Q).
- Peso de la arena que queda después del ensayo (R).
- Densidad máxima de la curva de compactación (X).

Con todos estos datos se realizan los cálculos siguientes, primero de calibración del aparato:

$$\text{peso del agua (C)} = A - B$$

$$\text{volumen del frasco (E)} = C/D$$

$$\text{peso de la arena (G)} = F - B$$

$$\text{densidad de arena (H)} = G/E$$

$$\text{peso de la arena seca en el embudo (J)} = F - I$$

Hechos estos cálculos se calcula la determinación del peso seco y humedad:

$$\text{peso del agua } w \text{ (3)} = (1) - (2)$$

$$\text{peso del suelo seco (5)} = (2) - (4)$$

$$\text{porcentaje de humedad (K)} = (3) * 100/(5)$$

$$\text{peso de suelo húmedo retirado del hoyo (O)} = M - N$$

$$\text{peso de suelo seco retirado del hoyo (P)} = \frac{O}{100 + K} * 100$$

Luego procedemos a los cálculos de determinación del volumen del hoyo:

$$\text{peso de arena necesaria para llenar el hoyo el embudo (S)} = Q - R$$

$$\text{peso de arena seca en el embudo (T)} = J$$

$$\text{peso de arena para llenar el hoyo (U)} = S - T$$

$$\begin{aligned} \text{volumen del hoyo } (V) &= U/H \\ \text{densidad del suelo } (W) &= P/V \\ \text{por ciento de compactación} &= \frac{W}{X} * 100 \end{aligned}$$

Los resultados son mostrados en una tabla como se ve a continuación

Figura 46. Tabla de resultados del ensayo de densidad in-situ.

TABLA DE RESULTADOS	
CALIBRACION DEL APARATO	POZO01
A) Peso del aparato más agua (gr)	7384.0
B) Peso aparato (gr)	1621.0
C) Peso del agua C=A-B (gr)	5763.0
D) Densidad agua a Temp. Ensayo (gr/cm3)	1.0
E) Volumen del frasco E= C/D cm3	5763.0
F) Peso aparato más arena (gr)	9446.0
G) Peso de arena G= F - B (gr)	7825.0
H) Densidad de arena H = G / E (gr)	1.3578
I) Peso del aparato más arena (despues de llenar el embudo) (cm3)	7991.0
J) Peso de arena seca en el embudo J = F - I (gr)	1455.0
DETERMINACION DEL PESO SECO Y HUMEDAD	
1) Peso de tara más suelo humedo	159.48
2) Peso de tara más suelo seco (gr)	153.42
3) Peso del agua w = 1 - 2 (gr)	6.06
4) Peso de tara (gr)	43.17
5) Peso del suelo seco 2 - 4	110.25
K) Porcentaje de humedad K = (3 / 5) * 100	5.4966
M) Peso de suelo húmedo retirado del hoyo + tara	4502.3
N) Peso de tara (gr)	0
O) Peso de suelo húmedo retirado del hoyo O = M - N	4502.3
P) Peso de suelo seco retirado del hoyo P = (O / (100 + K)) * 100	4267.7205
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HOYO	
Q) Peso de arena calibrada más aparato	7128.0
R) Peso de arena que queda despues del ensayo	2778.0
S) Peso de arena necesaria para llenar el hoyo y el embudo S = Q - R	4350.0
T) Peso de la arena seca en el embudo T = J	1455.0
U) Peso de arena para llenar el hoyo U = S - T	2895.0
V) Volumen del hoyo V = U/H	2132.1255
W) Densidad del suelo W = P / V	2.0016
X) Densidad máxima de la curva de compactación	2.19
Y) Porciento de compactación W/X*100	91.3973

Fuente: Propia

Por último se procede a guardar los resultados y los datos, estos son:

- Peso del aparato más agua.

- Peso del aparato.
- Densidad del agua a temperatura de ensayo.
- Peso del aparato más arena.
- Peso del aparato más arena después de llenar el embudo.
- Peso tara más el suelo húmedo.
- Peso de la tarda más suelo seco.
- Peso de la tara.
- Peso de suelo húmedo retirado del hoyo más tara.
- Peso de la arena calibrada más aparato.
- Densidad del suelo.
- Porciento de compactación.
- Peso de la arena que queda después del ensayo
- Densidad máxima de la curva de compactación.

3.1.2.9. Ensayo de determinación de la densidad relativa

Unidades: gramos (gr), cm^3 , densidad gr/cm^3

El ingreso de datos de este ensayo se lo realiza en los siguientes campos:

Figura 47. Ingreso de datos del ensayo de densidad relativa.

Peso muestra húm. + molde (gr) ::	Peso Molde (gr) ::	Volumen de la muestra (cm^3) ::
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Fuente: Propia

Como se ve en la imagen se requieren los siguientes datos:

- Peso de la muestra húmeda más molde
- Peso del molde
- Volumen de la muestra

Con estos datos se hacen los siguientes cálculos:

$$\begin{aligned} \text{peso de la muestra húmeda} \\ = \text{peso muestra húmeda más molde} - \text{peso del molde} \end{aligned}$$

$$\text{densidad relativa} = \frac{\text{peso de la muestra húmeda}}{\text{volumen de la muestra}}$$

Luego dependiendo de la cantidad de puntos se realiza el promedio de los valores calculados.

$$\text{densidad relativa promedio} = \frac{\sum \text{densidad relativa promedio}}{\text{número de puntos}}$$

Los resultados son presentados en la siguiente tabla y el promedio se despliega en la parte de abajo como se ve en la figura

Figura 48. Tabla de resultados del ensayo de densidad relativa.

TABLA DE RESULTADOS			
CONDICION DE MUESTRA	1	2	3
Peso muestra húm.+molde (gr)	7465.0	7458.0	7468.0
Peso Molde (gr)	2699.44	2699.44	2699.44
Peso muestra húmeda (gr)	4765.56	4758.56	4768.56
Volumen de la muestra (cm3)	3000.0	3000.0	3000.0
Densidad Relativa (gr/cm3)	1.5885	1.5862	1.5895

DENSIDAD RELATIVA :: 1.5881 gr/cm3

Fuente: Propia

Los datos a registrar del ensayo son los siguientes

- Peso de la muestra húmeda más molde
- Peso del molde
- Volumen de la muestra
- Densidad relativa promedio

3.1.2.10. Ensayo de cono holandés

Unidades: cm, m, cm², kg/cm²

El ingreso de datos para este ensayo está compuesto por uno donde se tienen los datos estandarizados del aparato que se muestra a continuación:

Figura 49. Ingreso de datos estandarizados del equipo para el ensayo de cono holandés.

Datos Estandarizados del Equipo	
Altura de penetración S (cm)	30
Peso de martillo W (kg)	7
Altura de caída h (cm)	75
Factor de Penetración (m)	0.1
Factor Arcillas de media sensibilidad Np	9.5
Ar. de la sección de cono (cm ²)	10.2
Factor de eficiencia	0.4

Fuente: Propia

Luego se tienen los datos del ensayo mismo, que corresponden a la siguiente imagen:

Figura 50. Ingreso de datos del ensayo de cono holandés.

Clasificación	Pozo N°	Profundidad (m)	N° de Golpes
Seleccione un punto...			

Fuente: Propia

Como se puede observar en ambas imágenes, se requieren los siguientes datos:

- Altura de penetración “S”
- Peso del martillo “W”
- Altura de caída “h”
- Factor de penetración “m”

- Factor de arcillas de media sensibilidad “Np”
- Área de la sección del cono “A”
- Factor de eficiencia “f”
- Número de pozo
- Profundidad del ensayo
- Número de golpes para lograr la altura de penetración “N”

Con estos datos se procede a utilizar la siguiente fórmula para calcular la resistencia admisible de un suelo arcilloso:

$$\sigma = \frac{W * h * m * N}{S * Np * A} * f$$

El resultado obtenido de la ecuación esta en unidades (kg/cm²), y se despliega en la siguiente tabla:

Figura 51. Tabla de resultado del ensayo de cono holandés.

TABLA DE RESULTADOS			
Pozo N°	Profundidad (m)	Nº Golpes	Res.Admisible (Kg/cm2)
1	5	10	0,072

Fuente: Propia

Los datos que son almacenados del ensayo en la base de datos son:

- Altura de penetración “S”
- Peso del martillo “W”
- Altura de caída “h”
- Factor de penetración “m”
- Factor de arcillas de media sensibilidad “Np”
- Área de la sección del cono “A”

- Factor de eficiencia “f”
- Número de pozo
- Profundidad del ensayo
- Número de golpes para lograr la altura de penetración “N”
- Resistencia admisible “ σ ”

3.1.2.11. Ensayo de penetración estándar ó SPT

Unidades: número de golpes, % de humedad, coeficiente de seguridad, cm, m, cm^2 , kg/cm^2

El ensayo de penetración estándar es un ensayo que debido a que se requiere la clasificación del suelo para poder realizar el cálculo, se crearon los siguientes ingresos de datos:

La clasificación del suelo en un punto determinado y los datos estandarizados como la altura de penetración, el peso del martillo, la altura de caída y coeficiente de seguridad, como se ve en la imagen siguiente:

Figura 52. Ingreso de datos estandarizados del ensayo de SPT.

CLASIFICACIONES DEL PUNTO

Datos Estandarizados del Equipo

Altura de penetración (cm)	30
Peso del martillo (kg)	7
Altura de caída h (cm)	75
Coef. Seguridad (%)	90

Fuente: Propia

Los datos del ensayo como el número de pozo, la profundidad, el número de golpes, el ancho del pozo, el porcentaje de humedad y los valores de clasificación de suelos tanto en S.U.C.S como en A.A.S.H.T.O.

Figura 53. Ingreso de datos del ensayo de SPT.

Fuente: Propia

Una vez introducidos los datos primero se selecciona en función a las clasificaciones de suelos las curvas de resistencia admisible para el ensayo de S.P.T. estas son el anexo 16 y anexo 17, las primeros cinco curva corresponden a la gráfica “A” de “diferentes tipos de suelos” y las últimas cuatro a la gráfica “B” de “arcillas y mezclas de suelo”.

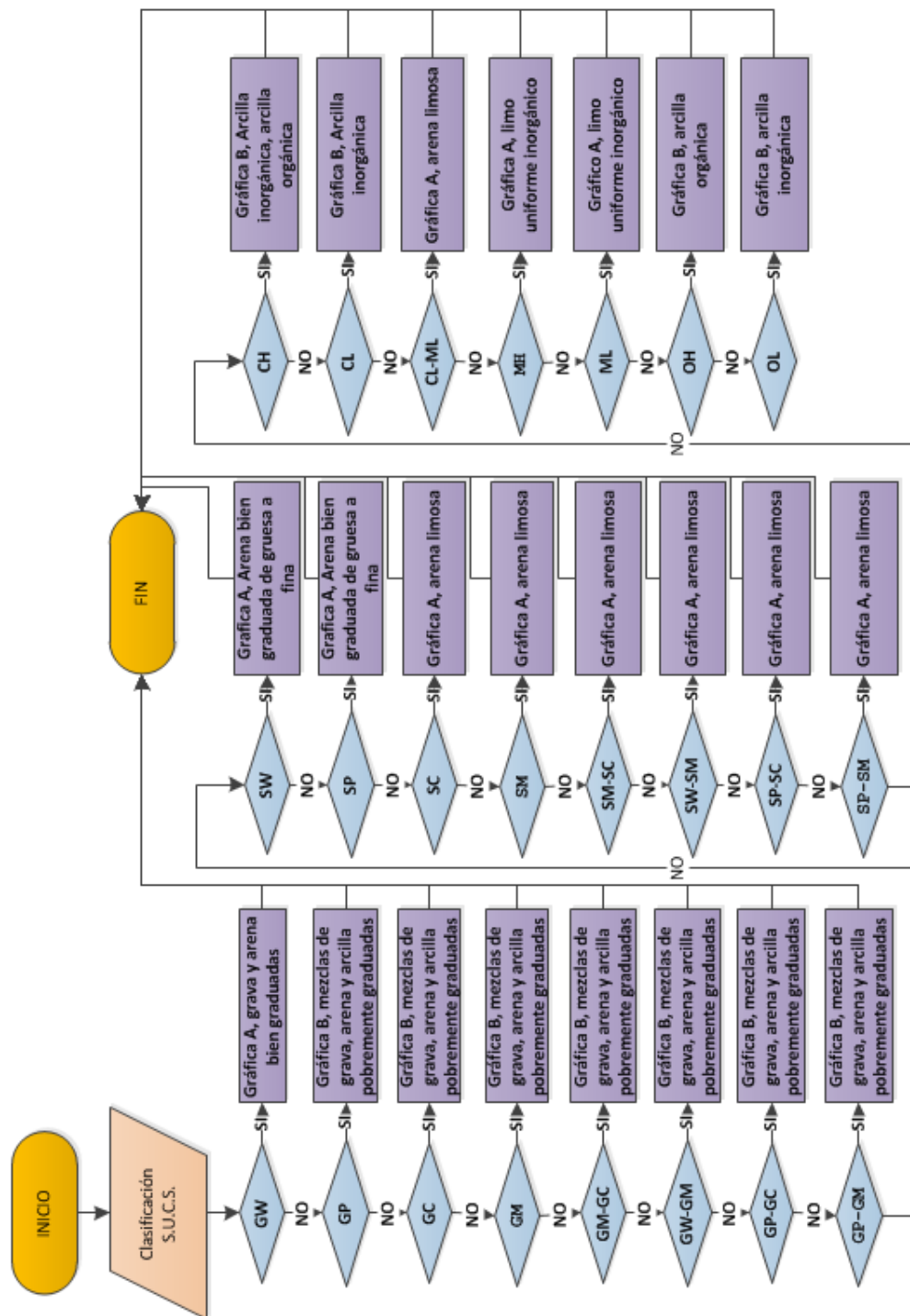
Para evitar el problema de interpolación se procedió a realizar un ajuste de curva para cada una, en este caso eran ajuste de curvas polinómicas; a continuación se presenta el analisis para cada una de las curvas y sus respectivas ecuaciones.

Primero se buscaron las coordenadas de la curva en la gráfica, para ello se utilizó las graficas que se tenían en un archivo de AUTOCAD proporcionados responsable del laboratorio de suelos.

Todos los cálculos de las distintas curvas de cargas admisibles tanto las gráficas y demás se encuentran en el anexo 6-7.

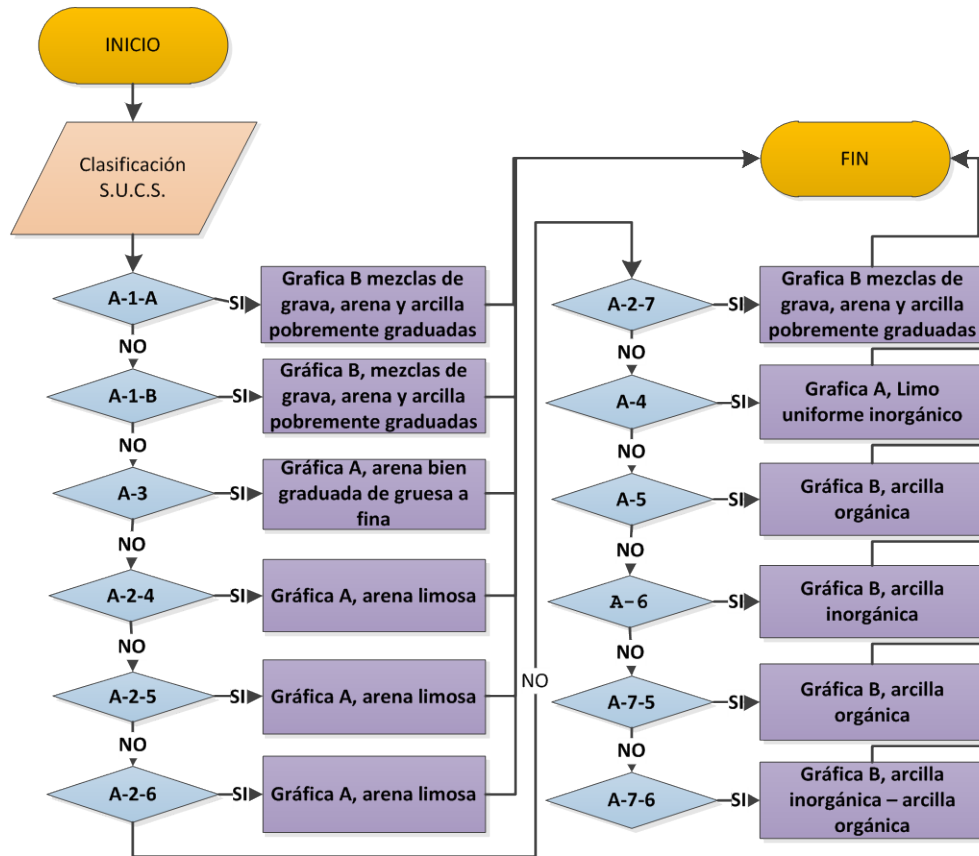
Con todas las curvas en ecuaciones se pasó a seleccionar dependiendo de la clasificación las curvas que se utilizarían para realizar el cálculo, en algunos casos se pueden tratar de dos curvas distintas, por lo que se saca el promedio de ambas, para la selección de las curvas por clasificación se solicitó la ayuda del responsable del laboratorio, con el que se elaboró el diagrama que se muestra a continuación:

Figura 54. Selección de curva según clasificación S.U.C.S. ensayo S.P.T.



Fuente: Propia.

Figura 55. Selección de curva según clasificación A.A.S.H.T.O. ensayo S.P.T.



Fuente: Propia.

Una vez seleccionado el valor de la o las curvas, se realiza el cálculo de la resistencia admisible del suelo con el contenido de humedad y seco usando las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{adm.Nat.} = \frac{\sigma_{de\ curva}}{100} * f$$

$$\sigma_{adm\ Seco} = \frac{\sigma_{adm.Nat.}}{100} * (100 + \% \text{ humedad})$$

Luego se procede a guardar los resultados calculados, estos son:

- La altura de penetración
- El peso del martillo

- La altura de caída
- Coeficiente de seguridad
- El número de pozo
- La profundidad
- El número de golpes
- El ancho del pozo
- El porcentaje de humedad
- El código de la clasificación y el punto

3.1.2.12. Ensayo de la relación de soporte o de California o CBR

Unidades: gramos gr, cm³, número de capas, número de golpes, % humedad, cm, kg/cm³, hora y fecha, kg/cm², mm

El ensayo de relación de soporte o de California es uno de los más completos y complejos de realizar, es por esto que se separó el ingreso de datos en tres pestañas,; en la primera pestaña que corresponde a los datos de contenido de humedad y peso unitario, donde se tienen dos tipos de ingreso, el primero tiene que ver con los datos externos del ensayo, que son los de la clasificación y la compactación, que seleccionados se cargan los valores de los ensayos correspondientes, estos son la clasificación del suelo tanto en A.A.S.H.T.O. y S.U.C.S, la humedad óptima y la densidad máxima del suelo, como se puede ver en la imagen:

Figura 56. Ingreso de datos externos del ensayo de C.B.R.

Fuente: Propia.

Luego se introducen los datos para determinar el peso unitario de la muestra húmeda antes y después de la inmersión en agua, también para determinar el contenido de humedad y calcular el promedio. Aquí se hace uso de botones para seleccionar el molde ya que se utilizan 3 muestras, y en la parte de abajo también se utiliza botones

para introducir los datos y determinar la humedad en el fondo, superficie y a dos pulgadas de la superficie, para más comodidad se programó para que se introduzcan los datos de peso unitario primero, y luego los datos de humedad, así se introducen todos los datos de un molde y se continúa con el otro. La imagen del ingreso se ve a continuación:

Figura 57. Ingreso de datos del ensayo de C.B.R. para determinar el contenido de humedad y peso unitario de muestra seca de los 3 moldes.

DATOS ESTANDARIZADOS

Tipo de Ensayo
 Mol 1 Mol 2 Mol 3

Peso del molde

N° de capas 5

N° de golpes por capa 12

Vol. de la muestra cm3

Peso suelo húmedo + molde
Antes Después

Cargar Datos

Muestra de Humedad

Fondo Superf. 2'' Superf.

Peso suelo húmedo + tara

Peso suelo seco + tara

Peso tara

Cargar Datos

Fuente: Propia.

A continuación explicaremos los cálculos realizados en esta primera pestaña, donde como se ve en la imagen está separada por una línea roja, los primeros datos a

ingresar son los que corresponden al cálculo del peso unitario, los cálculos son los siguientes:

$$\begin{aligned} & \textit{peso muestra h\u00fa.m. antes} \\ & = \textit{peso suelo h\u00fa.m. mas molde antes} - \textit{peso del molde} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \textit{peso muestra h\u00fa.m. desp.} \\ & = \textit{peso suelo h\u00fa.m. mas molde despu\u00e9s} - \textit{peso del molde} \end{aligned}$$

$$\textit{Peso Unit. suelo h\u00fa.m. antes} = \textit{peso muestra h\u00fa.m. antes} - \textit{vol. de muestra}$$

$$\textit{Peso Unit. suelo h\u00fa.m. desp.} = \textit{peso suelo h\u00fa.m. desp.} - \textit{vol. de muestra}$$

Luego se introducen los valores para determinar el contenido de humedad, esto se realiza en los datos del fondo, superficie y dos pulgada de la superficie, para realizar los siguientes c\u00e1lculos:

$$\textit{peso del agua} = \textit{peso muestra h\u00fa.m. m\u00e1s tara} - \textit{peso muestra seca m\u00e1s tara}$$

$$\textit{peso de la muestra seca} = \textit{peso muestra seca. m\u00e1s tara} - \textit{peso tara}$$

$$\textit{contenido de humedad \%} = \left(\frac{\textit{peso del agua}}{\textit{peso de la muestra seca}} \right) * 100$$

Una vez calculado el valor del contenido de humedad de las 3 muestras, de la del fondo y la superficie se calcula el promedio de contenido de humedad, en el caso de la dos pulgadas de la superficie se mantiene el valor; luego se procede a calcular el peso unitario de la muestra seca utilizando el promedio calculado de las muestras del fondo y superficie y de la muestra de dos pulgadas de la superficie usando la siguiente f\u00f3rmula:

$$\begin{aligned} & \textit{peso unitario muestra seca} \\ & = \left(\frac{\textit{peso unitario muestra h\u00fa.m.} }{100 + \textit{promedio contenido de humedad \%}} \right) * 100 \end{aligned}$$

Todos estos c\u00e1lculos se realizan de las tres muestras que se tienen, y los resultados se muestran a continuaci\u00f3n en la figura:

Figura 58. Resultados del ensayo de C.B.R. del contenido de humedad y peso unitario

DATOS A INGRESAR						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Nº de capas	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Nº de golpes por capa	12.0	12.0	25.0	25.0	56.0	56.0
Peso muestra húm.+molde (gr)	10095.0	10276.0	11152.0	11265.0	10298.0	10389.0
Peso Molde (gr)	5908.0	5908.0	6812.0	6812.0	5667.0	5667.0
Peso muestra húmeda (gr)	4187.0	4368.0	4340.0	4453.0	4631.0	4722.0
Volumen de la muestra cm ³	2121.0	2121.0	2121.0	2121.0	2121.0	2121.0
Peso Unit. Muestra Húm. (gr/cm ³)	1.9741	2.0594	2.0462	2.0995	2.1834	2.2263

TABLA DE RESULTADOS									
MUESTRA DE HUMEDAD	Fondo	Sup.	2" Sup.	Fondo	Sup.	2" Sup.	Fondo	Sup.	2" Sup.
Tara Nº	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	67.44	65.98	64.97	54.64	55.68	62.21	50.61	51.49	69.0
Peso muestra seca + tara	56.24	53.07	52.92	46.46	45.88	51.5	43.25	42.95	57.04
Peso del agua	11.2	12.91	12.05	8.18	9.8	10.71	7.36	8.54	11.96
Peso de tara	17.05	16.79	16.65	17.64	17.13	16.93	17.61	17.11	17.13
Peso de la muestra seca	39.19	36.28	36.27	28.82	28.75	34.57	25.64	25.84	39.91
Contenido humedad %	28.5787	35.5843	33.223	28.3831	34.087	30.9806	28.7051	33.0495	29.9674

Resultados						
RESULTADOS	Fondo - Sup.	2" Sup.	Fondo - Sup.	2" Sup.	Fondo - Sup.	2" Sup.
Promedio cont. Humedad	32.0815	33.223	31.2351	30.9806	30.8773	29.9674
Peso Unit.muestra seca	1.4946	1.5458	1.5592	1.6029	1.6683	1.713

Fuente: Propia.

Luego se prosigue con la introducción de datos en la segunda pestaña, en ella se introducen los que corresponden a la expansión que tienen los moldes durante los 4 días que dura el ensayo, se registran la fecha y hora de la medición y la expansión que se registra en la muestra, para ello se tiene la siguiente pantalla de ingreso. Como se ve para comodidad del usuario se usaron botones que permiten seleccionar el día de medición.

Figura 59. Ingreso de datos del ensayo de C.B.R. para determinar la expansión en los moldes durante los 4 días que dura el ensayo

Día de la lectura <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4	Fecha 13-07-2012	Hora : Min 0 : 0	Exp. Molde 1 <input type="text"/>	Exp. Molde 2 <input type="text"/>	Exp. Molde 3 <input type="text"/>	Altura muestra (cm) <input type="text"/>
--	---------------------	---------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---

Fuente: Propia.

Una vez seleccionado el día de lectura, se introduce la fecha y hora del ensayo, para luego introducir las expansiones leídas en los 3 moldes en milímetros, la altura de la muestra se la introduce en centímetros y como el tamaño del molde esta estandarizado el valor corresponde a 17.78cm

Con los datos ingresados se realizan los siguientes cálculos de cada molde en cada día, y se hacen los siguientes cálculos:

$$\text{exp. en cm} = \frac{\text{exp. en mm}}{10}$$

Luego se calcula el porcentaje de expansión utilizando la primera expansión leída en el día uno con la siguiente fórmula:

$$\text{expansión \%} = \left(\frac{\text{exp. en cm primer día} - \text{exp. en cm de otro día}}{\text{altura del molde (17.78cm)}} \right) * 100$$

Los resultados se van presentando en la tabla siguiente como se ve en la imagen:

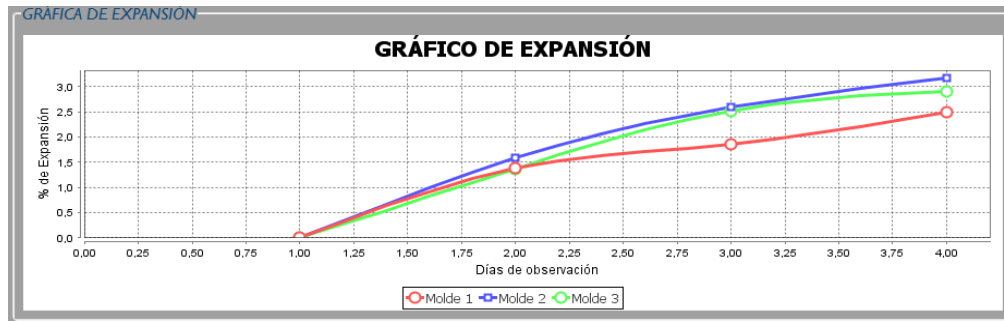
Figura 60. Tabla de resultados del ensayo de C.B.R. sobre expansión

FECHA	HORA	DÍA	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
			Lectura	en cm.	% Exp.	Lectura	en cm.	% Exp.	Lectura	en cm.	% Exp.
2012-07-15	0:0	1	7.9	0.79	0.0	6.34	0.634	0.0	7.81	0.781	0.0
2012-07-16	0:0	2	10.35	1.035	1.378	9.15	0.915	1.5804	10.25	1.025	1.3723
2012-07-17	0:0	3	11.21	1.121	1.8616	10.95	1.095	2.5928	12.3	1.23	2.5253
2012-07-18	0:0	4	12.32	1.232	2.4859	11.97	1.197	3.1665	12.97	1.297	2.9021

Fuente: Propia.

Luego se presenta una gráfica donde se puede ver la expansión de los moldes; asimismo en el eje "x" se presentan los días y en el eje "y" los porcentajes de expansión.

Figura 61. Tabla de resultados del ensayo de C.B.R. sobre expansión



Fuente: Propia.

Por último, se tiene la pestaña correspondiente al CBR y sus gráficas, para ello se introducen los datos de penetración a distintas profundidades en milímetros, también se introducen los coeficientes de calibración del anillo. Estos coeficientes corresponden a una ecuación de línea recta, donde el valor de “a” corresponde al valor que acompaña a “x” y b es el coeficiente independiente como se ve a continuación:

$$y = a * x + b$$

Figura 62. Ingreso de datos del ensayo de C.B.R.

Formulario de ingreso de datos del ensayo de C.B.R. con los siguientes campos:

- Número de Molde: 1 2 3
- DATOS PENETRACIÓN:
 - 0.00" - 0.00mm
 - 0.025" - 0.63mm
 - 0.05" - 1.27mm
 - 0.075" - 1.9mm
 - 0.1" - 2.54mm
 - 0.2" - 5.08mm
 - 0.3" - 7.62mm
 - 0.4" - 10.16mm
 - 0.5" - 12.7mm
- Coef. de la Eq. de Calibración:
 - Coeficiente a
 - Coeficiente b :

Fuente: Propia.

En la figura anterior se presenta una imagen donde se ve la introducción de los datos. Los datos de penetración son introducidos en cada uno de los moldes, con este propósito se puso una pestaña para la selección de los distintos moldes como se ve en la imagen anterior. Con los datos introducidos se realizan los siguientes cálculos:

$$carga\ ensayo\ kg = a * valor\ penetración + b$$

$$carga\ ensayo\ kg/cm^2 = carga\ ensayo\ kg / 19.3548cm^2$$

$$C.B.R.\ corregido\ \% = \left(carga\ ensayo\ kg/cm^2 / carga\ normal \right) * 100$$

El C.B.R. corregido se calcula con los valores de penetración de 0.1” donde la carga normal es de 1360 kg. y de 0.2” es de 2040 kg., Con estos datos se procede a seleccionar los porcentajes de cada uno de los moldes a 0.1” de penetración y los datos de peso unitario de muestra seca promedio del fondo y la superficie correspondientes de cada molde y se hace una regresión lineal donde en el eje “x” van los valores del peso unitario y en el eje “y” los valores de C.B.R. % corregido. Con ellos se hacen las siguientes sumas para determinar la ecuación lineal:

$$sumx = sumx + x$$

$$sumx^2 = sumx^2 + x^2$$

$$sumxy = sumxy + x * y$$

$$sumy = sumy + y$$

$$sumy^2 = sumy^2 + y^2$$

Con estos datos calculamos los valores de los coeficientes de “a” y “b” que son el coeficiente de la ecuación lineal:

$$a = \frac{sumy * sumx^2 - sumx * sumxy}{\# puntos * sumx^2 - sumx * sumx}$$

$$b = \frac{\# \text{ puntos} * \text{sum}xy - \text{sum}x * \text{sum}y}{\# \text{ puntos} * \text{sum}x^2 - \text{sum}x * \text{sum}x}$$

$$r^2 = \left[\frac{\# \text{ puntos} * \text{sum}xy - \text{sum}x * \text{sum}y}{\sqrt{\# \text{ puntos} * \text{sum}x^2 - (\text{sum}x)^2 * (\# \text{ puntos} * \text{sum}y^2 - (\text{sum}y)^2)}} \right]^2$$

Luego de calcular los coeficientes de “a”, “b” y el coeficiente de correlación, procedemos a calcular los valores de C.B.R. al 100% y 95, para esto se usa el peso unitario calculado en el ensayo de T-99 como se ve a continuación:

$$C.B.R. 100\% = \frac{\text{peso unitario} - a}{b}$$

$$C.B.R. 95\% = \frac{\text{peso unitario} * 0.95 - a}{b}$$

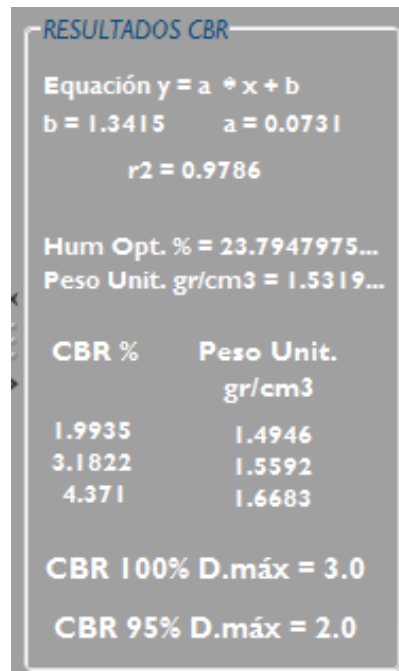
Todos los resultados calculados son presentados en las siguientes tablas con sus gráficos correspondientes:

Figura 63. Tabla de resultados de penetración del ensayo de C.B.R.

PENETRACIÓN	EXT-1	EXT-2	EXT-3	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
				kg.	kg/cm2	%	kg.	kg/cm2	%	kg.	kg/cm2	%
0.00" - 0.00mm	0.0	0.0	0.0	0	0		0	0		0	0	
0.025" - 0.63mm	1.0	6.5	12.0	23.983	1.2391		29.7195	1.5355		35.456	1.8319	
0.05" - 1.27mm	1.8	8.4	15.0	24.8174	1.2822		31.7012	1.6379		38.585	1.9936	
0.075" - 1.9mm	2.8	10.4	18.0	25.8604	1.3361		33.7872	1.7457		41.714	2.1552	
0.1" - 2.54mm	4.0	19.5	35.0	27.112	1.4008	1.9935	43.2785	2.2361	3.1822	59.445	3.0713	4.371
0.2" - 5.08mm	5.1	27.55	50.0	28.2593	1.4601	1.3853	51.6747	2.6699	2.5331	75.09	3.8797	3.6809
0.3" - 7.62mm	6.5	74.55	142.0	29.7195	1.5355		100.6956	5.2026		171.046	8.8374	
0.4" - 10.16mm	8.8	78.4	148.0	32.1184	1.6595		104.7112	5.4101		177.304	9.1607	
0.5" - 12.7mm	9.0	82.0	155.0	32.327	1.6702		108.466	5.6041		184.605	9.5379	

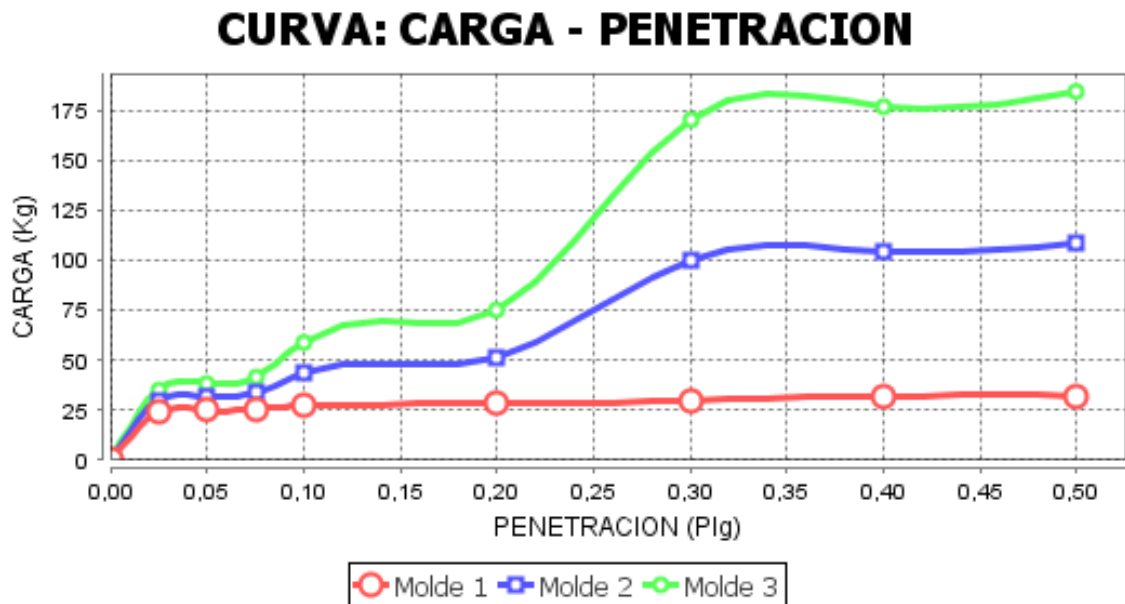
Fuente: Propia.

Figura 64. Resultados del ensayo de C.B.R.



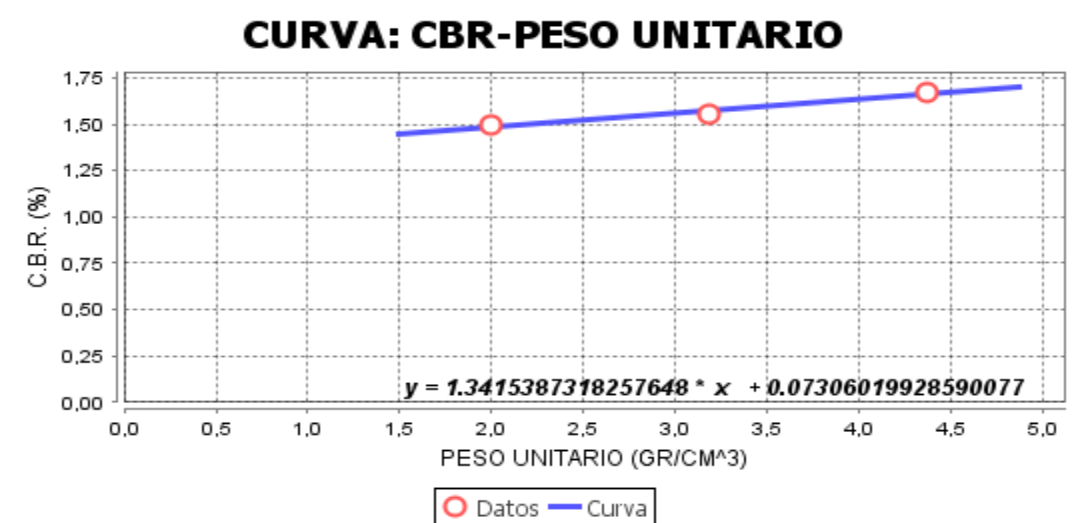
Fuente: Propia.

Figura 65. Gráfica resultado de carga – penetración del ensayo de C.B.R.



Fuente: Propia.

Figura 66. Gráfica resultado de C.B.R. – peso unitario del ensayo de C.B.R.



Fuente: Propia.

Por último se registran los datos en el sistema, este ensayo cuenta con varios datos para registrar. Son los siguientes:

Tabla 1 Valores de la gráfica B de “Arcilla orgánica” ensayo de S.P.T.

Datos generales	Datos peso unitario humedad	Datos de expansión	Datos de penetración
Altura de muestra de ensayo	Peso del molde	Fecha y hora medición	Penetración 0.0mm
Coficiente a	Numero de capas	Expansión molde 1	Penetración 0.63mm
Coficiente b	Vol. De la muestra	Expansión molde 2	Penetración 1.27 mm
CBR molde 1	Peso suelo húmedo más molde antes	Expansión molde 3	Penetración 1.90mm
Peso unit. molde 1	Peso suelo húmedo más molde después		Penetración 2.54mm
CBR molde 2	Peso suelo húmedo más tara del fondo		Penetración 5.08mm
Peso unit. molde 2	Peso suelo seco más tara del fondo		Penetración 7.62mm
CBR molde 3	Peso tara fondo		Penetración 10.16mm
Peso unit. molde 3	Peso suelo húmedo más tara de la sup.		Penetración 12.70mm
CBR Dens. Max 100	Peso suelo seco más tara de la sup.		
CBR Dens. Max 95	Peso tara de la sup.		
	Peso suelo húm. más tara de la sup. 2”		
	Peso suelo seco más tara de la sup. 2”		
	Peso tara de la sup. 2”		

Fuente: Propia.

3.1.2.13. Ensayo de compresión no confinada

Unidades: gramos gr, cm, hora y fecha, cm²

El ingreso de los datos de este ensayo está dividido en dos partes, los datos de la probeta que son generales, y los del ensayo. A continuación se presenta en una tabla los datos correspondientes:

Tabla 2 Datos de ingreso del ensayo de compresión no confinada.

Datos de la probeta	Datos del ensayo
N° de probeta	Coficiente “a”
Identificación de la muestra	Coficiente “b”
Fecha de rotura de la probeta	Coficiente “c”
Diámetro de la probeta cm ²	Deformación medida mm
Altura de probeta cm	Anillo
Peso de la probeta g	
Sección de la probeta	

Fuente: Propia.

Con los datos recolectados del anillo y los coeficientes “a”, “b” y “c” se calculan las cargas en kilogramos, con tal fin se aplica la siguiente fórmula:

$$carga\ de\ rotura\ (kg) = \frac{a * anillo + b}{c}$$

Se realizan estos cálculos hasta que se tiene la rotura de la probeta, con el ultimo valor de la carga de rotura se calcula la resistencia a la compresión

$$Resistencia\ a\ la\ compresión = \frac{carga\ de\ rotura\ (kg)}{sección\ de\ la\ probeta\ (cm^2)}$$

Los cálculos son mostrados en la siguiente tabla:

Figura 67. Gráfica tabla de cálculos del ensayo de compresión no confinada.

TABLA - TRAYECTORIA DEFORMACIÓN

DEFORMACIÓN	ANILLO	CARGA (kg.)
0	0	25,93
10	34	168,75
20	93	416,57
30	193	836,62
40	298	1.277,67
50	335	1.433,08

Fuente: Propia.

Los resultados son presentados en una tabla que se actualiza mientras se ingresan los valores de deformación y del anillo.

Figura 68. Gráfica tabla de resultados del ensayo de compresión no confinada.

TABLA DE RESULTADOS

Probeta N°	Muestra	Carga de Rotura (Kg)	Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²)
	I MUESTRA 2	1.433,084	16,56

Fuente: Propia.

Por último, se guardan los datos correspondientes al ensayo

Tabla 3 Datos de ingreso del ensayo de compresión no confinada.

Datos de la probeta	Datos del ensayo
N° de probeta	Deformación medida mm
Identificación de la muestra	Anillo
Fecha de rotura de la probeta	
Diámetro de la probeta cm ²	
Altura de probeta cm	
Peso de la probeta g	
Sección de la probeta	
Coficiente "a"	
Coficiente "b"	
Coficiente "c"	
Carga de rotura	
Resistencia a la compresión	
Sección de la probeta	

Fuente: Propia.

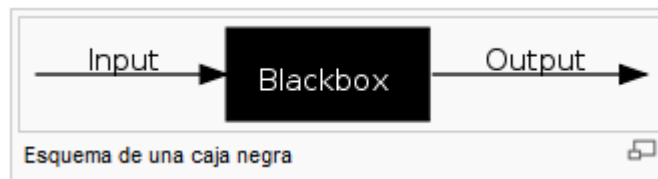
3.1.3. Comprobación de caja negra

Para entender lo que se va a hacer en este capítulo primero revisaremos el concepto de lo que es caja negra:

*“Se denomina caja negra a aquel elemento que es estudiado desde el punto de vista de las entradas que recibe y las salidas o respuestas que produce, sin tener en cuenta su funcionamiento interno”.*¹

El esquema gráfico de caja negra es el siguiente:

Figura 69. Esquema gráfico de caja negra.



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Caja_negra_%28sistemas%29

En las denominadas pruebas de software se utiliza bastante la caja negra, porque conociendo la función específica de un componente diseñado, se pueden elaborar pruebas para ver que la función está bien realizada, determinando así que los resultados obtenidos por el software son los esperados y comprobando su fiabilidad.

Generalmente las pruebas se las realiza sobre la interfaz del software, y aunque existen varios tipos de pruebas, lo que se busca es poder determinar las siguientes características en un software:

- Funciones incorrectas o ausentes.
- Errores de interfaz.
- Errores en estructuras de datos o en accesos a las bases de datos externas.
- Errores de rendimiento.
- Errores de inicialización y terminación.

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Caja_negra_%28sistemas%29

Con todo lo anteriormente dicho, se harán pruebas de los ensayos programados en el sistema, para ello se seleccionarán datos reales del laboratorio y se comprobarán los resultados obtenidos mediante la forma antigua en las que se calculaban (mediante Excel) y los generados por el sistema, esto para determinar la fiabilidad de los resultados obtenidos por el sistema.

Debido a la cantidad de datos que se requieren introducir en el sistema por cada ensayo para comprobar los resultados, se decidió utilizar datos reales de la gestión 2011 que fueron introducidos al sistema.

3.1.3.1. Comprobación de resultados de los ensayos programados aplicando caja negra

El procedimiento para realizar las pruebas de caja negra en esta etapa será la siguiente, se introducirán los datos de los ensayos y se registrar en una tabla los datos de los ensayos como ser:

- Solicitante
- Proyecto
- Ubicación
- Identificación

Puede ser que en cada proyecto se tenga más de un punto para introducir, un elemento importante que no se tiene registrado en las tablas de EXCEL es el tema referido al tipo de solicitud realizada que puede ser:

- Prestación de servicios académicos.
- Prestación de servicios externos.
- Servicios de apoyo administrativo y académico.
- Prestación de servicios internos.

Luego se comprobarán los resultados de EXCEL y el sistema desarrollado para determinar si se lograron los valores esperados; caso contrario se detallarán las diferencias y se validarán los resultados correctos.

Los resultados serán presentados en tablas para saber los porcentajes de error tanto del sistema como en la introducción manual, para posteriormente hacer un análisis.

3.1.3.1.1. Datos de ensayos a introducir en el sistema.

En esta parte del documento se presentará un ejemplo de cómo se realizaron las comprobaciones de los datos que ingresaron al sistema y los resultados obtenidos; además, se presentará una tabla con los datos generales de los ensayos que se van a introducir al sistema, para ello el ejemplo utilizado será de un ensayo de California ó CBR, que es uno de los ensayos más completos que engloba varios ensayos que son:

- Humedad natural
- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Clasificación mediante SUCS y AASTHO
- Compactación T-180
- Ensayo de California o CBR

Los datos utilizados para ensayo corresponden al proyecto: Mejoramiento y Diseño del Pavimento Flexible del Camino Municipal "Pampa La Villa Chica - Pampa La Villa Grande", solicitados por David A. Choque Quispe, las muestras fueron obtenidas de El Valle Tarija.

Ensayo de Granulometría por el método mecánico

Los datos de granulometría son los siguientes:

- Peso total de la muestra = 600 gr.
- Peso retenido en la base = 0 gr.

Tabla 4 Datos del ensayo de Granulometría.

Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)
3"	75	0,00
2"	50	0,00
1 1/2"	37,50	0,00
1"	25,00	0,00
3/4"	19,00	0,00
1/2"	12,50	0,00
3/8"	9,50	14,30
Nº4	4,75	21,20
Nº10	2,00	25,50
Nº40	0,425	57,40
Nº200	0,075	95,40

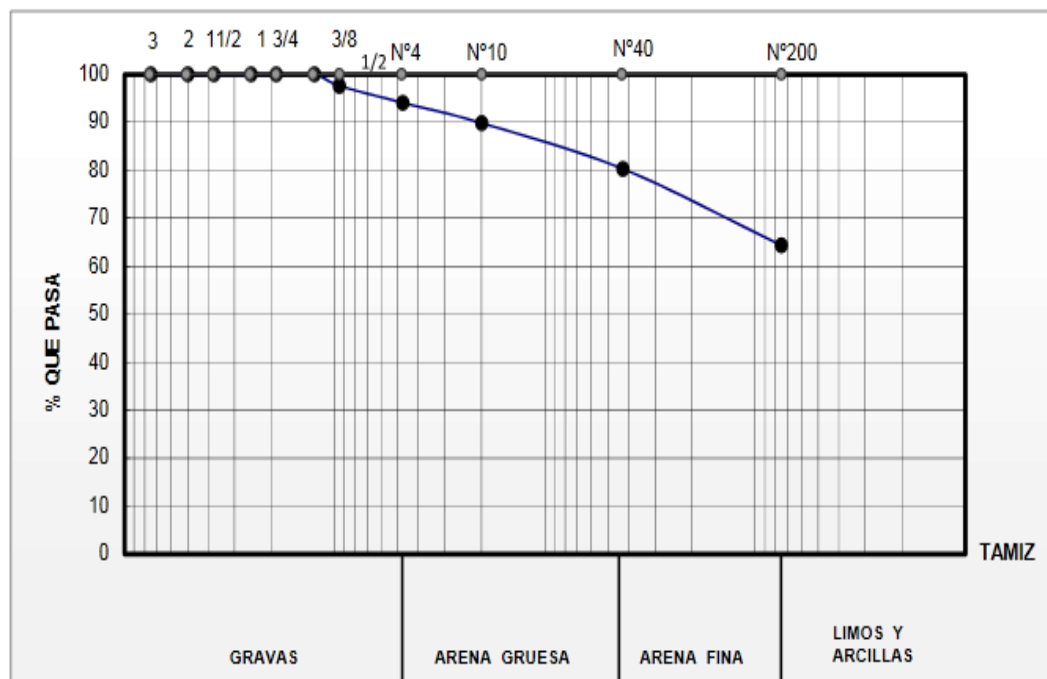
Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Los resultados del ensayo de granulometría que genera el EXCEL se muestran en la figura 93.

De la misma manera se presenta a continuación los resultados que genera el sistema desarrollado para el laboratorio, una de las diferencias que no se puede ver en este ensayo que genera el sistema y no el EXCEL, es el referido a la ubicación de los diámetros d_{60} , d_{30} y d_{10} que permiten calcular el coeficiente de uniformidad C_u y el coeficiente de curvatura C_c . Estos son importantes en el momento de la clasificación de suelos granulares, y por lo general se lo hace en una inspección visual o mediante triangulación simple; sin embargo, al tratarse de una curva logarítmica los valores calculados de esa manera son erróneos.

Figura 70. Gráfica de resultados del ensayo de granulometría exportada del EXCEL.

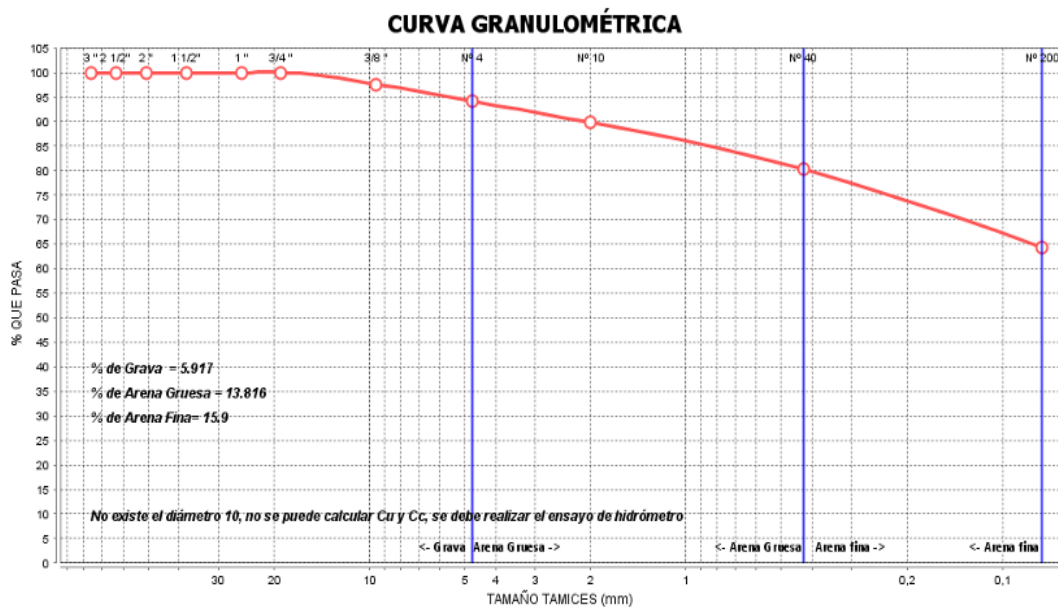
Peso Total (gr.)			600	A.S.T.M.	
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum (gr)	% Ret	% Que Pasa del Total
3"	75	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,50	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,50	14,30	14,30	2,38	97,62
Nº4	4,75	21,20	35,50	5,92	94,08
Nº10	2,00	25,50	61,00	10,17	89,83
Nº40	0,425	57,40	118,40	19,73	80,27
Nº200	0,075	95,40	213,80	35,63	64,37



Fuente: Ensayo realizado en el Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S.

Figura 71. Gráfica de resultados del ensayo de granulometría exportada del sistema SIGELABS A.S.T.M.

Tamices	Tamaño (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Retenido	% que pasa del Total
3 "	76.2	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2 "	50.8	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1 "	25.4	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4 "	19.05	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8 "	9.525	14.3	14.3	2.383	97.617
Nº 4	4.75	21.2	35.5	5.917	94.083
Nº 10	2.0	25.5	61.0	10.167	89.833
Nº 40	0.425	57.4	118.4	19.733	80.267
Nº 200	0.075	95.4	213.8	35.633	64.367



Fuente: propia generada por el sistema SIGELABS.

Los resultados obtenidos por ambos sistemas en el ensayo de la curva granulométrica son los mismos tanto en EXCEL como en el sistema SIGELABS.

Ensayo de Límites de Atterberg.

A continuación se presentan los datos para el ensayo de Límite líquido:

Tabla 5 Datos de del ensayo de límite líquido.

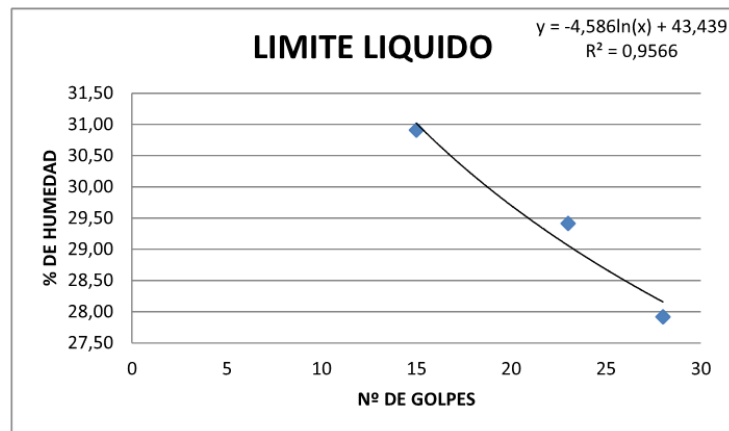
Capsula N°	1	2	3
N° de golpes	15	23	28
Suelo Húmedo + Cápsula	44,70	42,30	46,80
Suelo Seco + Cápsula	37,9	36,3	40,1
Peso de la Cápsula	15,9	15,9	16,10

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Ahora presentamos los resultados de los cálculos de límite líquido generados por EXCEL

Figura 72. Gráfica de resultados de límite plástico exportada del EXCEL.

Capsula N°	1	2	3	4
N° de golpes	15	23	28	
Suelo Húmedo + Cápsula	44,70	42,30	46,80	
Suelo Seco + Cápsula	37,9	36,3	40,1	
Peso del agua	6,8	6	6,7	
Peso de la Cápsula	15,9	15,9	16,10	
Peso Suelo seco	22	20,4	24	
Porcentaje de Humedad	30,91	29,41	27,92	

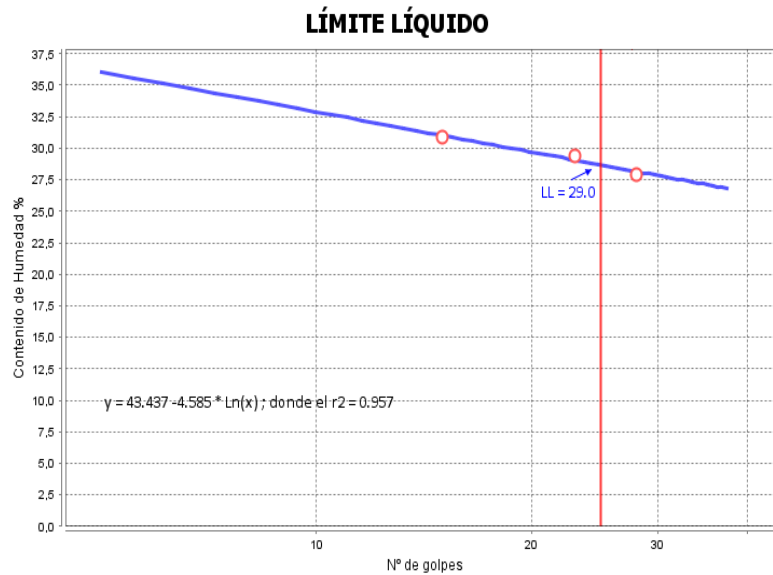


Fuente: Ensayo realizado en el Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S.

Seguidamente se presentan los resultados de límite líquido generados por el sistema SIGELABS

Figura 73. Gráfico de resultados de límite líquido del sistema SIGELABS.

LÍMITE LÍQUIDO							
Núm. de Cápsula	Núm. de Golpes	Suelo Hum. + Cáp.	Suelo Seco + Cáp.	Peso Cápsula	Peso Agua	Peso suelo Seco	% de Hum.
Ensayo 1	15.0	44.7	37.9	15.9	6.8	22.0	30.909
Ensayo 2	23.0	42.3	36.3	15.9	6.0	20.4	29.412
Ensayo 3	28.0	46.8	40.1	16.1	6.7	24.0	27.917



Fuente: Propia

La diferencia radica en que en EXCEL no se grafica el punto específico del límite líquido y el cálculo de este valor se lo realiza de forma manual utilizando los coeficientes que se generan en la gráfica, en el sistema se realiza la regresión y se genera el valor de forma automática, evitando el error de introducir de forma manual los coeficientes; además, en la gráfica de límite líquido del sistema SIGELABS se cuenta con el punto graficado del límite.

Para el ensayo de límite plástico se tienen los siguientes valores:

Tabla 6 Datos de ingreso del ensayo de límite plástico.

Cápsula	1	2	3
Peso de suelo húmedo + Cápsula	34,70	36,40	25,50
Peso de suelo seco + Cápsula	34,30	35,80	24,70
Peso de cápsula	32,10	32,50	21,00

Fuente: Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S.

A continuación se presentan los resultados generados en el EXCEL y el sistema SIGELABS.

Figura 74. Gráfica de resultados de límite plástico exportada del EXCEL.

Cápsula	1	2	3	Límite Líquido (LL)	28,7
Peso de suelo húmedo + Cápsula	34,70	36,40	25,50	Límite Plástico (LP)	19,3
Peso de suelo seco + Cápsula	34,30	35,80	24,70	Índice de plasticidad (IP)	9,35
Peso de cápsula	32,10	32,50	21,00	Índice de Grupo (IG)	6
Peso de suelo seco	2,20	3,30	3,70		
Peso del agua	0,40	0,60	0,80		
Contenido de humedad	18,18	18,18	21,62		

Fuente: Ensayo realizado en el Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S.

Figura 75. Gráfica de resultados de límite plástico exportada del EXCEL.

LÍMITE PLÁSTICO						
Núm. de Cápsula	Suelo Hum. + Cáp.	Suelo Seco + Cáp.	Peso Cápsula	Peso suelo Seco	Peso Agua	Cont. Humedad
Ensayo 1	34.7	34.3	32.1	2.2	0.4	18.182
Ensayo 2	36.4	35.8	32.5	3.3	0.6	18.182
Ensayo 3	25.5	24.7	21.0	3.7	0.8	21.622

Límite Líquido (LL) :	29.0
Límite Plástico (LP) :	19.0
Índice de plasticidad (IP) :	9.0
Índice de Grupo (IG) :	6.0

Fuente: Propia.

Los resultados obtenidos en el límite plástico son similares, las variaciones son debidas al redondeo de unidades que se realiza; sin embargo, los valores se deben redondear a la unidad en los límites y los índices.

Ensayo de humedad natural

Para el ensayo de humedad natural se usaron los siguientes datos:

Tabla 7 Datos de ingreso del ensayo de humedad natural.

HUMEDAD NATURAL			
Cápsula	1	2	3
Peso de suelo húmedo + Cápsula	61,35	60,58	60,97
Peso de suelo seco + Cápsula	58,84	58,2	58,52
Peso de cápsula	17,32	16,91	17,12

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Ahora se presentan los resultados:

Figura 76. Gráfica de resultados de humedad natural generada en EXCEL.

HUMEDAD NATURAL			
Cápsula	1	2	3
Peso de suelo húmedo + Cápsula	61,35	60,58	60,97
Peso de suelo seco + Cápsula	58,84	58,2	58,52
Peso de cápsula	17,32	16,91	17,12
Peso de suelo seco	41,52	41,29	41,41
Peso del agua	2,51	2,38	2,45
Contenido de humedad	6,05	5,76	5,91
PROMEDIO	5,90		

Fuente: Ensayo realizado en el Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S.

Figura 77. Gráfica de resultados de humedad natural generados por el sistema SIGELABS.

Número de Ensayo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Peso de suelo húmedo + Cápsula	61.35	60.58	60.97
Peso de suelo seco + Cápsula	58.84	58.2	58.52
Peso de suelo seco	41.52	41.29	41.4
Peso de cápsula	17.32	16.91	17.12
Peso del agua	2.51	2.38	2.45
Contenido de humedad	6.0453	5.7641	5.9179

Contenido Húmedad Promedio = 5.9091 %

Fuente: Propia.

En el ensayo de contenido de humedad natural no presentó ningún resultado con gran diferencia tanto en el EXCEL como en el sistema SIGELABS.

Ensayo de Clasificación de suelos por S.U.C.S. Y A.A.S.H.T.O.

Una de las particularidades del ensayo de clasificación es que usa los datos de los ensayos de granulometría y los límites de Atterberg. Sin embargo, este ensayo en el laboratorio se lo toma como un agregado del ensayo de humedad natural, y no se muestran los datos utilizados para su análisis, por lo que a continuación se presentará la clasificación extraída del ensayo de humedad natural y los resultados del sistema SIGELABS.

Tabla 8 Resultado de la clasificación de suelos en EXCEL.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO		DESCRIPCIÓN
SUCS:	CL	Arcillas inorgánicas de baja o mediana plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.
AASHTO:	A-4 (6)	

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Figura 78. Gráfica de resultados de clasificación de suelos por el sistema SIGELABS.

GRANULOMETRÍA		LÍMITES DE ATTERBERG	
DESCRIPCIÓN	VALOR	DESCRIPCIÓN	VALOR
Pasa Tamiz 4	94.083	Límite Líquido	28.6777
Pasa Tamiz 10	89.833	Ecuación	$y = 43.437 - 4.585 * \ln(x)$; donde el $r^2 = 0.957$
Pasa Tamiz 40	80.267	Coef. Correlación	0.9566
Pasa Tamiz 200	64.367	Límite Plástico	19.328666666666667
d60	0.0	Índice de Plasticidad	9.349
d30	0.0	Índice de Grupo	6
d10	0.0		

CLASIFICACIONES	
SUCS	AASHTO
CL	A-4 (6)

RESUMEN : CLASIFICACIÓN POR S.U.C.S. :
CL Arcilla Ligera arenosa
CLASIFICACIÓN POR A.A.S.H.T.O. :
A-4 (6) SUELOS LIMOSOS

Fuente: Propia.

Uno de los ensayos que más errores humanos hubo en la generación de resultados fue en este ensayo, ya que se trabaja de forma manual en la selección de los datos, además no se cuenta de forma exacta con los datos de los coeficientes de uniformidad y de curvatura, en la tabla de resumen que es el anexo 19, se puede encontrar un resumen en las observaciones de los problemas que se presentaron. También en algunos casos el cálculo de alguno de los ensayos de los que la clasificación depende ocasiona un error.

Ensayo de compactación T-99

En este ensayo se cuentan con los siguientes datos:

Tabla 9 Datos de ingreso del ensayo de compactación T-99.

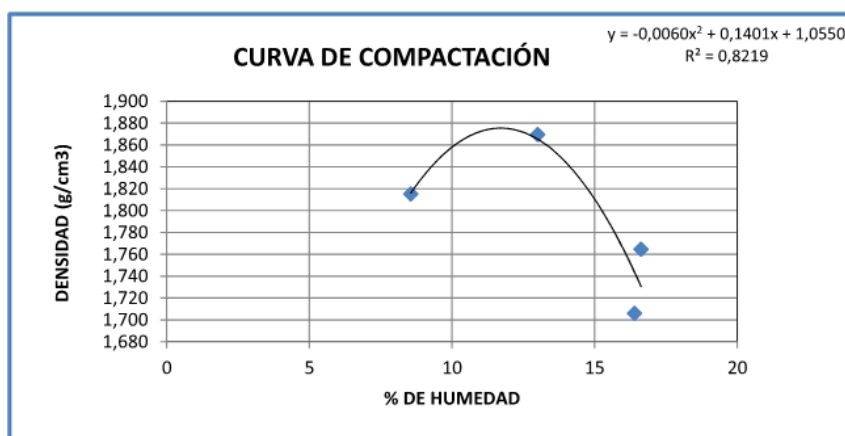
Nº de capas	3	3	3	3
Nº de golpes por capa	25	25	25	25
Peso suelo húmedo + molde	4936,71	5070,58	5019,19	4951,15
Peso del molde	3081,3	3081,3	3081,3	3081,3
Volumen de la muestra	941,6	941,6	941,6	941,6
Cápsula Nº	1	2	3	4
Peso suelo húmedo + capsula	62,92	98,7	64,56	73,8
Peso suelo seco + cápsula	59,27	89,28	57,72	65,74
Peso de la cápsula	16,62	16,84	16,59	16,59

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Los resultados de EXCEL y del sistema SIGELABS se presentan a continuación:

Figura 79. Gráfica de resultados del ensayo de T-99 en EXCEL.

Nº de capas	3	3	3	3
Nº de golpes por capa	25	25	25	25
Peso suelo húmedo + molde	4936,71	5070,58	5019,19	4951,15
Peso del molde	3081,3	3081,3	3081,3	3081,3
Peso suelo húmedo	1855,41	1989,28	1937,89	1869,85
Volumén de la muestra	941,6	941,6	941,6	941,6
Densidad suelo húmedo (gr/cm ³)	1,97	2,11	2,06	1,99
Cápsula Nº	1	2	3	4
Peso suelo húmedo + capsula	62,92	98,7	64,56	73,8
Peso suelo seco + cápsula	59,27	89,28	57,72	65,74
Peso del agua	3,65	9,42	6,84	8,06
Peso de la cápsula	16,62	16,84	16,59	16,59
Peso suelo seco	42,65	72,44	41,13	49,15
Contenido de humedad (%h)	8,56	13,00	16,63	16,40
Densidad suelo seco (gr/cm ³)	1,82	1,87	1,76	1,71

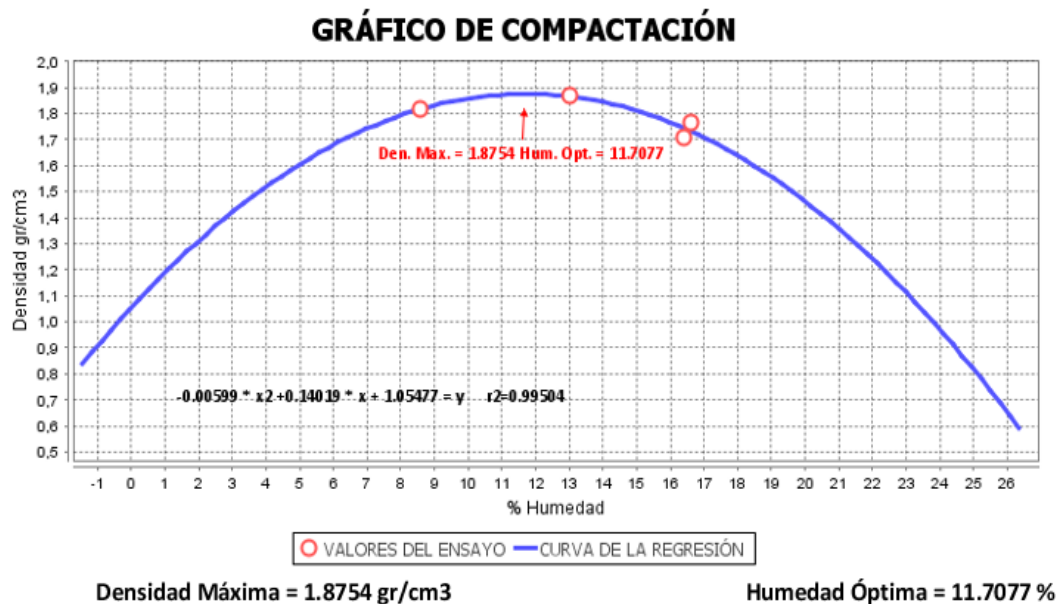


Densidad Máxima	1,88 gr/cm³
Humedad Optima	11,71 %

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Figura 80. Gráfica de resultados del ensayo de T-99 generados por el sistema SIGELABS.

Número de Ensayo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4
Nº de capas	3.0	3.0	3.0	3.0
Nº de golpes por capa	25.0	25.0	25.0	25.0
Peso suelo húmedo + molde	4936.71	5070.58	5019.19	4951.15
Peso del molde	3081.3	3081.3	3081.3	3081.3
Peso suelo húmedo	1855.41	1989.28	1937.89	1869.85
Volumén de la muestra	941.6	941.6	941.6	941.6
Densidad suelo húmedo (gr/cm ³)	1.9705	2.1127	2.0581	1.9858
Cápsula Nº	1	2	3	4
Peso suelo húmedo + capsula	62.92	98.7	64.56	73.8
Peso suelo seco + cápsula	59.27	89.28	57.72	65.74
Peso del agua	3.65	9.42	6.84	8.06
Peso de la cápsula	16.62	16.84	16.59	16.59
Peso suelo seco	42.65	72.44	41.13	49.15
Contenido de humedad (%h)	8.558	13.0039	16.6302	16.3988
Densidad suelo seco (gr/cm ³)	1.8152	1.8696	1.7646	1.706



Fuente: Propia.

Los resultados en las tablas son los mismos, lo que varía por en el cálculo de la curva de compactación ya que en el EXCEL se trabajan con 4 decimales, siendo que en algunos casos se necesitan más decimales para conseguir los valores correctos. Además el cálculo se lo hace de forma manual lo que puede ocasionar un error

manual al introducir erróneamente un valor, que puede ser utilizado en otros ensayos como el C.B.R.

La gráfica que se genera en EXCEL no cuenta con la ubicación del punto resultante ni la ecuación con todos sus decimales que permite calcular en caso de comprobar los puntos de forma manual.

Ensayo de California ó CBR

Los datos del ensayo de CBR son varios, por lo que se va a introducir primero los del contenido de unidad y peso unitario:

Tabla 10 Datos de ingreso del ensayo C.B.R. del contenido de unidad y peso unitario

CONDICION DE MUESTRA	Antes de mojar		D. de M		Antes de mojar		D. de M		Antes de mojar		D. de M	
Peso muestra húm.+molde	11946		12210		10789		10845		11729		11784	
Peso Molde	7572		7572		6220		6220		7058		7058	
Peso muestra húmeda	4374		4638		4569		4625		4671		4726	
Volumen de la muestra	2121		2121		2121		2121		2121		2121	
MUESTRA DE HUMEDAD	Fond	Superf	2"	Fondo	Superf	2"	Fondo	Superf	2"	Fondo	Superf	2"
	o	.	sup.	.	.	sup.	.	.	sup.	.	.	sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	87,68	80,24	86,09	89,47	91,38	94,36	87,21	90,79	100,5			4
Peso muestra seca + tara	80,46	73,89	77,46	81,86	84,19	85,69	78,94	85,75	92,14			
Peso de tara	25,61	25,39	24,59	24,87	25,64	25,77	25,49	25,13	24,87			

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Ahora se muestran los resultados que se calcularon tanto en EXCEL como en el sistema SIGELABS:

Tabla 11 Resultados del contenido de humedad y peso unitario de C.B.R. en Excel.

N° capas	CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO											
	5				5				5			
	12		25		25		56		25		56	
CONDICION DE MUESTRA	Antes de mojarse	D. de M	Antes de mojarse	D. de M	Antes de mojarse	D. de M	Antes de mojarse	D. de M	Antes de mojarse	D. de M	Antes de mojarse	D. de M
Peso muestra húm. + molde	11946	12210	10789	10845	6220	7058	11784	7572	4374	4638	4726	2121
Peso Molde	7572	7572	6220	6220	4569	4671	7058	4374	2121	2121	2121	2121
Peso muestra húmeda	4374	4638	4569	4625	2121	2121	4726	2121	2121	2121	2121	2121
Volumen de la muestra	2121	2121	2121	2121	2121	2121	2121	2121	2121	2121	2121	2121
Peso Unit. Muestra Húm.	2,062	2,187	2,154	2,181	2,181	2,202	2,228	2,062	2,062	2,062	2,062	2,062
MUESTRA DE HUMEDAD	Fondo	Superf.	2° sup.	Fondo	Superf.	2° sup.	Fondo	Superf.	2° sup.	Fondo	Superf.	2° sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	87,68	80,24	86,09	89,47	91,38	94,36	87,21	90,79	100,54	87,21	90,79	100,54
Peso muestra seca + tara	80,46	73,89	77,46	81,86	84,19	85,69	78,94	85,75	92,14	78,94	85,75	92,14
Peso del agua	7,22	6,35	8,63	7,61	7,19	8,67	8,27	5,04	8,4	8,27	5,04	8,4
Peso de tara	25,61	25,39	24,59	24,87	25,64	25,77	25,49	25,13	24,87	25,49	25,13	24,87
Peso de la muestra seca	54,85	48,5	52,87	56,99	58,55	59,92	53,45	60,62	67,27	53,45	60,62	67,27
Contenido humedad %	13,16	13,093	16,323	13,353	12,28	14,469	15,472	8,314	12,487	15,472	8,314	12,487
Promedio cont. Humedad	13,13	13,13	16,323	12,82	12,82	14,469	11,89	12,487	12,487	11,89	12,487	12,487
Peso Unit. muestra seca	1,823	1,823	1,8799	1,909	1,909	1,9049	1,968	1,968	1,968	1,968	1,968	1,968

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Tabla 12 Resultado del contenido de humedad y peso unitario de C.B.R. en el sistema SIGELABS.

CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO												
Condición de Muestra	Antes de Mojarse			D. de M.			Antes de Mojarse			D. de M.		
	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.	Fondo	Superf.	2" Superf.
Nº de capas		5.0		5.0			5.0			5.0		5.0
Nº de golpes por capa		12.0		12.0			25.0			56.0		56.0
Peso muestra húm. + molde (gr)		11946.0		12210.0			10789.0			11729.0		11784.0
Peso Molde (gr)		7572.0		7572.0			6220.0			7058.0		7058.0
Peso muestra húmeda (gr)		4374.0		4638.0			4569.0			4671.0		4726.0
Volumen de la muestra cm ³		2121.0		2121.0			2121.0			2121.0		2121.0
Peso Unit. Muestra Húm. (gr/cm ³)		2.0622		2.1867			2.1542			2.2023		2.2282
Muestra de Humedad		Fondo	Superf.	2" Superf.		Fondo	Superf.	2" Superf.		Fondo	Superf.	2" Superf.
Tara Nº	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	87.68	80.24	86.09	89.47	91.38	94.36	87.21	90.79	100.54			
Peso muestra seca + tara	80.46	73.89	77.46	81.86	84.19	85.69	78.94	85.75	92.14			
Peso del agua	7.22	6.35	8.63	7.61	7.19	8.67	8.27	5.04	8.4			
Peso de tara	25.61	25.39	24.59	24.87	25.64	25.77	25.49	25.13	24.87			
Peso de la muestra seca	54.85	48.5	52.87	56.99	58.55	59.92	53.45	60.62	67.27			
Contenido humedad %	13.1632	13.0928	16.3231	13.3532	12.2801	14.4693	15.4724	8.3141	12.487			
Promedio cont. Humedad		13.128	16.3231		12.8166	14.4693		11.8933	12.487			
Peso Unit. muestra seca		1.8229	1.8799		1.9095	1.905		1.9682	1.9809			

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

En esta parte de los cálculos todos los valores salieron iguales, lo que se observó en la introducción de algunos de los ensayos en el laboratorio en EXCEL fue el referido al peso del molde, que se introducía de forma manual en la parte de “Antes de mojarse” distinto al valor de “D. de M.”, esto ocasionaba un error en los valores de peso unitario de la muestra seca y posteriormente en el cálculo de C.B.R.

Ahora pasaremos a presentar los datos referidos a los del cálculo de expansión:

Tabla 13 Datos de ingreso del ensayo C.B.R. expansión.

FECHA	HORA	EN DIAS	MOLDE 1 LECT. EXTENS.	MOLDE 2 LECT. EXTENS.	MOLDE 3 LECT. EXTENS.
26-dic	15:30	1	8,86	9,09	9,3
27-dic	15:30	2	8,91	9,22	9,58
28-dic	15:30	3	9,39	9,71	9,98
29-dic	15:30	4	8,92	9,28	9,56

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Con los datos, se obtuvieron los resultados en EXCEL y en el sistema SIGELABS.

Tabla 14 Resultados del contenido de expansión de C.B.R. en Excel.

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE Nº 1			MOLDE Nº 2			MOLDE Nº 3		
			LECT.		EXPANSION	LECT.		EXPANSION	LECT.		EXPANSION
			EXTENS.	CM.	%	EXTENS.	CM.	%	EXTENS.	CM.	%
26-dic	15:30	1	8,86	0,88	0	9,09	0,909	0	9,3	0,93	0
27-dic	15:30	2	8,91	0,89	0,0281	9,22	0,922	0,0731	9,58	0,958	0,1575
28-dic	15:30	3	9,39	0,93	0,2981	9,71	0,971	0,3487	9,98	0,998	0,3825
29-dic	15:30	4	8,92	0,89	0,0337	9,28	0,928	0,1069	9,56	0,956	0,1462

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Tabla 15 Resultados del contenido de expansión de C.B.R. del sistema SIGELABS.

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	DÍA	Molde 1	Molde 1	Molde 1	Molde 2	Molde 2	Molde 2	Molde 3	Molde 3	Molde 3
			Lectura	en cm.	% Exp.	Lectura	en cm.	% Exp.	Lectura	en cm.	% Exp.
2011-12-26	15:30	1	8.86	0.886	0.0	9.09	0.909	0.0	9.3	0.93	0.0
2011-12-27	15:30	2	8.91	0.891	0.0281	9.22	0.922	0.0731	9.58	0.958	0.1575
2011-12-28	15:30	3	9.39	0.939	0.2981	9.71	0.971	0.3487	9.98	0.998	0.3825
2011-12-29	15:30	4	8.92	0.892	0.0337	9.28	0.928	0.1069	9.56	0.956	0.1462

Fuente: Propia.

Los cálculos relacionados con la expansión salieron iguales. En lo que se debe tener cuidado es en el tema de medir las expansiones, ya que en el sistema SIGELABS también se genera una gráfica que permite observar la expansión de los 3 moldes, y que a veces pueden observarse gráficas bastante raras.

Por último, se introdujeron los datos correspondientes al C.B.R, primero se deben tener los coeficientes referidos a la curva de calibración del anillo que, por lo general, es una recta, luego los datos medidos de penetración para cada molde:

$$y = 1.043 * x + 22.94$$

Tabla 16 Datos de ingreso del ensayo C.B.R. de penetración.

PENETRACION				
Pulg.	mm	EXT-1	EXT-2	EXT-3
0	0	0	0	0
0,025	0,63	1,5	3	3,5
0,05	1,27	13	27	48
0,075	1,9	27	55	97
0,1	2,54	45	83	128
0,2	5,08	82	136	224,00
0,3	7,62	95	171	297,00
0,4	10,16	118	263	423
0,5	12,7	179	384	539

Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Con los datos calculados se realizaron los cálculos de CBR y los resultados son los siguientes:

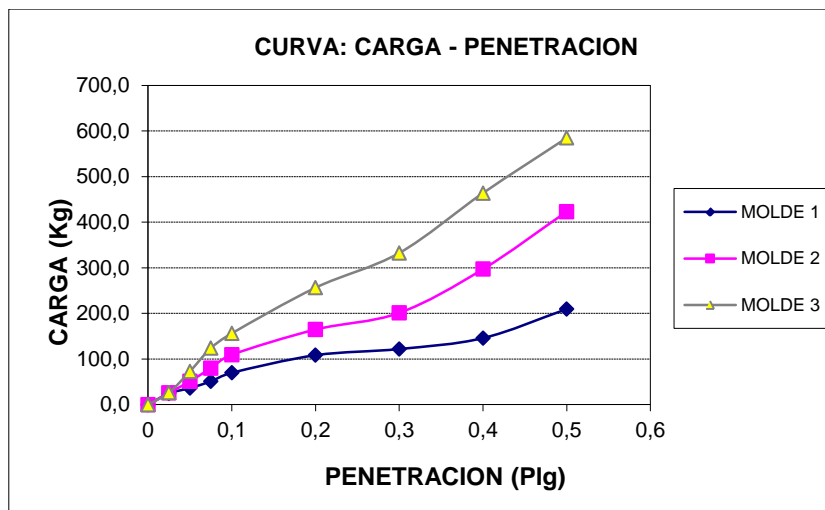
Tabla 17 Resultados del contenido de penetración de C.B.R. de EXCEL

PENETRACION		CARGA NORMAL Kg	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
Pulg.	mm		CARGA ENSAYO Kg	Kg/cm2	C.B.R. CORREG Kg	%	CARGA ENSAYO Kg	Kg/cm2	C.B.R. CORREG Kg	%	CARGA ENSAYO Kg	Kg/cm2	C.B.R. CORREG Kg	%
0	0		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025	0,63		24,5	1,3			26,1	1,3			26,6	1,4		
0,05	1,27		36,5	1,9			51,1	2,6			73,0	3,8		
0,075	1,9		51,1	2,6			80,3	4,1			124,1	6,4		
0,1	2,54	1360	69,9	3,6		5,1	109,5	5,7		8,1	156,4	8,1		11,5
0,2	5,08	2040	108,4	5,6		5,3	164,8	8,5		8,1	256,5	13,3		12,6
0,3	7,62		122,0	6,3			201,3	10,4			332,6	17,2		
0,4	10,16		146,0	7,5			297,2	15,4			464,0	24,0		
0,5	12,7		209,6	10,8			423,4	21,9			585,0	30,2		

C.B.R. %	Peso Unit. gr/cm3
5,3	1,851
8,1	1,907
12,6	1,975

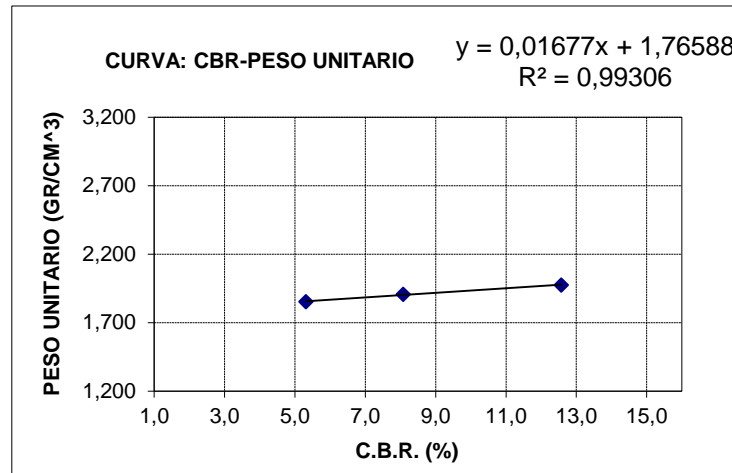
Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Figura 81. Gráfica de CURVA-PENETRACIÓN de EXCEL.



Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Figura 82. Gráfica de CBR-PESO UNITARIO de EXCEL.



CBR 100% D.máx	
7	%
CBR 95% D.Máx.	
1	%

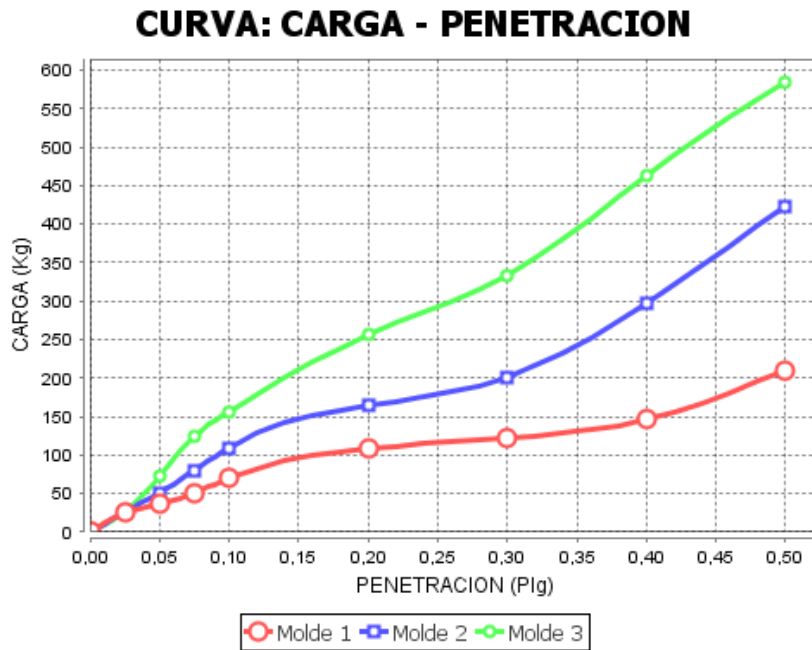
Fuente: Laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S.

Tabla 18 Resultados del contenido de penetración de C.B.R. del sistema SIGELABS

C.B.R.									
Penetración	Molde 1	Molde 1	Molde 1	Molde 2	Molde 2	Molde 2	Molde 3	Molde 3	Molde 3
	kg.	kg/cm2	%	kg.	kg/cm2	%	kg.	kg/cm2	%
0.00" - 0.00mm	0	0		0	0		0	0	
0.025" - 0.63mm	24.5045	1.2661		26.069	1.3469		26.5905	1.3738	
0.05" - 1.27mm	36.499	1.8858		51.101	2.6402		73.004	3.7719	
0.075" - 1.9mm	51.101	2.6402		80.305	4.1491		124.111	6.4124	
0.1" - 2.54mm	69.875	3.6102	5.1379	109.509	5.658	8.0521	156.444	8.083	11.5032
0.2" - 5.08mm	108.466	5.6041	5.317	164.788	8.5141	8.0778	256.572	13.2562	12.5771
0.3" - 7.62mm	122.025	6.3046		201.293	10.4002		332.711	17.1901	
0.4" - 10.16mm	146.014	7.5441		297.249	15.3579		464.129	23.98	
0.5" - 12.7mm	209.637	10.8313		423.452	21.8784		585.117	30.2311	

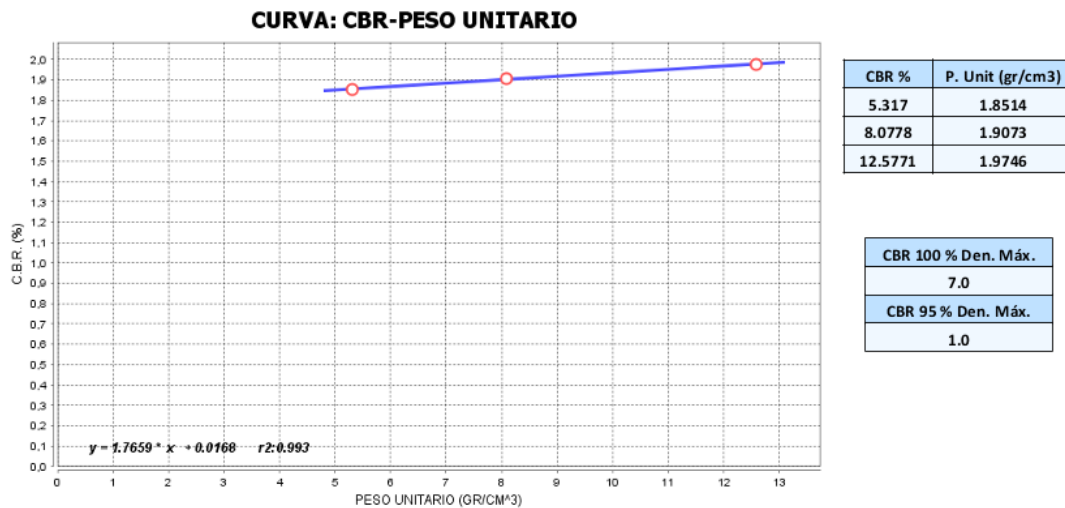
Fuente: Propia.

Figura 83. Gráfica de CURVA-PENETRACIÓN del sistema SIGELABS.



Fuente: Propia.

Figura 84. Gráfica de CBR-PESO UNITARIO de EXCEL.



Fuente: Propia.

Los cálculos relacionados a la penetración de C.B.R. no tienen mayor problema tanto en el EXCEL como en el sistema SIGELABS, las fallas que se pudieron encontrar es

al introducir los coeficientes de calibración del anillo. El otro tiene que ver con la generación de la ecuación de C.B.R. – peso unitario, debido a que en EXCEL se los calcula con los decimales que generan que, por lo general, son de cuatro cifras; también se puede incurrir en errores de selección de los valores de porcentaje de C.B.R. porque por norma se utiliza el valor de 1” para el cálculo, salvo ocasiones en las que el valor de 2” es mayor, se recomienda revisar los datos o volver a hacer el ensayo, si se repite el valor se toma como valores correctos los de 2”.

3.1.3.1.2. Análisis de resultados obtenidos

Los resultados que se obtuvieron tanto del EXCEL como del sistema fueron verificados y comprobados, los resultados de dicho análisis se presentan en el anexo 19.

Lo que más se pudo observar en los errores que se presentaron en los archivos de Excel son los referidos al ingreso manual de datos en la pantalla, al contar con muchos campos a llenar, se pueden cometer errores que ocasionan un resultado erróneo. Otro es el referido al que se comete cuando se utilizan las gráficas y las ecuaciones generadas por el Excel; estas ecuaciones no cuentan con todos los decimales y se pueden ocasionar errores por redondeo, un error común que se observo es el utilizar datos de otro ensayo para el cálculo posterior de otro como es el caso de la clasificación de suelos que depende de otros ensayos o el ensayo de California que depende de la compactación T-99 ó T-180.

Todas estas observaciones fueron detalladas en el anexo ya mencionado (anexo 19). A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos, donde se puede observar los porcentajes de error que se generaron al ingresar manualmente los datos.

Tabla 19 Resumen de ingreso de datos y comparación de resultados EXCEL y sistema SIGELABS.

ENSAYO	Núm. de ensayos	Resultados		Error		Porcentaje error	
		Similares	Distintos	Sistema	Manual	Sistema	Manual
Ensayo de determinación del contenido de humedad	46	46	0	0	0	0	0,00
Ensayo de Granulometría por el método mecánico o tamices.	44	37	7	0	7	0	15,91
Ensayo de Granulometría por el método del Hidrómetro	2	2	0	0	0	0	0,00
Ensayo de Límites de Atterberg	43	41	2	0	2	0	4,65
Ensayo de Clasificación de suelos (Método S.U.C.S., A.A.S.H.T.O.)	43	17	26	0	26	0	60,47
Ensayo de gravedad específica de los sólidos del suelo (Peso específico)	2	2	0	0	0	0	0,00
Ensayo de relaciones humedad – densidad ó compactación (T-99, T-180)	27	25	2	0	2	0	7,41
Ensayo de determinación de la densidad de suelo en el terreno (IN - SITU)	26	26	0	0	0	0	0,00
Ensayo de determinación de la densidad relativa	7	7	0	0	0	0	0,00
Ensayo de cono holandés	8	8	0	0	0	0	0,00
Ensayo de penetración estándar ó SPT	7	6	1	0	1	0	14,29
Ensayo de la relación de soporte o de California o CBR	20	13	7	0	7	0	35,00
Ensayo de compresión inconfiada	3	3	0	0	0	0	0,00
Ensayo de compactación de material granular	6	6	0	0	0	0	0,00

Fuente: Propia.

En la tabla resumen anterior se puede observar que los ensayos en los que se presentan errores son los siguientes:

- Ensayo de Granulometría por el método mecánico o tamices.
- Ensayo de Límites de Atterberg
- Ensayo de Clasificación de suelos (Método S.U.C.S, A.A.S.H.T.O.)
- Ensayo de relaciones humedad – densidad ó compactación (T-99, T-180)
- Ensayo de penetración estándar ó SPT
- Ensayo de la relación de soporte o de California o CBR

El que más llama la atención por la cantidad de datos ingresados es el de clasificación, que en el laboratorio se lo hace de forma manual, siguiendo un conjunto de pasos en los que se utilizan resultados de la granulometría y los límites de Atterberg; los demás ensayos tienen menor incidencia, pero en el caso del SPT se tiene un vínculo directo con la clasificación, así como el CBR.

En los ensayos de compactación se pudo observar que los errores eran por la utilización de los coeficientes de la gráfica generada por el EXCEL, que no contemplan todos los decimales.

En los demás ensayos no se tuvieron tanta incidencia, los errores encontrados en la granulometría se debían a un error de planilla que al ser sólo fórmulas en las celdas pueden cometerse errores al copiar la fórmula.

Otro elemento observado es que algunos ensayos son muy poco solicitados entre ellos tenemos:

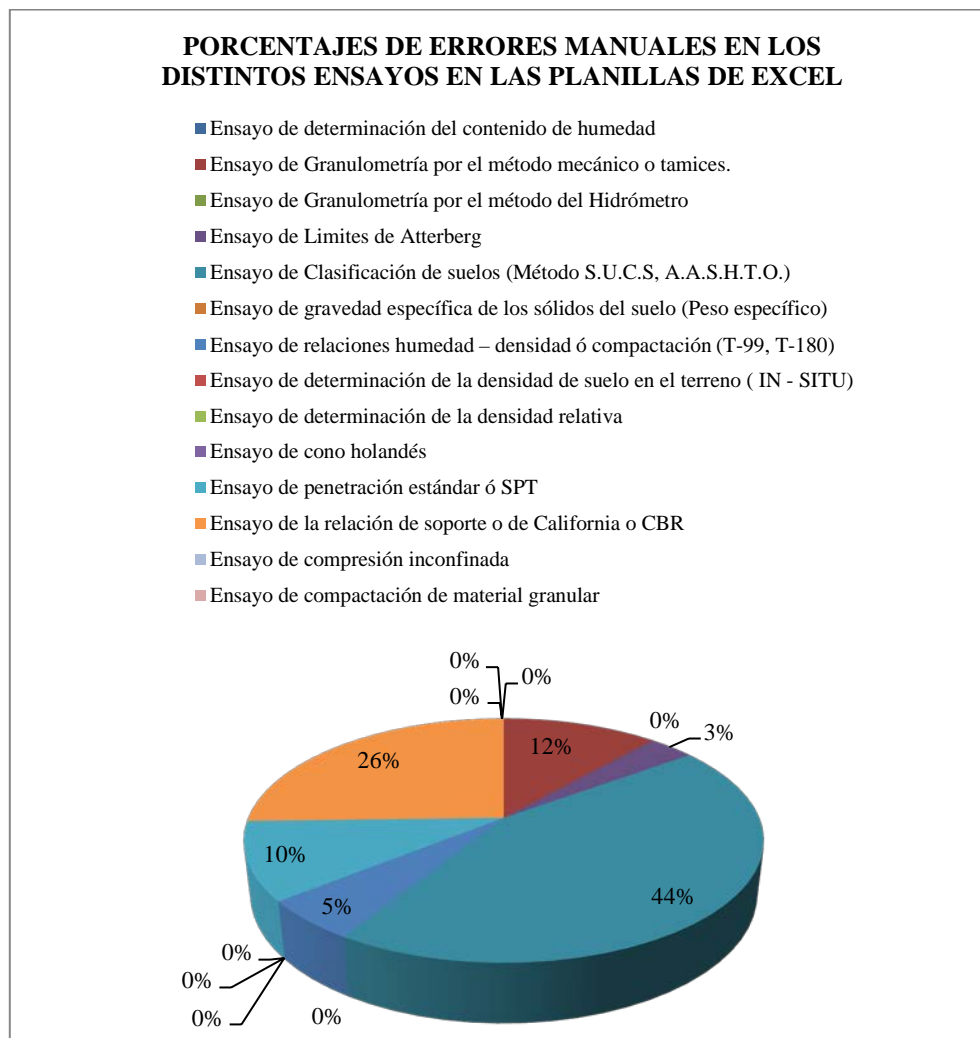
- Ensayo de compactación de material granular
- Ensayo de compresión inconfiada
- Ensayo de gravedad específica de los sólidos del suelo (Peso específico)
- Ensayo de Granulometría por el método del Hidrómetro

Los ensayos que más son solicitados son aquellos vinculados a mejoramiento de suelos para carreteras como los de compactación, los de su verificación de densidad

en la compactación como el ensayo de densidad in-situ y los de determinación de resistencia admisible, todos estos tienen que ver con el creciente volumen de proyectos de construcción de carreteras, de estructuras viales y construcciones civiles que se están dando en nuestro medio.

A continuación, como resumen final, se presenta una gráfica donde se puede observar los porcentajes de error en el ingreso de datos en las plantillas de EXCEL en cada uno de los ensayos.

Figura 85. Gráfica de los porcentajes de errores manuales en los distintos ensayos que se presentan en las planillas de EXCEL.



Fuente: Propia.

Otro elemento importante analizar es con el referido a mejorar el control administrativo, para ello se tienen como resultado del sistema los reportes que se pueden generar en la gestión de reportes que se encuentra en el sistema. A continuación se presenta una imagen de la gestión de reportes:

Figura 86. Gráfica de la gestión de reportes del sistema SIGELABS.

Fuente: Propia.

En lo que sigue se presenta una lista de reportes que tiene el sistema, de acuerdo al modulo que se tiene:

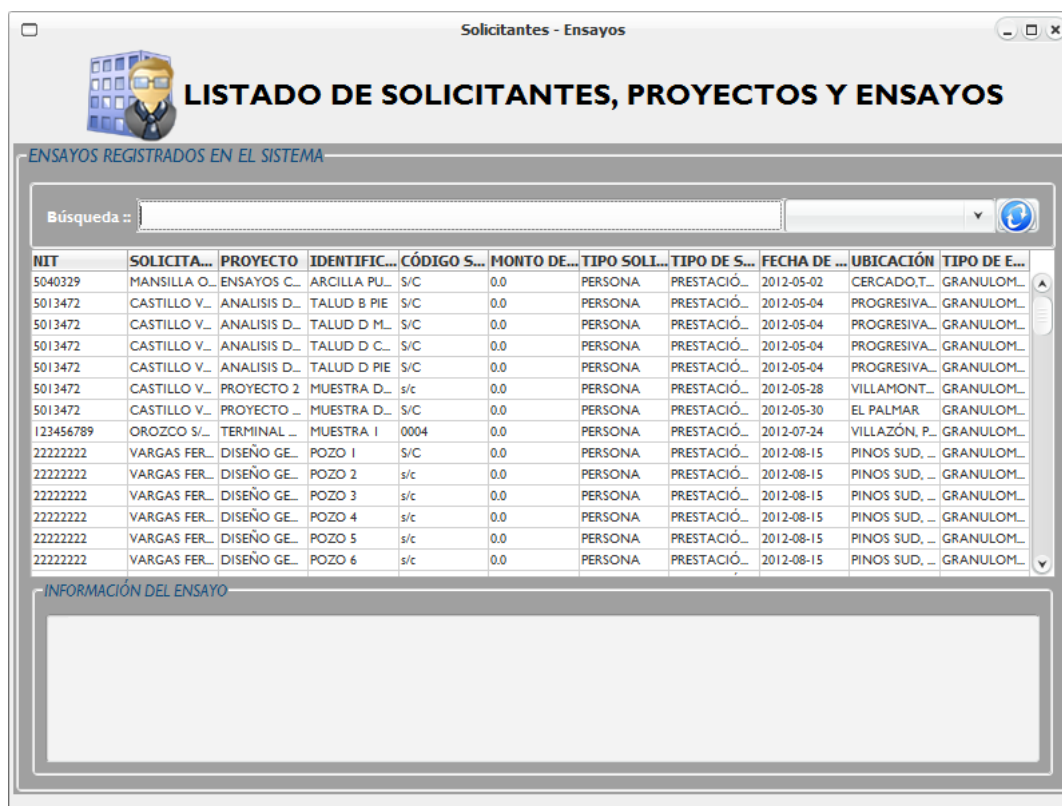
- **Gestión usuarios**
 - Lista de personas registradas
 - Lista de usuarios registrados
 - Lista de usuarios y préstamos registrados
- **Gestión Personal**
 - Lista completa del personal
 - Lista completa del personal con más formación académica y experiencia laboral
 - Lista de personal y proyectos en los que trabajaron

- Lista de cargos, grados, instituciones, monedas, organizaciones, países y profesiones
- **Gestión solicitantes**
 - Lista completa de solicitantes
 - Lista completa de solicitantes con proyectos, puntos y ensayos realizados
 - Lista de solicitantes proyectos y montos
 - Lista de proyectos y ubicación de los solicitantes
 - Lista de ubicaciones de proyectos
- **Gestión Académico**
 - Lista de periodos y materias que se cursaron
 - Lista de materias y ensayos.
 - Lista de docentes
 - Lista de universitarios
 - Lista de docentes y grupos
 - Lista de docentes, periodos y grupos
 - Lista de grupos, subgrupos y universitarios
 - Lista de préstamos realizados
 - Lista de deudores de carátulas
 - Lista de pedidos y multas
 - Lista de deudores de préstamo de herramientas y equipo
- **Gestión Equipo**
 - Lista del equipo
 - Lista del equipo con foto.
 - Lista de equipo y prestamos realizados.
 - Lista de herramienta
 - Lista de herramienta con foto
 - Lista de herramienta y préstamos realizados
 - Lista de categorías, colores, marcas, tipo de equipo y unidades

Todos estos ensayos tienen parámetros de búsqueda que permiten investigar la información más precisa.

Otra forma de ver en qué medida se pudo mejorar el control administrativo es realizando pruebas de búsqueda, en este caso se utilizaron los ensayos que se registraron en la base de datos de la gestión 2011, la prueba consistía en 3 usuarios, dos de ellos utilizando la carpeta donde se encontraban los ensayos registrados de cada solicitante y sus respectivos archivos de Excel, y otra persona haciendo uso del sistema y la pantalla donde se encuentran todos los ensayos registrados, además seleccionando uno de ellos se ve la información del ensayo y haciendo doble clic se puede ver el ensayo calculado. Esta pantalla se ve a continuación:

Figura 87. Gráfica de búsqueda de ensayos del sistema SIGELABS.



The screenshot shows a web application window titled "Solicitantes - Ensayos". The main heading is "LISTADO DE SOLICITANTES, PROYECTOS Y ENSAYOS". Below the heading is a search bar labeled "Búsqueda ::" with a search icon. The table below lists 18 records with the following columns: NIT, SOLICITANTE, PROYECTO, IDENTIFICACION, CODIGO SOLICITANTE, MONTO DE ENSAYO, TIPO SOLICITANTE, TIPO DE SERVICIO, FECHA DE REGISTRO, UBICACION, and TIPO DE ENSAYO. Below the table is a section for "INFORMACION DEL ENSAYO" which is currently empty.

NIT	SOLICITANTE	PROYECTO	IDENTIFICACION	CODIGO SOLICITANTE	MONTO DE ENSAYO	TIPO SOLICITANTE	TIPO DE SERVICIO	FECHA DE REGISTRO	UBICACION	TIPO DE ENSAYO
5040329	MANSILLA O...	ENSAYOS C...	ARCILLA PU...	S/C	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-05-02	CERCADO, T...	GRANULOM...
5013472	CASTILLO V...	ANALISIS D...	TALUD B PIE	S/C	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-05-04	PROGRESIVA...	GRANULOM...
5013472	CASTILLO V...	ANALISIS D...	TALUD D M...	S/C	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-05-04	PROGRESIVA...	GRANULOM...
5013472	CASTILLO V...	ANALISIS D...	TALUD D C...	S/C	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-05-04	PROGRESIVA...	GRANULOM...
5013472	CASTILLO V...	ANALISIS D...	TALUD D PIE	S/C	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-05-04	PROGRESIVA...	GRANULOM...
5013472	CASTILLO V...	PROYECTO 2	MUESTRA D...	s/c	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-05-28	VILLAMONT...	GRANULOM...
5013472	CASTILLO V...	PROYECTO ...	MUESTRA D...	S/C	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-05-30	EL PALMAR	GRANULOM...
123456789	OROZCO S/...	TERMINAL ...	MUESTRA 1	0004	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-07-24	VILLAZÓN, P...	GRANULOM...
22222222	VARGAS FER...	DISEÑO GE...	POZO 1	S/C	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-08-15	PINOS SUD. ...	GRANULOM...
22222222	VARGAS FER...	DISEÑO GE...	POZO 2	s/c	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-08-15	PINOS SUD. ...	GRANULOM...
22222222	VARGAS FER...	DISEÑO GE...	POZO 3	s/c	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-08-15	PINOS SUD. ...	GRANULOM...
22222222	VARGAS FER...	DISEÑO GE...	POZO 4	s/c	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-08-15	PINOS SUD. ...	GRANULOM...
22222222	VARGAS FER...	DISEÑO GE...	POZO 5	s/c	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-08-15	PINOS SUD. ...	GRANULOM...
22222222	VARGAS FER...	DISEÑO GE...	POZO 6	s/c	0.0	PERSONA	PRESTACIO...	2012-08-15	PINOS SUD. ...	GRANULOM...

Fuente: Propia.

El tiempo de búsqueda se controló en segundos, los resultados son los siguientes:

Tabla 20 Tabla de tiempos de la prueba de búsqueda.

# DE BÚSQUEDA	TIEMPO DE BÚSQUEDA EN SEGUNDOS			OBSERVACIONES
	REALIZADA	USUARIO 1	USUARIO 2	
1	13	35	9	
2	10	12	7	
3	13	13	9	
4	16	20	8	
5	12	17	9	
6	73	15	10	
7	103	89	13	No se encuentra ordenado en las carpetas
8	125	110	15	No se encuentra ordenado en las carpetas
9	45	38	8	
10	17	13	7	
11	130	135	16	No se encontró por nombre distinto en el nombre del archivo
12	38	32	8	
13	47	30	12	
14	21	18	8	
15	12	15	8	
16	11	9	8	
17	145	135	12	El archivo no se encuentra bien identificado
18	19	15	11	
19	32	35	9	
20	35	28	8	
21	25	22	9	
22	20	15	10	
23	28	35	11	
24	60	75	9	
25	17	23	8	
PROMEDIO	42,68	39,36	9,68	

Fuente: Propia.

Como se puede observar en los resultados, algunas búsquedas fueron bastante rápidas en las carpetas, esto gracias al buscador que tiene el sistema operativo Windows Siete, o porque los archivos están ordenados en carpetas; pero en otras búsquedas se tomó bastante tiempo para poder realizar la búsqueda, esto debido a que no se encontraban guardados con el nombre correspondiente del solicitante o del proyecto,

o el archivo no estaba bien identificado. En el sistema se realizó la búsqueda en la mayor parte del tiempo con mejores tiempos, en algunos casos se tardaban unos segundos más por la cantidad de ensayos almacenados en los puntos o la cantidad de solicitudes, pero a diferencia de la búsqueda realizada en las carpetas la búsqueda del punto y el ensayo tomaba más tiempo.

En lo referido al tema de la validación de datos de los módulos del sistema:

El académico, donde se registran las materias, docentes, prácticas de laboratorios, préstamo de equipo y herramienta para los ensayos, la devolución de los mismos y el registro de compra de carátula.

El de equipo y herramienta, donde se registran todo estos elementos y sus observaciones.

Se realizaron pruebas para determinar que los datos introducidos correspondan a las operaciones correctas, esto mediante los reportes que el sistema genera. Para esta parte del sistema se introdujeron datos de prueba ya que se realizaron durante la época en que no se contaban con datos reales.

Las materias para dicho propósito son las siguientes:

- Laboratorio de hormigón 1
- Laboratorio de suelos 1

Luego introdujeron un grupo para cada materia y se crearon 2 subgrupos como se puede ver en la imagen:

Figura 88. Gráfica de introducción de datos en la gestión académica en el sistema SIGELABS.



Fuente: Propia.

Luego se procedió a realizar el préstamo de equipo al grupo 1 de la materia de laboratorio de hormigón para el ensayo de finura del cemento:

Figura 89. Gráfica de préstamo de equipo al grupo 1 del laboratorio de hormigón, ensayo de finura del cemento en el sistema SIGELABS.



Fuente: Propia.

Una vez registrado el préstamo se procedió a la devolución de algunos de los ítems del préstamo por lo que en la imagen se ve el estado de inactivo del préstamo por tal motivo; también se multó al grupo por la devolución en mal funcionamiento de un equipo devuelto y su multa es la devolución de dicho equipo y limpieza del laboratorio, al pagarse la multa se registró en el sistema por lo que ya la multa no puede ser modificada y se pone inactiva, donde se remarca la multa que se le realizó al grupo. Lo que quiere decir que todavía el grupo debe equipo al laboratorio que esta mostrado en la parte superior que son dos, en el reporte. Como se ve en la siguiente imagen, de la misma manera en el reporte debe constar que el grupo debe estos dos instrumentos:

Figura 90. Gráfica de préstamo y multa de equipo al grupo 1 del laboratorio de hormigón, ensayo de finura del cemento en el sistema SIGELABS.

EQUIPO LABORATORIO PRESTADO				
Búsqueda ::		Código		
Código	Nombre Equipo	F. Dev.	Obs.	Sel.
I-3103-1206-108...	APARATO PARA PUNTO DE ABLANDAMIENTO DOBLE	Mon Aug 27 00:0...		<input type="checkbox"/>
I-3103-1209-76...	BALANZAS DE LABORATORIO CAP. 9 KILOS	Mon Aug 27 00:0...		<input type="checkbox"/>

MULTAS DEL PEDIDO DE MATERIAL			
Código	Fecha Multa	Descripción de la multa	estado
	2 30-05-2012	REPONER EL APARATO Y LIMPIEZA DE LABORATORIO...	INACTIVA

Fuente: Propia.

También se va a registrar en el pago por la compra de carátula de dicho grupo del ensayo correspondiente pero dejando dos personas con los siguientes registros universitarios, 59902 y 64166, los demás serán seleccionados como personas que pagaron. En la siguiente imagen se ve la operación mencionada:

Figura 91. Gráfica de pago de carátulas del grupo 1 del laboratorio de hormigón, ensayo de finura del cemento en el sistema SIGELABS.

DATOS DEL SUB-GRUPO

Período :: SEMESTRE I 2012 Materia :: LABORATORIO DE HORMIGON I

Grupo :: GRUPO 1 HORMIGON Subgrupo :: SUB GRUPO 1

Ensayo :: ENSAYO DE FINURA DEL CEMENTO

UNIVERSARIOS REGISTRADOS EN EL SUB-GRUPO

Búsqueda :: Ru

RU	Nombre Universitario	Sel.
52091	RODRIGUEZ ALTAMIRANO SILVIA	<input checked="" type="checkbox"/>
55839	PORTAL VILTE DAVID ALEX	<input checked="" type="checkbox"/>
59902	ABAN BELTRAN ABEL	<input type="checkbox"/>
64166	GARCIA ACUÑA BETY	<input type="checkbox"/>

Fuente: Propia.

De la misma manera se realizaron similares operaciones del grupo 1 del laboratorio de suelos 1, donde el subgrupo 1 hizo las siguientes operaciones:

- El préstamo del equipo para el ensayo de humedad natural
- La devolución, instancian en que fue multado por devolver un cargador en mal estado y la limpieza de laboratorio
- También debe una balanza al laboratorio
- En el registro de carátulas ya todos pagaron por la misma.

A continuación se procede a realizar un reporte de las multas, préstamos para corroborar los datos que se introdujeron:

Figura 92. Gráfica de reporte de deudores de carátulas generado por el sistema SIGELABS.

Gestión	Periodo	Fecha Inicio	Fecha Fin	Estado	Periodo
2012	SEMESTRE 1 2012	28/02/2012	30/06/2012	ACTIVO	
LABORATORIO DE HORMIGON I			CIV - 371		
GRUPO 1 HORMIGON		C.I. : 5032417	Docente : DIAZ AYARDE MOISES EDUARDO		
SUB GRUPO 1					
ENSAYO DE FINURA DEL CEMENTO					
R.U. Nombres Universitarios (Deudores de Carátulas)					
59902	ABAN BELTRAN ABEL				
64166	GARCIA ACUÑA BETY				
SUG GRUPO 2					
LABORATORIO DE SUELOS I			CIV - 241		
GRUPO 1		C.I. : 5032417	Docente : DIAZ AYARDE MOISES EDUARDO		
SUBGRUPO - 1					
HUMEDAD NATURAL					
SUB-GRUPO 2					

Fuente: Propia.

Figura 93. Gráfica de reporte de préstamo de equipo generado por el sistema SIGELABS (Hoja 1).

DETALLE DE PRÉSTAMOS									
Gestión	Nombre Periodo	Grupo	Sub-Grupo	Cod. Ped.	Fecha Ped.	Est. Ped.	Ensayo	R.U.	Nombre Responsable de la Solicitud
2012	SEMESTRE 1 2012	GRUPO 1 HORMIGON	SUB GRUPO 1	2	30/05/2012	INACTIVO	ENSAYO DE FINURA DEL CEMENTO	52091	RODRIGUEZ ALTAMIRANO SILVIA
PERSONAL DE LABORATORIO PRESTAMISTA									
Código Usuario	C.I.	Personal Prestamista	Tipo Usuario	Est. Usuario					
3	5040329	MANSILLA ONOFRE ANGELA JOANNA	AUXILIAR	ACTIVO					
EQUIPO PRESTADO									
Cód. Equipo	Nombre Equipo	Fecha Dev.	Personal Receptor	Observaciones					
1-3103-1209-97-17497	AGITADORES DE TÁMICES ELECTRICOS CAP. 8 TÁMICES	30-05-12 12:00 AM	MANSILLA ONOFRE ANGELA JOANNA						
1-3103-1209-27-6695	APARATO AGITADOR CON 5 TÁMICES	31-05-12 12:00 AM	MANSILLA ONOFRE ANGELA JOANNA						
1-3103-1206-108-55558	APARATO PARA CORTE DIRECTO/RESIDUAL, CON PEDESTAL, COLGADOR DE CARGA VERTICAL, BRAZO DE CARGA	30-05-12 12:00 AM	MANSILLA ONOFRE ANGELA JOANNA	ESTA ROTO					
MULTAS DE PRESTAMO									
Descripción	F. Multa	Est. Multa	Usuario Multador	Tipo Usuario	Est. Usuario				
REPONER EL APARATO Y LIMPIEZA DE LABORATORIO.....	30/05/2012	INACTIVA	MANSILLA ONOFRE ANGELA JOANNA	AUXILIAR	ACTIVO				
PAGO DE MULTA									
F. Pago	Descripción Multa	Personal Cobrador	Tipo Usuario	Est. Usuario					
30/05/2012	SE PAGO LA MULTA CORRESPONDIENTE.....	MANSILLA ONOFRE ANGELA JOANNA	AUXILIAR	ACTIVO					
2012	SEMESTRE 1 2012	GRUPO 1	SUBGRUPO - 1	1	30/05/2012	INACTIVO	HUMEDAD NATURAL	53128	SANDOVAL OÑA ALEJANDRO
PERSONAL DE LABORATORIO PRESTAMISTA									
Código Usuario	C.I.	Personal Prestamista	Tipo Usuario	Est. Usuario					



Fuente: Propia.

Figura 94. Gráfica de reporte de préstamo de equipo generado por el sistema SIGELABS (Hoja 2).

Código Usuario	C.I.	Personal Prestamista	Tipo Usuario	Est. Usuario	
1	5032417	DIÁZ AYARDE MOISES EDUARDO	ENCARGADO	ACTIVO	
<u>EQUIPO PRESTADO</u>					
Cód. Equipo	Nombre Equipo	Fecha Dev.	Personal Receptor	Observaciones	
1-3103-1206-108-55557	APARATO PARA CORTE DIRECTO/RESIDUAL, CON PEDESTAL, COLGADOR DE CARGA VERTICAL, BRAZO DE CARGA.	30-05-12 12:00 AM	DIÁZ AYARDE MOISES EDUARDO		
1-3103-1206-108-55558	APARATO PARA CORTE DIRECTO/RESIDUAL, CON PEDESTAL, COLGADOR DE CARGA VERTICAL, BRAZO DE CARGA.	31-05-12 12:00 AM	DIÁZ AYARDE MOISES EDUARDO		
1-3103-1209-76-6242	BALANZAS DE LABORATORIO CAP. 9 KILOS	29-05-12 12:00 AM	DIÁZ AYARDE MOISES EDUARDO		
1-3103-1209-76-31624	BALANZAS DE LABORATORIO DE PRECISION ELECTRONICA CAPACIDAD DE 6100G X 0.1G	30-05-12 12:00 AM	DIÁZ AYARDE MOISES EDUARDO	FALTA CARGADOR	
<u>MULTAS DE PRESTAMO</u>					
Descripción	F. Multa	Est. Multa	Usuario Multador	Tipo Usuario	Est. Usuario
DEVOLVER CARGADOR Y LIMPIEZA DE LABORATORIO	30/05/2012	INACTIVA	DIÁZ AYARDE MOISES EDUARDO	ENCARGADO	ACTIVO
<u>PAGO DE MULTA</u>					
F. Pago	Descripción Multa	Personal Cobrador	Tipo Usuario	Est. Usuario	
31/05/2012	SE PAGO EL CARGADOR Y LA LIMPIEZA	DIÁZ AYARDE MOISES EDUARDO	ENCARGADO	ACTIVO	

Fuente: Propia.

Figura 95. Gráfica de reporte de deudores de préstamo de equipo generado por el sistema SIGELABS.

 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y HORMIGÓN				REPORTE DEUDORES DE EQUIPO Y HERRAMIENTA									
Nombre de Usuario : MOISES EDUARDO DIAZ AYARDE CAMPOS DE BÚSQUEDA		Fecha de Impresión : lunes 27 agosto 2012											
Gestión ::		Nombre Periodo ::		R.U. ::		Ap. Paterno ::							
DEUDORES DE EQUIPO													
Gestión	Nombre Periodo	Grupo	Sub-Grupo	Fecha Ped.	Est. Ped.	Ensayo	R.U.	Ap. Paterno	Ap. Materno	Nombre(s)			
2012	SEMESTRE 1 2012	GRUPO 1 HORMIGON	SUB GRUPO 1	30/05/2012	INACTIVO	ENSAYO DE FINURA DEL CEMENTO	5.2091	RODRIGUEZ	ALTAMIRANO	SILVIA			
2012	SEMESTRE 1 2012	GRUPO 1 HORMIGON	SUB GRUPO 1	30/05/2012	INACTIVO	ENSAYO DE FINURA DEL CEMENTO	5.2091	RODRIGUEZ	ALTAMIRANO	SILVIA			
2012	SEMESTRE 1 2012	GRUPO 1	SUBGRUPO -1	30/05/2012	INACTIVO	HUMEDAD NATURAL	53128	SANDOVAL	OÑA	ALEJANDRO			

Fuente: Propia.

Como se puede ver en los reportes, se obtuvieron los resultados esperados en cuanto a los que se refiere al préstamo de equipo; además, se puede determinar también quién es la persona que realizó el préstamo, quien realizó la recepción, quien multó y quien recibió el pago de la multa, esto permite tener un mejor control del equipo de laboratorio, ayudando de esta manera de forma rápida a la ubicación de la información deseada. Caso similar se presenta a la hora de buscar información de un ensayo realizado en el laboratorio, ya que se tiene una pantalla que permite buscar de forma rápida los ensayos que se realizaron y todas sus particularidades.

Existen más reportes como se mencionó al principio, que ayudan a la mejor administración del laboratorio, en esta parte solo se hizo una pequeña presentación de los que podrían ser los más usados por el encargado del laboratorio; sin embargo, debido a la extensión de la información que se presentaría se prefirió seleccionar esos.

En cuanto a los resultados que se obtuvieron en la capacitación al personal del laboratorio de suelos se describe a continuación todo el procedimiento realizado.

La capacitación se la realizó en los ambientes del laboratorio de suelos, donde se utilizaron los equipos del laboratorio para ejecutar las pruebas de introducción de datos, también se hizo uso de una proyectora y una portátil, para ello se realizó la solicitud mediante carta al responsable del laboratorio, solicitando una fecha para realizar la capacitación del personal del laboratorio, una vez fijada la fecha se procedió a realizar dos grupos de capacitación, esto debido a que se cuentan con personal distinto en dos turnos, uno en la mañana y otro en la tarde. Se seleccionó un día en el que no se tengan ninguna actividad laboral como académica.

También se procedió a realizar una lista del personal donde se firmó como constancia su capacitación, que se encuentra adjunta en los anexos.

La capacitación fue práctica, donde se explicaban mediante la introducción de datos en el sistema el funcionamiento.

Durante la capacitación de los usuarios del sistema, primero se procedió a la explicación del funcionamiento general del sistema, donde se hablaba de los distintos módulos y su funcionamiento, una vez terminado esto se procedió a realizar la explicación de la introducción de datos en los distintos ensayos, durante este proceso se pudo observar algunas inquietudes por parte de los usuarios.

Aunque se realizó el diseño de los elementos generales del sistema en conjunto con los futuros usuarios, siempre existen las dudas referentes a algunos elementos del funcionamiento del sistema como ser:

A la introducción de datos de algunos de los ensayos, donde se preguntaba si se validaban los datos antes de proceder al cálculo, o las unidades a ser introducidas.

Todas estas dudas recopiladas fueron agregadas en el manual de usuario, que le permite al usuario tener una herramienta para el uso correcto del sistema.

Existen más pruebas que se pueden hacer a un sistema desde el punto de vista funcional como pruebas de carga, estrés, estabilidad y otras, no son aplicables a este sistema, ya que no se trata de un sistema con una cantidad elevada de usuarios, el sistema fue desarrollado para el uso exclusivo del laboratorio de suelos donde solo cuentan con 4 equipos, los cuales están en red.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Una vez finalizado el presente proyecto de grado se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se pudo lograr la identificación de las distintas actividades que se realizan en el laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S., esto se lo puede comprobar en el capítulo 3, donde se encuentra el análisis y se describe de mejor manera cada una de las actividades, también se pudo identificar las funciones que realiza cada uno de los actores del mismo.
- Se identificaron los distintos elementos de los ensayos que se practican en el laboratorio de suelos, además, de su importancia y su aplicación práctica. Esto se puede comprobar en el capítulo 2 y los anexos 7 y 8.
- Con la identificación de los elementos, se pudo seleccionar las distintas herramientas tanto matemáticas como informáticas para la programación de un sistema informático que permita calcular tanto los ensayos geotécnicos como la administración de la información del laboratorio de suelos, toda esta información se encuentra detallada en el capítulo 2 donde se encuentran los modelos matemáticos y el capítulo 3 donde se encuentran las descripciones de las herramientas utilizadas en el presente proyecto.
- Con el análisis realizado en el capítulo 2 se pudo realizar la programación de un sistema informático que se encuentra descrita en la aplicación práctica, donde podemos observar que cumple con los requerimientos del laboratorio de suelos, que son los siguientes:
 - El registro de la información del personal del laboratorio
 - El registro de la información académica correspondiente al registro de los grupos y docentes que utilizan el laboratorio de suelos, el préstamo

de equipo y herramienta por parte de los grupos de estudiantes y el pago de las carátulas.

- El registro de la información del equipo y herramienta que se utiliza en el laboratorio y sus préstamos.
- El registro de los solicitantes, tanto empresas o personas naturales y sus respectivos informes de ensayos geotécnicos.
- Con el sistema construido y en funcionamiento se realizaron pruebas de introducción de datos, tanto a los ensayos de laboratorio como los datos de la administración del mismo, todos los resultados obtenidos se encuentran en el capítulo 3, donde se puede observar que a pesar de usar la herramienta Excel, se presentan algunos errores de cálculo, debido al ingreso incorrecto de datos o el uso de tablas de forma manual.
- Mediante la gestión de reportes, donde se pueden generar los reportes de cada uno de los módulos ya mencionados, se agiliza de gran manera el trabajo de administración y búsqueda de información por parte del personal del laboratorio; además, al estar la información en una base de datos de donde los distintos equipos del laboratorio puede acceder, se puede trabajar de forma más rápida en el ingreso de datos. En cambio en la forma anterior donde se manejaban los archivos de manera manual y en Excel, se tenían dificultades a la hora de buscar y ver la información al no tener disponible los archivos en todos los equipos.
- Como se puede observar, con la información proporcionada por el responsable del laboratorio de suelos, la ayuda del técnico y los auxiliares del laboratorio, se realizó el análisis, diseño y programación de un sistema informático que mediante sus distintos módulos permite mejorar el procesamiento de la información del laboratorio de suelos tanto en el manejo de datos y cálculos de los ensayos como en la funcionalidad operacional administrativa del laboratorio.

4.2. Recomendaciones

Terminado el presente trabajo de grado, se tienen las siguientes recomendaciones:

- Fomentar y apoyar los distintos emprendimientos de estudiantes a la hora de desarrollar proyectos multidisciplinarios, que les permite tener de alguna manera un contacto con la aplicación de sus conocimientos de su área de trabajo en la vida real, ganando experiencia que le puede ser valiosa durante su vida profesional.
- Se recomienda la implementación del sistema informático elaborado (SIGELABS) que le va ayudar al estamento administrativo para tener un mayor control de la información que se maneja en el laboratorio, si bien siempre se tiene problemas a la hora de implementar un sistema por la falta de conocimiento de su manejo en los usuarios finales, se espera que se tenga la predisposición por la parte administrativa de fomentar su uso, que a la larga va a permitir tener una herramienta a la hora de desempeñar sus funciones.
- Para la implementación se recomienda capacitar en su manejo a los distintos auxiliares del laboratorio. Para ayudar a este proceso se elaboró un manual de uso que será como una guía para la instrucción.
- Si bien los ensayos fueron programados para un uso sencillo, se debe verificar la información introducida así como el resultado, ya que todo sistema tiene genera resultados en función a los datos introducidos y el programador no puede ver todas las posibles fallas ocasionadas por la mala introducción de datos. Por esto se recomienda la verificación de los valores introducidos, así como una revisión del manual de uso del sistema, donde se trata de la introducción de los datos en los distintos ensayos y de esta manera no tener errores a la hora de introducir los datos.