



DOCENCIA COMO MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO EN LAS
ASIGNATURAS MECÁNICA DE SUELOS I Cod.165012 Y DISEÑO
GEOMÉTRICO DE VÍAS Cod.165014, DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

EDIER ALEXANDER ATILUA BELLO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PAMPLONA
2016





DOCENCIA COMO MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO EN LAS
ASIGNATURAS MECÁNICA DE SUELOS I Cod.165012 Y DISEÑO
GEOMÉTRICO DE VÍAS Cod.165014, DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

EDIER ALEXANDER ATILUA BELLO

Proyecto presentado como requisito para optar el título de Ingeniero civil

Director de práctica

VICTOR HUGO VERJEL TARAZONA

Ingeniero civil

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
PAMPLONA
2016





Nota de aceptación:

Firma del director académico

Firma del jurado

Firma del jurado

Pamplona Norte de Santander, diciembre de 2016.





TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. TITULO | 11 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 12 |
| 3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 13 |
| 3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 13 |
| 3.2 DESCRIPCIÓN | 13 |
| 4. JUSTIFICACIÓN..... | 14 |
| 5. OBJETIVOS..... | 15 |
| 5.1 OBJETIVO GENERAL..... | 15 |
| 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 15 |
| 6. MARCO REFERENCIAL | 16 |
| 6.1 MARCO CONTEXTUAL | 16 |
| 6.1.1 Localización Geográfica | 16 |
| 6.2 MARCO HISTÓRICO | 19 |
| 6.2.1 Universidad de Pamplona..... | 19 |
| 6.2.2 Facultad de Ingenierías y Arquitectura | 19 |
| 6.3 MARCO TEÓRICO..... | 20 |
| 6.3.1 Andragogía Universitaria | 20 |
| 6.4 MARCO CONCEPTUAL..... | 21 |
| 6.4.1 Andragogía | 21 |
| 6.4.2 Mecánica De Suelos | 21 |
| 6.4.3 Diseño Geométrico De Vías | 22 |
| 6.5 MARCO LEGAL | 23 |
| 7. METODOLOGÍA..... | 24 |
| 7.1 METODOLOGÍA MANEJO DE CLASES..... | 24 |
| 7.1.1 Clase Magistral: | 24 |
| 7.1.2 Presentaciones Multimedia..... | 25 |

| | |
|--|----|
| 7.2 METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE EN GRUPO | 26 |
| 7.2.1 Exposición | 26 |
| 7.2.2 El Trabajo En Grupo En Clase..... | 27 |
| 7.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y REFUERZO..... | 28 |
| 7.3.1 Parciales | 28 |
| 7.3.2 Talleres | 29 |
| 7.3.3 Quices..... | 30 |
| 7.3.4 Asesorías..... | 30 |
| 7.4 CONTENIDO CLASES MECÁNICA DE SUELOS I | 31 |
| 7.4.1 Grupos A Y BB Día 22/08/2016 Y Grupos AA Y B Día 23/08/2016 | 31 |
| Introducción..... | 31 |
| Distribución Granulométrica..... | 34 |
| 7.4.2 Grupos A, AA, B Y BB Día 24/08/2016 | 38 |
| 7.4.3 Grupos A Y BB Día 29/08/2016 Y Grupos AA Y B Día 30/08/2016 | 41 |
| 7.4.4 Grupos A, AA, B Y BB Día 31/08/2016 | 43 |
| Consistencia Y Plasticidad De Los Suelos..... | 43 |
| 7.4.5 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 1 Y 2. | 46 |
| 7.4.6 Grupos A Y BB Día 05/09/2016 Y Grupos AA Y B Día 06/09/2016 | 47 |
| Sistemas De Clasificación De Suelos | 50 |
| 7.4.7 Grupos A, AA, B Y BB Día 07/09/2016 | 57 |
| 7.4.8 Grupos A Y BB Día 12/09/2016 Y Grupos AA Y B Día 13/09/2016 | 58 |
| Relaciones Volumétricas Y Granulométricas | 58 |
| 7.4.9 Grupos A, A, B Y BB Día 14/09/2016 | 68 |
| 7.4.10 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 3 Y 4. | 69 |
| 7.4.11 Grupos A Y BB Día 26/09/2016 Y Grupos AA Y B Día 27/09/2016 | 70 |
| 7.1.13 Grupos A, BB, AA Y B Día 05/10/2016 | 71 |
| Permeabilidad Y Formas De Agua En El Suelo | 71 |
| 7.4.14 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 5 Y 6. | 79 |
| 7.4.15 Grupos A Y BB Día 10/10/2016 Y Grupos AA Y B Día 11/10/2016 | 80 |
| 7.4.16 Grupos A, BB, AA Y B Día 12/10/2016 | 81 |

| | |
|--|-----|
| Esfuerzos Efectivos..... | 81 |
| 7.4.17 Grupos AA Y B Día 18/10/2016 Y Grupos A Y BB Día 20/10/2016 | 87 |
| 7.4.18 Grupos A, BB, AA Y B Día 19/10/2016 | 87 |
| Relación Humedad – Densidad, Ensayo De Compactación | 88 |
| Consolidación..... | 94 |
| 7.4.19 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 7 Y 8. | 98 |
| 7.4.20 Grupos A Y BB Día 24/10/2016 Y Grupos AA Y B Día 25/10/2016 | 99 |
| 7.4.21 Grupos A, BB, AA Y B Día 26/10/2016 | 99 |
| 7.4.22 Parciales Grupos AA Y B Día 31/10/2016 Y Grupos A Y BB Día 01/11/2016..... | 104 |
| 7.4.23 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 9 Y 10. | 104 |
| 7.4.24 Grupos AA Y B Día 08/11/2016 | 105 |
| 7.4.25 Grupos A, BB, AA Y B Día 09/11/2016 | 105 |
| Incremento Del Esfuerzo Vertical Debido A Varios Tipos De Carga | 105 |
| 7.4.26 Grupos AA Y B Día 14/11/2016 Y Grupos A Y BB Día 15/11/2016. ... | 110 |
| 7.4.27 Grupos A, BB, AA Y B Día 16/11/2016 | 110 |
| Resistencia cortante de un suelo | 112 |
| Circulo de Mohr | 114 |
| 7.4.28 Grupos A Y BB Día 21/11/2016, 28/11/2016 Y Grupos AA Y B Día 22/11/2016, 29/11/2016 | 117 |
| 7.4.29 Grupos A, BB, AA Y B Día 23/11/2016 Y 30/11/2016..... | 118 |
| 7.4.30 Grupos A, BB, AA Y B Día 07/12/2016..... | 119 |
| 7.5 CONTENIDO CLASES DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS..... | 120 |
| 7.5.1 Grupos A Y B Día 22/08/2016 Y 25/08/2016 | 120 |
| Clasificación De Las Carreteras | 121 |
| 7.5.2 Grupos A Y B Día 29/08/2016 Y 01/09/2016 | 130 |
| Deflexión De Una Curva Circula Simple..... | 132 |
| 7.5.3 Grupos A Y B Día 05/09/2016 Y 08/09/2016 | 134 |
| 7.5.4 Grupos A Y B Día 12/09/2016 Y 15/09/2016 | 142 |
| 7.5.5 Grupos A Y B Día 19/09/2016 Y 22/09/2016 | 150 |



| | |
|--|-----|
| Empalme Entre Vías | 150 |
| Curvas Circulares Compuestas..... | 152 |
| 7.5.6 Grupos A Y B Día 26/09/2016 Y 29/09/2016 | 155 |
| 7.5.7 Grupos A Y B Día 03/10/2016 Y 06/10/2016 | 156 |
| 7.5.8 Grupos A Y B Día 10/10/2016 Y 13/10/2016 | 161 |
| Transición Del Peralte | 161 |
| 7.5.9 Grupos A Y B Día 17/10/2016 Y 20/10/2016 | 168 |
| Diseño Geométrico Vertical..... | 168 |
| 7.5.10 Grupos A Y B Día 24/10/2016 Y 27/10/2016 | 172 |
| 7.5.11 Grupos A Y B Día 24/10/2016 Y 27/10/2016 | 175 |
| 7.5.12 Grupos A Y B Día 07/11/2016 Y 10/11/2016 | 175 |
| Diseño Geométrico Transversal: Secciones, Áreas Y Volúmenes..... | 175 |
| Volúmenes De Tierra: Cubicación..... | 180 |
| 7.5.13 Grupos A Y B Días 14/11/2016, 21/11/2016, 28/11/2016 Y 17/11/2016, 24/11/2016, 01/12/2016, Respectivamente | 180 |
| 7.5.14 Grupos A Y B Día 05/12/2016 Y 08/12/2016 | 181 |
| 8. RESULTADOS | 182 |
| 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 184 |
| 10. BIBLIOGRAFÍA | 186 |
| 11. ANEXOS | 189 |



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|-----|
| Ilustración 1 Ubicación de Pamplona en Norte de Santander..... | 17 |
| Ilustración 2 Ubicación de Pamplona en Colombia..... | 18 |
| Ilustración 3 Grafica análisis granulométrico ejemplo 2..... | 40 |
| Ilustración 4 Grafica análisis granulométrico ejemplo 3..... | 42 |
| Ilustración 5 estados de consistencia..... | 44 |
| Ilustración 6 Diagrama De Flujo para Clasificación de Suelo Grueso..... | 55 |
| Ilustración 7 Diagrama De Flujo Para Clasificación De Suelo Fino..... | 56 |
| Ilustración 8 Diagrama De Flujo Para Clasificación De Suelo Orgánico Fino..... | 56 |
| Ilustración 9 Caso A: No hay flujo ascendente..... | 82 |
| Ilustración 10 Diagrama en planta del área de contacto solido - solido..... | 83 |
| Ilustración 11 Caso B: Hay flujo ascendente..... | 85 |
| Ilustración 12 Curva contenido de humedad vs peso unitario seco..... | 89 |
| Ilustración 13 Variación de los esfuerzos efectivo y de presión de poros con respecto al tiempo..... | 97 |
| Ilustración 14 Lectura del deformimetro vs Raíz(Tiempo)..... | 102 |
| Ilustración 15 Esfuerzos en un medio elástico causados por una carga puntual..... | 106 |
| Ilustración 16 Ubicación ejemplo 2..... | 109 |
| Ilustración 17 Esfuerzo vertical causado por una carga flexible de franja..... | 111 |
| Ilustración 18 Esfuerzos sobre una muestra de suelo..... | 115 |
| Ilustración 19 Circulo de Mohr..... | 117 |
| Ilustración 20 Tipo de terreno en carreteras..... | 123 |
| Ilustración 21 Estudio de rutas..... | 125 |
| Ilustración 22 Perfil longitudinal de rutas..... | 127 |
| Ilustración 23 Elementos geométricos de una curva circular simple..... | 130 |
| Ilustración 24 Concepto de ángulo de deflexión..... | 132 |
| Ilustración 25 Curva circular simple derecha..... | 135 |
| Ilustración 26 Curva circular simple izquierda..... | 138 |
| Ilustración 27 Curva circular simple de sentido contrario..... | 143 |
| Ilustración 28 Ejemplo 4..... | 147 |
| Ilustración 29 Curvas circulares simples del mismo sentido..... | 148 |
| Ilustración 30 Ejemplo 5..... | 150 |
| Ilustración 31 Curva circular compuesta de dos radios..... | 152 |
| Ilustración 32 Efecto de la inclinación transversal sobre un vehículo..... | 157 |
| Ilustración 33 Caso 2..... | 158 |



Ilustración 34 Caso 3 159

Ilustración 35 Caso 4 160

Ilustración 36 Transición del peralte 162

Ilustración 37 Relación de alturas y pendientes; bombeo y peralte 163

Ilustración 38 Perfil longitudinal de transición del peralte 167

Ilustración 39 Tangente vertical 168

Ilustración 40 Elementos geométricos de una curva vertical 169

Ilustración 41 Significado de i , tipos de curvas verticales 171

Ilustración 42 Curva vertical convexa simétrica 173

Ilustración 43 Cartera de diseño de rasante curva vertical convexa 174

Ilustración 44 Sección típica mixta pavimentada en recta 175

Ilustración 45 Secciones transversales típicas..... 176

Ilustración 46 Posición de las estacas de chaflanes y de ceros 177

Ilustración 47 Planta de chaflanes y de ceros..... 178

Ilustración 48 Cartera de chaflanes 179





ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 información granulométrica ejemplo 1 | 38 |
| Tabla 2 Análisis granulométrico ejemplo 2 | 38 |
| Tabla 3 Información granulometría ejemplo 2..... | 39 |
| Tabla 4 Análisis granulométrico ejemplo 2 | 40 |
| Tabla 5 Información granulométrica ejemplo 3 | 41 |
| Tabla 6 análisis granulométrico ejemplo 3..... | 42 |
| Tabla 7 Tabla del sistema de clasificación de la AASHTO | 51 |
| Tabla 8 Tabla Sistema Unificado de Clasificación De Suelos..... | 55 |
| Tabla 9 Variación de I1 | 107 |
| Tabla 10 Valores representativos de la relación de Poisson. | 108 |
| Tabla 11 Solución ejemplo 1 | 108 |
| Tabla 12 Variación de $\Delta Gz/q$ con $2z/B$ Y $2x/B$ | 111 |
| Tabla 13 Solución ejemplo 3..... | 112 |
| Tabla 14 Valores del inverso del coeficiente de tracción | 124 |
| Tabla 15 Puntos y abscisas a lo largo de las rutas | 125 |
| Tabla 16 Cartera de transito ejemplo 1 | 137 |
| Tabla 17 Cartera de transito | 141 |
| Tabla 18 Coeficientes de fricción transversal | 161 |



1. TITULO

DOCENCIA COMO MODALIDAD DE TRABAJO DE GRADO EN LAS ASIGNATURAS MECÁNICA DE SUELOS I Cod.165012 Y DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Cod.165014, DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

2. INTRODUCCIÓN

La formación universitaria forma parte de uno de los grandes pilares de la educación del país ya que, a partir de este punto, se educa al profesional en diversas áreas; para el caso de la Ingeniería Civil, estas áreas están divididas de tal manera que el profesional tenga un conocimiento general en referencia a la ejecución, programación, control y diseño de un proyecto.

Una de estas áreas, es la mecánica de los suelos, requerida para la práctica profesional del estudiante; esta comprende como módulo inicial Mecánica de Suelos I, ya que esta asignatura es primordial para entender e interpretar los conocimientos que serán vistos posteriormente, cuya importancia radica en que se establecen las bases y criterios para la clasificación, identificación de la procedencia y propiedades de una muestra de suelo.

Por otra parte, en el ámbito del diseño de una vía, la asignatura Diseño Geométrico de vías es de gran importancia en los proyectos viales a presentarse al futuro ingeniero, ya que esta comprende la definición de las carreteras, las clasifica, presenta su concepción tridimensional, rutas y líneas de pendiente, el diseño horizontal, vertical y transversal.

En este sentido, el practicante docente puede asumir su rol andragógico como un espacio de desempeño profesional, reforzando las bases y criterios, que en un principio le servirían para desenvolverse en su vida profesional, y ahora le permitirán aportar este conocimiento a la cátedra universitaria.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

3.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿De qué manera, un estudiante de ingeniería civil de último semestre aportará como docente practicante a la formación de los futuros profesionales en la cátedra universitaria de la Universidad de Pamplona?

3.2 DESCRIPCIÓN.

La Universidad de Pamplona cuenta actualmente con un personal altamente capacitado para impartir el conocimiento en sus distintas áreas, más específico en el caso de la ingeniería civil las asignaturas Mecánica de Suelos I y Diseño Geométrico de vías se manejan cuatro aspectos fundamentales para impartir este conocimiento: sabiduría, experiencia, andragogía y el uso de las TIC.

Para este caso en especial se hace fundamental el buen manejo de las TIC y el uso variado de métodos andragógicos para desarrollar buenas prácticas docentes, ya que para poder aplicar un buen empleo de las TIC es necesario tener total acceso a esta tecnología, desarrollar habilidades tecnológicas y de lectura. Y en cuanto a los procesos andragógicos es necesario cambiar frecuentemente los métodos de enseñanza siempre apoyado en la mejora continua.

4. JUSTIFICACIÓN

La formación en el ámbito universitario forma parte de uno de los grandes pilares de la educación del país ya que, a partir de este punto, se educa al profesional en diversas áreas; para el caso de la Ingeniería Civil, estas áreas están divididas de tal forma que el profesional tenga un conocimiento general en referencia a la ejecución, programación, control y diseño de un proyecto.

Una de estas áreas, es la mecánica de los suelos, la cual requiere el estudiante para su práctica profesional; esta comprende como módulo inicial Mecánica de Suelos I, ya que esta asignatura es primordial para entender e interpretar los conocimientos que serán vistos posteriormente, cuya importancia radica en que se establecen las bases y criterios para la clasificación, identificación de la procedencia y propiedades de una muestra de suelo.

Por otra parte, en el ámbito del diseño de una vía, la asignatura Diseño Geométrico de vías es de gran importancia en los proyectos viales que se le vayan a presentar al futuro Ingeniero, ya que esta comprende la definición de las carreteras, las clasifica, presenta su concepción tridimensional, rutas y líneas de pendiente, el diseño horizontal, vertical y transversal.

En este sentido, el practicante docente puede asumir su rol andragógico como un lugar de desempeño profesional, repasando esas bases y criterios, que en un principio le servirían para desenvolverse en su vida profesional, y ahora le permitirán aportar este conocimiento a la cátedra universitaria desarrollando nuevos métodos andragógicos apoyados en las TIC.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el proyecto de grado en modalidad docencia en la cátedra universitaria, para las asignaturas Mecánica de suelos I cod.165012 Y Diseño Geométrico De Vías cod 165014 en la Universidad de Pamplona.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar nuevos métodos andragógicos apoyados en las TIC (Tecnologías de la información y comunicación) para reforzar el aprendizaje del adulto universitario.
- Realizar los manuales de laboratorio de suelos para que sean adoptados institucionalmente en la asignatura mecánica de suelos I cumpliendo con la normatividad vigente.
- Motivar en el estudiante el uso de un software aplicativo como “AUTOCAD 2D” y “AUTOCAD CIVIL 3D”, para el diseño geométrico de una vía.
- Desarrollar habilidades y capacidades de transmitir conocimientos a los estudiantes de las asignaturas Mecánica de Suelos I y Diseño Geométrico de Vías mediante la docencia.
- Presentar un informe o documento final en los que se presenten y desarrollen los hallazgos producto de la investigación.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 MARCO CONTEXTUAL

La docencia como modalidad de trabajo de grado se llevó a cabo en Universidad de Pamplona, ubicada Kilometro 1 Vía Bucaramanga, Pamplona Norte de Santander, Colombia.

6.1.1 Localización Geográfica.

El proyecto se desarrolló en el municipio de Pamplona – Norte de Santander, geográficamente en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, a una altitud de 2200 msnm, en la zona suroccidental el departamento de Norte de Santander. Su extensión territorial es de 1.176 km² y su temperatura promedio de 16 °C. Limita al norte con Pamplonita, al sur con Cácuta y Chitagá, al oriente con Labateca y al occidente con Cucutilla.

La Provincia de Pamplona es una agrupación de municipios que rodean a Pamplona, la quinta ciudad del departamento de Norte de Santander, Los municipios que componen esta pequeña conurbación son: Pamplonita, Chitagá, Silos, Cácuta y Mutiscua. Su núcleo principal dista 75 km de Cúcuta.

Está situado en las coordenadas 72°39' de longitud al oeste de Greenwich y a 7° y 23' de latitud norte y Tiene una extensión total de 456 km.¹

1 ALCALDÍA DE PAMPLONA - NORTE DE SANTANDER. Nuestro municipio. [en línea]. [Referenciado el 15 de diciembre de 2016] Disponible en: < http://www.pamplona-nortedesantander.gov.co/informacion_general.shtml>.

Ilustración 1 Ubicación de Pamplona en Norte de Santander



Fuente: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c1/Colombia_-_Norte_de_Santander_-_Pamplona.svg>

Ilustración 2 Ubicación de Pamplona en Colombia



Fuente: <<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Imagenes/pamplonanortedesantandermapa.jpg>>

6.2 MARCO HISTÓRICO

6.2.1 Universidad de Pamplona.

La Universidad de Pamplona, habitualmente conocida como la Unipamplona, es una universidad pública de Colombia. Su sede principal se ubica en el municipio de Pamplona. Cuenta con una extensión en el municipio de Villa del Rosario perteneciente al área metropolitana de Cúcuta; también cuenta con extensiones en la ciudad de Cúcuta y la ciudad de Bogotá. Fue fundada el 23 de noviembre de 1960. Cuenta con 3 Vicerrectorías y 3 direcciones administrativas, se divide académicamente en 9 facultades y su máximo organismo de gobierno es el Consejo Superior Universitario. El actual rector es el Dr. Elio Daniel Serrano Velasco.²

6.2.2 Facultad de Ingenierías y Arquitectura.

A finales de los años noventa se crea la Facultad de Ciencias Naturales y Tecnológicas conformada por los antiguos programas de Ingenierías Electrónica y de Alimentos, el programa de Microbiología con énfasis en Alimentos y las Tecnologías en Saneamiento Ambiental y en Alimentos, así como los programas creados en estos años de Ingenierías Ambiental, de Telecomunicaciones, Mecánica, Mecatrónica, Sistemas, Industrial y el programa profesional de Física. En el año 2003, el programa de Microbiología con Énfasis en Alimentos se traslada a la Facultad de Ciencias Básicas y se incorpora a ésta el programa de Arquitectura, conformándose así la actual FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA, que en el 2015 oferta 33 programas entre técnicos, profesionales, especializaciones y maestrías, en los campus de Pamplona, Villa del Rosario y Bucaramanga, con más de 5 mil estudiantes.³

2 UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. Preguntas frecuentes. [en línea]. [Citado el 21 de julio de 2016] Disponible en: <http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_1/recursos/universidad/23022015/preguntas_frecuentes.jsp>.

3 UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. Facultad de ingenierías y arquitectura: [en línea]. [Citado el 21 de julio de 2016] Disponible en:<<http://www.unipamplona.edu.co/fingenierias/>>.

6.3 MARCO TEÓRICO

6.3.1 Andragogía Universitaria.

Se le llama Ciencia de la educación de adultos a la Andragogía, su origen etimológico proviene del griego andros “ser humano, persona mayor” y ago “conducir, guiar”. El Dr. Félix Adan (citado por Villanueva, 2007) la define como *“la ciencia y arte de instruir y educar permanentemente al adulto en función de su vida intelectual, cultural, ecológica y social”*. El joven-adulto que llega a la universidad viene dotado de una serie de experiencias significativas, intelectuales y académicas, destrezas, inquietudes, valores, expectativas y aspiraciones que los docentes deben rescatar, ya que esa experiencia se convierte en un elemento determinante en la manera en que los estudiantes se enfrentan al aprendizaje (Espinoza, 1993). El desafío para todos es usar esa experiencia de manera que conlleve hacia un aprendizaje eficaz.⁴

La andragogía tiene como finalidades:

- Formular los conceptos que permitan reconocer las particularidades de la personalidad de los seres humanos en su edad adulta y la especificidad de sus procesos educativos.
- Diseñar los lineamientos de una metodología didáctica apropiada para establecer procesos de enseñanza y de aprendizaje entre adultos.

La andragogía en particular el generar acciones de reflexión e intervención que articulen de mejor manera la educación al proceso general del desarrollo, pero desde una perspectiva profundamente humanista, en la cual el sujeto sea el artífice de la construcción de su propio destino y de su perfeccionamiento permanente. Estas

4 GARITA P., Luis A. La Didáctica Universitaria en el Contexto de la Andragogía: Aprender a aprender en la educación de personas adultas. En: Tec empresarial. 2008. Vol.2. Ed.2. p 30.

acciones necesariamente deben estar orientadas a propiciar que el adulto fortalezca su participación como:

- Generador de su propio conocimiento y de sus procesos de formación.
- Sujeto autónomo en la toma de decisiones sociales y políticas.
- Promotor y creador de procesos económicos y culturales.
- Agente de transformación social.⁵

6.4 MARCO CONCEPTUAL

6.4.1 Andragogía. *“La Andragogía (del griego άνήρ "hombre" y άγωγή "guía" o "conducción") es el conjunto de técnicas de enseñanza orientadas a educar personas adultas, en contraposición de la pedagogía, que es la enseñanza orientada a los niños.”*⁶

6.4.2 Mecánica De Suelos. *“En ingeniería, la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl von Terzaghi, a partir de 1925.”*⁷

5 UBALDO PÉREZ, Samuel y MARTÍNEZ IZAGUIRRE, Renato. Desarrollo histórico del término andragogía. En: Modelo Andragógico Fundamentos. 1 ed (Serie: Diálogos y perspectivas del desarrollo curricular). México, 2009. p. 13-15.

6 UBALDO PÉREZ y MARTÍNEZ IZAGUIRRE. Op cit. p. 12.

7 TEJEDA INGENIEROS. Mecánica de Suelos [en línea]. [Citado el 21 de julio de 2016] Disponible en: < <http://www.tejedaingenieros.com/mecanicadesuelos.php> >.

6.4.3 Diseño Geométrico De Vías. *“El Diseño geométrico de vías es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno. Los condicionantes para situar una carretera sobre la superficie son muchos, entre ellos la topografía del terreno, la geología, el medio ambiente, la hidrología o factores sociales y urbanísticos.”*⁸

8 ACADEMIA. Proyecto de diseño geométrico de carreteras Joselyn [en línea]. [Citado el 21 de julio de 2016] Disponible en:<
http://www.academia.edu/7191362/PROYECTO_DE_DISENO_GEOMETRICO_DE_CARRETERAS_JOSELYN >.

6.5 MARCO LEGAL

La Facultad de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad de Pamplona estableció el Acuerdo 081 del 17 de agosto de 2007 que compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado, teniendo en cuenta el capítulo VI titulado Trabajo De Grado.

Resuelve Reglamentar la metodología de trabajo de grado de las diferentes modalidades expresadas en el artículo 36 del reglamento académico estudiantil de pregrado, como lo son modalidad de investigación, docencia, pasantías de investigación, práctica empresarial, realización de un diplomado. En el inciso C de dicho artículo se especifican los términos para el desarrollo de la modalidad de trabajo de grado docencia.

C. Docencia: comprende los aportes del estudiante en la cátedra universitaria. Cuando el estudiante seleccione esta modalidad de Trabajo de Grado, deberá presentar una propuesta al Director de Departamento, en las dos (2) últimas semanas del semestre académico inmediatamente anterior al que realizará el trabajo. La propuesta debe contener el nombre de la asignatura teórica en la cual desarrollará su labor docente, el nombre del Profesor Tutor de su Trabajo y el visto bueno del Director de Departamento, al que se encuentra adscrita la asignatura. El Comité de Trabajo de Grado, dispondrá de dos (2) semanas calendario, para informar al estudiante sobre la aceptación ó no de su propuesta. Para que se le acepte esta modalidad como Trabajo de Grado, el estudiante debe tener un promedio ponderado igual o superior a cuatro puntos cero cero (4.00), no tener sanciones disciplinarias y demostrar habilidades didácticas y pedagógicas.⁹

9 UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. Reglamento académico estudiantil de pregrado. ACUERDO No.186. Diciembre 02 de 2005. p. 21.

7. METODOLOGÍA

7.1 METODOLOGÍA MANEJO DE CLASES.

7.1.1 Clase Magistral:

Con Clase Magistral normalmente nos estamos refiriendo a una estrategia docente que se basa en la transmisión verbal de conocimientos, su exposición y/o explicación oral, por el profesor a los alumnos. Cuando esta técnica expositiva ocupa casi la totalidad del tiempo de la clase y es la forma fundamental, a menudo exclusiva, a través de la que es presentado el contenido de enseñanza, se habla también de método didáctico expositivo.

Por tanto, se basa en una forma de comunicación predominantemente unidireccional, aunque lo deseable es que el alumno no adopte un papel de oyente pasivo, tomando apuntes, sino que se den otras formas de interacción en la clase planteando cuestiones, aportando ideas...

Esta concepción educativa responde a una larga tradición que se remonta a los propios orígenes de los sistemas educativos formales, que desde siempre han tenido como funciones básicas lograr que los alumnos reproduzcan y, por tanto, perpetúen conocimientos, valores y destrezas propias de una cultura. Hoy la clase magistral o expositiva sigue siendo el método o técnica más usado para transmitir información en la enseñanza universitaria, aunque tiene frecuentes detractores.¹⁰

Las cuales para el caso de la asignatura Mecánica de suelos I fueron desarrolladas durante el primer corte con una intensidad horaria de 3 horas a la semana, dando lugar en algunas ocasiones a llevarse a cabo junto con presentaciones multimedia

10. VALCÁRCEL PÉREZ, Victoria. Presentación y explicación de los contenidos: La clase magistral. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: <https://www.um.es/c/document_library/get_file?uuid=6a9e9620-b306-42c8-91e5-cef7198d39e4&groupId=316845>

los días miércoles con una intensidad horaria de 2 horas, y para el segundo y tercer corte estas clases magistrales fueron totalmente combinadas junto con presentaciones multimedia ya que el horario de 3 horas fue ocupado para realizar laboratorios de caracterización del suelo.

Para el caso de la asignatura Diseño Geométrico de vías estas clases se llevaron con una intensidad horaria de 3 horas a la semana para el primer y el segundo corte ya que para el tercer corte se hizo manejo del programa por medio del proyector.

7.1.2 Presentaciones Multimedia.

Las presentaciones multimedia o diapositivas informatizadas son documentos informáticos que pueden incluir textos, esquemas, gráficos, fotografías, sonidos, animaciones, fragmentos de vídeo... y que pueden visionarse una a una por la pantalla del ordenador como si de una proyección de diapositivas se tratara.

Entre las ventajas que puede comportar su uso destacamos:

- Las transparencias informatizadas permiten presentar sobre una pantalla todo tipo de elementos textuales y audiovisuales con los que se pueden ilustrar, documentar y reforzar las explicaciones.
- Las imágenes, los esquemas y los demás elementos audiovisuales (sonidos, animaciones, vídeos...) atraen la atención de los estudiantes y aumentan su motivación.
- Constituyen un medio idóneo para enseñanza a grandes grupos.¹¹

En relación con la asignatura Mecánica de Suelos I su intensidad horaria fue de

11. ANONIMO. Las presentaciones multimedia; ventajas que comporta su uso. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://blogs.unellez.edu.ve/informatica/files/2010/07/LAS-PRESENTACIONES-MULTIMEDIA.pdf>>

dos horas los días miércoles, todos los cortes y para la asignatura Diseño Geométrico de vías fue de tres horas todo el tercer corte; para uso y manejo del programa “AutoCAD Civil 3D”.

7.2 METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE EN GRUPO

7.2.1 Exposición

Esta técnica se refiere a la exposición oral de un tema, hecha por un alumno o un experto invitado ante un grupo. Puede ser usada para lograr objetivos relacionados con el aprendizaje de conocimientos teóricos o informaciones de diversos tipos.

Mientras el alumno especialista expone el tema previamente escogido, la actividad de los alumnos consiste en reflexionar sobre lo que escuchan, contestar preguntas que el expositor formula, y posteriormente aclarar aquellos aspectos que no hayan sido comprendidos.

El experto puede facilitar la comprensión del material oral utilizando material didáctico como pizarrón, grabadoras, material audiovisual, maquetas, fotografías, power point, etc.

Ventajas:

- Esta técnica permite abarcar contenidos amplios en un tiempo relativamente corto.
- Desarrolla las habilidades de expresión oral en los alumnos.
- Facilita la comunicación de una información a grupos numerosos.¹²

12. ANONIMO. Técnicas didácticas / centradas en el alumno. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://hadoc.azc.uam.mx/tecnicas/exposicion.htm> >

Esta metodología fue ampliamente usada en la asignatura Mecánica de suelos I, con el fin de abarcar temas tan extensos en poco tiempo, la cual se desarrolló en la tercera y cuarta semana del tercer corte.

7.2.2 El Trabajo En Grupo En Clase.

El trabajo en grupo es una estrategia de enseñanza muy recomendada para mejorar el rendimiento académico, cognitivo, social y actitudinal de los estudiantes.

Los estudiantes que trabajan en grupo adquieren mejores habilidades sociales; en situaciones de diversidad, cada estudiante constituye un recurso para los demás en el momento de realizar tareas de aprendizaje intelectualmente difíciles.

Cuando los estudiantes participan de tareas grupales significativas, plantean cuestiones interesantes y originales, formulan hipótesis o interpretaciones tentativas, deliberan sobre las ideas y sobre la forma de realizar una tarea, y aprenden a resolver conflictos de naturaleza intelectual y social. O sea que construyen una comprensión más profunda de los conceptos.

Cuando los estudiantes participan activamente en el trabajo grupal resolviendo tareas intelectualmente atractivas, mientras más conversan, más intercambian y más trabajan en conjunto, más aprenden.

Es importante una buena distribución de roles para que cada cual sepa qué es necesario hacer. Es necesario comprender que los estudiantes necesitan que les enseñen explícitamente las aptitudes para la colaboración, la cooperación y la resolución de conflictos y que también necesitan practicarlas constantemente antes de internalizarlas y convertirlas en comportamientos grupales de rutina.¹³

13. INSTITUTO EDUCATIVO MODELO. El trabajo en grupo en el aula. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: <
<http://www.educativomodelo.edu.ar/boletin/Julio2008/TrabajoenGrupo.pdf>>

El Uso de esta metodología fue muy importante para el desarrollo de los talleres tipo parcial, ya que al reunir las ideas más importantes que tenía cada estudiante sobre el ejercicio para resolverlo y tener una idea general sobre el parcial a realizar, este método fue usado la última semana de cada corte en la asignatura Mecánica de Suelos I.

7.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y REFUERZO.

7.3.1 Parciales

La evaluación del aprendizaje es una práctica común y necesaria en todo sistema educativo. Mediante la misma, los estudiantes, sus docentes y las autoridades de la institución educativa a la que pertenecen pretenden conocer el grado de aprendizaje de los primeros. De ser posible, muchas veces también interesa conocer las dificultades, problemas, aciertos u otras razones que explican dicho grado de aprendizaje. Si bien puede cumplir distintas funciones, la evaluación en la universidad está destinada generalmente a la sola calificación del estudiante, a efectos de habilitarle o no a proseguir con sus actividades curriculares.¹⁴

Estos fueron usados como método de evaluación finalizando cada corte, para las dos asignaturas midiendo el desempeño de los estudiantes con respecto a la materia y su capacidad para resolver problemas aplicativos de la carrera que se presentan en el diario vivir de un ingeniero civil en el campo de la Mecánica de Suelos I y el Diseño Geométrico de Vías.

14. AROCENA, Rafael. GASCUE, Cecilia. LEYMONIÉ, Julia. Evaluación y validación de pruebas parciales de opción múltiple de un curso universitario de primer año. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: <http://ue.fcien.edu.uy/archivos/ART13_Vol9_N3%202010.PDF>

7.3.2 Talleres

El taller en la concepción metodológica de la educación popular es: un dispositivo de trabajo con grupos, que es limitado en el tiempo y se realiza con determinados objetivos particulares, permitiendo la activación de un proceso pedagógico sustentado en la integración de teoría y práctica, el protagonismo de los participantes, el diálogo de saberes, y la producción colectiva de aprendizajes, operando una transformación en las personas participantes y en la situación de partida.

Realizando un desglose de esta definición, se podría señalar que las principales características de la metodología de taller en la educación popular son las siguientes:

- Es un dispositivo de trabajo con grupos.
- Es un espacio que se caracteriza por la producción colectiva: los aprendizajes y creaciones se producen a partir de un diálogo de experiencias y saberes basado en el protagonismo de los participantes.
- Busca la integración de teoría y práctica. Hay un “aprender haciendo” y un “hacer aprendiendo”.
- Y en tanto opera una transformación, se basa en un trabajo colectivo y dialógico, y procura la integración de teoría y práctica, el taller es el soporte para el desarrollo de un proceso educativo.¹⁵

En el proceso de aprendizaje y refuerzo de conocimiento este fue uno de los métodos más importantes de andragogía ya que permite que el alumno tenga un saber más global acerca del posible contenido del parcial, además de desarrollar nuevas capacidades acerca del tema con la ayuda de los diferentes puntos de vista de sus consecuentes.

15. CANO, Agustín. La metodología de taller en los procesos de educación popular. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.pim.edu.uy/files/2013/05/La-metodolog%C3%ADa-de-taller-en-los-procesos-de-educaci%C3%B3n-popular.pdf>>

7.3.3 Quices

El Sistema “Quiz” es un método de evaluación del estudiante de uso habitual en los sistemas educativos superiores, especialmente en Estados Unidos y Canadá. Su nombre procede del término “quick examination”, lo que pone en claro su carácter de examen corto, en contraste con otros formatos de pruebas. El Quiz proporciona un factor de motivación añadida y de auto-evaluación que permite al estudiante conocer su desempeño antes de exponerse a la prueba final, y tomar, en su caso, las medidas correctoras oportunas (asistencia a tutorías, habitualmente).¹⁶

Se realizaron con el fin de evaluar constantemente lo aprendido en clase motivando al estudiante el estudio con anterioridad de lo que se vio en cada una de las lecciones, generando en él una cultura de estudio no solo para el día de la evaluación final sino para la vida, al igual que reduce sustancialmente los tiempos de estudio que este tenía contemplado para el parcial.

7.3.4 Asesorías

En el ámbito educativo, la asesoría se concibe como un proceso en el que se da asistencia, apoyo mediante la sugerencia, ilustración u opinión con conocimiento a los y las directivas o colectivos de las instituciones en busca de la mejora. Este acompañamiento puede ser realizado por un asesor (a), especialista o generalista; ya sea interno (a) (personal de la institución) o externo (a), (persona ajena a la institución).¹⁷

16. CASTRO, Ángel. GUILLÉN RIQUELME, Alejandro. VII Foro sobre Evaluación de la Calidad de la Investigación y de la Educación Superior: Libro de capítulos. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://www.ugr.es/~aepc/VIIIFORO/Documentos/Libros/libcapviiforo.pdf> >

17. EL PSICO ASESOR. Principios de asesoría. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://elpsicoasesor.com/principios-de-asesoria/> >

El objetivo es detallar algunos de los contenidos centrales vinculados con el tipo de aprendizaje mencionado y vincularlos con observaciones hechas en el aula universitaria, con el fin de concretar propuestas a ser implementadas por todo asesor académico universitario comprometido con su función y con el proceso educativo de los alumnos.^{18*}

7.4 CONTENIDO CLASES MECÁNICA DE SUELOS I

7.4.1 Grupos A Y BB Día 22/08/2016 Y Grupos AA Y B Día 23/08/2016

Introducción.

Ciclo de la roca. Se llama ciclo de la roca a un proceso geológico extremadamente lento, queda lugar al origen de tres categorías diferentes de rocas como ser: Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Las rocas ígneas son formadas por la solidificación del magma derretido, expulsado de las profundidades de la tierra.

Las rocas sedimentarias son formadas por la compactación de minerales sueltos como gravas, arenas, limos y arcillas por medio de sobrecargas que después son cementados por agentes como el óxido de hierro, calcita, dolomita, y cuarzo. Los agentes cementadores son llevados generalmente por las aguas subterráneas que llenan los espacios vacíos entre las partículas y forman las rocas sedimentarias.

Las rocas metamórficas son formadas por procesos metamórficos como lo son el

18. DAURA, Florencia Teresita. La asesoría académica universitaria: un espacio propicio para la promoción del aprendizaje autorregulado. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://www.upla.cl/cienciaseducacion/wp-content/uploads/2011/12/01-La-asesor%C3%ADa-universitaria.pdf>>

cambio de composición y textura de las rocas, sin fundirse por presión o calor.

Origen del suelo. El suelo es producto de la meteorización de las rocas, es decir, la desintegración de esta en pedazos de minerales cada vez más pequeños, que en contacto con el medio (agua, aire) se unen formando el suelo; la meteorización y otros procesos geológicos actúan en las rocas que se encuentran cerca de la superficie terrestre transformándola en materia no consolidada o más comúnmente llamada suelo¹⁹.

Suelo: Agregado no cementado formado por partículas minerales y materia orgánica en descomposición (partículas sólidas) con algún líquido generalmente agua) y gas (Normalmente aire) en los espacios vacíos. El suelo se usa como material de construcción y sirve para soportar cimentaciones estructurales. Por esto los ingenieros civiles debe estudiar las propiedades del suelo, tales como origen, distribución granulométrica, capacidad para drenar el agua, compresibilidad, resistencia al cortante, capacidad de carga y otras más.

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.

Ingeniería de suelos: Es la aplicación de los principios de la ingeniería a problemas prácticos.

Ingeniería geotécnica: Es la ciencia y practica de aquella parte de la ingeniería civil que involucra materiales encontrados cerca de la superficie de la tierra. En sentido general incluye la aplicación de los principios fundamentales de la mecánica de suelos y de la mecánica de rocas a los problemas de diseño de cimentaciones.

19 CAMPOS RODRIGUEZ, Jorge Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN, Germán Marcelo. Apoyo didáctico al aprendizaje de la mecánica de suelos mediante problemas resueltos. Trabajo de grado Licenciatura en Ingeniería Civil. Cochabamba – Bolivia: Universidad Mayor De San Simón. 2005. p. 4-5.

Roca: La roca puede ser definida como un agregado natural sólido con contenido mineral, que tiene propiedades físicas como químicas son materiales cementados generalmente de baja permeabilidad²⁰.

Historia De La Mecánica De Suelos. En la dinastía Chou, 1000 A. C, se dan recomendaciones para construir los caminos y puentes. El siglo XVII trae las primeras contribuciones literarias sobre ingeniería de suelos y el siglo XVIII marca el comienzo de la Ingeniería Civil, cuando la ciencia se toma como fundamento del diseño estructural.

Vauban, 1687, ingeniero militar francés da reglas y fórmulas empíricas para construcción de muros de contención.

Bullet, 1691, (francés), presenta la primera teoría sobre empuje de tierras y a ella contribuyen los franceses Couplet (1726), Coulomb (1773), Rondelet (1802), Navier (1839), Poncelet (1840) y Collin (1846). Más adelante el escocés Rankine (1857) y el suizo Culman (1866).

En 1773, Coulomb (francés), relaciona la resistencia al corte con la cohesión y fricción del suelo. En 1857, Rankine (escocés), presenta su teoría del empuje de tierras. En 1856, se presenta la "Ley de Darcy" (Francia) y la "Ley de Stokes" (Inglaterra), relacionadas con la permeabilidad del suelo y la velocidad de caída de partículas sólidas en fluidos.

Culman (1866) aplica gráficamente la teoría de Coulomb a muros de contención. En 1871, Mohr (Berlín) desarrolla el cálculo de esfuerzos (una representación gráfica) en un punto del suelo dado.

20 BRAJA M., Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica. México D.F.: Thomson Editores, 2001. 594 p.

1873, Bauman (Chicago) afirma que el área de la zapata depende de la carga de la columna y recomienda valores de carga en arcillas.

En 1885 Boussinesg (Francia) presenta su teoría de distribución de esfuerzos y deformaciones por cargas estructurales sobre el terreno.

En 1911, Atterberg (Suecia), establece los límites de Atterberg para suelos finos.

En 1925, Terzagui, presenta en Viena el tratado ERDBAUMECHANIK que hace de la Mecánica de Suelos una rama autónoma de la Ingeniería. El científico de Praga, Karl Terzagui, es el padre de la Mecánica de Suelos.

En la Sede de Manizales cuando la entonces Facultad de Ingeniería creada en 1948, hacia 1952 se dictó por primera vez el curso de M de S por el Ingeniero Civil Julio Robledo Isaza²¹.

Distribución Granulométrica.

En cualquier masa de suelo, los tamaños de los granos varían en gran medida. Para clasificar apropiadamente un suelo, se debe conocer su distribución granulométrica. La distribución granulométrica de un suelo de grano grueso se determina por lo general mediante un análisis granulométrico con mallas. Para un suelo de grano fino, la distribución granulométrica se puede obtener por medio del análisis del hidrómetro.

Análisis granulométrico con mallas.

Un análisis granulométrico con mallas se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco bien pulverizado y haciéndolo pasar a través de un apilo de mallas con aberturas cada vez más pequeñas que dispone de una charola en su parte inferior. Se mide la cantidad de suelo retenido en cada malla y se determina el porcentaje

21 DUQUE ESCOBAR, Gonzalo Y ESCOBAR POTES, Carlos Enrique. Mecánica De Suelos. Manizales - Colombia: Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales, 2002. p. 2-3.

acumulado del suelo que pasa a través de cada una. A este porcentaje se le refiere por lo general como porcentaje de finos. La tabla 1.1, contiene una lista de los números de mallas utilizadas en Estados Unidos y en nuestro país y el tamaño correspondiente de sus aberturas. Estas mallas son de uso común para el análisis de suelos para fines de su clasificación.

Tabla 1.1 Tamaños de mallas estándar en EE.UU.

| Malla núm. | Abertura (mm) |
|------------|---------------|
| 4 | 4.750 |
| 6 | 3.350 |
| 8 | 2.360 |
| 10 | 2.000 |
| 16 | 1.180 |
| 20 | 0.850 |
| 30 | 0.600 |
| 40 | 0.425 |
| 50 | 0.300 |
| 60 | 0.250 |
| 80 | 0.180 |
| 100 | 0.150 |
| 140 | 0.106 |
| 170 | 0.088 |
| 200 | 0.075 |
| 270 | 0.053 |

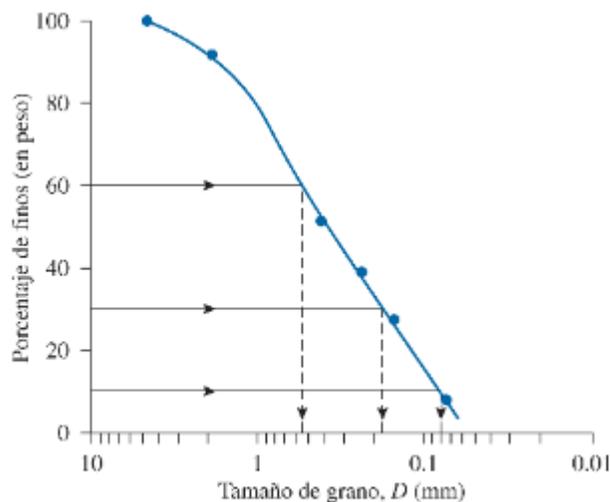


Figura 1.1 Curva de la distribución granulométrica de un suelo de grano grueso obtenida en un análisis con mallas.

Se pueden determinar dos parámetros a partir de las curvas de distribución granulométrica de suelos de grano grueso: 1) el coeficiente de uniformidad (C_u) y 2) el coeficiente de graduación, o coeficiente de curvatura (C_c). Estos coeficientes son²²:

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

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

C_u : Expresa la uniformidad del suelo.

C_c : Mide la forma de la curva

Si $C_u > 4$ ó 6 y $1 < C_c < 3$, se dice que el suelo está bien gradado²³

Análisis hidrométrico. El análisis hidrométrico se basa en el principio de sedimentación de las partículas de un suelo en agua. Esta prueba comprende utilizar 50 gramos de suelo seco y pulverizado. Al suelo siempre se le agrega un agente defloculante. El agente defloculante más común empleado para el análisis hidrométrico es 125 cc de una solución al 4% de hexametáfosfato de sodio. Se deja que el suelo se sature con el agente defloculante durante al menos 16 horas. Después del periodo de saturación, se agrega agua destilada y se agita muy bien la mezcla de suelo y el agente defloculante. Luego la muestra se transfiere a un cilindro de vidrio de 1000 ml. Se agrega más agua destilada al cilindro hasta alcanzar la marca de 1000 ml y se vuelve a agitar muy bien la mezcla. Se coloca un hidrómetro en el cilindro para medir la gravedad específica de la suspensión suelo-agua en la vecindad del bulbo del instrumento (figura 1.2), por lo general durante un periodo de 24 horas.

22 BRAJA M., Das, Fundamentos de ingeniería cimentaciones. 7 Ed. México D.F.: Cengage Learning Editores, 2012. p. 2-3.

23 DUQUE ESCOBAR Y ESCOBAR POTES. Op. cit., p. 2-3.

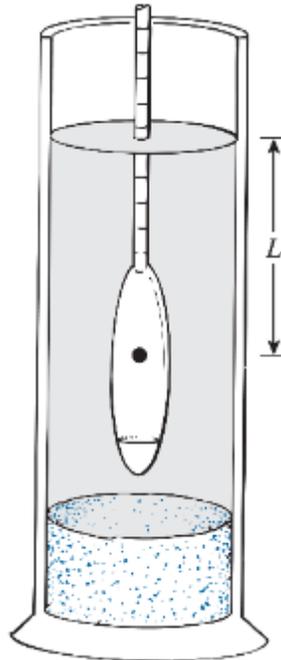
Los hidrómetros se calibran para mostrar la cantidad de suelo que aún está en suspensión en cualquier tiempo t dado. El diámetro mayor de las partículas del suelo todavía en suspensión en el tiempo t se puede determinar mediante la ley de Stokes.

$$D = \sqrt{\frac{18\eta}{(G_s - 1)\gamma_w}} \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (1.3)$$

donde

- D = diámetro de la partícula de suelo
- G_s = gravedad específica de los sólidos del suelo
- η = viscosidad del agua

- γ_w = peso específico del agua
- L = longitud efectiva (es decir, longitud medida desde la superficie del agua en el cilindro hasta el centro de gravedad del hidrómetro; consulte la figura 1.2)
- t = tiempo



Las partículas de suelo con diámetros mayores que los calculados con la ecuación (1.3) se habrán asentado más allá de la zona de medición. De esta manera, con las lecturas del hidrómetro tomadas en varios tiempos, el porcentaje de suelo más fino

que el diámetro dado D se puede calcular y elaborar la gráfica de la distribución granulométrica. Las técnicas de las mallas y del hidrómetro se pueden combinar para un suelo que tenga constituyentes tanto de grano grueso como de grano fino²⁴.

7.4.2 Grupos A, AA, B Y BB Día 24/08/2016

Ejemplo (1): A continuación, están los resultados de un análisis de tamices. Hacer los cálculos necesarios.

| U.S. Tamaño de Tamiz | Masa de Suelo Retenido en cada Tamiz(g) |
|----------------------|---|
| 4 | 0 |
| 0 | 40 |
| 20 | 60 |
| 40 | 89 |
| 60 | 140 |
| 80 | 122 |
| 100 | 210 |
| 200 | 56 |
| Bandeja | 12 |

Tabla 1 información granulométrica ejemplo 1

| U.S. Tamaño Tamiz | Abertura (mm.) | Masa Retenida en cada Tamiz, g. | Masa Acumulada sobre cada Tamiz, g. | % que pasa |
|-------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------|
| 4 | 4.750 | 0 | 0 | 100 |
| 10 | 2.000 | 40 | 0+40 = 40 | 94.51 |
| 20 | 0.850 | 60 | 40+60 = 100 | 86.28 |
| 40 | 0.425 | 89 | 100+89 = 189 | 74.07 |
| 60 | 0.250 | 140 | 189+140 = 329 | 54.87 |
| 80 | 0.180 | 122 | 329+122 = 451 | 38.13 |
| 100 | 0.150 | 210 | 451+210 = 661 | 9.33 |
| 200 | 0.075 | 56 | 661+56 = 717 | 1.65 |
| Bandeja | 0.000 | 12 | 717+12 = 729 | 0 |

Tabla 2 Análisis granulométrico ejemplo 2²⁵

24 BRAJA M. Op cit., p. 4.

25 CAMPOS RODRIGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p. 72.

Formula de porcentaje que pasa:

$$\% \text{ que pasa} = \frac{WRT - WR}{WRT} * 100$$

Fórmulas de ajuste:

$$1) WR + \frac{WR(WTI - WRT)}{WRT}$$

$$2) \frac{(WTI - WRT)}{\# \text{ De tamices} + \text{ fondo}}$$

Ejemplo (2): Se tiene de una muestra de suelo inicial con $W_{mi}=1700$ g, la siguiente tabla:

| no | Diametro | Peso tamiz | pttamiz + pmuestra |
|-------|----------|------------|--------------------|
| 1/2 | 12,5 | 670 | 752 |
| 3/8 | 9,5 | 661 | 716 |
| 4 | 4,75 | 647 | 726 |
| 8 | 2,36 | 545 | 594 |
| 16 | 1,18 | 541 | 585 |
| 30 | 0,6 | 521 | 568 |
| 40 | 0,425 | 521 | 591 |
| 50 | 0,3 | 512 | 808 |
| 60 | 0,25 | 500 | 723 |
| 80 | 0,18 | 459 | 700 |
| 100 | 0,15 | 481 | 723 |
| 200 | 0,075 | 461 | 690 |
| fondo | | 569 | 586 |

Tabla 3 Información granulometría ejemplo 2

Hacer los cálculos necesarios, graficar los valores y hallar los valores de C_u y C_c .

Solución:

| no | Diametro | Peso tamiz | pttamiz + pmuestra | w Retenido | ajuste | % retenido | % pasa | % retenido acumulado |
|-------|----------|------------|--------------------|------------|----------|------------|--------|----------------------|
| 1/2 | 12,5 | 670 | 752 | 82 | 83,274 | 4,898 | 95,102 | 4,898 |
| 3/8 | 9,5 | 661 | 716 | 55 | 55,854 | 3,286 | 91,816 | 8,184 |
| 4 | 4,75 | 647 | 726 | 79 | 80,227 | 4,719 | 87,097 | 12,903 |
| 8 | 2,36 | 545 | 594 | 49 | 49,761 | 2,927 | 84,170 | 15,830 |
| 16 | 1,18 | 541 | 585 | 44 | 44,683 | 2,628 | 81,541 | 18,459 |
| 30 | 0,6 | 521 | 568 | 47 | 47,730 | 2,808 | 78,734 | 21,266 |
| 40 | 0,425 | 521 | 591 | 70 | 71,087 | 4,182 | 74,552 | 25,448 |
| 50 | 0,3 | 512 | 808 | 296 | 300,597 | 17,682 | 56,870 | 43,130 |
| 60 | 0,25 | 500 | 723 | 223 | 226,464 | 13,321 | 43,548 | 56,452 |
| 80 | 0,18 | 459 | 700 | 241 | 244,743 | 14,397 | 29,152 | 70,848 |
| 100 | 0,15 | 481 | 723 | 242 | 245,759 | 14,456 | 14,695 | 85,305 |
| 200 | 0,075 | 461 | 690 | 229 | 232,557 | 13,680 | 1,016 | 98,984 |
| fondo | | 569 | 586 | 17 | 17,264 | 1,016 | 0,000 | 100,000 |
| | | | Σ | 1674 | 1700,000 | | | |

Tabla 4 Análisis granulométrico ejemplo 2

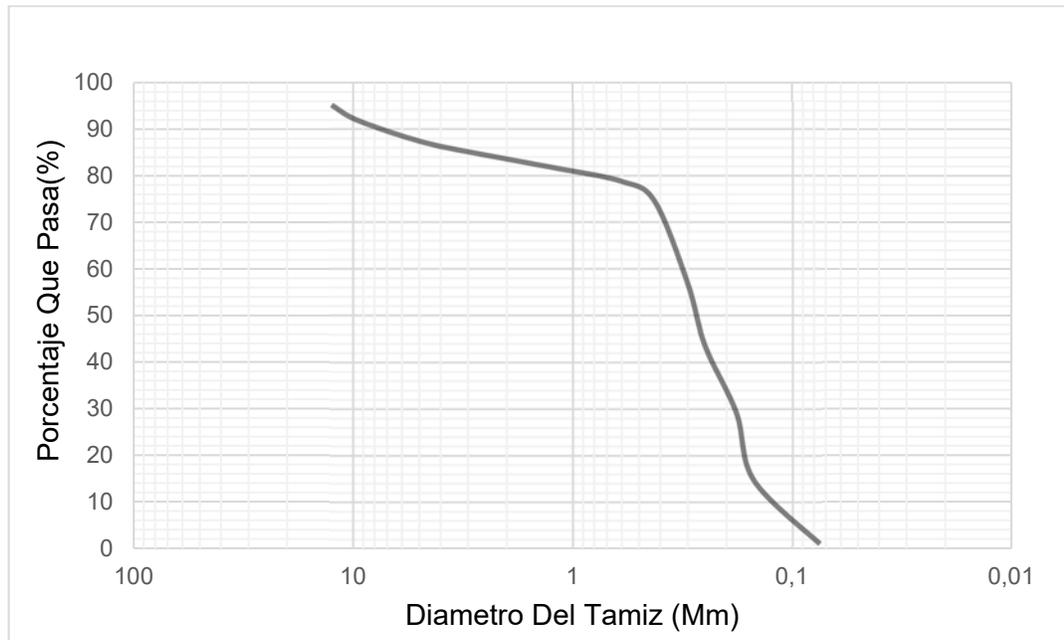


Ilustración 3 Grafica análisis granulométrico ejemplo 2

D60= 0.31

D30= 0.18

D10= 0.13

Cu=2.38

Cc=0.8

7.4.3 Grupos A Y BB Día 29/08/2016 Y Grupos AA Y B Día 30/08/2016

Fórmula para hallar diámetro del tamiz:

$$\phi_{tamiz} = \frac{\phi_{Tamiz anterior}}{\sqrt[4]{2}}$$

Fórmula para interpolar en la gráfica semilogaritmica:

$$D_x = \frac{D_2 - D_1}{\log \%2 - \log \%1} * (\log \%x - \log \%1) + D_1$$

Ejemplo (3): Se tiene la siguiente tabla.

| Tamiz | D, (mm) | Wretenido |
|--------|---------|-----------|
| 3" | 76,2 | 1829,5 |
| 2" | 50,8 | 1978,5 |
| 1 1/2" | 38,1 | 1055,5 |
| 1" | 25,4 | 437 |
| 3/4" | 19,05 | 320,5 |
| 1/2" | 12,7 | 432 |
| 3/8" | 9,525 | 235,5 |
| 1/4" | 6,35 | 333 |
| 4 | 4,75 | 200,5 |
| 8 | 2,36 | 530,5 |
| 16 | 1,18 | 478,5 |
| 30 | 0,6 | 393,5 |
| 50 | 0,3 | 424,5 |
| 100 | 0,15 | 406 |
| 200 | 0,075 | 168 |
| Fondo | | 10 |
| | Σ | 9233 |

Tabla 5 Información granulométrica ejemplo 3

Hacer los cálculos necesarios, graficar los valores y hallar los valores de c_u y c_c

Solución:

| Tamiz | D, (mm) | Wretenido | %retenido | %que pasa | %Retenido acumulado |
|--------|----------|-----------|------------|------------|---------------------|
| 3" | 76,2 | 1829,5 | 19,8147948 | 80,1852052 | 19,8147948 |
| 2" | 50,8 | 1978,5 | 21,4285714 | 58,7566338 | 41,2433662 |
| 1 1/2" | 38,1 | 1055,5 | 11,4318206 | 47,3248132 | 52,6751868 |
| 1" | 25,4 | 437 | 4,73302285 | 42,5917903 | 57,4082097 |
| 3/4" | 19,05 | 320,5 | 3,47124445 | 39,1205459 | 60,8794541 |
| 1/2" | 12,7 | 432 | 4,67886927 | 34,4416766 | 65,5583234 |
| 3/8" | 9,525 | 235,5 | 2,5506336 | 31,891043 | 68,108957 |
| 1/4" | 6,35 | 333 | 3,6066284 | 28,2844146 | 71,7155854 |
| 4 | 4,75 | 200,5 | 2,17155854 | 26,1128561 | 73,8871439 |
| 8 | 2,36 | 530,5 | 5,74569479 | 20,3671613 | 79,6328387 |
| 16 | 1,18 | 478,5 | 5,18249756 | 15,1846637 | 84,8153363 |
| 30 | 0,6 | 393,5 | 4,26188671 | 10,922777 | 89,077223 |
| 50 | 0,3 | 424,5 | 4,5976389 | 6,32513809 | 93,6748619 |
| 100 | 0,15 | 406 | 4,39727066 | 1,92786743 | 98,0721326 |
| 200 | 0,075 | 168 | 1,81956027 | 0,10830716 | 99,8916928 |
| Fondo | | 10 | 0,10830716 | 6,9111E-15 | 100 |
| | Σ | 9233 | | | |

Tabla 6 análisis granulométrico ejemplo 3

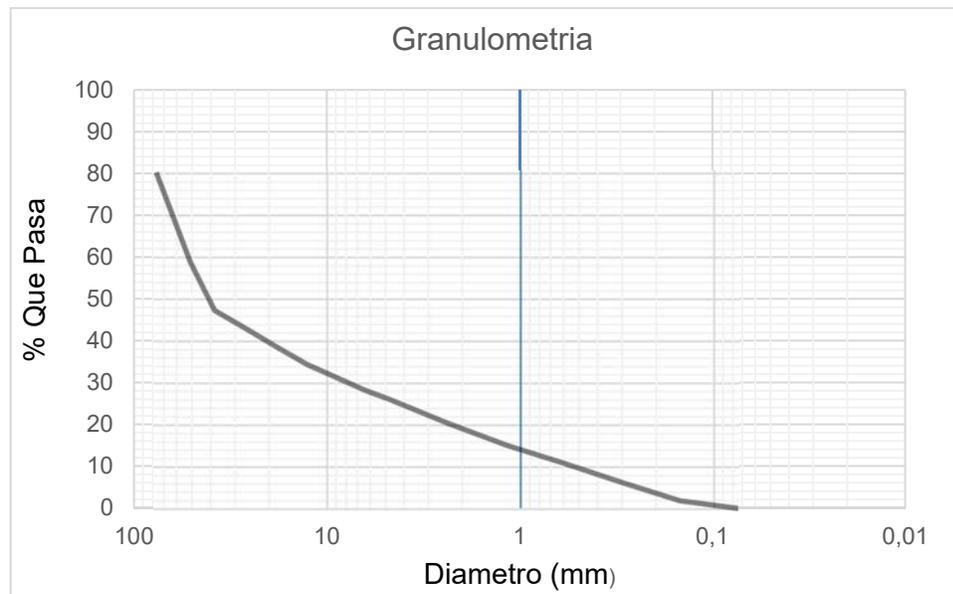


Ilustración 4 Grafica análisis granulométrico ejemplo 3

D10= 0.5514

D30= 7.8698

D60= 51.7507

Cu= 93.853

Cc= 2.175977235

7.4.4 Grupos A, AA, B Y BB Día 31/08/2016

Clasificación previa de suelos

- Es suelo grueso, si más del 50% es retenido en el tamiz No 200.
- Es suelo fino, si más del 50% pasa el tamiz No 200.
- Si más del 50% se retiene de la fracción gruesa (la que no pasa por el tamiz No 200), e el tamiz No 4 es grava.
- Cuando pasa más del 50% de la fracción gruesa en el tamiz No 4 es arena.
- Para distinguir entre limos y arcillas se hace por sus propiedades mecánicas.

Consistencia Y Plasticidad De Los Suelos.

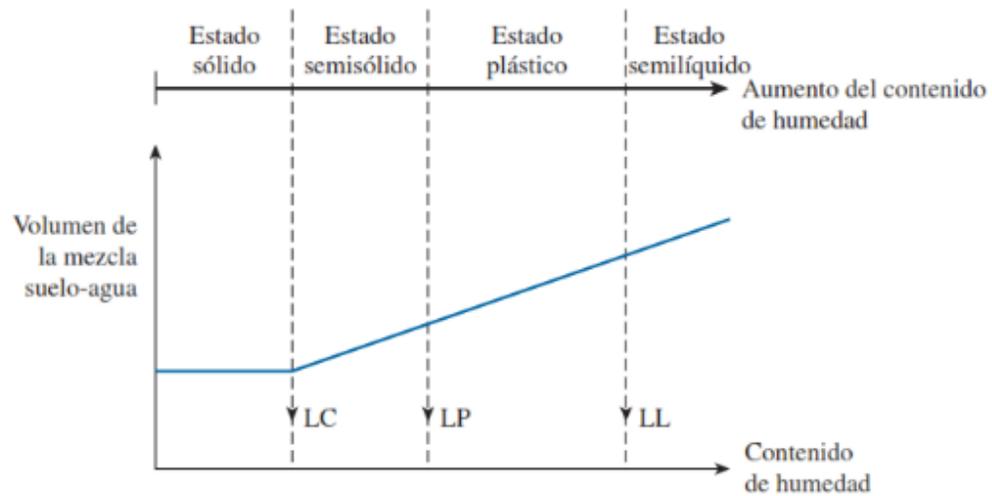
Consistencia, etimológicamente, es la cualidad de aquello que tiene capacidad de mantener sus partes en conjunto. En el lenguaje común significa estabilidad, fijeza, trabazón, coherencia de una cosa.

Una de las características más importantes de las arcillas es la plasticidad, la magnitud de la plasticidad que presenta una arcilla natural depende de su composición mineralógica y contenido de humedad. Además, la consistencia de una arcilla natural varía de acuerdo al contenido de humedad, desde un estado sólido en condición seca pasando por un estado semisólido para bajos contenidos de humedad en que el suelo se desmorona y no presenta plasticidad pasando también por un

estado plástico para alto contenido de humedad, hasta llegar finalmente a un estado esencialmente líquido para contenidos de humedad muy altos.

Como el cambio de un estado de consistencia a otro es gradual, para satisfacer los requerimientos de un sistema de clasificación estándar fue necesario establecer límites arbitrarios entre los diferentes estados.

- a) El límite de contracción, w_s o SL , que se define como el cambio de estado sólido al estado semisólido o estado no plástico; no experimenta ningún cambio adicional en su volumen con la pérdida de humedad.
- b) El límite plástico, w_p o PL , que se define como el cambio de estado no plástico y el estado plástico.
- c) El límite líquido, w_l o LL , que se define como el cambio del estado plástico al estado líquido²⁶.



27

Ilustración 5 estados de consistencia

26 BERRY, Peter Y REID, David. Mecánica de suelos. Cauca – Colombia. McGraw Hill, 2001. P. 38.

27 BRAJA M. Op cit., p. 16.

El rango de variación de contenido de humedad en el que la arcilla presenta plasticidad se denomina índice de plasticidad IP o PI Y está dado por:

$$IP = w_l - w_p$$

El contenido de humedad natural w , que presenta la arcilla en el campo puede comprarse con sus límites líquido y plástico mediante el índice de liquidez IL o LI, que se define como:

$$IL = \frac{w - w_p}{w_l - w_p} = \frac{w - w_p}{IP}$$

El índice de liquidez se expresa por lo general en porcentajes de tal modo que un valor de il próximo al 100% indica que la arcilla natural presenta en el campo una consistencia próxima a la que corresponde a su límite líquido, en tanto que un valor de IL próximo al 0% indica que esta presenta una consistencia próxima a la correspondiente a su límite plástico²⁸.

El contenido de humedad in situ para una arcilla sensitiva puede ser mayor que el límite líquido en este caso,

$$IL > 1 \text{ o } IL > 100\%$$

Los depósitos del suelo que están altamente sobre consolidados puede tener un contenido de humedad natural menor que el límite plástico en este caso,

$$IL < 0 \text{ o } IL < 0\%.$$

28 BERRY Y REID. Op cit., p. 39.

7.4.5 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 1 Y 2.

| Quiz | Solución | Grupo y fecha |
|--|--|--------------------------------------|
| Padre de la mecánica de suelos | Karl Terzagui. | A Y AA 24/08/2016 |
| ¿Qué es análisis granulométrico con mallas? | Es un análisis que se le hace a una muestra de suelo con el fin de determinar la distribución de sus partículas. | A Y AA 29/08/2016 y 30/08/2016 |
| ¿Qué pasa cuando una curva granulométrica tiene pendiente pronunciada? | Se dice que el suelo es el mal gradado. | A Y AA 31/08/2016 |
| Explique el ciclo de las rocas | En primera estancia se inicia o se toma como punto de partida los volcanes que dentro de ellos tienen magma y que después luego sale a la superficie y se transforma en lava, después esta roca que es que afectada por procesos de intemperismo se transforma en una roca metamórfica y después las partículas que son arrastradas ya sea por erosión o lluvia se acumula y con ayuda de procesos cementantes se transforma en rocas sedimentarias. | BB Y B 24/08/2016 |
| ¿Para qué sirve el método de análisis con el hidrómetro? | Sirve para hacer el análisis granulométrico a partículas generalmente de suelo fino | BB 29/08/2016 |
| Defina 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. | B 30/08/2016 |
| Porcentaje de error en granulometría | 2% | BB Y B 31/08/2016 |
| Teniendo los siguientes datos: hacer el análisis granulométrico, gráficas y hallar Cu y Cc | Quiz grupo A.xlsx | A 29/08/2016 |
| Teniendo los siguientes datos y con una muestra inicial de 729g: hacer el análisis | Quiz grupo BB.xlsx | BB 29/08/2016 |

| | | |
|--|------------------------------------|------------------|
| granulométrico, gráficas y hallar Cu y Cc | | |
| Teniendo los siguientes datos: hacer el análisis granulométrico, gráficas y hallar Cu y Cc | Quiz grupo AA.xlsx | AA 30/08/2016 |
| Teniendo los siguientes datos y con una muestra inicial de 729g: hacer el análisis granulométrico, gráficas y hallar Cu y Cc | Quiz grupo B.xlsx | B 30/08/2016 |

7.4.6 Grupos A Y BB Día 05/09/2016 Y Grupos AA Y B Día 06/09/2016

Problemas resueltos de mecánica de suelos

PROBLEMA 13.

Para un contenido de humedad $w = 35\%$ se tiene 30 golpes en el aparato de casagrande y del ensayo de límite plástico se obtiene $LP = 27\%$.

- Estimar el límite líquido.
- Estimar el límite de Contracción.
- Estimar el índice de liquidez para un $w_{insitu} = 32.3\%$

Estrategia: Para poder resolver este ejercicio es necesario utilizar el grafico de plasticidad y las ecuaciones [A.56] y [A.57] se tienen las ecuaciones de la línea A y la línea U.

a) Determinar el límite líquido.

De la ecuación [A.52] se tiene:

$$LL = w_N \cdot \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

Donde:

$\tan \beta$ = Pendiente de la línea de flujo (0.121 es una buena aproximación).

$N = 30$

$w_N = 0.35$

$$LL = 0.35 \cdot \left(\frac{30}{25}\right)^{0.121} \Rightarrow LL = 0.3578$$

b) Determinar el límite de contracción.

$$\text{Línea A} \Rightarrow IP = 0.73 (LL - 20)$$

$$\text{Línea U} \Rightarrow IP = 0.9 (LL - 8)$$

PASO 1

Determinar el punto de intersección de la línea A y la línea U.

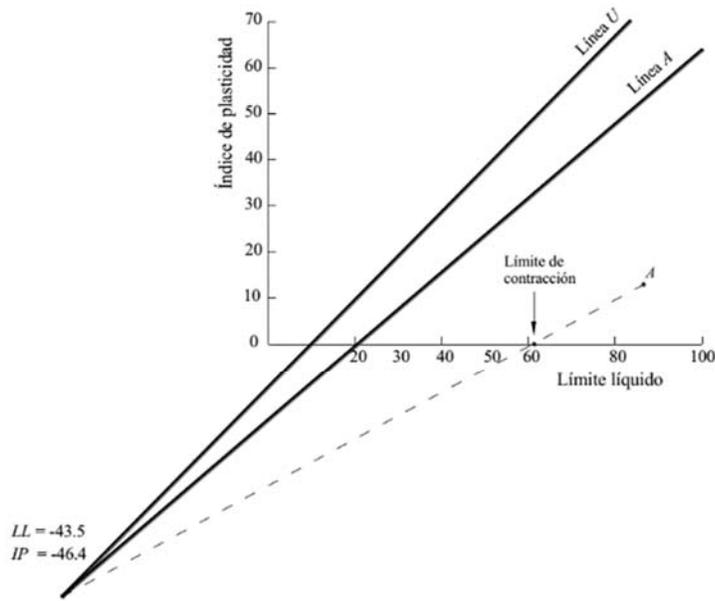
$$0.73 \cdot (LL - 20) = 0.9 \cdot (LL - 8)$$

$$0.73 \cdot LL - 14.6 - 0.9 \cdot LL + 7.2 = 0$$

$$LL = -43.53$$

$$IP = -46.38$$

$$\text{Intersección}(-43.53, -46.38)$$



PASO 2

Determinar la ecuación que se forma entre el punto de intersección y el punto A dado.

Para el punto A (dato) se tienen los siguientes datos:

$$LL = 35.78\%$$

$$LP = 27\%$$

Entonces el índice de plasticidad será:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 35.78 - 27 \quad \Rightarrow \quad IP = 7.78$$

$$A(35.78, 7.78)$$

Hallar la ecuación de la recta que pase por los puntos de intersección y A:

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \quad [13.1]$$

Haciendo cambio de variable:

$$\begin{aligned} IP &= Y \\ LL &= X \end{aligned}$$

Entonces los puntos A y de intersección serán:

$$\begin{aligned} \text{Intersección}(X_1, Y_1) &\Rightarrow \text{Intersección}(-43.53, -46.38) \\ A(X_2, Y_2) &\Rightarrow A(35.78, 7.78) \end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación [17.1] estos dos puntos se tiene:

$$IP - (-46.38) = \frac{7.78 - (-46.38)}{35.78 - (-43.53)} \cdot (LL - (-43.53))$$

$$IP + 46.38 = \frac{54.16}{79.31} \cdot (LL + 43.53)$$

$$IP - 0.62 \cdot LL + 16.65 = 0$$

Para $IP = 0$ el límite líquido será igual al límite de contracción LC , entonces se tiene:

$$0 - 0.62 \cdot LC + 16.65 = 0$$

$$LC = \frac{16.65}{0.62} \Rightarrow LC = 26.86$$

c) Determinar el índice de liquidez.

De la ecuación [A.54] se tiene:

$$LI = \frac{w_{insitu} - PL}{LL - PL}$$

Reemplazando los valores hallados se tiene:

$$LI = \frac{32.3 - 27}{35.78 - 27} \Rightarrow LI = 0.6$$

29

29 CAMPOS RODRÍGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p. 78-80.

Sistemas De Clasificación De Suelos

Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos con base en propiedades ingenieriles comunes como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son 1) el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y 2) el Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System (también es el sistema de la ASTM). El sistema de la AASHTO se emplea principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera. No se utiliza en la construcción de cimentaciones.

Sistema De La AASHTO

El Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO fue propuesto originalmente para el Highway Research Board's Committee on Classification of Materials for Subgrades and Granular Type Roads (1945). De acuerdo con la forma presente de este sistema, los suelos se pueden clasificar según ocho grupos principales, A-1 a A-8, con base en su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos listados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son materiales de grano fino. La turba, el fango y otros suelos altamente orgánicos se clasifican en el grupo A-8 y se identifican mediante una inspección visual. El sistema de clasificación de la AASHTO (para suelos A-1 a A-7) se presenta en la tabla 1.7. Observe que el grupo A-7 incluye dos tipos de suelos. Para el tipo A-7-5, el índice de plasticidad del suelo es menor que o igual al límite líquido menos 30. Para el tipo A-7-6, el índice de plasticidad es mayor que el límite líquido menos 30. Para la evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material de capa subrasante de un camino, también se desarrolló un número al que se le refiere como índice de grupo (IG). Entre mayor sea el valor del índice de grupo para un suelo dado, más deficiente será el desempeño del suelo como capa subrasante. Un índice de grupo de 20 o mayor indica un material muy deficiente para utilizarlo como capa subrasante. La fórmula para el índice de grupo es:

Donde

$$IG = (F_{200} - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(IP - 10)$$

F200 = porcentaje que pasa la malla núm. 200, expresado como un número entero

LL = límite líquido

IP = índice de plasticidad

Tabla 1.7 Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO

| Clasificación general | Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200) | | | | | | |
|----------------------------------|---|--------|-------------|----------------------------------|--------|--------|--------|
| | A-1 | | | A-2 | | | |
| Clasificación de grupo | A-1-a | A-1-b | A-3 | A-2-4 | A-2-5 | A-2-6 | A-2-7 |
| Análisis por mallas (% que pasa) | | | | | | | |
| Malla núm. 10 | 50 máx | | | | | | |
| Malla núm. 40 | 30 máx | 50 máx | 51 mín | | | | |
| Malla núm. 200 | 15 máx | 25 máx | 10 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx |
| Para la fracción que pasa | | | | | | | |
| Malla núm. 40 | | | | | | | |
| Límite líquido (LL) | | | | 40 máx | 41 mín | 40 máx | 41 mín |
| Índice de plasticidad (IP) | 6 máx | | No plástico | 10 máx | 10 máx | 11 mín | 11 mín |
| Tipo usual de material | Fragmentos de roca, grava y arena | | Arena fina | Grava y arena limosa o arcillosa | | | |
| Clasificación de la capa | Excelente a buena | | | | | | |
| Clasificación general | Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200) | | | | | | |
| Clasificación de grupo | A-4 | A-5 | A-6 | A-7 | | | |
| Análisis por mallas (% que pasa) | | | | | | | |
| Malla núm. 10 | | | | | | | |
| Malla núm. 40 | | | | | | | |
| Malla núm. 200 | 36 mín | 36 mín | | 36 mín | | | 36 mín |
| Para la fracción que pasa | | | | | | | |
| Malla núm. 40 | | | | | | | |
| Límite líquido (LL) | 40 máx | 41 mín | | 40 máx | | | 41 mín |
| Índice de plasticidad (IP) | 10 máx | 10 máx | | 11 mín | | | 11 mín |
| Tipo usual de material | Principalmente suelos limosos | | | Principalmente suelos arcillosos | | | |
| Calificación subrasante | Regular a malo | | | | | | |

^aSi IP ≤ I.L. - 30, la clasificación es A-7-5.

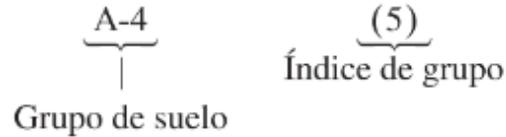
^bSi IP > LL - 30, la clasificación es A-7-6.

Tabla 7 Tabla del sistema de clasificación de la AASHTO

Al calcular el índice de grupo para un suelo que pertenece al grupo A-2-6 o al A-2-7, sólo se utiliza la ecuación parcial del índice de grupo que se relaciona con el índice de plasticidad:

$$IG = 0.01(F_{200} - 15) (IP - 10)$$

El índice de grupo se redondea al número entero más cercano y se escribe al lado del grupo de suelo entre paréntesis; por ejemplo,



El índice de grupo para suelos que se encuentran en los grupos A-1-a, A-1-b, A-3, A-2-4 y A-2-5 siempre es cero.

Sistema Unificado De Clasificación De Suelos (USCS)

El Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System) lo propuso originalmente A. Casagrande en 1942 y más tarde lo revisó y adoptó el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers. En la actualidad el sistema se utiliza prácticamente en todo el trabajo geotécnico.

En el sistema unificado se utilizan los símbolos siguientes para fines de identificación:

| Símbolo | G | S | M | C | O | Pt | H | L | W | P |
|-------------|-------|-------|------|---------|---------------------------|------------------------------------|------------------|------------------|---------------|--------------|
| Descripción | Grava | Arena | Limo | Arcilla | Limos orgánicos y arcilla | Turba y suelos altamente orgánicos | Alta plasticidad | Baja plasticidad | Bien graduado | Mal graduado |

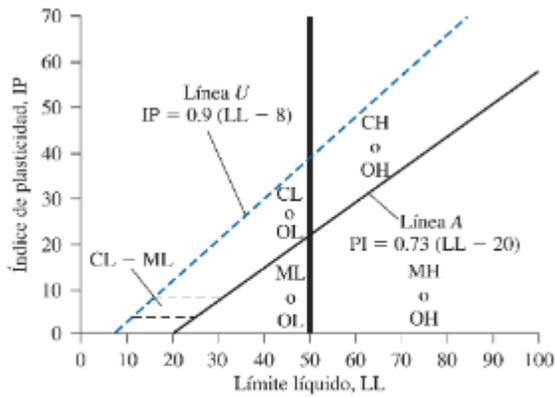


Figura 1.5 Gráfica de plasticidad.

En la gráfica de plasticidad (figura 1.5) y en la tabla 1.8 se muestra el procedimiento para determinar los símbolos de grupo para varios tipos de suelos. Al clasificar un suelo se debe proporcionar el nombre del grupo que generalmente describe el suelo, junto con el símbolo respectivo. En las figuras 1.6, 1.7 y 1.8 se presentan los diagramas de flujo para obtener los nombres de grupos para suelos de grano grueso, suelos inorgánicos de grano fino y suelos orgánicos de grano fino, respectivamente.

EJEMPLOS AASHTO:

Ejemplo 1.7

Clasifique el suelo siguiente mediante el sistema de clasificación de la AASHTO.

- Porcentaje que pasa la malla núm. 4 = 92
- Porcentaje que pasa la malla núm. 10 = 87
- Porcentaje que pasa la malla núm. 40 = 65
- Porcentaje que pasa la malla núm. 200 = 30
- Límite líquido = 22
- Índice de plasticidad = 8

Solución

En la tabla 1.7 se indica que se trata de un material granular ya que menos de 35% pasa la malla núm. 200. Con LL = 22 (es decir, menos que 40) e IP = 8 (es decir, menos que 10), el suelo pertenece al grupo A-2-4.

El suelo es A-2-4(0).

30

30 BRAJA M. Op ci., p 17-20.

Ejemplo 4.1

Los resultados del análisis de tamaño de partícula de un suelo son los siguientes:

- Porcentaje que pasa por el tamiz núm. 10 = 100
- Porcentaje que pasa por el tamiz núm. 40 = 80
- Porcentaje que pasa por el tamiz núm. 200 = 58

El límite líquido y el índice de plasticidad de la fracción del suelo menor al Núm. 40 son 30 y 10, respectivamente. Clasifique el suelo mediante el sistema de AASHTO.

Solución

Usando la tabla 4.1, ya que el 58% del suelo está pasando a través del tamiz núm. 200, éste cae bajo la clasificación de limo y arcilla, es decir, cae bajo el grupo A-4, A-5, A-6 o A-7. Procediendo de izquierda a derecha, cae en el grupo A-4.

De la ecuación 4.1

$$\begin{aligned}
 IG &= (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10) \\
 &= (58 - 35)[0.2 + 0.005(30 - 40)] + (0.01)(58 - 15)(10 - 10) \\
 &= 3.45 \approx 3
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, el suelo se clasifica como **A-4 (3)**.

El 95% de un suelo pasa a través del tamiz núm. 200 y tiene un límite de líquido de 60 índice de plasticidad de 40. Clasifique el suelo mediante el sistema de AASHTO.

Solución

De acuerdo con la tabla 4.1, este suelo cae bajo el grupo A-7 (proceda de una manera similar a la del ejemplo 4.1). Ya que

$$\begin{array}{cc}
 40 > 60 - 30 \\
 \uparrow & \uparrow \\
 PI & LL
 \end{array}$$

éste es un suelo A-7-6

$$\begin{aligned}
 IG &= (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10) \\
 &= (95 - 35) [0.2 + 0.005(60 - 40)] + (0.01)(95 - 15)(40 - 10) \\
 &= 42
 \end{aligned}$$

31

31 BRAJA M. Fundamentos de ingeniería cimentaciones. 7 Ed. Op cit., p 81.

Tabla 1.6 Gráfica de la Unified Soil Classification (según la ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para la clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor de la ASTM INTERNATIONAL. Reimpresión con permiso).

| Criterios para asignar símbolos y nombres de grupo utilizando pruebas de laboratorio ^a | Clasificación del suelo | | | |
|---|--|--|---|---|
| | Símbolo de grupo | Nombre de grupo ^b | | |
| Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en la malla n.ºm. 200 | Gravas Más de 50% de la fracción gruesa retenida en la malla n.ºm. 4 | Gravas limpias $C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$ Menos de 5% finos ^c $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3$ | GW Grava bien graduada ^d GP Grava mal graduada ^d | |
| | Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla n.ºm. 4 | Gravas con finos Más de 12% finos ^e | Los finos se clasifican como ML o MH Los finos se clasifican como CL o CH | GM Grava limosa ^{d, f, g} GC Grava arcillosa ^{d, f, g} |
| | | Arenas limpias $C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$ Menos de 5% finos ^c $C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3$ | | SW Arena bien graduada ^d SP Arena mal graduada ^d |
| | Arenas con finos Más de 12% finos ^e | Los finos se clasifican como ML o MH Los finos se clasifican como CL o CH | | SM Arena limosa ^{d, f, g} SC Arena arcillosa ^{d, f, g} |
| Suelos de grano fino 50% o más pasa la malla n.ºm. 200 | | Limos y arcillas Límite líquido menor que 50 | Inorgánicos IP ≥ 7 y se encuentra en o arriba de la línea "A" ^h IP < 4 o se encuentra debajo de la línea "A" ^h | CL Arcilla de baja compresibilidad ^{i, k, l, m} ML Limo de baja compresibilidad ^{i, k, l, m} |
| | Orgánicos Límite líquido—secado en horno < 0.75 Límite líquido—no secado | | OL Arcilla orgánica ^{k, l, n, o} LO Limo orgánico ^{k, l, n, o} | |
| | Limos y arcillas Límite líquido 50 o mayor | Inorgánicos IP se encuentra en o arriba de la línea "A" ^h IP se encuentra debajo de la línea "A" ^h | CH Arcilla de alta compresibilidad ^{i, k, l, m} MH Limo de alta compresibilidad ^{i, k, l, m} | |
| | | Orgánicos Límite líquido—secado en horno < 0.75 Límite líquido—no secado | OH Arcilla orgánica ^{k, l, n, o} LO Limo orgánico ^{k, l, n, o} | |
| Suelos altamente orgánicos | Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico | PT Turba | | |

^aCon base en el material que pasa la malla de 75 mm (3 in).
^bSi la muestra de campo contiene cantos redados o piedras, bolos, o amebos, agregue "con cantos redados o piedra bola, o amebos" al nombre de grupo.
^cGravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: grava bien graduada con limo, GW-GM; grava bien graduada con arcilla, GW-GC; grava mal graduada con limo, GP-GM; grava mal graduada con arcilla, GP-GC.
^dArenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: arena bien graduada con limo SW-SM; arena bien graduada con arcilla SW-SC; arena mal graduada con limo SP-SM; arena mal graduada con arcilla SP-SC.
^e $C_u = D_{60}/D_{10}$; $C_c = (D_{30})^3 / (D_{10} \times D_{60})$
^fSi el suelo contiene $\geq 15\%$ de arena, agregue "con arena" al nombre de grupo.
^gSi los finos se clasifican como CL-ML, utilice el símbolo doble GC-GM o SC-SM.
^hSi los finos son orgánicos, agregue "con finos orgánicos" al nombre de grupo.
ⁱSi el suelo contiene $\geq 15\%$ de grava, agregue "con grava" al nombre de grupo.
^jSi los límites de Atterberg se encuentran en el área sombreada, el suelo es una arcilla limosa, CL-ML.
^kSi el suelo contiene 15 a 29% más la malla n.ºm. 200, agregue "con arena" o "con grava," lo que predomine.
^lSi el suelo contiene $\geq 30\%$ más la malla n.ºm. 200, predominantemente arena, agregue "arenoso" al nombre de grupo.
^mSi el suelo contiene $\geq 30\%$ más la malla n.ºm. 200, predominantemente grava, agregue "gravoso" al nombre de grupo.
ⁿSi IP ≥ 4 y se encuentra en o arriba de la línea "A."
^oSi IP < 4 o se encuentra debajo de la línea "A."
^pSi IP se encuentra en o arriba de la línea "A."
^qSi IP se encuentra debajo de la línea "A."

Tabla 8 Tabla Sistema Unificado de Clasificación De Suelos

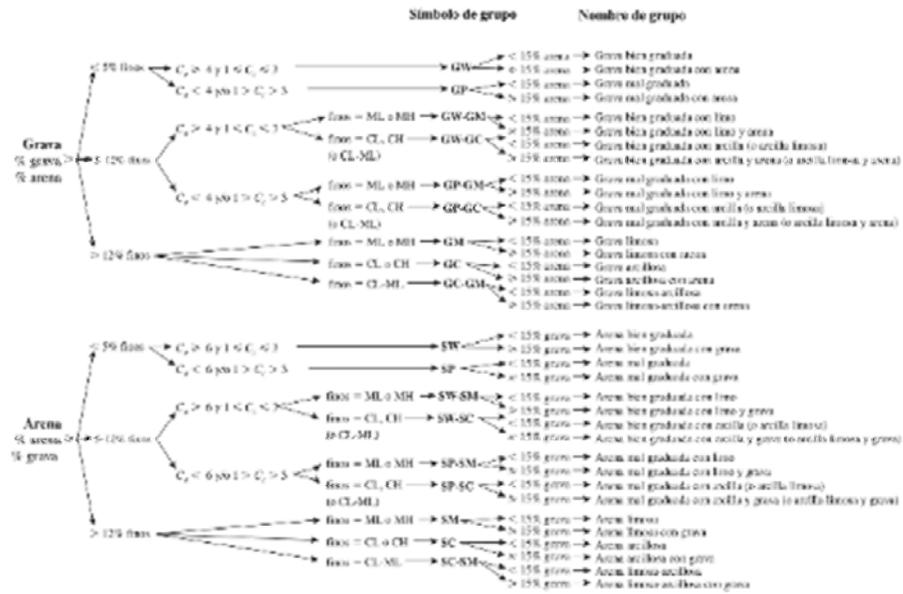


Figura 1.6 Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano grueso (más de 50% retenido en la malla n.ºm. 200) (según ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para la clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor ASTM INTERNATIONAL. Reimpresión con permiso).

Ilustración 6 Diagrama De Flujo para Clasificación de Suelo Grueso

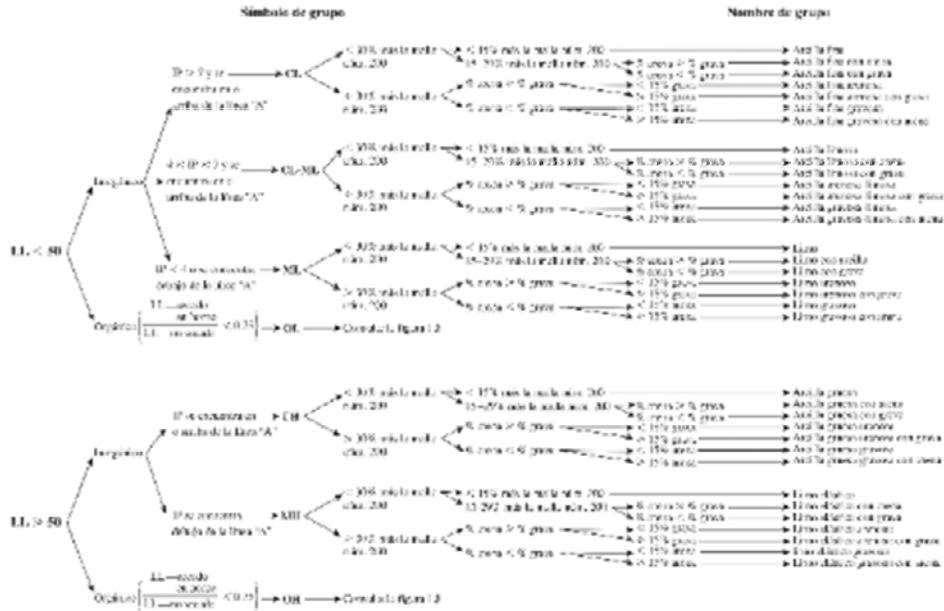


Figura 1.7 Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino (50% o más pasa la malla núm. 200) (según ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para clasificar suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor ASTM INTERNATIONAL. Reimpresa con permiso).

Ilustración 7 Diagrama De Flujo Para Clasificación De Suelo Fino

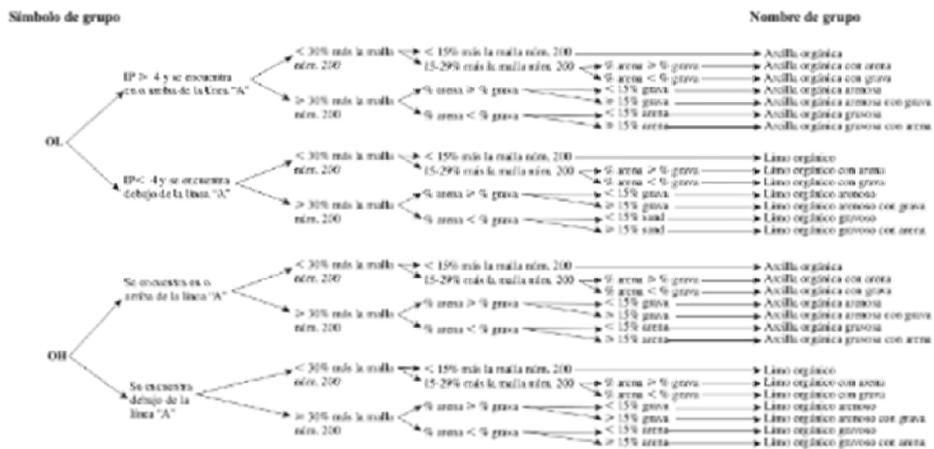


Figura 1.8 Diagrama de flujo para clasificar suelos orgánicos de grano fino (50% o más pasa la malla núm. 200) (según ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor ASTM INTERNATIONAL. Reimpresa con permiso).

32

Ilustración 8 Diagrama De Flujo Para Clasificación De Suelo Orgánico Fino

32 BRAJA M. Fundamentos de ingeniería cimentaciones. 7 Ed. Op cit., p. 20-25.

Ejemplo 1.8

Clasifique el suelo siguiente mediante el Sistema unificado de clasificación de suelos:

- Porcentaje que pasa la malla núm. 4 = 82
- Porcentaje que pasa la malla núm. 10 = 71
- Porcentaje que pasa la malla núm. 40 = 64
- Porcentaje que pasa la malla núm. 200 = 41
- Límite líquido = 31
- Índice de plasticidad = 12

Solución

Como datos se tiene que $F_{200} = 41$, $LL = 31$ e $IP = 12$. Como 59% de la muestra se retiene en la malla núm. 200, el suelo es un material de grano grueso. El porcentaje que pasa la malla núm. 4 es 82, por lo tanto, 18% se retiene en la malla núm. 4 (fracción de grava). La fracción gruesa que pasa la malla núm. 4 (fracción de arena) es $59 - 18 = 41\%$ (lo que es mayor que 50% de la fracción gruesa total). De aquí que la muestra sea un suelo arenoso.

Ahora, consultando la tabla 1.8 y la figura 1.5, se identifica el símbolo de grupo del suelo como **SC**.

De nuevo de la figura 1.6, puesto que la fracción de grava es mayor que 15%, el nombre de grupo es **arena arcillosa con grava**.

33

7.4.7 Grupos A, AA, B Y BB Día 07/09/2016

Esta clase se desarrolló con ejercicios y videos proyectados mediante un VideoBeam, qué se describen a continuación:

| Nombre | Archivo |
|---|---|
| Ejercicios limite líquido y plástico. | Ejemplo LL.xlsx |
| Video Explicación limite líquido y plástico | Lmites de Atterberg.3gp |

33 BRAJA M. Fundamentos de ingeniería cimentaciones. 4 Ed. Op cit., p. 81.

7.4.8 Grupos A Y BB Día 12/09/2016 Y Grupos AA Y B Día 13/09/2016

Relaciones Volumétricas Y Granulométricas

Las Fases De Un Suelo

En el caso general, una masa de suelo consta de una parte sólida, una líquida y una gaseosa, que en el lenguaje técnico son llamadas fases.

Lo corriente es entonces, al considerar el volumen total de la masa de suelo, que se separe en la mente, para operaciones matemáticas, en tres partes que se llaman:

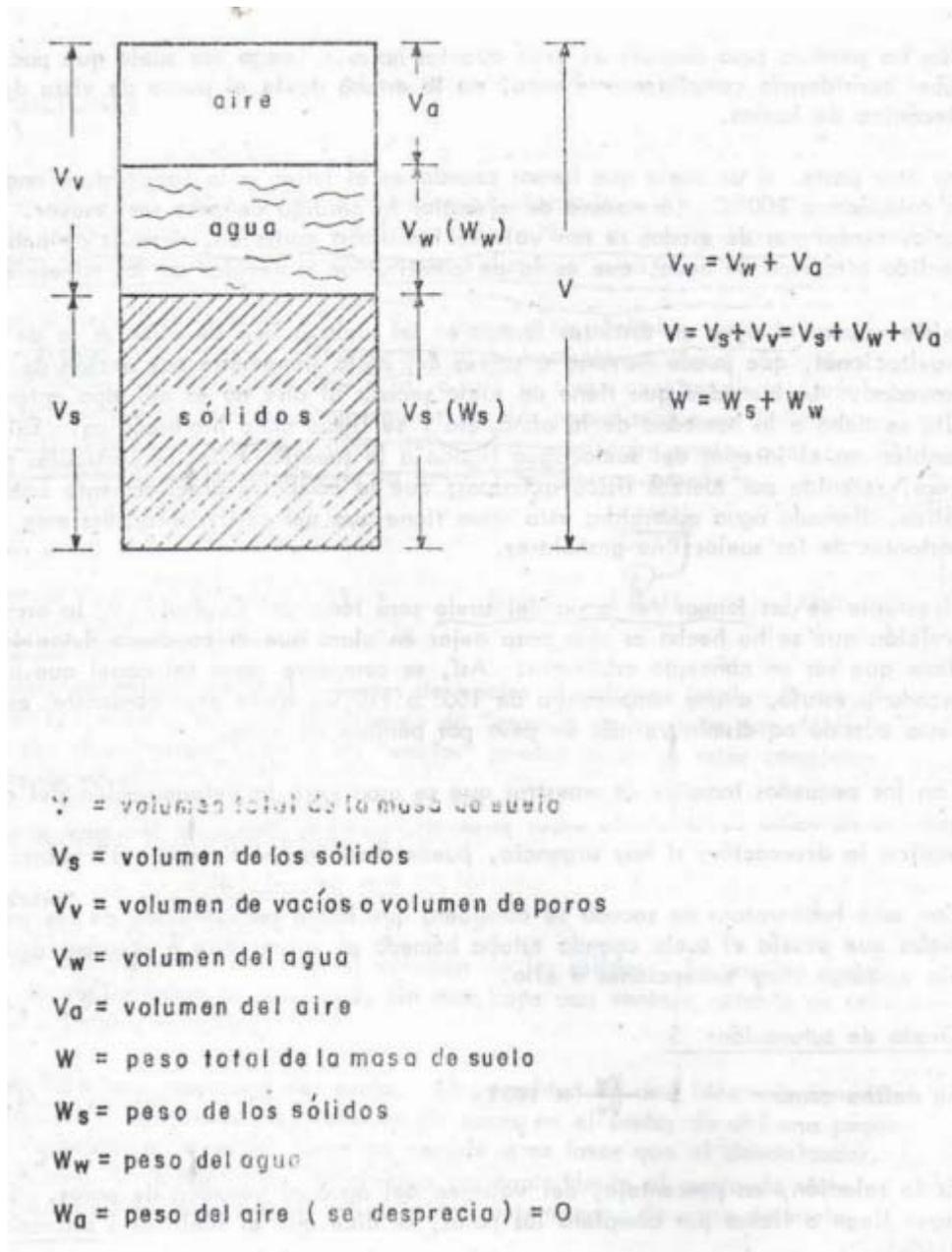
- Volumen de los sólidos
- Volumen del agua
- Volumen del aire

Para la mecánica de suelos es de suma importancia establecer relaciones numéricas entre los volúmenes y los pesos de las distintas fases. Estas proporciones numéricas se llaman relaciones volumétricas, cuando son de volumen a volumen, y relaciones gravimétricas cuando son de peso a peso o de peso a volumen.

Definiciones

Para facilitar las definiciones sobre las relaciones volumétricas y gravimétricas en un suelo, se representan en la figura, las proporciones de volúmenes de las diferentes fases, adoptando un símbolo para cada volumen y para cada peso.

El dibujo es llamado diagrama de fases. En cuanto a los símbolos, se han escogido unos que tienen una aceptación internacional de bastante acogida.



Volumen total

$$V = V_s + V_w + V_a = V_s + V_v$$

Volumen de vacíos

$$V_v = V_w + V_a$$

Peso total

$$W = W_s + W_w$$

Porosidad: n

Se define como

$$n = \frac{V_v}{V} * 100$$

Es la relación, del volumen de vacíos al volumen total. En Mecánica de Suelos, "vacíos" tiene el significado de "espacio no ocupado por sólidos"; de ahí que sea sinónimo de "poros"; los "vacíos" pueden entonces estar completamente lleno de agua.

Relación de vacíos o índice de poros: e

Se define como

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Es la relación del volumen de vacíos al volumen de los sólidos. Se emplea tanto la relación de vacíos como la porosidad, sin que haya una ventaja notable en utilizar la una o la otra relación.

Contenido de humedad: w

Se define como

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Es la relación, en porcentaje, del peso del agua que contiene el suelo al peso de los sólidos.

Si tomamos una porción de suelo que consideramos seca al aire y la introducimos a la estufa a una temperatura acostumbrada para secar suelos, veremos que dicha porción ha perdido peso después de unas cuantas horas. Luego ese suelo que podíamos haber considerado completamente seco, no lo estaba desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos.

Por otra parte, si un suelo que hemos secado en el horno a la temperatura anotada es colocado a 200° C (a manera de ejemplo) la pérdida de peso será mayor. A varios centenares de grados se nos volverá ladrillo o cerámica, después de haber perdido otro tipo de agua que es la de **constitución molecular de los minerales**.

Existe, pues, el agua en distintas formas en un suelo. Una de ellas es la de agua gravitacional, que puede moverse a través del suelo libremente por acción de la gravedad. La humedad que tiene un suelo secado al aire no es del tipo anterior;

ella se debe a la humedad de la atmósfera y se llama agua higroscópica. Existe también en el interior del suelo agua ligada a la superficie de las partículas muy finas retenida por fuerzas físico-químicas, que se comporta prácticamente como un sólido, llamada agua adsorbida; esta agua tiene que ver con propiedades muy importantes de los suelos fino granulares.

Así, se considera como tal aquel que ha sido secado a estufa, a una temperatura de 105° a 110°C, hasta peso constante; es decir, hasta cuando no disminuye más de peso por pérdida de agua.

Grado de saturación: S

Se define como

$$S = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

Es la relación, del volumen del agua al volumen de poros. Si el agua llega a llenar por completo los poros, se dice que el suelo está saturado (S =100%).

Contenido de aire: a_c

Se define como

$$a_c = \frac{V_a}{V_v} * 100$$

Es la relación, en porcentaje, del volumen de aire al volumen de vacíos o poros. El contenido de aire y la saturación suman 100%.

Gravedad específica de los sólidos: G ó G_s

Se define como

$$G_s = \frac{Y_s}{Y_w}$$

Es la relación del peso específico de los sólidos, Y_s , y el peso específico del agua, Y_w (se v. entiende que destilada y a 4°C, aunque las variaciones del valor con la temperatura son despreciables desde el punto de vista práctico, por lo cual Y_w se toma como 9,81 KN/m³ o 1000 Kgf/m³).

Densidad relativa

Índice de densidad, o densidad relativa, de arenas (o de cascajos): I_d , D_r .

Se define como

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

e_{max} es la relación de vacíos que corresponde al estado más flojo posible de la arena, que se puede conseguir aproximadamente vaciándola en estado seco desde una altura cercana a cero.

emin es índice de poros que corresponde al estado más denso posible de la arena; puede establecerse con base en un método de compactación determinado.³⁴

Peso específico de los sólidos.

$$Y_s = \frac{W_s}{V_s}$$

Peso específico húmedo.

$$Y = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V}$$

Peso específico seco.

$$Y_d = \frac{W_s}{V}$$

Peso específico saturado.

cuando una masa de suelo está completamente saturada (es decir, todo el volumen de vacíos está ocupado por agua), el peso específico húmedo de un suelo resulta igual al peso específico saturado (y_{sat}). Por lo tanto, $y = y_{sat}$ si $V_v = V_w$

$$Y_{sat} = \frac{W}{V} \quad 35$$

Fórmulas Que Ligan Relaciones Volumétricas Y Gravimétricas De Un Suelo

$$\text{Demostrar } n = \frac{e}{1 + e} \quad \text{y } e = \frac{n}{1 - n}$$

34 ANÓNIMO. Capítulo 4: Relaciones volumétricas y granulométricas de un suelo. P. 33-37

35 BRAJA M. Fundamentos de ingeniería cimentaciones. 7 Ed. Op cit., p. 7.

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{\frac{V_s}{V_s} + \frac{V_v}{V_s}} = \frac{e}{1 + e} \qquad e = \frac{n}{1 - n}$$

*Demostrar $G_s * w = e * s$*

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

$$\text{De } Y_w = \frac{W_w}{V_w} \text{ y } Y_s = \frac{W_s}{V_s}$$

$$w = \frac{Y_w * V_w}{Y_s * V_s}$$

$$\text{De } G_s = \frac{Y_s}{Y_w} \therefore \frac{1}{G_s} = \frac{Y_w}{Y_s}$$

$$w = \frac{V_w}{V_s * G_s} = \frac{V_w}{V_s * G_s} * \frac{V_v}{V_v} = \frac{V_w}{V_v} * \frac{V_v}{V_s} * \frac{1}{G_s}$$

$$w = \frac{s * e}{G_s}$$

$$w * G_s = s * e$$

Valores Numéricos Corrientes De Las Relaciones Anteriores

De la porosidad n:

Varía desde 0 (caso en que el suelo no tendría poros; todo sería materia sólida) hasta 100% (caso en que no habría sólidos; todo el espacio estaría ocupado por vacíos o poros).

Es imposible, por supuesto, que se presente en la práctica cualquiera de estos dos casos.

Puede decirse que un valor de $n = 30\%$ corresponde a una arena densa, y uno de $n = 45\%$ corresponde a una arena floja o suelta, como puede serlo una que ha sido depositada por crecientes.

En arcillas blandas pueden presentarse con frecuencia magnitudes de la porosidad mayores de 50% ; un valor de 55% no es cosa rara, por ejemplo. En la práctica los valores reales suelen variar entre 12% y 95% , Valores tan extremos como este último se encuentran en Ciudad de México.

De la relación de vacíos e :

Varía desde 0 (caso en que el suelo no tendría poros) hasta infinito (caso en que no habría sólidos).

De acuerdo con lo anterior:

$e = 0,4$ corresponde a una arena densa, y $e = 0,8$ a una arena floja.

En arcillas blandas bien puede presentarse como caso de cierta frecuencia que e sea mayor de 1 (es decir, mayor el volumen de vacíos que el de sólidos).

En casos extremos la relación de vacíos puede tener valores tan bajos como 0,14 y valores tan altos como 12 ó 15.

Del contenido de humedad w :

varía desde 0 (no hay agua; caso del suelo Secado a estufa) hasta infinito (caso ideal, en el cual no había sólidos; todo el espacio estaría ocupado por agua).

En la práctica se pueden encontrar humedades, al aire desde valores muy bajos hasta mayores de 100% . En el valle de México son corrientes humedades de 500% ó 600% .

Del grado de saturación S:

Varía desde 0 (suelo seco a estufa) hasta 100% (suelo saturado).

En la práctica es posible encontrar toda esta gama de valores. El suelo "seco" al aire siempre tendrá algún valor de S diferente de cero.

De la gravedad específica de los sólidos G:

La mayoría de los minerales constituyentes de los suelos tienen gravedades específicas d_j sus sólidos que están comprendidas dentro de una escala muy reducida de valores. De ahí que esta magnitud no sea de mayor importancia en lo que se refiere a identificación de suelos, los cuales tienen un valor para G. generalmente comprendido entre 2,5 y 3,1.

De la densidad seca Y_d :

la densidad de los sólidos para los suelos comunes está comprendida más o menos entre 2,5 y 3,1 gr/cm³.³⁶

a. RELACIONES PARA EL PESO UNITARIO HUMEDO (γ):

DEMOSTRACIÓN 1.

Demostrar:
$$\gamma = \frac{(1+w) \cdot G_s \cdot \gamma_w}{1+e}$$

Respuesta:

De la ecuación [A.4] se tiene:

$$\gamma = \frac{W_w + W_s}{V} \quad [1.1]$$

De la ecuación [A.5] se tiene:

$$W_s = \gamma_s \cdot V_s \quad [1.2]$$

36 ANONIMO, Op Cit., p.39-45.

Considerando $V_S = 1$ (Estrategia):

$$W_S = \gamma_S \quad [1.3]$$

De la ecuación [A.7] se tiene:

$$\gamma_S = G_S \cdot \gamma_W \quad [1.4]$$

Sustituyendo la ecuación [1.4] en [1.3]:

$$W_S = G_S \cdot \gamma_W \quad [1.5]$$

De la ecuación [A.1] y la estrategia se tiene:

$$V = 1 + V_V \quad [1.6]$$

De la ecuación [A.12] y la estrategia se tiene:

$$e = V_V \quad [1.7]$$

Reemplazando la ecuación [1.7] en [1.6]:

$$V = 1 + e \quad [1.8]$$

De la ecuación [A.14] se tiene:

$$W_W = w \cdot W_S \quad [1.9]$$

Reemplazando la ecuación [1.5] en la ecuación [1.10]:

$$W_W = w \cdot G_S \cdot \gamma_W \quad [1.10]$$

Reemplazando las ecuaciones [1.5], [1.8] y [1.10] en la ecuación [1.1]:

$$\gamma = \frac{w \cdot G_S \cdot \gamma_W + G_S \cdot \gamma_W}{1 + e}$$

Factorizando $G_S \cdot \gamma_W$:

$$\gamma = \frac{(1 + w) \cdot G_S \cdot \gamma_W}{1 + e} \quad [A.18]$$

DEMOSTRACIÓN 2.

Demostrar: $\gamma = \frac{(G_S + S \cdot e) \cdot \gamma_W}{1 + e}$

Respuesta:

De la ecuación [A.4] se tiene:

$$\gamma = \frac{W_W + W_S}{V} \quad [2.1]$$

De la ecuación [A.5] se tiene:

$$W_S = \gamma_S \cdot V_S \quad [2.2]$$

Considerando $V_S = 1$ (Estrategia) se tiene:

$$W_S = \gamma_S \quad [2.3]$$

De la ecuación [A.7] se tiene:

$$\gamma_S = G_S \cdot \gamma_W \quad [2.4]$$

Sustituyendo la ecuación [2.4] en [2.3]:

$$W_S = G_S \cdot \gamma_W \quad [2.5]$$

Reemplazando la ecuación [2.7] en [2.6]:

$$V = 1 + e \quad [2.8]$$

De la ecuación [A.11] se tiene:

$$V_W = S_r \cdot V_V \quad [2.9]$$

Reemplazando la ecuación [2.7] en la ecuación [2.9]:

$$V_W = S_r \cdot e \quad [2.10]$$

De la ecuación [A.6] se tiene:

$$W_W = \gamma_W \cdot V_W \quad [2.11]$$

Reemplazando la ecuación [2.10] en la ecuación [2.11]:

$$W_W = \gamma_W \cdot S \cdot e \quad [2.12]$$

Reemplazando las ecuaciones [2.5], [2.8] y [2.12] en la ecuación [2.1]:

$$\gamma = \frac{G_S \cdot \gamma_W + \gamma_W \cdot S \cdot e}{1 + e}$$

Factorizando γ_W :

$$\gamma = \frac{(G_S + S \cdot e) \cdot \gamma_W}{1 + e} \quad [A.19]$$

37

7.4.9 Grupos A, A, B Y BB Día 14/09/2016

En esta clase se hizo una presentación en *Prezi* donde se ilustraron 2 ejercicios para cada clase de los cuales se hizo la tabla siguiente, y se le agrego a cada ejercicio un inciso que consta de hacer el diagrama de fases para Y, Yd y Ysat.

37 CAMPOS RODRÍGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p.17-20.

| Enunciado | Solución | Grupos |
|---|--|---------------|
| Un suelo tiene los siguientes valores: $V = 7.08 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $m = 13.95 \text{ kg}$, $w = 9.8\%$ y $G_s = 2.66$. | 1.png 2.png | A, AA, B Y BB |
| $W = 1.21 \text{ Kg}$, $V = 600 \text{ cm}^3$, w (Contenido de humedad) = 10.2%. Calcular: Densidad húmeda, Peso específico húmedo (γ) y peso específico seco (γ_d) y hacer diagrama de fases para γ , γ_d , y γ_{sat} . | 4.png 5.png | A Y AA |
| Un suelo saturado tiene un peso unitario seco de 16.2 kN/m^3 . Su contenido de humedad es del 20%. Determine: (a) γ_{sat} , (b) G_s y (c) e . | 7.png | B Y BB |

7.4.10 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 3 Y 4.

| Quiz ó Taller | Solución | Grupo y fecha |
|---|---|-----------------------------|
| Quiz 1 | QUIZ1.png | A Y AA |
| Quiz 2 | QUIZ2.png | B Y BB |
| Tema A.docx | Quiz general 7 de septiembre.xlsx | A, AA, B Y BB 07/09/2016 |
| Tema B.docx | Quiz general 7 de septiembre.xlsx | A, AA, B Y BB 07/09/2016 |
| Tema C.docx | Quiz general 7 de septiembre.xlsx | A, AA, B Y BB 07/09/2016 |
| Demostrar $n = e/e + 1$, $e = n/n - 1$ y $G_s * w = S * e$ | Estas demostraciones están resueltas en el contenido de este informe de avance. | A, AA, B Y BB 14/09/2016 |

7.4.11 Grupos A Y BB Día 26/09/2016 Y Grupos AA Y B Día 27/09/2016

En esta semana se realizaron los parciales correspondientes al primer corte diseñados por el ingeniero Víctor Hugo Verjel Tarazona.

7.4.12 Grupos A Y BB Día 03/10/2016 Y Grupos AA Y B Día 04/10/2016

| Laboratorio | Procedimiento | Grupo y fecha |
|---|--|------------------|
| Coeficientes de permeabilidad método de cabeza constante y cabeza variable. Relaciones volumétricas gravimétricas. | EXP. 11 COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD-METODO DE CABEZA CONSTANTE.pdf EXP. 21 RELACIONES VOLUMETRICAS- GRAVIMETRICAS.pdf | A 26/10/2016 |
| Coeficientes de permeabilidad método de cabeza constante y cabeza variable. Relaciones volumétricas gravimétricas. | EXP. 11 COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD-METODO DE CABEZA CONSTANTE.pdf EXP. 21 RELACIONES VOLUMETRICAS- GRAVIMETRICAS.pdf | BB 26/10/2016 |
| Coeficientes de permeabilidad método de cabeza constante y cabeza variable. Relaciones volumétricas gravimétricas. | EXP. 11 COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD-METODO DE CABEZA CONSTANTE.pdf EXP. 21 RELACIONES VOLUMETRICAS- GRAVIMETRICAS.pdf | AA 27/10/2016 |
| Coeficientes de permeabilidad método de cabeza constante y cabeza variable. Relaciones volumétricas gravimétricas. | EXP. 11 COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD-METODO DE CABEZA CONSTANTE.pdf EXP. 21 RELACIONES VOLUMETRICAS- GRAVIMETRICAS.pdf | B 27/10/2016 |

7.1.13 Grupos A, BB, AA Y B Día 05/10/2016

Permeabilidad Y Formas De Agua En El Suelo

Problema 1:

Para la figura 4.23, determine el caudal en $m^3/s/m$, que circula a través del estrato permeable de suelo. Para los valores de: $H = 4$ m, $H_1 = 2$ m, $h = 3.1$ m, $L = 30$ m, $\alpha = 14^\circ$ y $k = 0.05$ cm/s.

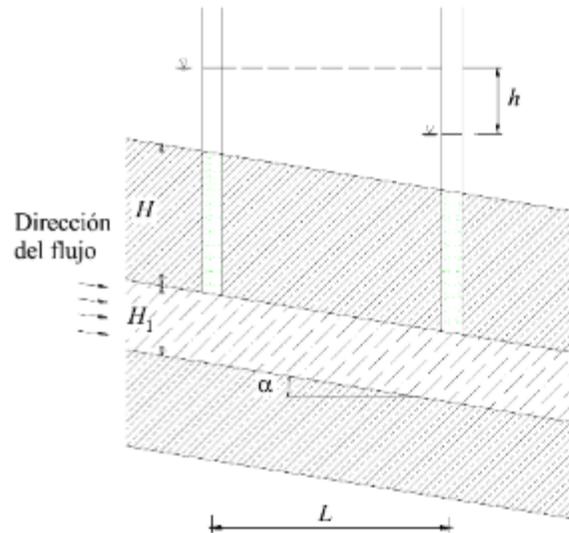


Figura 4.23. Flujo de agua en un estrato de suelo.

PASO 1.

Determinación del gradiente hidráulico y el área de la sección transversal.

El gradiente hidráulico, siempre debe ser calculado con respecto a la dirección del flujo. En base a la ecuación D.4, para el caso de la figura D.22 el gradiente hidráulico será:

$$i = \frac{\Delta h}{L_i \cos \alpha}$$

Reemplazando los valores de:

$$\Delta h = 3.1 \text{ m.}$$

$$L = 30 \text{ m.}$$

Se tiene que:

$$i = \frac{3.1}{30 \cdot \cos 14^\circ}$$

El gradiente hidráulico será:

$$i = 0.1$$

El área de la sección transversal, para 1 m, será:

$$A = H_1 \cdot \cos \alpha \cdot 1$$

Reemplazando:

$$A = 2 \cdot \cos 14^\circ$$

Por lo cual, el área de la sección transversal es:

$$A = 1.94 \text{ m}^2$$

PASO 2.

Determinación del caudal.

El caudal que circula por el estrato permeable será:

$$q = k \cdot i \cdot A$$

Reemplazando los valores de:

$$k = 0.05 \text{ cm/s.}$$

$$i = 0.1$$

$$A = 1.94 \text{ m}^2$$

Se tiene que:

$$q = 5 \times 10^{-4} \cdot 0.1 \cdot 1.94$$

El caudal será:

$$q = 9.7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s.}$$

38

38 CAMPOS RODRÍGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p 36-37.

Problema 2:

En una muestra representativa de suelo, se ha realizado un ensayo de conductividad hidráulica. La tabla 4.4, muestra los resultados de tres ensayos que se realizaron con esta muestra de suelo en laboratorio.

Tabla 4.4. Resultados de un ensayo de permeabilidad.

| Nro. Ensayo | | 1 | 2 | 3 |
|------------------------|-----------------|-------|-------|-------|
| Cantidad de flujo | cm ³ | 305 | 375 | 395 |
| Temperatura del agua | °C | 60 | 60 | 60 |
| Tiempo de recolección | seg | 25 | 25 | 25 |
| Diferencia de carga | cm | 60 | 70 | 80 |
| Diámetro del espécimen | cm | 6.35 | 6.35 | 6.35 |
| Longitud del espécimen | cm | 13.2 | 13.2 | 13.2 |
| Área del espécimen | cm ² | 31.67 | 31.67 | 31.67 |

Determine: La conductividad hidráulica del suelo.

Estrategia: Para determinar la conductividad hidráulica del ensayo de carga constante, se utiliza la ecuación D.12 con los datos recolectados en la tabla 4.4. Generalmente en laboratorio se realizan tres ensayos para una misma muestra de suelo, para determinar la conductividad hidráulica real, deben hallarse las conductividades hidráulicas para los tres ensayos de la tabla y obtener la media aritmética de estos tres. Finalmente debe hacerse una corrección por temperatura con la ecuación D.31, para esto debe determinar un coeficiente adecuado de la tabla D.8.

PASO 1.

Determinación de la conductividad hidráulica.

La conductividad hidráulica será:

$$k_1 = \frac{Q_1 \cdot L}{\Delta h_1 \cdot A \cdot t} \quad k_2 = \frac{Q_2 \cdot L}{\Delta h_2 \cdot A \cdot t} \quad k_3 = \frac{Q_3 \cdot L}{\Delta h_3 \cdot A \cdot t}$$

Reemplazando los valores correspondientes a cada ensayo:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 305 \text{ cm}^3 \\ Q_2 &= 375 \text{ cm}^3 \\ Q_3 &= 395 \text{ cm}^3 \\ \Delta h_1 &= 60 \text{ cm.} \\ \Delta h_2 &= 70 \text{ cm.} \\ \Delta h_3 &= 80 \text{ cm.} \\ t &= 25 \text{ seg.} \\ L &= 13.2 \text{ cm.} \\ A &= 31.67 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Se tendrá que:

$$k_1 = \frac{305 \cdot 13.2}{60 \cdot 31.67 \cdot 25} \quad k_2 = \frac{375 \cdot 13.2}{70 \cdot 31.67 \cdot 25} \quad k_3 = \frac{395 \cdot 13.2}{80 \cdot 31.67 \cdot 25}$$

Las conductividades hidráulicas serán:

$$k_1 = 8.5 \times 10^{-2} \text{ cm/s.} \quad k_2 = 8.9 \times 10^{-2} \text{ cm/s.} \quad k_3 = 8.2 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

PASO 2.

Determinación de la conductividad hidráulica promedio.

La media aritmética de la conductividad hidráulica, será:

$$k_t = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}$$

Reemplazando los valores de:

$$k_1 = 8.5 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

$$k_2 = 8.9 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

$$k_3 = 8.2 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

Se tiene que:

$$k_t = \frac{8.5 \times 10^{-2} + 8.9 \times 10^{-2} + 8.2 \times 10^{-2}}{3}$$

La conductividad hidráulica será:

$$k_t = 8.5 \times 10^{-3} \text{ cm/s.}$$

PASO 3.

Corrección por temperatura de la conductividad hidráulica.

La conductividad hidráulica, siempre debe ser expresada para una temperatura de 20 ° C. La conductividad hidráulica expresada para una temperatura de 20°C, será:

$$k_{20} = C_t k_t$$

De la tabla D.8, se elige un coeficiente adecuado para la corrección de 60° C, este es:

$$C_t = 0.468$$

Reemplazando los valores de:

$$C_t = 0.468$$

$$k_t = 0.085 \text{ cm/s.}$$

Se tiene que:

$$k_{20} = 0.468 \cdot 0.085$$

La conductividad hidráulica para una temperatura de 20 °C, será:

$$k_{20} = 3.97 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

39

39 CAMPOS RODRÍGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p.41-43.

Problema 3:

Para una muestra representativa de suelo, se realizando un ensayo con el permeámetro de carga constante mostrado en la figura 4.25.

Las dimensiones del permeámetro son:

$$L = 350 \text{ mm.}$$

$$A = 125 \text{ cm}^2$$

$$\Delta h = 420 \text{ mm.}$$

Además se sabe que: El índice de vacíos de la muestra de suelo es de: 0.61 y el agua que recolecta el permeámetro en 3 minutos es de 580 cm^3 .

Determine:

- La conductividad hidráulica de la arena en cm/s.
- El caudal, la velocidad de descarga y de flujo en cm/s.
- La pérdida de carga necesaria, para tener un caudal de $5 \text{ cm}^3/\text{s}$.

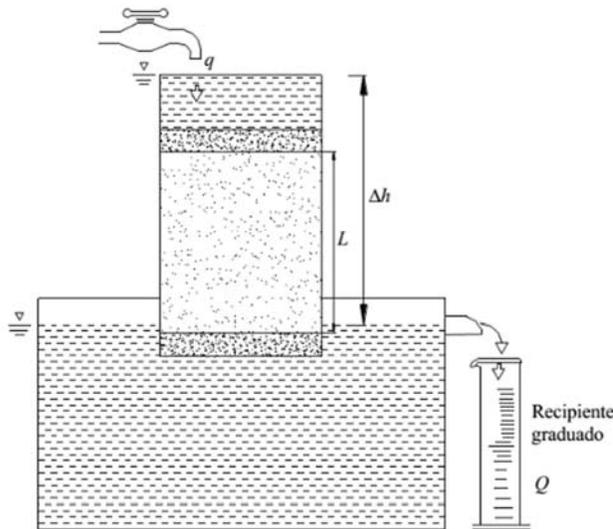


Figura 4.25. Permeámetro de carga constante.

a) Conductividad hidráulica de la arena:

La conductividad hidráulica será:

$$k = \frac{Q \cdot L}{\Delta h \cdot A \cdot t}$$

Reemplazando los valores de:

$$Q = 580 \text{ cm}^3$$

$$L = 35 \text{ cm.}$$

$$\Delta h = 42 \text{ cm.}$$

$$A = 125 \text{ cm}^2$$

$$t = 180 \text{ seg. (convertido a segundos)}$$

Se tiene que:

$$k = \frac{580 \cdot 35}{42 \cdot 125 \cdot 125}$$

La conductividad hidráulica será:

$$k = 2.14 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

b) Velocidad de descarga y de flujo en cm/s.

PASO 1.

Determinación del gradiente hidráulico.

El gradiente hidráulico será:

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Reemplazando los valores de:

$$\Delta h = 42 \text{ cm.}$$

$$L = 35 \text{ cm.}$$

Se tiene que:

$$i = \frac{42}{35}$$

El gradiente hidráulico será:

$$i = 1.2$$

PASO 2.

Determinación del caudal de descarga.

Para el sistema, el caudal de descarga será:

$$q = k \cdot i$$

Reemplazando los valores de:

$$k = 2.14 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

$$i = 1.2$$

Se tiene que:

$$q = 2.14 \times 10^{-2} \cdot 1.2$$

El caudal de descarga será:

$$q = 2.56 \text{ cm}^3/\text{s.}$$

PASO 3.

Determinación de la velocidad de descarga.

La velocidad de descarga será:

$$v = k \cdot i$$

Reemplazando los valores de:

$$k = 2.14 \times 10^{-2} \text{ cm}^3/\text{s.}$$

$$i = 1.2$$

se tiene que:

$$v = 2.14 \times 10^{-2} \cdot 1.2$$

La velocidad de descarga será:

$$v = 2.56 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

PASO 4.

Determinación de la porosidad

La ecuación A.42, relaciona el índice de vacíos con la porosidad, está es:

$$e = \frac{n}{1-n}$$

Reemplazando el valor de:

$$e = 0.63$$

Se tiene que:

$$0.63 = \frac{n}{1-n}$$

La porosidad será:

$$n = 0.38$$

PASO 5.

Determinación de la velocidad de flujo.

La velocidad de flujo será:

$$v_s = \frac{v}{n}$$

Reemplazando los valores de:

$$v = 2.56 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

$$n = 0.38$$

Se tiene que:

$$v_s = \frac{2.56 \times 10^{-2}}{0.38}$$

La velocidad de flujo será:

$$v_s = 6.73 \times 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

c) Pérdida de carga necesaria para un caudal de 120 cm³/s:

El caudal de descarga será:

$$q = \frac{Q}{t}$$

Por lo tanto, el caudal que se precisa es 5 cm³/s, por lo que se tendrá:

$$\frac{Q}{t} = 5 \quad [1]$$

La conductividad hidráulica, para el ensayo de carga constante es:

$$k = \frac{L}{\Delta h \cdot A} \cdot \frac{Q}{t}$$

Reemplazando la ecuación [1], en esta expresión se tiene que:

$$k = \frac{L}{\Delta h \cdot A} \cdot 5$$

Reemplazando los valores de:

$$\begin{aligned} L &= 35 \text{ cm.} \\ A &= 125 \text{ cm}^2 \\ k &= 2.14 \times 10^{-2} \text{ cm/s.} \end{aligned}$$

Se tiene que:

$$2.14 \times 10^{-2} = \frac{35}{\Delta h \cdot 125} \cdot 5$$

La pérdida de carga necesaria será:

$$\Delta h = 65.42 \text{ cm.}$$

40

40 CAMPOS RODRIGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p.47-51.

7.4.14 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 5 Y 6.

| Quiz o Taller | Solución | Grupo y fecha |
|---|---|----------------------|
| <p>¿Qué factores son los que miden en el laboratorio de permeabilidad por el método de cabeza constante?</p> <p>Describe el procedimiento para el laboratorio de relaciones volumétricas y gravimétricas.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Δh, Diámetro y longitud de la muestra, caudal. • Se pesa el frasco de vidrio vacío, se agrega agua y se pesa, se le agrega la muestra de suelo y se pesa, se deja saturar completamente la muestra y se vuelve a pesar. | A 03/10/2016 |
| <p>Describe la diferencia entre el ensayo de permeabilidad cabeza constante y variable.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La diferencia se encuentra en que el permeámetro de cabeza constante se mantiene un flujo constante de agua y el variable no, además las alturas de presión en el constante se mantienen constante y en el variable varía. | BB 03/10/2016 |
| <p>¿Qué me define el coeficiente de permeabilidad y defina los ensayos directos para obtenerlo?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Me define que tan permeable es un suelo, en otras palabras, el grado de dificultad con el pasa el agua a través del suelo. • Permeabilidad por el método de cabeza constante y variable. | AA, 04/10/2016 |
| <p>¿Cuáles son los factores que afectan la permeabilidad?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • La porosidad y el grado de acomodación de las partículas. | B 04/09/2016 |
| <p>¿Cuáles son los tipos de agua en el suelo?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Agua gravitacional, capilar e higroscópica. | A y AA 05/10/2016 |
| <p>¿Qué es ó que me define el gradiente hidráulico?</p> | <ul style="list-style-type: none"> • $\Delta h/L$, me define el tipo de flujo a través del suelo. | B Y BB 05/10/2016 |

7.4.15 Grupos A Y BB Día 10/10/2016 Y Grupos AA Y B Día 11/10/2016

| Laboratorio | Procedimiento | Grupo y fecha |
|---|---|---------------|
| <p>Gravedad específica de los sólidos del suelo.</p> <p>Densidad en el terreno por el método del cono de arena.</p> | <p>EXP. 7 GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO.pdf</p> <p>EXP. 11 COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD- METODO DE CABEZA CONSTANTE.pdf</p> | A 10/10/2016 |
| <p>Gravedad específica de los sólidos del suelo.</p> <p>Densidad en el terreno por el método del cono de arena</p> | <p>EXP. 7 GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO.pdf</p> <p>EXP. 11 COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD- METODO DE CABEZA CONSTANTE.pdf</p> | BB 10/10/2016 |
| <p>Gravedad específica de los sólidos del suelo.</p> <p>Densidad en el terreno por el método del cono de arena</p> | <p>EXP. 7 GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO.pdf</p> <p>EXP. 11 COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD- METODO DE CABEZA CONSTANTE.pdf</p> | AA 11/10/2016 |
| <p>Gravedad específica de los sólidos del suelo.</p> <p>Densidad en el terreno por el método del cono de arena</p> | <p>EXP. 7 GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO.pdf</p> <p>EXP. 11 COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD- METODO DE CABEZA CONSTANTE.pdf</p> | B 11/10/2016 |

7.4.16 Grupos A, BB, AA Y B Día 12/10/2016

El desarrollo de esta clase se dio por medio de diapositivas en Microsoft Powerpoint con el propósito de introducir al estudiante en un ambiente más cómodo y didáctico. Las diapositivas que se presentaron en clase son las siguientes:

[Esfuerzos efectivos.ppt](#)

Y el tema que se manejó en clase fue que se presenta a continuación:

Esfuerzos Efectivos

Esfuerzo total:

Los ingenieros geotécnicos lo llaman esfuerzo total porque es la suma de los esfuerzos absorbidos por todas las fases del suelo, este esfuerzo es el que absorbe todo el peso en o sobre el suelo.

Presión de poros:

Es la presión inducida en el fluido (ya sea agua o agua y aire) que llena los poros. El fluido en los poros es capaz de transmitir esfuerzos normales, pero no esfuerzos cortantes, por lo que no tiene la componente de corte, y es por esta razón que la presión de poros se la conoce también con el nombre de esfuerzo neutral o presión neutra.

Esfuerzo efectivo:

Terzaghi en 1943, demostró que, para un suelo saturado, el esfuerzo efectivo en cualquier dirección puede definirse en forma cuantitativa como la diferencia entre el esfuerzo total y la presión de poros del agua. Este esfuerzo es transmitido a través de la estructura sólida del suelo por medio de los contactos intergranulares. Este

componente del esfuerzo total es el que controla tanto la deformación debida a los cambios de volumen como la resistencia al corte del suelo, por lo tanto, el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante se transmiten a través de los contactos entre grano a grano.

$$\sigma' = \sigma - u$$

Donde:

σ = Esfuerzo normal total.

σ' = Esfuerzo normal efectivo.

u = Presión de poros del agua o esfuerzo neutral.

41

Concepto de esfuerzo efectivo

Considere un esfuerzo vertical en un punto A situado a una profundidad $h_1 + h_2$ debajo de la superficie del terreno, como se muestra en la figura 1.13a. El esfuerzo vertical total en A es:

$$\sigma = h_1 \gamma + h_2 \gamma_{sat}$$

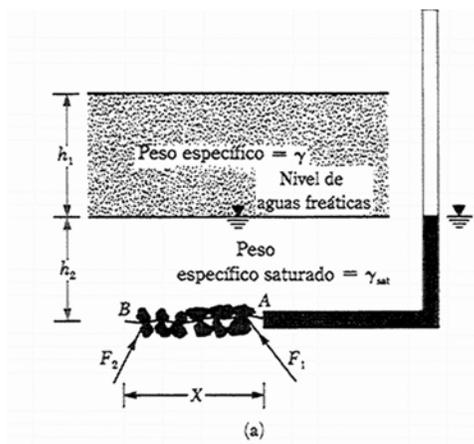


Ilustración 9 Caso A: No hay flujo ascendente

Donde γ y γ_{sat} son los pesos específicos del suelo arriba y abajo del nivel freático, respectivamente.

41 CAMPOS RODRÍGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p. 301.

El esfuerzo total es soportado parcialmente por el agua de poro en los espacios de vacíos y otra parte por los sólidos del suelo en sus puntos de contacto. Por ejemplo, considere un plano ondulado AB trazado por el punto A (véase la figura 1.13a) que pasa por los puntos de contacto de los granos del suelo. La vista en planta de esta sección se muestra en la figura 1.13b. Los pequeños puntos en la figura 1.13b representan las áreas en que hay contacto sólido a sólido.

Si la suma de esas áreas es igual a A' , el área ocupada por el agua es igual a $XY - A'$. La fuerza tomada por el agua de poro es:

$$F_w = (XY - A') u$$

donde $u =$ presión del agua de poro $= \gamma_w h_2$

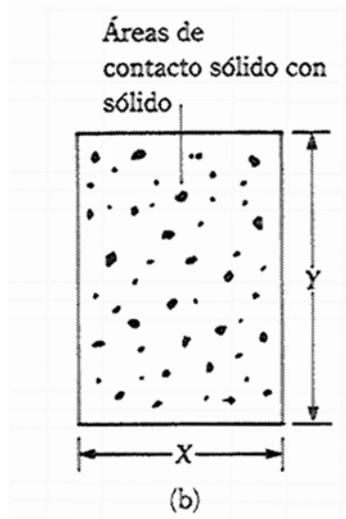


Ilustración 10 Diagrama en planta del área de contacto sólido - sólido

Sean ahora F_1 F_2 , las fuerzas en los puntos de contacto de los sólidos del suelo como se muestra en la figura 1.13a. La suma de las componentes verticales de esas fuerzas sobre un área horizontal XY es:

$$F_s = \sum F_{1(v)} + F_{2(v)} + \dots \quad (1.45)$$

donde $F_{1(v)}$, $F_{2(v)}$, ... son componentes verticales de las fuerzas F_1 , F_2 , ..., respectivamente.

Con base en los principios de la estática,

$$(\sigma)XY = F_w + F_s$$

o

$$(\sigma)XY = (XY - A')u + F_s$$

y entonces

$$\sigma = (1 - a)u + \sigma' \quad (1.46)$$

donde $a = A'/XY =$ fracción del área unitaria transversal ocupada por el contacto sólido a sólido

$\sigma' = F_s/(XY) =$ componente vertical de las fuerzas en los puntos de contacto sólido a sólido sobre un área transversal unitaria

El término σ' en la ecuación (1.46) se denomina en general *esfuerzo efectivo vertical*. La cantidad a en la ecuación (1.46) es muy pequeña. Entonces,

$$\sigma = u + \sigma' \quad (1.47)$$

Para suelos secos, $u = 0$; por consiguiente, $\sigma = \sigma'$.

Para el problema bajo consideración en la figura 1.13a, $u = h_2\gamma_w$ ($\gamma_w =$ peso específico del agua). El esfuerzo efectivo en el punto A es entonces

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sigma - u = (h_1\gamma + h_2\gamma_{sat}) - h_2\gamma_w \\ &= h_1\gamma + h_2(\gamma_{sat} - \gamma_w) = h_1\gamma + h_2\gamma' \end{aligned} \quad (1.48)$$

donde $\gamma' =$ peso específico efectivo o peso sumergido del suelo
 $= \gamma_{sat} - \gamma_w$

De la ecuación (1.15),

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s\gamma_w + e\gamma_w}{1 + e}$$

por lo que

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \frac{G_s\gamma_w + e\gamma_w}{1 + e} - \gamma_w = \frac{\gamma_w(G_s - 1)}{1 + e}$$

$$\sigma = h_1 \gamma_w + h_2 \gamma_{sat}$$

$$u = (h_1 + h_2 + h) \gamma_w$$

Entonces, de la ecuación (1.47),

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sigma - u = (h_1 \gamma_w + h_2 \gamma_{sat}) - (h_1 + h_2 + h) \gamma_w \\ &= h_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w) - h \gamma_w = h_2 \gamma' - h \gamma_w \end{aligned}$$

o

$$\sigma' = h_2 \left(\gamma' - \frac{h}{h_2} \gamma_w \right) = h_2 (\gamma' - i \gamma_w)$$

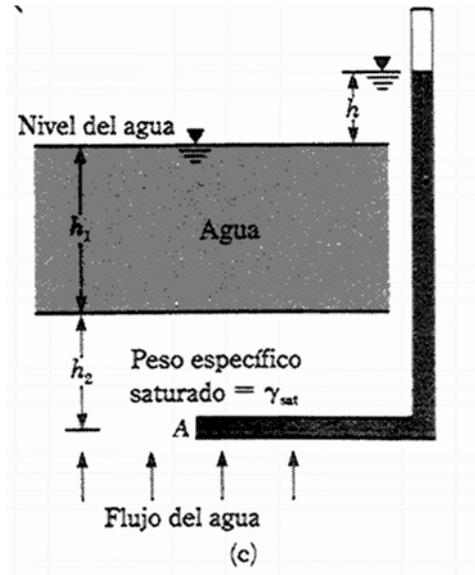


Ilustración 11 Caso B: Hay flujo ascendente

Note en la ecuación (1.50) que h/h_2 es el gradiente hidráulico, i . Si éste es muy alto, tal que $\gamma' - i \gamma_w$ resulta cero, el *esfuerzo efectivo será cero*. En otras palabras, no existe esfuerzo de contacto entre las partículas del suelo y la estructura del suelo se romperá. Esto se conoce como *condición rápida* o *falla por levantamiento*. Entonces, para levantamiento,

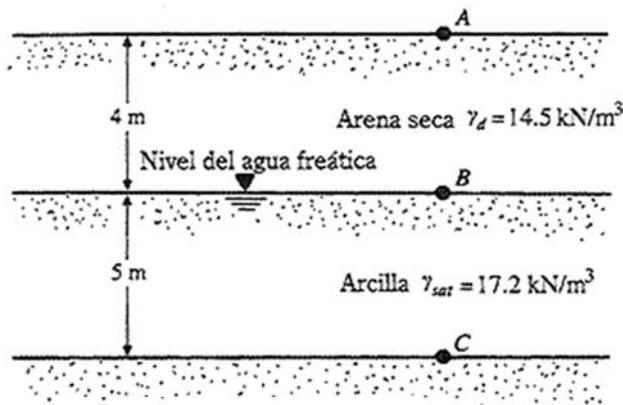
$$i = i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w} = \frac{G_s - 1}{1 + e} \quad (1.51)$$

donde i_{cr} = gradiente hidráulico crítico

Para la mayoría de los suelos arenosos, i_{cr} varía entre 0.9 y 1.1, con un promedio cercano a 1.

Para el perfil del suelo mostrado en la figura 1.14, determine el esfuerzo vertical total, presión del agua de poro y esfuerzo vertical efectivo en A, B y C.

Solución: La siguiente tabla se puede preparar.



▼ FIGURA 1.14

| Punto | σ (kN/m ²) | u (kN/m ²) | $\sigma' = \sigma - u$ (kN/m ²) |
|-------|---|---------------------------------------|---|
| A | 0 | 0 | 0 |
| B | $(4) (\gamma_d) = (4) (14.5) = 58$ | 0 | 58 |
| C | $58 + (\gamma_{sat}) (5) = 58 + (17.2) (5) = 144$ | $(5) (\gamma_w) = (5) (9.81) = 49.05$ | 94.95 |

▲ 42

42 BRAJA M., Das, Principios de ingeniería de cimentaciones. 4 Ed. México D.F.: International Thomson Editores, 2001. p. 32-35.

7.4.17 Grupos AA Y B Día 18/10/2016 Y Grupos A Y BB Día 20/10/2016

| Laboratorio | Procedimiento | Grupo y fecha |
|--|---|------------------|
| Relaciones humedad – densidad ensayo de proctor estándar y modificado. | Norma INV E-141-07 0.pdf Norma-INV-E-142-07.pdf EXP. 9 RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (Ensayos de compactación).pdf | A 20/10/2016 |
| Relaciones humedad – densidad ensayo de proctor estándar y modificado. | Norma INV E-141-07 0.pdf Norma-INV-E-142-07.pdf EXP. 9 RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (Ensayos de compactación).pdf | BB 20/10/2016 |
| Relaciones humedad – densidad ensayo de proctor estándar y modificado. | Norma INV E-141-07 0.pdf Norma-INV-E-142-07.pdf EXP. 9 RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (Ensayos de compactación).pdf | AA 18/10/2016 |
| Relaciones humedad – densidad ensayo de proctor estándar y modificado. | Norma INV E-141-07 0.pdf Norma-INV-E-142-07.pdf EXP. 9 RELACIONES HUMEDAD-DENSIDAD (Ensayos de compactación).pdf | B 18/10/2016 |

7.4.18 Grupos A, BB, AA Y B Día 19/10/2016

Esta clase se llevó a cabo por medio de diapositivas en Microsoft Powerpoint con el propósito de introducir al estudiante en un ambiente más cómodo y didáctico. Las diapositivas que se presentaron en clase son las siguientes:

[Proctor y consolidacion.ppt](#)

En el desarrollo de la clase se presentaron ejemplos de relaciones humedad – densidad, proctor estándar y su relación con el laboratorio anterior de densidad en el terreno, de igual manera se aprovechó el tiempo restante para introducir la teoría de la consolidación.

Relación Humedad – Densidad, Ensayo De Compactación

Ejemplo 1:

A continuación se presenta los resultados de una prueba Proctor estándar, en un limo arcilloso ($G_s = 2.73$).

| Contenido de humedad % | Peso unitario seco kN/m ³ |
|---------------------------|---|
| 6 | 14.80 |
| 8 | 17.45 |
| 9 | 18.52 |
| 11 | 18.90 |
| 12 | 18.50 |
| 14 | 16.90 |

Se ha construido el terraplén de una carretera con el mismo suelo. A continuación, se encuentran los resultados del ensayo de cono de arena en la parte superior del terraplén:

Densidad seca de la arena utilizada = $1570 \text{ kg/m}^3 = \rho_{\text{arena}}$

Masa de arena para llenar el cono = $0.545 \text{ kg} = M_4$

Masa de recipiente + cono + arena (antes de usarse) = $7.590 \text{ kg} = M_1$

Masa de recipiente + cono + arena (después de usarse) = $4.780 \text{ kg} = M_2$

Masa del suelo húmedo del hoyo = $3.007 \text{ kg} = M$

Contenido de humedad del suelo = $10.2 \% = w$

Se pide:

- Suponiendo que la energía utilizada en campo correspondía a la del Proctor estándar, calcule el contenido de humedad al que fue compactado el suelo.
- ¿Cual es el grado de saturación de la muestra en campo?
- Si luego de compactado el terraplén, llueve por varios días y se satura completamente. ¿Cual es el peso unitario del suelo?
- Si se hubiese utilizado una energía mayor en la compactación, de tal forma que el grado de saturación hubiese alcanzado el 100%, ¿Cual sería el grado de compactación?

a) Calcular el contenido de humedad.

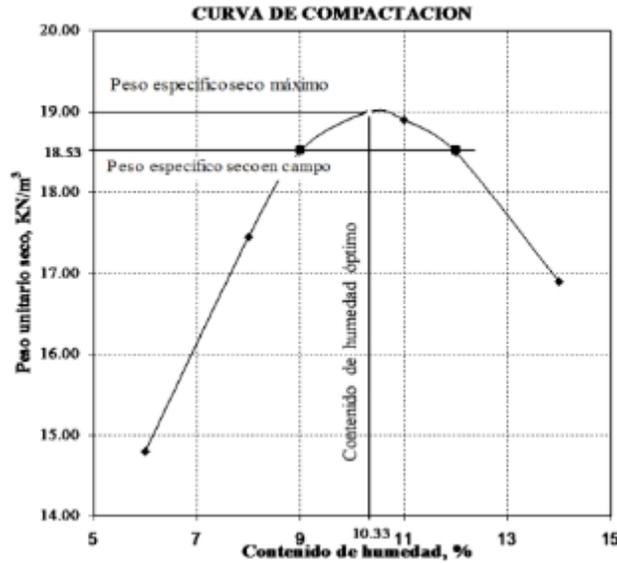


Ilustración 12 Curva contenido de humedad vs peso unitario seco

$$\gamma_{d \max} = 19.0 \text{ kN/m}^3$$

$$W_{opt} = 10.33 \%$$

La masa de la arena dentro el cono y el hoyo se encuentra con ayuda de la **Figura 7.2**:

$$M_3 = M_2 - M_1 = M_4 + M_5 \quad [4.1]$$

$$M_3 = 7.59 - 4.78 \Rightarrow M_3 = 2.810 \text{ kg}$$

De la ecuación [4.1] se halla la masa de suelo que se introduce en el hoyo:

$$M_5 = M_3 - M_4$$

$$M_5 = 2.810 - 0.545 \Rightarrow M_5 = 2.265 \text{ kg}$$

De la ecuación [A.8] se tiene:

$$\gamma_d = \frac{M_d}{V} \quad [4.2]$$

De la ecuación [G.2] se tiene la masa de suelo seco del hoyo:

$$M_d = \frac{M}{1 + w}$$

$$M_d = \frac{3.007}{1 + \frac{10.2}{100}} \Rightarrow M_d = 2.7287 \text{ kg}$$

De la ecuación [A.15] se tiene el volumen de la arena utilizada:

$$\rho_{arena} = \frac{M_5}{V} \quad \Rightarrow \quad V = \frac{M_5}{\rho_{arena}} \quad [4.4]$$

$$V = \frac{2.265 \text{ kg}}{1570 \text{ kN/m}^3} \quad \Rightarrow \quad V = 1.442675 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Reemplazando V, en la ecuación [4.3] se tiene el peso específico en campo:

$$\gamma_d = \frac{2.7287}{1.442675 \cdot 10^{-3}} = 1891.4 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_d = 1891.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ kN}}{10^3 \text{ N}} \quad \Rightarrow \quad \gamma_d = 18.53 \text{ kN/m}^3$$

$$w = 9 \%$$

b) Determinar el grado de saturación

De la ecuación [A.20] se tiene:

$$\gamma = \frac{(1+w) \cdot G_s \cdot \gamma_w}{1 + \frac{w \cdot G_s}{S}}$$

Despejando S:

$$1 + \frac{w \cdot G_s}{S} = \frac{(1+w) \cdot G_s \cdot \gamma_w}{\gamma} \quad \Rightarrow \quad \frac{w \cdot G_s}{S} = \frac{(1+w) G_s \cdot \gamma_w}{\gamma} - 1$$

$$S = \frac{w \cdot G_s}{\frac{(1+w) G_s \cdot \gamma_w}{\gamma} - 1} \quad [4.5]$$

De la ecuación [A.23] se obtiene el peso específico húmedo del suelo en campo:

$$\gamma = (1+w) \cdot \gamma_d \quad [4.6]$$

$$\gamma = \left(1 + \frac{10.2}{100}\right) \cdot 18.53$$

$$\gamma = 20.54 \text{ kN/m}^3$$

Reemplazando valores en la ecuación [4.5] se tiene el grado de saturación en campo:

$$S = \frac{10.2 \cdot 2.73}{\left(1 + \frac{10.5}{100}\right) \cdot 2.73 \cdot 9.8 - 20.42} - 1$$

$$S = 62.74 \% \quad \Rightarrow \quad S = 63 \%$$

c) Determinar el peso unitario del suelo saturado.

De la ecuación [A.38] se obtiene el peso específico saturado del suelo en campo.

$$\gamma_{sat} = \left(1 - \frac{1}{G_s}\right) \gamma_d + \gamma_w$$

$$\gamma_{sat} = \left(1 - \frac{1}{2.73}\right) \cdot 18.53 + 9.8 \quad \Rightarrow \quad \gamma_{sat} = 21.54 \text{ kN/m}^3$$

d) Determinar el grado de compactación.

De la ecuación [G.3] se obtiene el peso específico seco en campo con cero de aire en los vacíos (S = 100 %), para el contenido de humedad de 9% calculado en el inciso a).

$$\gamma_{d_{campo}} = \gamma_{zav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + \left(\frac{w \cdot G_s}{S}\right)}$$

$$\gamma_{d_{campo}} = \gamma_{zav} = \frac{2.73 \cdot 9.8}{1 + \left(\frac{9 \cdot 2.73}{100}\right)} \quad \Rightarrow \quad \gamma_{d_{campo}} = \gamma_{zav} = 21.48 \text{ kN/m}^3$$

Del inciso a) se sabe que el peso específico seco máximo en laboratorio es:

$$\gamma_{d \text{ max laboratorio}} = 19 \text{ kN/m}^3$$

Reemplazando valores en la ecuación [4.7] se tiene:

$$R = \frac{21.48 \text{ kN/m}^3}{19.00 \text{ kN/m}^3} \cdot 100 \quad \Rightarrow \quad R = 113 \%$$

43

43 CAMPOS RODRÍGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p.448-451.

Ejemplo 2:

Se quiere construir el terraplén de una carretera, que tendrá las características de la Figura 7.4

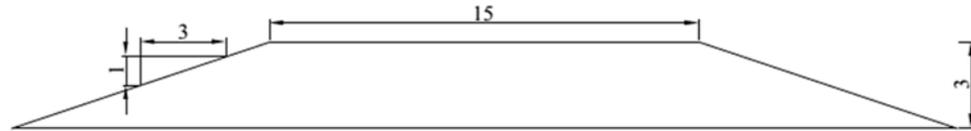
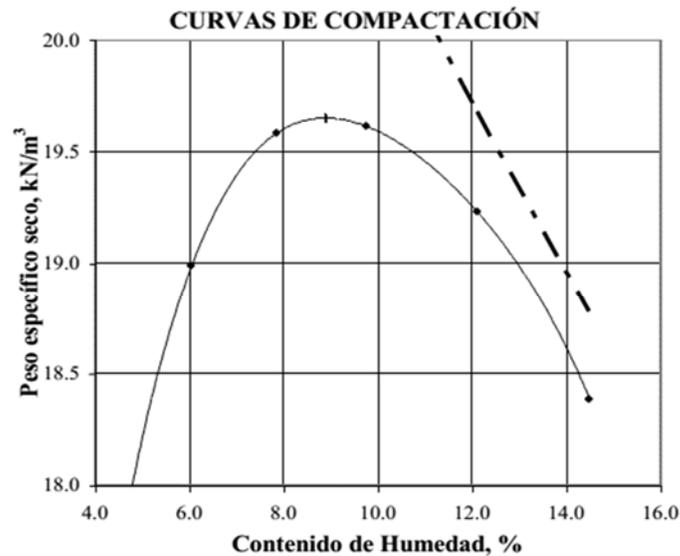


Figura 7.4. Dimensiones del terraplén a construir.



- Determinar el peso unitario mínimo que tendrá la sub-base, el rango de humedades en el que se podría realizar la compactación.
- Determinar también la cantidad de material en banco es necesario para la construcción del terraplén.

a) Determinar el peso específico seco mínimo de la sub-base y los rangos de humedad:

De la curva de compactación se obtiene el peso específico seco máximo y el contenido de humedad óptimo del suelo:

$$\gamma_{dmax} = 19.65 \text{ kN/m}^3$$

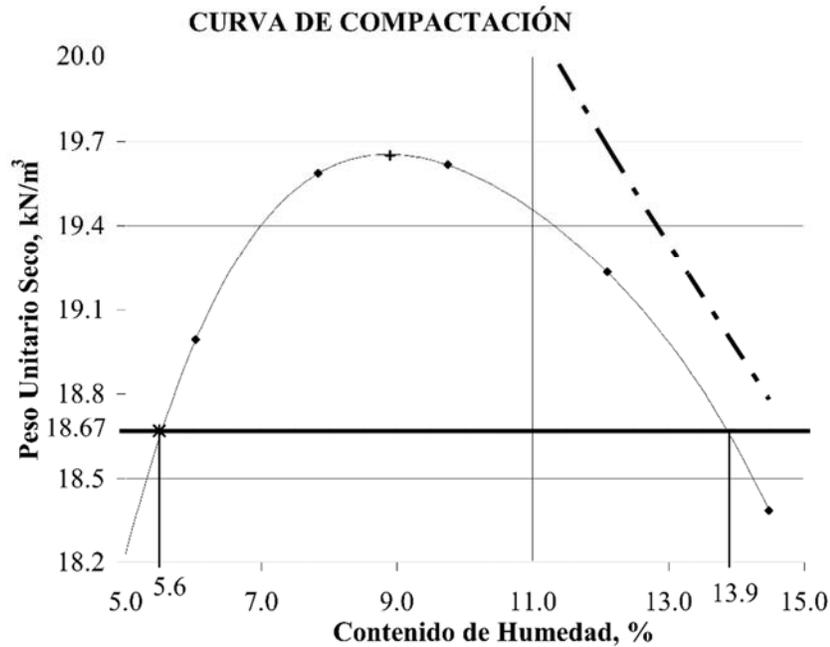
$$w_{opt} = 8.90 \%$$

$$\gamma_{d \text{ campo}} = R \cdot \gamma_{d \text{ max lab}}$$

$$\Rightarrow \gamma_{d \text{ campo}} = 0.95 \cdot \gamma_{d \text{ max lab}}$$

$$\gamma_{d \text{ campo}} = (0.95) \cdot (19.65)$$

$$\Rightarrow \gamma_{d \text{ campo mínimo}} = 18.67 \text{ kN/m}^3$$



De la gráfica se obtiene que el rango de humedades en el que se puede realizar la compactación es desde el 5.6 % hasta el 13.9 %, entre los cuales la compactación alcanzará al menos el valor de $R \cdot \gamma_d = 18.67 \text{ kN/m}^3$.

b) Determinar la cantidad de material en banco necesaria para construir el terraplén:

A partir de las dimensiones del terraplén se obtiene el volumen total del terraplén:

$$Volumen = \text{Área} \cdot \text{Longitud} = \frac{(15 + 33)}{2} \cdot 3 \cdot (400) = 28800 \text{ m}^3$$

A partir de las ecuaciones [A.8] y [A.14] del anexo A, se obtiene el peso de los sólidos y agua necesarios para obtener el peso específico deseado.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \Rightarrow W_s = \gamma_d \cdot V \quad [6.1]$$

$$W_s = 18.67 \text{ kN/m}^3 \cdot 28800 \text{ m}^3 \Rightarrow W_s = 537696 \text{ kN}$$

De la ecuación [A.14] se obtiene el peso del agua necesario.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \Rightarrow W_w = W_s \cdot w \quad [6.2]$$

Donde:

w = Contenido de humedad.

W_w = Peso del agua en el suelo.

Reemplazando los valores hallados, se tiene:

$$W_w = (537696) \cdot (0.07) \Rightarrow W_w = 37638.7 \text{ kN}$$

De la ecuación [A.3] se obtiene el peso total del suelo (sólidos + agua):

$$W = W_s + W_w \Rightarrow W = 537696 + 37638,7$$

$$W = 575334.7 \text{ kN} \Rightarrow W = 58647.8 \text{ ton}$$

Entonces el peso total de material que se necesita extraer del banco es de 58647.78 ton. ⁴

Consolidación

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

1. Asentamiento inmediato, provocado por la deformación elástica del suelo seco y de suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de agua. Los cálculos de los asentamientos inmediatos se basan, generalmente, en ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad.
2. Asentamiento por consolidación primaria, es el resultado de un cambio de volumen en suelos saturados cohesivos debido a la expulsión del agua que ocupa los espacios vacíos.
3. Asentamiento por consolidación secundaria, se observa en suelos saturados cohesivos y es resultado del ajuste plástico de la estructura del suelo. Éste sigue al asentamiento por consolidación primaria bajo un esfuerzo efectivo constante.

Consideraciones Fundamentales Sobre Consolidación

Cuando un estrato de suelo saturado está sometido a un incremento de esfuerzos, la presión de poro del agua aumenta repentinamente. En suelos arenosos que son altamente permeables, el drenaje causado por el incremento en la presión de poro del agua se lleva a cabo inmediatamente. El drenaje del agua de los poros va acompañado por una reducción en el volumen de la masa del suelo, generándose un asentamiento. Debido al rápido drenaje del agua de los poros en los suelos arenosos, el asentamiento inmediato y la consolidación se efectúan simultáneamente. Sin embargo, no es el caso para suelos arcillosos, que tienen baja permeabilidad. El asentamiento por consolidación depende del tiempo.

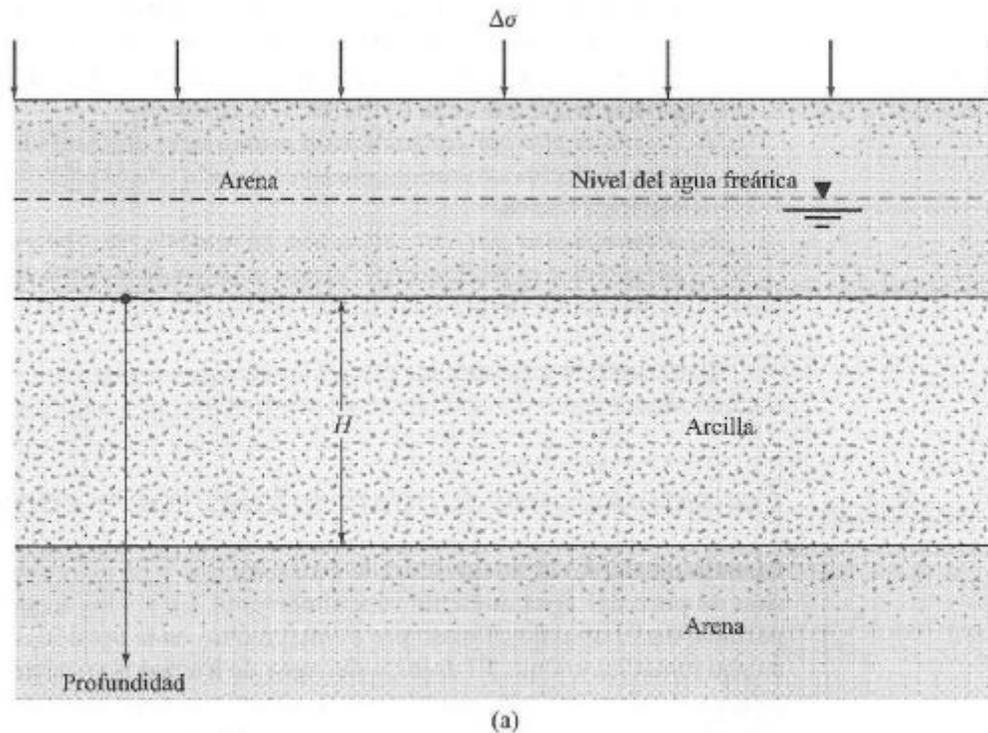


FIGURA 6.1 Variación del esfuerzo total, presión de poro del agua y esfuerzo efectivo en un estrato de arcilla drenada arriba y abajo como resultado del esfuerzo agregado $\Delta\sigma$.

Así es como analizaremos la deformación de un estrato de arcilla saturada sometida a un incremento de esfuerzos (figura 6.1a). Un estrato de arcilla saturada de espesor

H está confinado entre dos estratos de arena y sometido a un incremento instantáneo en el esfuerzo total de $\Delta\sigma$.

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$$

donde $\Delta\sigma'$ = incremento en el esfuerzo efectivo

Δu = incremento en la presión de poro del agua

Como la arcilla tiene muy baja permeabilidad y el agua es incompresible comparada con el esqueleto del suelo, en el tiempo $t = 0$, el esfuerzo incrementado total, $\Delta\sigma$, será tomado por el agua ($\Delta\sigma - \Delta\mu$) a toda profundidad (figura 6.1b). Ningún esfuerzo será tomado por el esqueleto del suelo (es decir, el esfuerzo efectivo incrementado $\Delta\sigma' = 0$).

Después de la aplicación del esfuerzo incrementado ACT al estrato de arcilla, el agua en los espacios vacíos empezará a ser expulsada y se drenará en ambas direcciones hacia los estratos de arena. Por medio de este proceso, el exceso de presión de poro del agua en cualquier profundidad sobre el estrato de arcilla decrecerá gradualmente y el esfuerzo tomado por los sólidos del suelo (esfuerzo efectivo) se incrementará. Así entonces, en el tiempo $0 < t < \infty$,

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u \quad (\Delta\sigma' > 0 \text{ y } \Delta u < \Delta\sigma)$$

Teóricamente, en el tiempo $t = \infty$, la presión de poro completa en exceso se disipará por drenaje desde todos los puntos del estrato de arcilla, dando $\Delta\mu = 0$. El incremento de esfuerzo total $\Delta\sigma$ se tomará entonces por la estructura del suelo (figura 6.1d), por lo que:

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma'$$

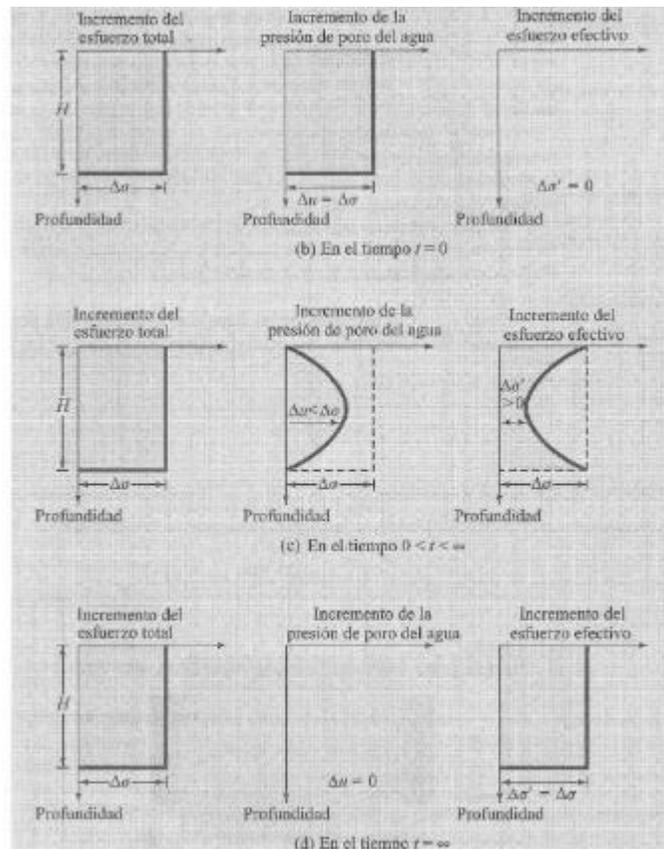


Ilustración 13 Variación de los esfuerzos efectivo y de presión de poros con respecto al tiempo

Este proceso gradual de drenaje, bajo la aplicación de una carga adicional y la transferencia asociada de presión de poro en exceso al esfuerzo efectivo, ocasiona el asentamiento dependiente del tiempo (consolidación) en el estrato de suelo arcilloso.⁴⁴

44 CAMPOS RODRÍGUEZ Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN. Op cit., p.455-458.

7.4.19 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 7 Y 8.

| Quiz o Taller | Solución | Grupo y fecha |
|---|---|----------------------|
| ¿Cuál es el rango de muestra de suelo para realizar el ensayo de gravedad específica de los sólidos del suelo? | <ul style="list-style-type: none"> Entre 100-120 g | A 03/10/2016 |
| ¿Cuál es el procedimiento previo para realizar el ensayo de densidad en el terreno por el método del cono de arena? | <ul style="list-style-type: none"> El procedimiento previo consiste en determinar la constante del cono y la densidad de la arena a utilizar. | BB 03/10/2016 |
| ¿Cuáles son los datos que se obtienen en el laboratorio de gravedad específica de los sólidos y cuáles son los métodos de remoción? | <ul style="list-style-type: none"> Peso del recipiente vacío, peso del recipiente con agua, temperatura del recipiente con agua, después de removidos los vacíos, peso del recipiente con el suelo y agua hasta la línea de aforo, más adelante el peso del recipiente evaporador vacío y lleno con la muestra de suelo y agua. Los métodos de remoción de vacíos son por el reverbero y la bomba de vacío. | AA, 04/10/2016 |
| ¿Cómo se hallar el peso específico seco? | <ul style="list-style-type: none"> Con la formula, $yd = \frac{y}{1+w}$ | B 04/09/2016 |
| Enu 1 quiz.png | <ul style="list-style-type: none"> Res 1 quiz.png | A y AA 05/10/2016 |
| Diferencias entre proctor estándar y modificado. | <ul style="list-style-type: none"> Peso del martillo, altura de compactación y el número de capas. | A y AA 05/10/2016 |
| Hallar la gravedad específica del siguiente laboratorio. | <ul style="list-style-type: none"> res quiz 2.png | B Y BB 05/10/2016 |
| ¿Qué relación hay entre el ensayo de densidad en el terreno por el método del cono de arena y el ensayo de proctor? | <ul style="list-style-type: none"> Es para verificar el grado de compactación de la muestra con la densidad en campo con la máxima hallada por el ensayo de proctor. | B Y BB 05/10/2016 |

7.4.20 Grupos A Y BB Día 24/10/2016 Y Grupos AA Y B Día 25/10/2016

| Laboratorio | Procedimiento | Grupo y fecha |
|---|--|---------------|
| Ensayo de consolidación unidimensional de los suelos. | Ensayo de consolidación unidimensional.pdf | A 24/10/2016 |
| Ensayo de consolidación unidimensional de los suelos. | Ensayo de consolidación unidimensional.pdf | BB 24/10/2016 |
| Ensayo de consolidación unidimensional de los suelos. | Ensayo de consolidación unidimensional.pdf | AA 25/10/2016 |
| Ensayo de consolidación unidimensional de los suelos. | Ensayo de consolidación unidimensional.pdf | B 25/10/2016 |

7.4.21 Grupos A, BB, AA Y B Día 26/10/2016

A continuación, se muestra el contenido de esta clase, primero se llevó a cabo una explicación de cómo se debe de resolver el laboratorio de consolidación unidimensional de los suelos, de acuerdo con el manual de laboratorio de Joseph E. Bowles. Además, se realizó un ejercicio práctico tipo parcial a manera de preparación para los parciales que se estarían realizando entre el 31 y el 01 de noviembre 2016.

Calcular altura de los sólidos:

$$H_s = \frac{W_s}{A * G_s * \gamma_w}$$

Donde:

Ws= peso seco de la muestra.

A= Área de la muestra.

G_s = Gravedad específica de los sólidos.

Y_w = Peso específico del agua.

Calcular altura inicial de vacíos:

$$H_v = H - H_s$$

Donde:

H_v = Altura inicial de vacíos

H = Altura inicial de la muestra.

Calcular el grado de saturación inicial:

$$G_s = \frac{W_t - W_s}{H_v * A * \rho_w}$$

Donde:

W_t = Peso del suelo húmedo (g).

W_s = Peso del suelo seco (g).

A =Área de la muestra (cm²).

ρ_w = Densidad del agua (1g/cm³).

Calcular la relación de vacíos inicial.

$$e_0 = \frac{H_v}{H_s}$$

Donde:

e_0 = Relación de vacíos inicial.

Calcular el cambio en relación de vacíos inicial.

$$\Delta e_1 = \frac{\Delta H_1}{H_s}$$

Donde:

Δe_1 = Cambio en la relación de vacíos inicial.

ΔH_1 = Deformación final por cada incremento de carga.

Calcular la nueva relación de vacíos inicial.

$$e_1 = e_0 - \Delta e_1$$

Donde:

e_1 = Nueva relación de vacíos inicial.

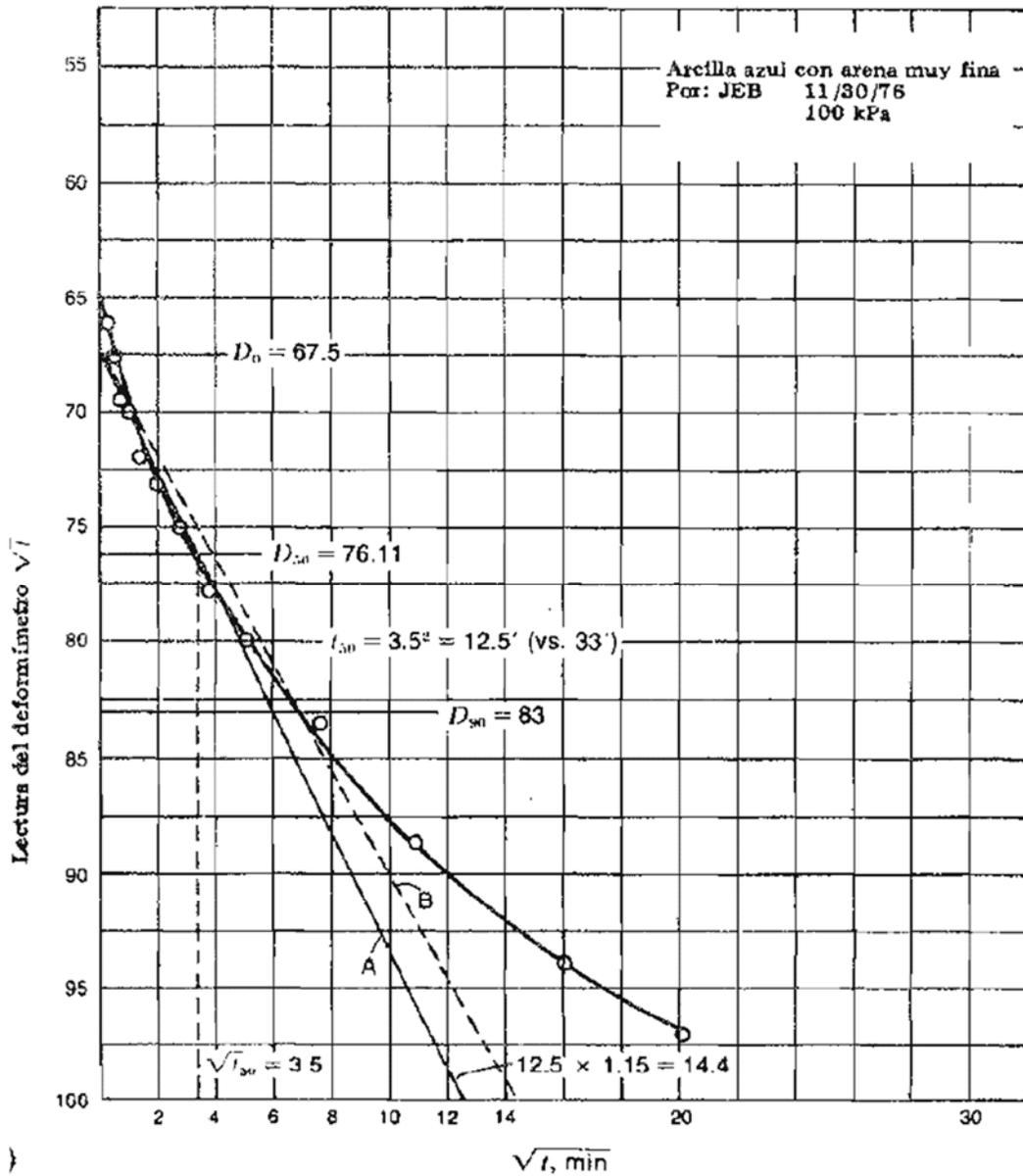
Calcular la deformación.

$$\epsilon = \frac{\Delta H_1}{H}$$

Donde:

ϵ = Deformación unitaria de la muestra.

Construcción de la gráfica de lectura del deformímetro vs Raíz (tiempo), y cálculos correspondientes.



1

Ilustración 14 Lectura del deformímetro vs Raíz(Tiempo)

45 BRAJA M., Das, Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. 4 Ed. México D.F.: International Thomson Editores, 2001. p. 119-127.

Pasos:

- 1) Se hace la gráfica en papel semilogaritmico teniendo en cuenta que en el eje de las abscisas va la raíz del tiempo, y en el eje de las ordenadas va la lectura del deformimetro en orden inverso.
- 2) Teniendo creada la gráfica se hace una línea que una los puntos de los primeros 8 minutos, a la intercepción con el eje de las se llamará D_0 , y a la intercepción con el eje de las abscisas se llamará x_1 como se ve en la figura.
- 3) Después teniendo en cuenta lo anterior se multiplica x_1 por un factor constante de 1.15 y se ubica de nuevo en el eje de las abscisas y se le llamará x_2 , este nuevo se une con el punto D_0 , creando así una línea recta que se va a interceptar con nuestra grafica inicial, a la proyección en el eje de las ordenadas lo se llamará D_{90} .
- 4) Hallar el valor de D_{100} .

$$D_{100} = D_0 - \frac{10}{9}(D_0 - D_{90})$$

- 5) Hallar el valor de D_{50} .

$$50 = \frac{D_{100} + D_0}{2}$$

7.4.22 Parciales Grupos AA Y B Día 31/10/2016 Y Grupos A Y BB Día 01/11/2016.

| Modelo de parcial | Solución. | Grupo y fecha |
|---|----------------------------|---------------------------------------|
| Tipo A: Parcial2 S2 TA.pdf | Tema A.pdf | A y BB 31/10/2016 AA Y B 1/11/2016 |
| Tipo B: Parcial2 S2 TB.pdf | Tema B.pdf | A y BB 31/10/2016 AA Y B 1/11/2016 |
| Tipo C: Parcial2 S2 TC.pdf | Tema C.pdf | A y BB 31/10/2016 AA Y B 1/11/2016 |

7.4.23 Quices Y Trabajos Realizados En Las Semanas 9 Y 10.

| Quiz ó Taller | Solución | Grupo y fecha |
|---|--|-----------------------------|
| ¿Para qué sirve el ensayo de consolidación? | <ul style="list-style-type: none"> Determinar el asentamiento o la deformación máxima que puede sufrir un suelo debido a un incremento de carga. | A, 24/10/2016 |
| ¿Qué tipo de muestra se usa para el ensayo de consolidación? | <ul style="list-style-type: none"> Tipo de muestra No modificada y moldeada. | BB 24/10/2016 |
| ¿Cuáles son los materiales de laboratorio necesarios para realizar el ensayo de consolidación? | <ul style="list-style-type: none"> Balanza Cronometro Consolidometro Deformimetro Cronometro Equipo de carga Anillo | AA 25/10/2016 |
| ¿Qué pasa cuando suelo de tipo grueso en estado seco, semiseco o saturado es sometido a un incremento de esfuerzos? | <ul style="list-style-type: none"> Ocurre una deformación casi inmediata. | B 25/10/2016 |
| Ejercicio tipo parcial 2 corte.docx | Solución ejercicio tipo parcial.xlsx | A, AA, B Y BB 26/10/2016 |

7.4.24 Grupos AA Y B Día 08/11/2016

En este día se hizo la socialización de los parciales de segundo corte con cada uno de los estudiantes, dando así oportunidad de que ellos justificaran sus respuestas, rectificando las notas y esperando encontrar resultados validos que no se tomaron en cuenta a la hora de calificación con ayuda de los parciales resueltos.

7.4.25 Grupos A, BB, AA Y B Día 09/11/2016

La clase de este día se desarrolló de la siguiente forma; en la primera hora se explicó la teoría del incremento de esfuerzo vertical debido a varios tipos de carga Boussinesq (1883) de los cuales se alcanzó a explicar el caso cuando hay una carga puntual y cuando hay una carga de línea, las diapositivas presentadas en clase se encuentran a continuación y más adelante la teoría que se presentó en ellas, para la segunda hora de clase en consecuencia del día festivo para los grupos A Y BB, se llevó a cabo la socialización de las notas.

[Incremento de esfuerzos.ppt](#)

Incremento Del Esfuerzo Vertical Debido A Varios Tipos De Carga

Esfuerzo Causado Por Una Carga Puntual

Boussinesq (1883) resolvió el problema de los esfuerzos producidos en cualquier punto de un medio homogéneo, elástico e isótropo como resultado de una carga puntual aplicada sobre la superficie de un semiespacio infinitamente grande. De acuerdo con la figura 5.8, la solución de Boussinesq para los esfuerzos normales en un punto A causado por la carga puntual P es

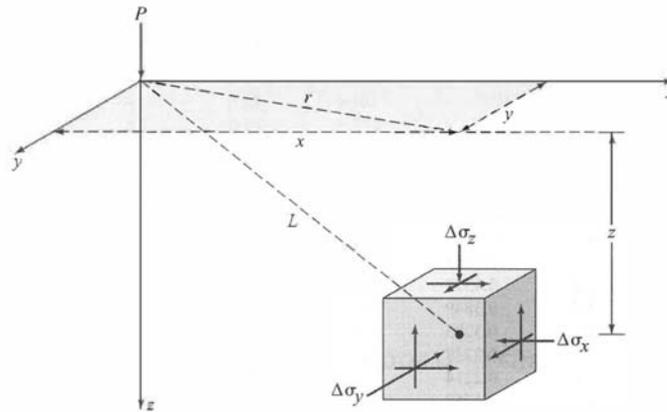


Ilustración 15 Esfuerzos en un medio elástico causados por una carga puntual.

Incremento de esfuerzo en el plano x.

$$\Delta G_x = \frac{P}{2\pi} \left\{ \frac{3x^2z}{L^5} - (1 - 2\mu) \left[\frac{x^2 - y^2}{Lr^2(L+z)} + \frac{y^2z}{L^3r^2} \right] \right\}$$

Incremento de esfuerzo en el plano y.

$$\Delta G_y = \frac{P}{2\pi} \left\{ \frac{3y^2z}{L^5} - (1 - 2\mu) \left[\frac{y^2 - x^2}{Lr^2(L+z)} + \frac{x^2z}{L^3r^2} \right] \right\}$$

Incremento de esfuerzo vertical en el plano z.

$$\Delta G_z = \frac{3Pz^3}{2\pi L^5} = \frac{3P}{2\pi} \frac{z^3}{(r^2 + z^2)^{5/2}}$$

Donde:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

| Tipo de suelo | Relación de Poisson, μ |
|----------------|----------------------------|
| Arena suelta | 0.2 – 0.4 |
| Arena media | 0.25 – 0.4 |
| Arena densa | 0.3 – 0.45 |
| Arena limosa | 0.2 – 0.4 |
| Arcilla blanda | 0.15 – 0.25 |
| Arcilla media | 0.2 – 0.5 |

Tabla 10 Valores representativos de la relación de Poisson.

Ejemplo1: Considere una carga puntual $P = 4.5$ kN (figura 5.8). Grafique la variación del incremento del esfuerzo vertical ΔG_z con la profundidad causada por la carga puntual debajo de la superficie del terreno, con $x = 1$ m y $y = 1.5$; Para $z=0.5, 1, 2, 3, 4$ y 5 .

| r (m) | z (m) | $\frac{r}{z}$ | I_f^* | $\Delta\sigma_z^\dagger$ (kN/m ²) |
|------------|------------|---------------|---------|--|
| 1.8 | 0.5 | 3.6 | 0.0007 | 0.013 |
| | 1 | 1.8 | 0.013 | 0.059 |
| | 2 | 0.9 | 0.108 | 0.122 |
| | 3 | 0.6 | 0.221 | 0.111 |
| | 4 | 0.45 | 0.301 | 0.085 |
| | 5 | 0.36 | 0.352 | 0.063 |

Tabla 11 Solución ejemplo 1

Esfuerzo Vertical Causado Por Una Carga De Línea

La figura muestra una carga flexible de línea de longitud infinita que tiene una intensidad q por longitud unitaria sobre la superficie de una masa de suelo semi-infinita. El incremento del esfuerzo vertical ΔG dentro de la masa del suelo se determina usando los principios de la teoría de la elasticidad.

$$\Delta Gz = \frac{2qz^3}{\pi(x^2 + z^2)^2}$$

Ejemplo 2: La figura muestra dos cargas de línea sobre la superficie del terreno. Determine el Incremento en el esfuerzo en el punto A.

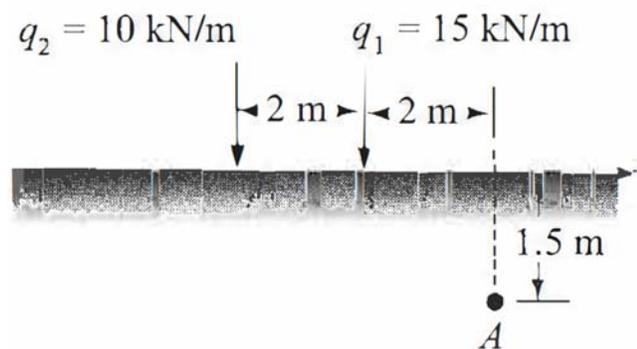


Ilustración 16 Ubicación ejemplo 2

Solución:

$$\Delta \sigma = \Delta \sigma_1 + \Delta \sigma_2$$

$$\begin{aligned} \Delta \sigma &= \frac{2q_1 z^3}{\pi(x_1^2 + z^2)^2} + \frac{2q_2 z^3}{\pi(x_2^2 + z^2)^2} \\ &= \frac{(2)(15)(1.5)^3}{\pi[(2)^2 + (1.5)^2]^2} + \frac{(2)(10)(1.5)^3}{\pi[(4)^2 + (1.5)^2]^2} \\ &= 0.825 + 0.065 = \mathbf{0.89 \text{ kN/m}} \end{aligned}$$

46

46 BRAJA M., Das, Principios de ingeniería de cimentaciones. 4 Ed. Op cit., p. 123-128.

7.4.26 Grupos AA Y B Día 14/11/2016 Y Grupos A Y BB Día 15/11/2016.

De acuerdo con lo programado respecto al informe final en estos días se revisaron los avances de este proyecto tales como verificación de coordenadas, medidas del apique, inspección visual de los estratos de suelo y de los laboratorios para aquellos grupos que comenzaron a avanzar en este proyecto final.

7.4.27 Grupos A, BB, AA Y B Día 16/11/2016

La clase de este día se desarrolló por medio de presentaciones en PowerPoint, una parte por el incremento de esfuerzo vertical causado por una carga distribuida y una segunda parte por la teoría del círculo de Morh de acuerdo al método gráfico y analítico, las presentaciones se encuentran a continuación.

[Circulo de Morh.ppt](#)

Esfuerzo Vertical Causado Por Una Carga De Franja (Ancho Finito Y Longitud Infinita)

La ecuación fundamental para el incremento del esfuerzo vertical en un punto de una masa de suelo como resultado de una carga de línea, se usa para determinar el esfuerzo vertical en un punto causado por una carga de franja flexible de ancho B . Sea la carga por área unitaria de la franja mostrada en la figura igual a q . Si consideramos una franja elemental de ancho dr , la carga por longitud unitaria de esta franja será igual a $q dr$. Esta franja elemental se trata como una carga de línea. La ecuación da el incremento del esfuerzo vertical da en el punto A dentro

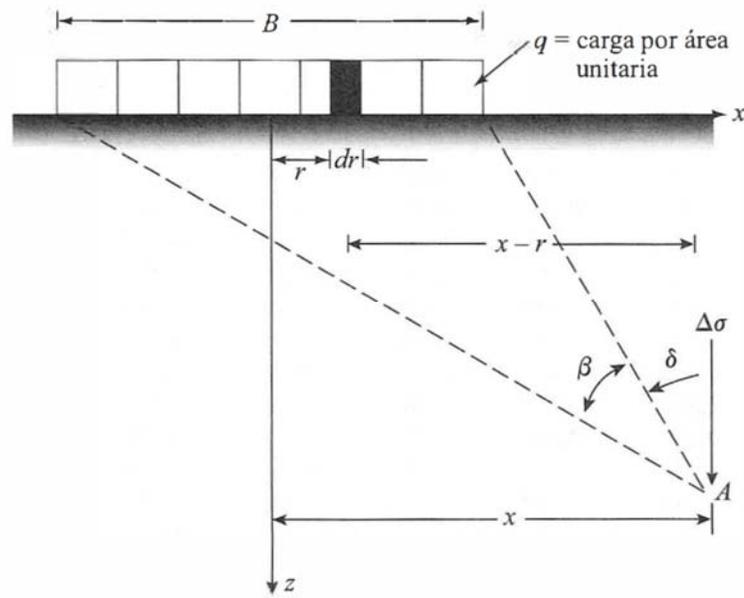


Ilustración 17 Esfuerzo vertical causado por una carga flexible de franja.

| $2z / B$ | $2x / B$ | | | | |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 0 | 1.000 | 1.000 | 0.500 | — | — |
| 0.5 | 0.959 | 0.903 | 0.497 | 0.089 | 0.019 |
| 1.0 | 0.818 | 0.735 | 0.480 | 0.249 | 0.078 |
| 1.5 | 0.668 | 0.607 | 0.448 | 0.270 | 0.146 |
| 2.0 | 0.550 | 0.510 | 0.409 | 0.288 | 0.185 |
| 2.5 | 0.462 | 0.437 | 0.370 | 0.285 | 0.205 |
| 3.0 | 0.396 | 0.379 | 0.334 | 0.273 | 0.211 |
| 3.5 | 0.345 | 0.334 | 0.302 | 0.258 | 0.216 |
| 4.0 | 0.306 | 0.298 | 0.275 | 0.242 | 0.205 |
| 4.5 | 0.274 | 0.268 | 0.251 | 0.226 | 0.197 |
| 5.0 | 0.248 | 0.244 | 0.231 | 0.212 | 0.188 |

Tabla 12 Variación de $\Delta Gz/q$ con $2z/B$ Y $2x/B$.

Ejemplo 3:

Con referencia a la figura, se dan $q = 200 \text{ kN/m}^2$, $B = 6 \text{ m}$, $y z = 3 \text{ m}$. Determine el incremento del esfuerzo vertical en $x = \pm 9 \text{ m}$, $\pm 6 \text{ m}$, $\pm 3 \text{ m}$ y 0 m .

| x (m) | $2x/B$ | $2z/B$ | $\Delta\sigma/q^*$ | $\Delta\sigma^*$ kN/m^2 |
|------------|---------|--------|--------------------|-------------------------------------|
| ± 9 | ± 3 | 1 | 0.0171 | 3.42 |
| ± 6 | ± 2 | 1 | 0.078 | 15.6 |
| ± 3 | ± 1 | 1 | 0.480 | 96.0 |
| 0 | 0 | 1 | 0.8183 | 163.66 |

47

Tabla 13 Solución ejemplo 3

Resistencia cortante de un suelo

Es la resistencia interna por unidad de área que la masa de suelo puede ofrecer a la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano en su interior. En ingeniería civil se debe conocer la resistencia al cizallamiento para analizar los problemas tales como:

- Capacidad de carga en cimentaciones superficiales.
- Estabilidad de taludes naturales o artificiales.
- Estimar la presión lateral de tierra para el diseño de estructuras de retención de tierras.
- Capacidad de carga de pilotes y pozo perforados.
- Esta resistencia al cortantes o cizallamiento está en función de:
- Cohesión entre las partículas de suelo.

47 BRAJA M. Fundamentos de ingeniería cimentaciones. 4 Ed. Op cit., p. 129-130.

- Resistencia a la fricción entre las partículas sólidas.
 - El contenido de humedad.
 - La presión del agua intersticial en la masa del suelo.
-
- a) Construcción de edificios: se necesita conocer la capacidad de carga de un suelo para diseñar la cimentación para lo cual se tiene en cuenta el esfuerzo cortante.
 - b) Construcciones en laderas: Se necesita saber si es estable la estructura del suelo para soportar la construcción.
 - c) Muros de contención: El muro genera una carga al suelo que lo puede desestabilizar y colapsar. Puede pasar que la capacidad de carga no se sobrepase, pero puede generar una falla.

Respuesta Del Suelo Ante El Esfuerzo Cortante

En geotecnia y en mecánica de suelos es importante conocer el suelo mediante pruebas de laboratorio para conocer la resistencia ultima al esfuerzo cortante de un suelo.

Ej:

Se coloca una muestra de suelo suelto en una caja y someto a un esfuerzo cortante el volumen tiende a disminuir por acomodación de las partículas.

Caso contrario si coloco el suelo en la caja lo más compacto posible y lo someto a esfuerzo cortante el volumen tiende a aumentar por acomodación de las partículas.

Tipos de suelos sometidos a esfuerzos cortantes:

- T1: Arenas sueltas, Arcillas normalmente consolidadas y Arcillas ligeramente consolidadas. $ocr \leq 2$
- T2: Arenas compactas, Arcillas preconsolidadas. $ocr > 2$

Circulo de Mohr

Tiene por objeto determinar los esfuerzos promedio en el plano y los esfuerzos cortante máximo posible en el plano para una partícula de suelo sometida a unos esfuerzos normales G_x , G_y .

Una partícula de suelo está sujeta a esfuerzos planos en un plano xy a compresión o tensión.

Mohr presento una teoría para la ruptura de los materiales. Esta teoría sostiene que un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y cortante y no de cualquier esfuerzo máximo normal o cortante solo.

Por lo tanto, la relación funcional entre el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante en un plano de falla se puede expresar en la forma:

$$\tau_f = f(\sigma)$$

donde τ_f = esfuerzo cortante sobre el plano de falla
 σ = esfuerzo normal sobre el plano de falla

Para la mayoría de los problemas de mecánica de suelos, es suficiente para aproximarse al esfuerzo cortante en el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal (Coulomb 1776).

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

donde c = cohesión
 ϕ = ángulo de fricción interna

En el suelo saturado

$$\sigma = \sigma' + u$$

El G' lo realizan los sólidos del suelo, para aplicar esta ecuación a mecánica de suelos se escribe así.

$$\tau_f = c + (\sigma - u) \tan \phi = c + \sigma' \tan \phi$$

Ejemplo 1: Se desea analizar la siguiente muestra de suelo sometida a los siguientes esfuerzos en Kn/m^2 por el método gráfico y analítico.

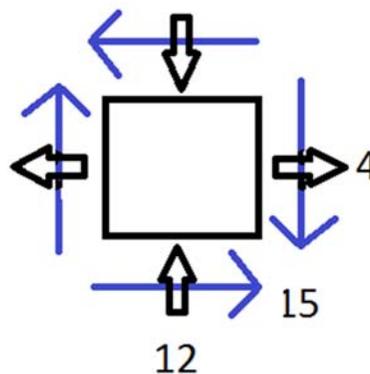


Ilustración 18 Esfuerzos sobre una muestra de suelo.

Método Analítico:

$$G_{prom} = \frac{G_x + G_y}{2} = \frac{4 + (-12)}{2} = -4 \text{ Kn/m}^2$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{G_x - G_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} = \sqrt{\left(\frac{4 - (-12)}{2}\right)^2 + (-15)^2} = 17 \text{ Kpa}$$

$$G_{máx} = G_{prom} + R = -4 + 17 = 13 \text{ Kpa}$$

$$G_{mín} = G_{prom} - R = -4 - 17 = -21 \text{ Kpa}$$

$$\tan 2\vartheta_p = \frac{2\tau_{xy}}{G_x - G_y} \therefore \vartheta_p = -30.96^\circ$$

$$\tan 2\vartheta_s = \frac{2\tau_{xy}}{G_x - G_y} \therefore \vartheta_s = 14.035^\circ$$

Método gráfico:

- Se establecen las coordenadas de los puntos x y y, con respecto a los esfuerzos que se encuentran sobre la muestra de suelo.
- Coordenadas, x(4,15) Kpa y y(-12,-15) Kpa, después se grafican en un plano cartesiano teniendo en cuenta que en el eje de las x va el esfuerzo normal y en el eje de las y va el esfuerzo cortante.
- Los puntos se unen por medio de una línea y desde la intercepción con el eje x hasta cualquiera de los dos puntos se hace un círculo.

- De este círculo se puede extraer el esfuerzo promedio como la distancia del centro del círculo hasta el centro de coordenadas, también el G_{\max} y el G_{\min} ; como los datos de los extremos del círculo.
- El círculo me puede facilitar los datos de los ángulos ϑ_p y ϑ_s , simplemente en la parte superior de la gráfica se toma la línea y hallando los valores correspondientes de los ángulos que se muestra en la figura.

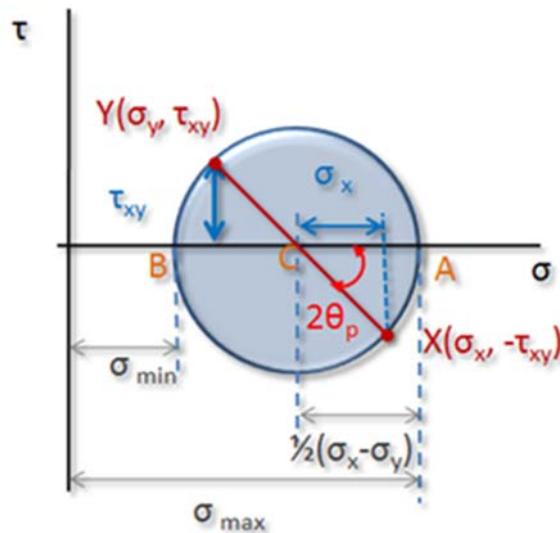


Ilustración 19 Círculo de Mohr

7.4.28 Grupos A Y BB Día 21/11/2016, 28/11/2016 Y Grupos AA Y B Día 22/11/2016, 29/11/2016

En estos días para los 4 grupos se hizo un seguimiento del avance de los informes, al igual que la verificación de los diferentes estratos que se presentaban en cada uno de los apiques, como de sus medidas de largo, ancho y profundidad. Estableciendo así si un aval para poder continuar con el proyecto, y de esta forma asegurar la integridad de que estos se realicen de la mejor forma ya que van a ser usados como parte de otro estudio importante de caracterización del suelo del centro de Pamplona.

7.4.29 Grupos A, BB, AA Y B Día 23/11/2016 Y 30/11/2016.

Como metodología principal para esta clase se usó la exposición por parte del estudiante, ya que este tipo de método permite abarcar temas extensos en poco tiempo, además es ideal para grupos con un gran número de estudiantes y cuyos temas a tratar fueron los siguientes por parte de cada grupo, los cuales fueron planteados por el ingeniero Victor Hugo Verjel Trazona.

| Tema | Sub - Temas | Grupo y fecha |
|-------------------------------|--|--|
| 1. Mejoramiento del suelo | <ul style="list-style-type: none"> • Introducción • Estabilización química • Estabilización con cal • Estabilización con cemento • Estabilización con ceniza volante • Estabilización mecánica • Vibro flotación • Compactación dinámica • Blasting • Pre-compresión • Drenes de arena | A, AA 23/11/2016 B, BB 23/11/2016 |
| 2. Exploración del subsuelo I | <ul style="list-style-type: none"> • Introducción • Métodos invasivos exploración del suelo • Programa de exploración del subsuelo • Perforaciones exploratorias en campo • Procedimientos para muestrear el suelo • Muestreo con tubo muestreador de media caña • Muestreo con tubo de pared delgada • Observación de los niveles de agua • Prueba de corte con veleta • Prueba de penetración de cono • Prueba del presurímetro (PMT) • Prueba del dilatómetro • Extracción de núcleos de roca • Preparación de los registros de perforación | A, AA 23/11/2016 B, BB 23/11/2016 |

| | | |
|---|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> Informe de la exploración del suelo | |
| 3.Exploración del subsuelo II | <ul style="list-style-type: none"> Exploración geofísica Métodos exploración no invasivos geofísicos y geoléctricos y comparación con los métodos invasivos | A, AA 30/11/2016 B, BB 23/11/2016 |
| 4.Estabilidad de taludes | <ul style="list-style-type: none"> Introducción Factor de seguridad Estabilidad de taludes infinitos Taludes finitos Análisis de un talud fi nito con una superficie cilíndrica de falla general Procedimiento de masa del análisis de estabilidad (superficie circular de falla cilíndrica) Métodos de estabilidad de taludes en campo | B, BB 30/11/2016 |
| 5.Norma NSR10 título H | | A, AA 30/11/2016 B, BB 30/11/2016 |
| 6.Informes técnicos para presentación de estudios del suelo explicar y ejemplos | | A, AA 30/11/2016 B, BB 30/11/2016 |

7.4.30 Grupos A, BB, AA Y B Día 07/12/2016.

| Modelo de parcial | Solución. | Grupo y fecha |
|---|---|----------------------------|
| Tipo A: Parcial3 S1 TA.pdf | Solución parcial 3 corte A.docx | A,AA, B Y BB 07/12/2016 |
| Tipo B Parcial3 S1 TB.pdf | Solución parcial 3 corte B.docx | A,AA, B Y BB 07/12/2016 |

7.5 CONTENIDO CLASES DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS

7.5.1 Grupos A Y B Día 22/08/2016 Y 25/08/2016

Introducción

Rutas y líneas de pendiente, presenta los estudios de rutas y líneas de pendiente para caos de terrenos ondulados y montañosos donde se presenta varias soluciones de trazados.

Diseño geométrico horizontal planta, analiza los diferentes elementos del diseño geométrico planímetro y su relación con la estabilidad del vehículo en marcha.

Diseño geométrico vertical rasante, aborda todos los conceptos del diseño aritmético longitudinal, su relación con la visibilidad y presenta diversos criterios para la elección de las longitudes optimas de las curvas verticales

Diseño geométrico transversal, secciones, áreas y volúmenes complementa la concepción tridimensional de la vía a través del estudio de secciones transversales, ss áreas y volúmenes entre ellas.⁴⁸

48.CÁRDENAS GRISALES. Op cit., p. XXII.

Carretera, es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una franja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo.

Clasificación De Las Carreteras

Según Su Función

Determinada según la necesidad operacional de la carretera o de los intereses de la nación en sus diferentes niveles:

- *Carreteras primarias o de primer orden*, Son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a las capitales de los Departamentos, que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y de consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de carreteras puede ser de calzadas divididas según las exigencias del proyecto, y deben ser siempre pavimentadas.
- *Carreteras secundarias o de segundo orden*, Son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.
- *Carreteras terciarias o de tercer orden*, Son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deben cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras Secundarias

Según El Tipo De Terreno

Determinada por la topografía predominante en el tramo en estudio. De allí que, a lo largo de una carretera pueden presentarse tramos homogéneos en diferentes tipos de terreno. Éstos se clasifican con base en las pendientes de sus laderas naturales en el entorno y transversalmente a la vía.

- *Carreteras en terreno plano*, Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos. Las pendientes longitudinales de las vías son normalmente menores al 3%.
- *Carreteras en terreno ondulado*, Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos liviano sin ocasionar que aquellos operen a velocidades sostenidas en pendiente por intervalos de tiempo prolongado. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre el 3% y el 6%.
- *Carreteras en terreno montañoso*, Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidades sostenidas en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre el 6% y el 8%.
- *Carreteras en terreno escarpado*, Es la combinación de alineamientos horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores al 8%.

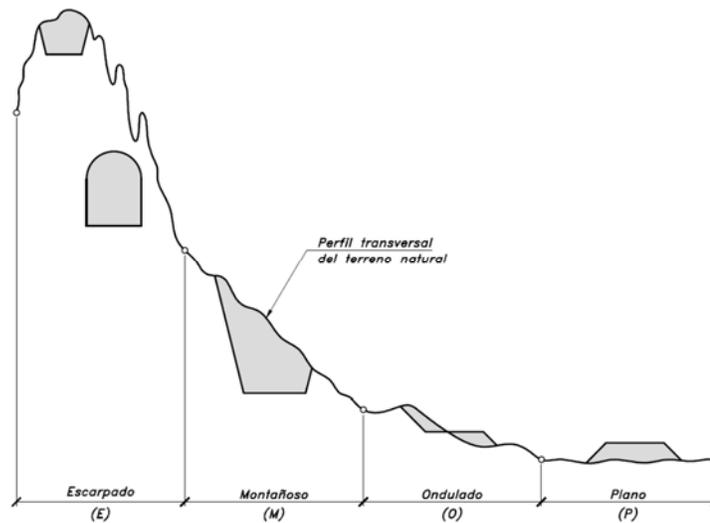


Ilustración 20 Tipo de terreno en carreteras

Según Su Competencia

Las carreteras se clasifican según se encuentren a cargo de una determinada administración:

Carreteras nacionales, Son aquellas que están, ya sea directamente bajo la administración del Instituto Nacional de Vías INVIAS, o que se encuentran concesionadas bajo la administración de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI. Forman la red primaria de carreteras.

Carreteras departamentales, Son aquellas de propiedad de los Departamentos. Forman la red secundaria de carreteras.

Carreteras veredales o caminos vecinales, Son aquellas vías a cargo del Instituto Nacional de Vías y de los municipios. Forman la red terciaria de carreteras.

Carreteras distritales y municipales, Son aquellas vías urbanas y/o suburbanas y rurales a cargo del Distrito o Municipio.⁴⁹

49 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 1-7.

Evaluación Del Trazado De Rutas

La mejor ruta entre varias alternas, que permita enlazar dos puntos extremos o terminales, será aquella que de acuerdo a las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas y de drenaje, ofrezca el menor costo con el mayor índice de utilidad económica, social y estética.

Existen diversos métodos de evaluación de rutas y trazados alternos, con los cuales se podrá hacer la mejor selección. Dentro de éstos, se encuentra el Método de Bruce, en el cual se aplica el concepto de longitud virtual. Compara, para cada ruta o trazado alternativo, sus longitudes, sus desniveles y sus pendientes, tomando en cuenta únicamente el aumento de longitud correspondiente al esfuerzo de tracción en las pendientes. Se expresa así:

$$x_0 = x + k \sum y$$

Donde:

x_0 = Longitud resistente (m).

x = Longitud total del trazado (m).

$\sum y$ = Desnivel o suma de desniveles (m).

k = Inverso del coeficiente de tracción.

| TIPO DE SUPERFICIE | VALOR MEDIO DE k |
|---------------------|--------------------|
| Carretera en tierra | 21 |
| Macadam | 32 |
| Pavimento asfáltico | 35 |
| Pavimento rígido | 44 |

Tabla 14 Valores del inverso del coeficiente de tracción

EJEMPLO 2.1: Estudio de Rutas

Datos:

En el plano de la Figura 2, dibujado a la escala dada con curvas de nivel de equidistancia 50 metros, se identifican los puntos A y B.

Ruta 1= AabcB, siguiendo la parte alta.
 Ruta 2= AdefB, siguiendo la parte media.
 Ruta 3= AghiB, siguiendo la parte baja.

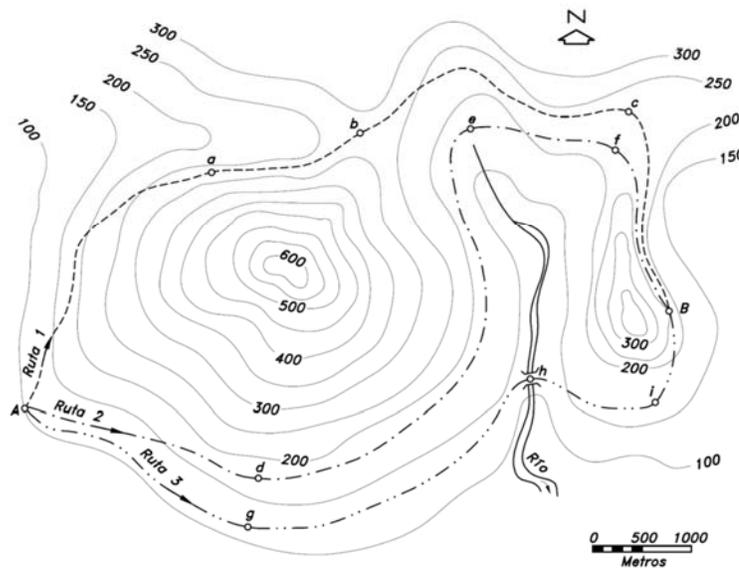


Ilustración 21 Estudio de rutas

| RUTAS | PUNTOS | ABSCISAS | COTAS |
|--------|--------|----------|-------|
| Ruta 1 | A | K0+000 | 100 |
| | a | K3+400 | 275 |
| | b | K5+000 | 290 |
| | c | K8+100 | 240 |
| | B | K10+200 | 250 |
| Ruta 2 | A | K0+000 | 100 |
| | d | K2+400 | 180 |
| | e | K7+500 | 170 |
| | f | K9+000 | 210 |
| | B | K10+800 | 250 |
| Ruta 3 | A | K0+000 | 100 |
| | g | K2+600 | 120 |
| | h | K6+000 | 110 |
| | i | K7+300 | 165 |
| | B | K8+300 | 250 |

Tabla 15 Puntos y abscisas a lo largo de las rutas

Realizar:

Un estudio de las posibles rutas que unan los puntos A y B.

Solución:

Sobre el plano dado se han trazado tres posibles rutas, mediante la identificación de los puntos de paso a, b, e, d, f, g, h, i, de control primario y secundario. Tales rutas son:

Ruta 1:

Tramo Aa:

$$\text{Desnivel} = 275 - 100 = 175\text{m}, \quad \text{Distancia horizontal} = 3400\text{m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{175}{3400} = +0.051 \equiv +5.1\%$$

Tramo ab:

$$\text{Desnivel} = 290 - 275 = 15\text{m}, \quad \text{Distancia horizontal} = 1600\text{m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{15}{1600} = +0.009 \equiv +0.9\%$$

Tramo bc:

$$\text{Desnivel} = 240 - 290 = -50\text{m}, \quad \text{Distancia horizontal} = 3100\text{m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{-50}{3100} = -0.016 \equiv -1.6\%$$

Tramo cB:

$$\text{Desnivel} = 250 - 240 = 10\text{m}, \quad \text{Distancia horizontal} = 2100\text{m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{10}{2100} = +0.005 \equiv +0.5\%$$

Ruta 2:

Tramo Ad:

$$\text{Desnivel} = 180 - 100 = 80\text{m}, \quad \text{Distancia horizontal} = 2400\text{m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{80}{2400} = +0.033 \equiv +3.3\%$$

Tramo de:

Desnivel = $170 - 180 = -10m$, Distancia horizontal = $5100m$

$$\text{Pendiente} = \frac{-10}{5100} = -0.002 \cong -0.2\%$$

Tramo ef:

Desnivel = $210 - 170 = 40m$, Distancia horizontal = $1500m$

$$\text{Pendiente} = \frac{40}{1500} = +0.027 \cong +2.7\%$$

Tramo fB:

Desnivel = $250 - 210 = 40m$, Distancia horizontal = $1800m$

$$\text{Pendiente} = \frac{40}{1800} = +0.022 \cong +2.2\%$$

Ruta 3:

Tramo Ag:

Desnivel = $120 - 100 = 20m$, Distancia horizontal = $2600m$

$$\text{Pendiente} = \frac{20}{2600} = +0.008 \cong +0.8\%$$

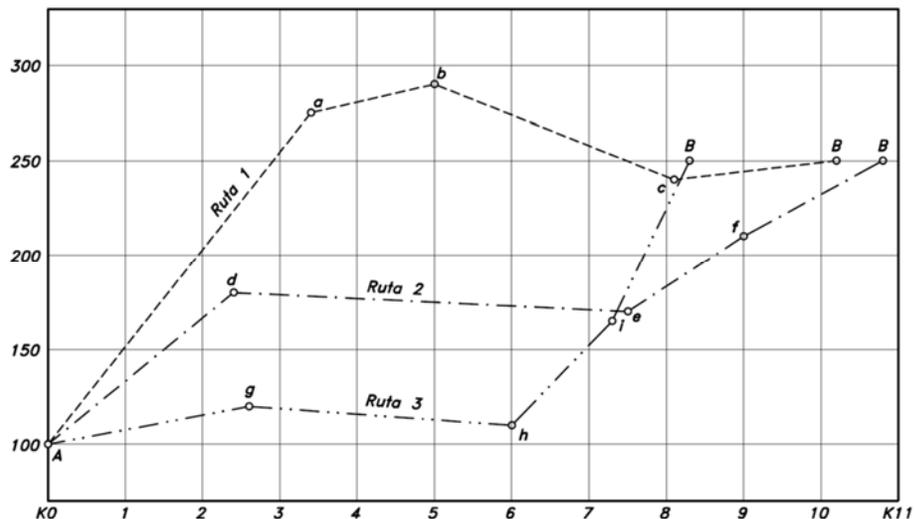


Ilustración 22 Perfil longitudinal de rutas

Tramo gh:

$$\text{Desnivel} = 110 - 120 = -10\text{m}, \quad \text{Distancia horizontal} = 3400\text{m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{-10}{3400} = -0.003 \equiv -0.3\%$$

Tramo hi:

$$\text{Desnivel} = 165 - 110 = 55\text{m}, \quad \text{Distancia horizontal} = 1300\text{m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{55}{1300} = +0.042 \equiv +4.2\%$$

Tramo iB:

$$\text{Desnivel} = 250 - 165 = 85\text{m}, \quad \text{Distancia horizontal} = 1000\text{m}$$

$$\text{Pendiente} = \frac{85}{1000} = +0.085 \equiv +8.5\%$$

La evaluación preliminar de las tres rutas se hará con base en la comparación de sus longitudes, desniveles y pendientes. Para tal efecto, se supone que las vías a construir sobre estas rutas serán pavimentadas en concreto y que la pendiente recomendada es del 4%.

Por lo tanto, de acuerdo a la ecuación (2-1), para cada ruta se tienen las siguientes longitudes resistentes, X_0 :

Ruta 1:

$$\text{Desniveles perjudiciales por contrapendientes} = 175 + 15 + 10 = 200\text{m}$$

$$x = 10200\text{m}, \quad k = 44, \quad \sum y = 200\text{m}$$

$$x_0 = x + k \sum y = 10200 + 44(200) = 19000\text{m}$$

Ruta 2:

$$\text{Desniveles perjudiciales por contrapendientes} = 80 + 40 + 40 = 160\text{m}$$

$$x = 10800\text{m}, \quad k = 44, \quad \sum y = 160\text{m}$$

$$x_0 = x + k \sum y = 10800 + 44(160) = 17840\text{m}$$

Ruta 3:

$$\text{Desniveles perjudiciales por contrapendientes} = 20 + 55 + 85 = 160m$$

$$x = 8300m, \quad k = 44, \quad \sum y = 160m$$

$$x_0 = x + k \sum y = 8300 + 44(160) = 15340m$$

Ahora, si el análisis de longitudes resistentes se realiza en sentido contrario, esto es de B á A, como sería el caso de una carretera de dos direcciones, se tiene:

Ruta 1:

$$\text{Desniveles por contrapendientes} = 50m$$

$$\text{Desniveles por exceso de pendientes} = (0.051 - 0.04)3400 = 37.4m$$

$$x_0 = x + k \sum y = 10200 + 44(50 + 37.4) = 14046m$$

Ruta 2:

$$\text{Desniveles por contrapendientes} = 10m$$

$$\text{Desniveles por exceso de pendientes} = 0$$

$$x_0 = x + k \sum y = 10800 + 44(10) = 11240m$$

Ruta 3:

$$\text{Desniveles por contrapendientes} = 10m$$

$$\begin{aligned} \text{Desniveles por exceso de pendientes} &= (0.085 - 0.04)1000 + (0.042 - 0.04)1300 \\ &= 47.6m \end{aligned}$$

$$x_0 = x + k \sum y = 8300 + 44(10 + 47.6) = 10834m$$

Como puede observarse, para ambos sentidos, la ruta de menor resistencia es la Ruta 3, la cual se hace atractiva. Sin embargo, ella incorpora la construcción de un puente en el punto h, situación que eleva los costos. Por lo tanto, si se trata de un proyecto económico, desde este punto de vista la mejor ruta será la Ruta 2.⁵⁰

50 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 20-29.

7.5.2 Grupos A Y B Día 29/08/2016 Y 01/09/2016

Elementos Geométricos De Una Curva Circular Simple

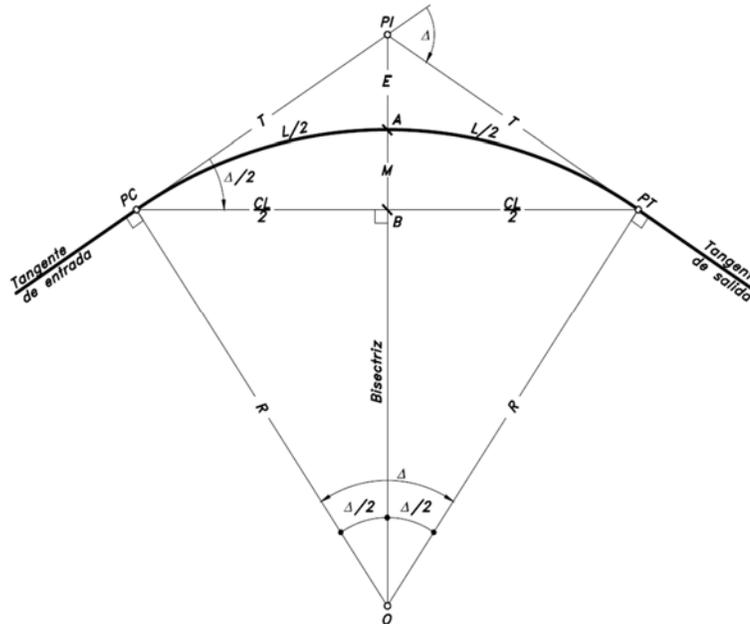


Ilustración 23 Elementos geométricos de una curva circular simple

- PI Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.
- PC Principio de curva: punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.
- PT Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
- O Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
- LI tangente de salida.
- R Centro de la curva circular.
- T Ángulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal.
- L Es igual al ángulo central subtendido por el arco PC-PT.
- CL Cuerda larga: distancia en línea recta desde el PC al PT.

T en función de R y Δ :

En el triángulo rectángulo $O \cdot PC \cdot PI$, se tiene:

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{PC \cdot PI}{O \cdot PC} = \frac{T}{R}, \text{ de donde,}$$

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

R en función de T y Δ :

$$R = \frac{T}{\tan \frac{\Delta}{2}}$$

CL en función de R y Δ :

En el triángulo rectángulo $O \cdot B \cdot PC$, se tiene:

$$\text{sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{B \cdot PC}{O \cdot PC} = \frac{CL}{R}, \text{ de donde,}$$

$$CL = 2R \text{sen} \frac{\Delta}{2}$$

E en función de R y Δ :

En el triángulo rectángulo $O \cdot PC \cdot PI$, se tiene:

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{O \cdot PC}{O \cdot PI}, \text{ } O \cdot PI = OA + A \cdot PI = R + E$$

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{R + E}, \text{ de donde,}$$

$$E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$$

E en función de T y Δ :

Reemplazando la ecuación (3-2) en la ecuación (3-4), se tiene:

$$E = \left(\frac{T}{\tan \frac{\Delta}{2}} \right) \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right), \text{ pero, } \tan \frac{\Delta}{2} = \frac{\text{sen} \frac{\Delta}{2}}{\cos \frac{\Delta}{2}}$$

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4}$$

M en función de R y Δ:

En el triángulo rectángulo O-B-PC, se tiene:

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{OB}{O \cdot PC} = \frac{OA - AB}{O \cdot PC} = \frac{R - M}{R} \quad , \text{ de donde,}$$

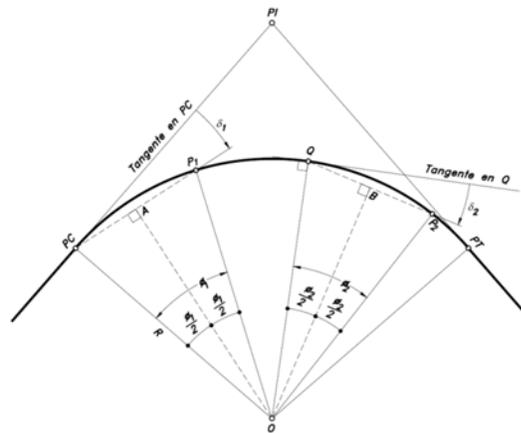
$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

4

Deflexión De Una Curva Circula Simple

El cálculo y la localización de las curvas circulares en el terreno se realizan generalmente por medio de los Angulo de flexión.

Se denomina ángulo de deflexión de una curva al ángulo formado entre cualquier línea tangente a la curva y la cuerda dirigida desde el punto de tangencia a cualquier otro punto p.



51

Ilustración 24 Concepto de ángulo de deflexión

51 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 38-41.

Deflexión de una curva circular cuando la abscisa del pc es redonda y la longitud de la curva, l_c , es igual a un número exacto de cuerdas unidad, c

Realmente este es un caso poco común, especialmente en lo que respecta a la longitud de la curva. Sin embargo, se ha planteado de esta forma con el propósito de entender más fácilmente el método de las deflexiones.

Se entiende por abscisa redonda, aquella que es múltiplo de la respectiva cuerda unidad que se utilice. Así, por ejemplo, para una cuerda unidad de 5 metros una abscisa redonda es el K2+225, para 10 metros el K3+430 y para 20 metros el K5+680.

Deflexión Cuerda unidad.

$$\delta = \frac{G_c}{2}$$

Deflexión por metro.

$$d = \frac{G_c}{2c}$$

52

52 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 50.

7.5.3 Grupos A Y B Día 05/09/2016 Y 08/09/2016

EJEMPLO 1: Elementos geométricos y deflexiones de una curva circular simple derecha

Datos:

Para una curva circular simple derecha (indica que su sentido de avance es hacia la derecha, o su ángulo de deflexión principal es derecho, representado con la letra D) como la mostrada en la Figura, se conocen los siguientes elementos:

| | |
|----------------------------------|-------------------------|
| Coordenadas del PI | = 1000N, 500E |
| Azimut de la tangente de entrada | = 31° |
| Ángulo de deflexión principal | = $\Delta = 60^\circ D$ |
| Abscisa del PC | = K2+423.7 40 |
| Radio de la curva | = R = 70m |
| Cuerda unidad | = C= 10m |

Calcular:

- Los demás elementos geométricos que caracterizan esta curva.
- Las coordenadas del PC y del PT.
- Las coordenadas del centro de la curva.
- Las deflexiones.

Solución:

a) Elementos geométricos

Grado de curvatura: G_c

$$G_c = 2 \operatorname{arcsen} \frac{c}{2R} = 2 \operatorname{arcsen} \frac{10}{2(70)} = 8^{\circ}11'31.52''$$

Tangente: T

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} = 70 \left(\tan \frac{60^{\circ}}{2} \right) = 40.415m$$

Longitud de la curva: L_c

$$L_c = \frac{c\Delta}{G_c} = \frac{10(60^{\circ})}{8^{\circ}11'31.52''} = 73.241m$$

Cuerda larga: CL

$$CL = 2R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2} = 2(70) \operatorname{sen} \frac{60^{\circ}}{2} = 70.000m$$

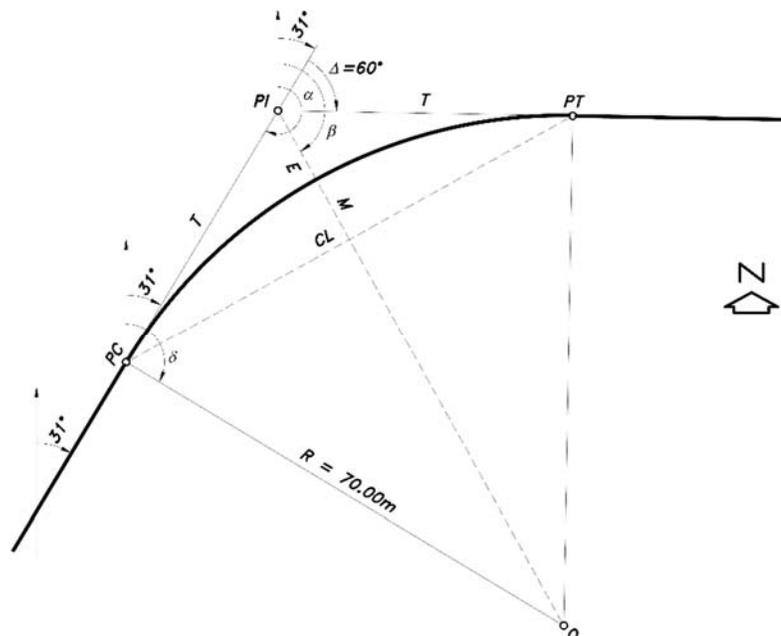


Ilustración 25 Curva circular simple derecha

Externa: E

$$E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) = 70 \left(\frac{1}{\cos \frac{60^\circ}{2}} - 1 \right) = 10.829m$$

Ordenada media: M

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 70 \left(1 - \cos \frac{60^\circ}{2} \right) = 9.378m$$

Abscisa del: PT

$$\text{Abscisa } PT = \text{Abscisa } PC + L_c = K2 + 423.740 + 73.241 = K2 + 496.981$$

b) Coordenadas del PC y PT

$$\alpha = 31^\circ + 180^\circ = 211^\circ$$

$$N_{PC} = N_{PI} + T \cos \alpha = 1000 + 40.415(\cos 211^\circ) = 1000 - 34.642 = 965.358$$

$$E_{PC} = E_{PI} + T \sen \alpha = 500 + 40.415(\sen 211^\circ) = 500 - 20.815 = 479.185$$

$$\beta = 31^\circ + \Delta = 31^\circ + 60^\circ = 91^\circ$$

$$N_{PT} = N_{PI} + T \cos \beta = 1000 + 40.415(\cos 91^\circ) = 1000 - 0.705 = 999.295$$

$$E_{PT} = E_{PI} + T \sen \beta = 500 + 40.415(\sen 91^\circ) = 500 + 40.409 = 540.409$$

c) Coordenadas del centro O de la curva

$$\delta = 31^\circ + 90^\circ = 121^\circ$$

$$N_O = N_{PC} + R \cos \delta = 965.358 + 70(\cos 121^\circ) = 965.358 - 36.053 = 929.305$$

$$E_O = E_{PC} + R \sen \delta = 479.185 + 70(\sen 121^\circ) = 479.185 + 60.002 = 539.187$$

d) Deflexiones

$$d_{10} = \frac{G_c}{20m} = \frac{8^{\circ}11'31.52''}{20m} = 0^{\circ}24'34.58'' / m \quad \frac{G_c}{2} = \frac{8^{\circ}11'31.52''}{2} = 4^{\circ}5'45.76'' / cuerda$$

Deflexión por subcuerda adyacente al: PC

$$\text{Longitud subcuerda} = (K2 + 430) - (K2 + 423.740) = 430 - 423.740 = 6.260m$$

$$\text{Deflexión por subcuerda} = 6.260m(0^{\circ}24'34.58'' / m) = 2^{\circ}33'50.87''$$

Deflexión por subcuerda adyacente al: PT

$$\text{Longitud subcuerda} = (K2 + 496.981) - (K2 + 490) = 496.981 - 490 = 6.981m$$

$$\text{Deflexión por subcuerda} = 6.981m(0^{\circ}24'34.58'' / m) = 2^{\circ}51'34.04''$$

Chequeo deflexión al: PT

Deflexión al PT = Deflexión (por cuerdas completas + por subcuerdas)

$$\text{Deflexión al PT} = 6 \text{ cuerdas}(4^{\circ}5'45.76'' / cuerda) + 2^{\circ}33'50.87'' + 2^{\circ}51'34.04''$$

$$\text{Deflexión al PT} = 29^{\circ}59'59.47'' \approx \frac{\Delta}{2} = 30^{\circ}$$

| ESTACIÓN | ABSCISA | DEFLEXIÓN | ELEMENTOS | AZIMUT | ANOTACIONES |
|----------|--------------|-------------------------------|-------------|--------|-------------|
| PT | K2+560.000 | | | | |
| | 540 | | | | |
| | 520 | | | | |
| | 500 | | | | |
| | K2+496.981 | 29°59'59.47" | Δ = 60°D | 91° | |
| | 490 | 27°08'25.43" | R = 70.000m | | |
| | 480 | 23°02'39.67" | c = 10m | | |
| 470 | 18°56'53.91" | G _c = 08°11'31.52" | | | |
| 460 | 14°51'08.15" | T = 40.415m | | | |
| 450 | 10°45'22.39" | L _c = 73.241m | | | |
| 440 | 06°39'36.63" | CL = 70.000m | | | |
| 430 | 02°33'50.87" | E = 10.829m | | | |
| PC | K2+423.740 | 00°00'00.00" | M = 9.378m | 31° | |
| | 420 | | | | |
| | 400 | | | | |
| | 380 | | | | |
| | K2+360.000 | | | | |

Tabla 16 Cartera de transito ejemplo 1⁵³

53 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 58-63.

EJEMPLO 2: Elementos geométricos y deflexiones de una curva circular simple izquierda.

Datos:

Para una curva circular simple a la izquierda como la mostrada en la Figura 3.10, se conocen los siguientes elementos:

Rumbo de la tangente de entrada = $N72^{\circ}30'E$

Ángulo de deflexión principal = $\Delta = 60^{\circ}30'I$

Abscisa del PI = $K2+226$, Coordenadas del PI = $10000N, 5000E$

Cuerda unidad = $c = 20m$, Grado de curvatura = $G_c = 6^{\circ}$

Calcular:

- Sus elementos geométricos: radio, tangente, longitud de curva, cuerda larga, externa y ordenada media.
- Las abscisas del PC y PT.
- Las coordenadas del PC y PT.
- Las deflexiones.

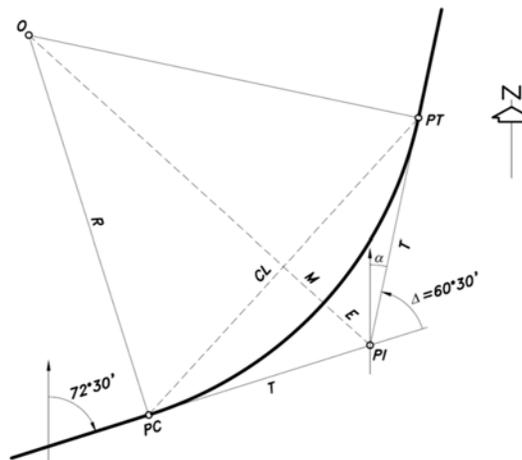


Ilustración 26 Curva circular simple izquierda

Solución:

a) Elementos geométricos

Radio: R

$$R = \frac{c}{2 \operatorname{sen} \frac{G_c}{2}} = \frac{20}{2 \operatorname{sen} \frac{6^\circ}{2}} = 191.073m$$

Tangente: T

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} = 191.073 \left(\tan \frac{60^\circ 30'}{2} \right) = 111.430m$$

Longitud de la curva: L_c

$$L_c = \frac{c\Delta}{G_c} = \frac{20(60^\circ 30')}{6^\circ} = 201.667m$$

Cuerda larga: CL

$$CL = 2R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2} = 2(191.073) \operatorname{sen} \frac{60^\circ 30'}{2} = 192.515m$$

Externa: E

$$E = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) = 191.073 \left(\frac{1}{\cos \frac{60^\circ 30'}{2}} - 1 \right) = 30.118m$$

Ordenada media: M

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) = 191.073 \left(1 - \cos \frac{60^\circ 30'}{2} \right) = 26.017m$$

b) **Abcisas del PC y PT**

$$\text{Abcisa PC} = \text{Abcisa PI} - T = K2 + 226 - 111.430 = K2 + 114.570$$

$$\text{Abcisa PT} = \text{Abcisa PC} + L_c = K2 + 114.570 + 201.667 = K2 + 316.237$$

c) Coordenadas del PC y PT

Coordenadas del: PC

$$N_{PC} = 10000 - T \cos 72^\circ 30' = 10000 - 111.430(\cos 72^\circ 30') = 9966.492$$

$$E_{PC} = 5000 - T \sen 72^\circ 30' = 5000 - 111.430(\sen 72^\circ 30') = 4893.727$$

Coordenadas del: PT

Se debe conocer el rumbo o el azimut de la tangente de salida, para lo cual en el PI, se tiene:

$$\alpha + \Delta = 72^\circ 30' \quad , \text{ de donde,}$$

$$\alpha = 72^\circ 30' - \Delta = 72^\circ 30' - 60^\circ 30' = 12^\circ$$

Esto es, $N12^\circ E$, por lo tanto las coordenadas del PT son:

$$N_{PT} = 10000 + T \cos \alpha = 10000 + 111.430(\cos 12^\circ) = 10108.995$$

$$E_{PT} = 5000 + T \sen \alpha = 5000 + 111.430(\sen 12^\circ) = 5023.168$$

d) Deflexiones

Deflexión por metro:

La deflexión expresada en grados, minutos y segundos, por metro es:

$$d_{20}^\circ = \frac{G_c^\circ}{40m} = \frac{6^\circ}{40m} = 0^\circ 09' 0'' / m$$

Deflexión por cuerda unidad:

$$\frac{G_c}{2} = \frac{6^\circ}{2} = 3^\circ 0' 0'' / \text{cuerda}$$

Deflexión por subcuerda adyacente al: PC

$$\text{Longitud subcuerda} = 120 - 114.570 = 5.430m$$

$$\text{Deflexión por subcuerda} = 5.430m(0^\circ 9' 0'' / m) = 0^\circ 48' 52.20''$$

Deflexión por subcuerda adyacente al: PT

$$\text{Longitud subcuerda} = 316.237 - 300 = 16.237m$$

$$\text{Deflexión por subcuerda} = 16.237m(0^\circ 9' 0'' / m) = 2^\circ 26' 7.98''$$

Chequeo deflexión al: PT

Deflexión al PT = Deflexión (por cuerdas completas + por subcuerdas)

$$\text{Deflexión al PT} = 9 \text{ cuerdas} (3^{\circ} 0' 0'' / \text{ cuerda}) + 0^{\circ} 48' 52.20'' + 2^{\circ} 26' 7.98''$$

$$\text{Deflexión al PT} = 30^{\circ} 15' 0.18'' \approx \frac{\Delta}{2} = 30^{\circ} 15'$$

| ESTACIÓN | ABSCISA | DEFLEXIÓN | ELEMENTOS | RUMBO | ANOTACIONES |
|----------|------------|--------------|---|----------|-------------|
| PT | K2+316.237 | 30°15'00.18" | | N12°E | ⊙ PT |
| | 300 | 27°48'52.20" | $\Delta = 60^{\circ} 30' 1''$ $c = 20\text{m}$ $G_c = 6^{\circ}$ $R = 191.073\text{m}$ $T = 111.430\text{m}$ $L_c = 201.667\text{m}$ $CL = 192.515\text{m}$ $E = 30.118\text{m}$ $M = 26.017\text{m}$ | | |
| | 280 | 24°48'52.20" | | | |
| | 260 | 21°48'52.20" | | | |
| | 240 | 18°48'52.20" | | | |
| | 220 | 15°48'52.20" | | | |
| | 200 | 12°48'52.20" | | | |
| | 180 | 09°48'52.20" | | | |
| | 160 | 06°48'52.20" | | | |
| | 140 | 03°48'52.20" | | | |
| | 120 | 00°48'52.20" | | | |
| PC | K2+114.570 | 00°00'00.00" | | N72°30'E | ⊙ PC |

Tabla 17 Cartera de transito⁵⁴

54 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 63-67.

7.5.4 Grupos A Y B Día 12/09/2016 Y 15/09/2016

EJEMPLO 3: Elementos geométricos y deflexiones de curvas circulares simples de sentido contrario

Datos:

Para el par de curvas simples de diferente sentido de la Figura, se conocen los siguientes elementos:

Distancia del PI1 al PI2 = 200.830m

Abscisa del PC1 = K4+274

$\Delta 1 = 86^\circ$

38'D

c1 = 10m

Gc1 = 6°30'

$\Delta 2 = 62^\circ 42'$

c2 = 5m

Gc2 = 4°28'

Calcular:

- Los demás elementos geométricos de la curva 1.
- Los demás elementos geométricos de la curva 2.
- Las deflexiones de la curva 1.
- Las deflexiones de la curva 2.

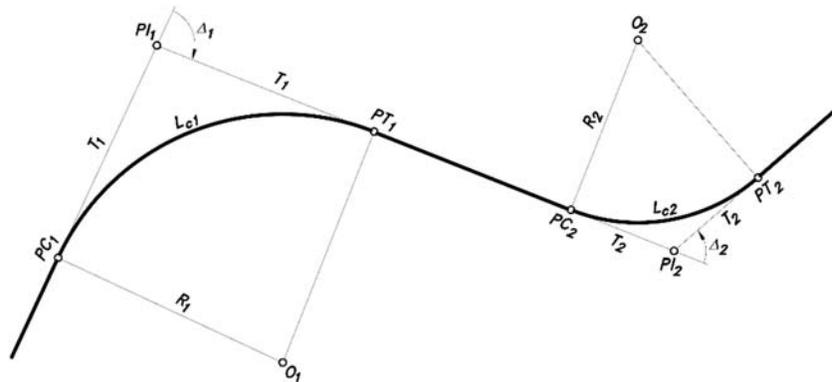


Ilustración 27 Curva circular simple de sentido contrario

Solución:

a) Elementos geométricos de la curva 1

Radio: R_1

$$R_1 = \frac{c_1}{2 \operatorname{sen} \frac{G_{c1}}{2}} = \frac{10}{2 \operatorname{sen} \frac{6^\circ 30'}{2}} = 88.195m$$

Tangente: T_1

$$T_1 = R_1 \tan \frac{\Delta_1}{2} = 88.195 \left(\tan \frac{86^\circ 38'}{2} \right) = 83.159m$$

Longitud de la curva: L_{c1}

Cuerda larga: CL_1

$$CL_1 = 2R_1 \operatorname{sen} \frac{\Delta_1}{2} = 2(88.195) \operatorname{sen} \frac{86^\circ 38'}{2} = 121.009m$$

Externa: E_1

$$E_1 = R_1 \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta_1}{2}} - 1 \right) = 88.195 \left(\frac{1}{\cos \frac{86^\circ 38'}{2}} - 1 \right) = 33.023m$$

Ordenada media: M_1

$$M_1 = R_1 \left(1 - \cos \frac{\Delta_1}{2} \right) = 88.195 \left(1 - \cos \frac{86^\circ 38'}{2} \right) = 24.027m$$

Abscisa: PT_1

$$\text{Abscisa } PT_1 = \text{Abscisa } PC_1 + L_{c1} = K4 + 274 + 133.282 = K4 + 407.282$$

b) Elementos geométricos de la curva 2

Radio: R_2

$$R_2 = \frac{c_2}{2 \operatorname{sen} \frac{G_{c2}}{2}} = \frac{5}{2 \operatorname{sen} \frac{4^\circ 28'}{2}} = 64.153m$$

Tangente: T_2

$$T_2 = R_2 \tan \frac{\Delta_2}{2} = 64.153 \left(\tan \frac{62^\circ 42'}{2} \right) = 39.082m$$

Longitud de la curva: L_{c2}

$$L_{c2} = \frac{c_2 \Delta_2}{G_{c2}} = \frac{5(62^\circ 42')}{4^\circ 28'} = 70.187m$$

Cuerda larga: CL_2

$$CL_2 = 2R_2 \operatorname{sen} \frac{\Delta_2}{2} = 2(64.153) \operatorname{sen} \frac{62^\circ 42'}{2} = 66.753m$$

Externa: E_2

$$E_2 = R_2 \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta_2}{2}} - 1 \right) = 64.153 \left(\frac{1}{\cos \frac{62^\circ 42'}{2}} - 1 \right) = 10.967m$$

Ordenada media: M_2

$$M_2 = R_2 \left(1 - \cos \frac{\Delta_2}{2} \right) = 64.153 \left(1 - \cos \frac{62^\circ 42'}{2} \right) = 9.366m$$

Abscisa: PC_2

$$\begin{aligned} \text{Abscisa } PC_2 &= \text{Abscisa } PT_1 + PT_1 \cdot PC_2 = \text{Abscisa } PT_1 + [PI_1 \cdot PI_2 - (T_1 + T_2)] \\ \text{Abscisa } PC_2 &= K4 + 407.282 + [200.830 - (83.159 + 39.082)] = K4 + 485.871 \end{aligned}$$

Abscisa: PT_2

$$\text{Abscisa } PT_2 = \text{Abscisa } PC_2 + L_{c2} = K4 + 485.871 + 70.187 = K4 + 556.058$$

Deflexión por subcuerda adyacente al: PC_1

$$\text{Longitud subcuerda} = 280 - 274 = 6m$$

$$\text{Deflexión por subcuerda} = 6m(19.5' / m) = 117' = 1^\circ 57'$$

Deflexión por subcuerda adyacente al: PT_1

$$\text{Longitud subcuerda} = 407.282 - 400 = 7.282m$$

$$\text{Deflexión por subcuerda} = 7.282m(19.5' / m) = 141.999' \approx 142' = 2^\circ 22'$$

Chequeo deflexión al: PT_1

Deflexión al PT_1 = Deflexión (por cuerdas completas + por subcuerdas)

$$\text{Deflexión al } PT_1 = 12 \text{ cuerdas}(3^\circ 15' / \text{cuerda}) + 1^\circ 57' + 2^\circ 22'$$

$$\text{Deflexión al } PT_1 = 43^\circ 19' = \frac{\Delta_1}{2}$$

Deflexión por subcuerda adyacente al: PC_2

$$\text{Longitud subcuerda} = 490 - 485.871 = 4.129m$$

$$\text{Deflexión por subcuerda} = 4.129m(26.8' / m) = 110.657' \approx 111' = 1^\circ 51'$$

Deflexión por subcuerda adyacente al: PT_2

$$\text{Longitud subcuerda} = 556.058 - 555 = 1.058m$$

$$\text{Deflexión por subcuerda} = 1.058m(26.8' / m) = 28.354' \approx 28' = 0^\circ 28'$$

Chequeo deflexión al: PT_2

Deflexión al PT_2 = Deflexión (por cuerdas completas + por subcuerdas)

$$\text{Deflexión al } PT_2 = 13 \text{ cuerdas}(2^\circ 14' / \text{cuerda}) + 1^\circ 51' + 0^\circ 28'$$

$$\text{Deflexión al } PT_2 = 31^\circ 21' = \frac{\Delta_2}{2}$$

| ESTACIÓN | ABSCISA | DEFLEXIÓN | ELEMENTOS | RUMBO | ANOTACIONES |
|-----------------|------------|-----------|----------------------------|----------|-------------------|
| PT ₂ | 560 | | | | ⊙ PT ₂ |
| | K4+556.058 | 31°21' | | N48°56'E | |
| | 555 | 30°53' | | | |
| | 550 | 28°39' | | | |
| | 545 | 26°25' | $\Delta_2 = 62^\circ 42'$ | | |
| | 540 | 24°11' | $c_2 = 5m$ | | |
| | 535 | 21°57' | $G_{c2} = 4^\circ 28'$ | | |
| | 530 | 19°43' | $R_2 = 64.153m$ | | |
| | 525 | 17°29' | $T_2 = 39.082m$ | | |
| | 520 | 15°15' | $L_{c2} = 70.187m$ | | |
| | 515 | 13°01' | $CL_2 = 66.753m$ | | |
| | 510 | 10°47' | $E_2 = 10.967m$ | | |
| | 505 | 08°33' | $M_2 = 9.366m$ | | |
| | 500 | 06°19' | | | |
| PC ₂ | 495 | 04°05' | | S68°22'E | ⊙ PC ₂ |
| | 490 | 01°51' | | | |
| | K4+485.871 | 00°00' | | | |
| | 480 | | | | |
| | 470 | | | | |
| | 460 | | | | |
| | 450 | | | | |
| | 440 | | | | |
| PT ₁ | 430 | | | S68°22'E | ⊙ PT ₁ |
| | 420 | | | | |
| | 410 | | | | |
| | K4+407.282 | 43°19' | | | |
| | 400 | 40°57' | | | |
| | 390 | 37°42' | | | |
| | 380 | 34°27' | $\Delta_1 = 86^\circ 38'D$ | | |
| | 370 | 31°12' | $c_1 = 10m$ | | |
| | 360 | 27°57' | $G_{c1} = 6^\circ 30'$ | | |
| | 350 | 24°42' | $R_1 = 88.195m$ | | |
| | 340 | 21°27' | $T_1 = 83.159m$ | | |
| PC ₁ | 330 | 18°12' | $L_{c1} = 133.282m$ | N25°00'E | ⊙ PC ₁ |
| | 320 | 14°57' | $CL_1 = 121.009m$ | | |
| | 310 | 11°42' | $E_1 = 33.023m$ | | |
| | 300 | 08°27' | $M_1 = 24.027m$ | | |
| | 290 | 05°12' | | | |
| | 280 | 01°57' | | | |
| | K4+274.000 | 00°00' | | | |
| 270 | | | | | |

55

55 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 67-72.

EJEMPLO 3.7: Elementos geométricos de curvas circulares simples del mismo sentido

Datos:

Dada la información que aparece en la Figura 3.14 y, además:

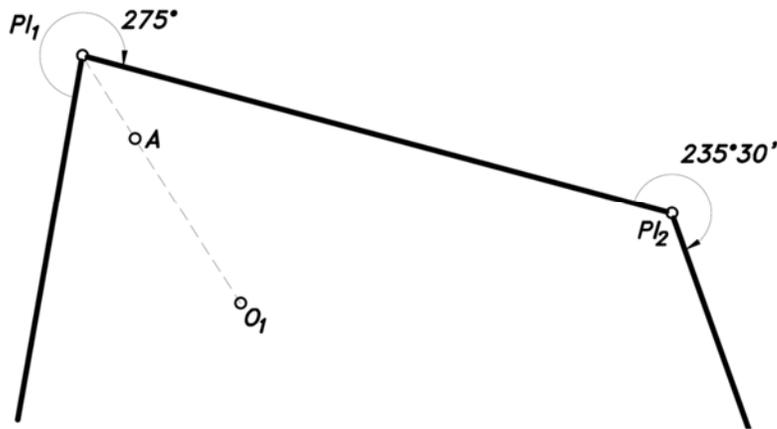


Ilustración 28 Ejemplo 4

Cuerda unidad, ambas curvas = 20m

Distancia del PI1 al PI2 = 600m

Distancia del PI1 al punto A = 90m

Abscisa del PI1 = K8+920

Entre tangencia = 269.460m

El punto A pertenece a la primera curva.

Calcular:

- a) La abscisa del PT2.
- b) La distancia entre los centros de las curvas.

Solución:

De acuerdo con la Figura 3.15, se tiene:

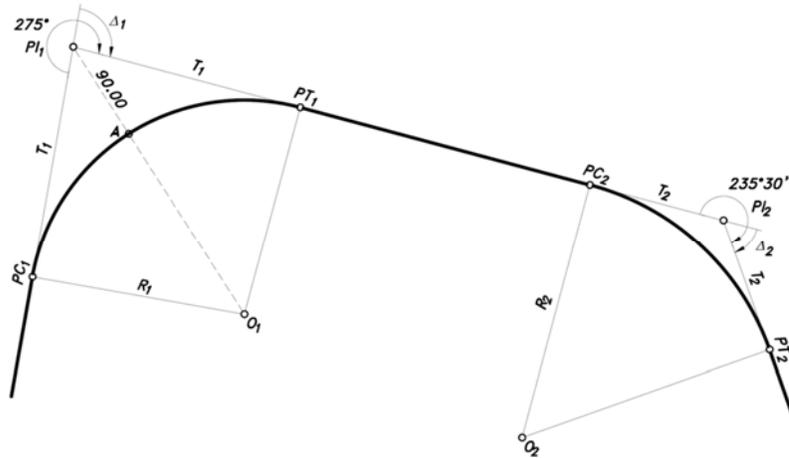


Ilustración 29 Curvas circulares simples del mismo sentido

a) **Abscisa del PT_2**

Abscisa $PT_2 = \text{Abscisa } PC_1 + L_{c1} + PT_1 \cdot PC_2 + L_{c2}$, donde:

Abscisa: PC_1

$$\text{Abscisa } PC_1 = \text{Abscisa } PI_1 - T_1 = K8 + 920 - T_1$$

$$T_1 = \frac{E_1}{\tan \frac{\Delta_1}{4}} \quad , \Delta_1 = 275^\circ - 180^\circ = 95^\circ D \quad , E_1 = 90.000m$$

$$T_1 = \frac{90.000}{\tan \frac{95^\circ}{4}} = 204.541m \quad , \text{ entonces,}$$

$$\text{Abscisa } PC_1 = K8 + 920 - 204.541 = K8 + 715.459$$

Longitud primera curva: L_{c1}

$$L_{c1} = \frac{c_1 \Delta_1}{G_{c1}} = \frac{20(95^\circ)}{G_{c1}}$$

$$G_{c1} = 2 \arcsen \frac{c_1}{2R_1} \quad , R_1 = \frac{T_1}{\tan \frac{\Delta_1}{2}} = \frac{204.541}{\tan \frac{95^\circ}{2}} = 187.427m$$

$$G_{c1} = 2 \arcsen \frac{20}{2(187.427)} = 6^\circ 7' 0.60'' \quad , \text{ entonces,}$$

$$L_{c1} = \frac{c_1 \Delta_1}{G_{c1}} = \frac{20(95^\circ)}{6^\circ 7' 0.60''} = 310.618m$$

Entretangencia: $PT_1 \cdot PC_2$
 $PT_1 \cdot PC_2 = 269.460m$

Longitud segunda curva: L_{c2}

$$L_{c2} = \frac{c_2 \Delta_2}{G_{c2}}, c_2 = 20m, \Delta_2 = 235^\circ 30' - 180^\circ = 55^\circ 30' D$$

$$G_{c2} = 2 \arcsen \frac{c_2}{2R_2}, R_2 = \frac{T_2}{\tan \frac{\Delta_2}{2}}$$

$$T_2 = PI_1 \cdot PI_2 - T_1 - PT_1 \cdot PC_2 = 600 - 204.541 - 269.460 = 125.999m$$

$$R_2 = \frac{125.999}{\tan \frac{55^\circ 30'}{2}} = 239.485m$$

$$G_{c2} = 2 \arcsen \frac{20}{2(239.485)} = 4^\circ 47' 10.71''$$

$$L_{c2} = \frac{20(55^\circ 30')}{4^\circ 47' 10.71''} = 231.912m, \text{ por lo tanto,}$$

$$\text{Abscisa } PT_2 = K8 + 715.459 + 310.618 + 269.460 + 231.912 = K9 + 527.449$$

b) Distancia entre los centros de las curvas

Según la Figura 3.16, esta distancia es igual a:

$$O_1 O_2 = \sqrt{(PT_1 \cdot PC_2)^2 + (R_2 - R_1)^2}$$

$$O_1 O_2 = \sqrt{(269.460)^2 + (239.485 - 187.427)^2} = 274.443m$$

56

56 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 77-81.

7.5.5 Grupos A Y B Día 19/09/2016 Y 22/09/2016

Empalme Entre Vías

EJEMPLO 5: Ecuación de empalme entre dos vías, curva a curva

Datos:

Para el par de curvas de la Figura 3.33, se tiene:

Radio de la curva 1 = $R_1 = 49m$

Abscisa del PC1 = $K1+937.580$, Abscisa del PC2 = $K1+922.260$

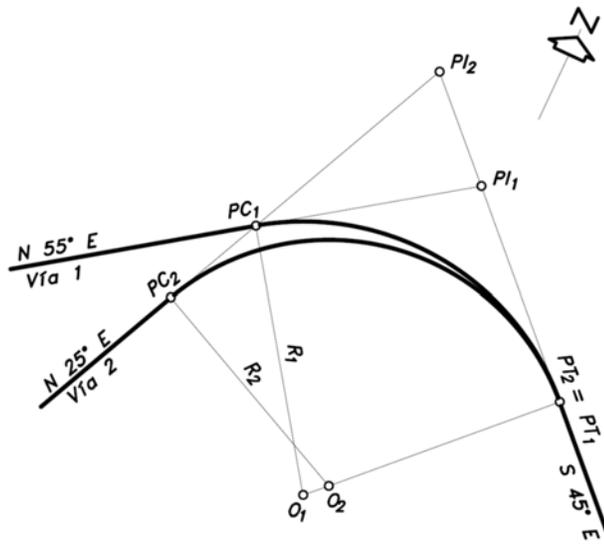


Ilustración 30 Ejemplo 5

Calcular:

La ecuación de empalme de la vía 2 en la vía 1.

Solución:

Como se observa en la Figura 3.34 el empalme de las dos vías tiene

lugar en el PT1 o PT2. Las abscisas para cada caso son:

Abscisa: vía 1 ($PT_1 = PT_2$)

Abscisa ($PT_1 = PT_2$) vía 1 = Abscisa $PC_1 + L_{s1}$

$$L_{s1} = \frac{\pi R_1 \Delta_1}{180^\circ}, \quad \Delta_1 = 180^\circ - \alpha - \beta = 180^\circ - 55^\circ - 45^\circ = 80^\circ D$$

$$L_{s1} = \frac{\pi(49)80^\circ}{180^\circ} = 68.417m, \quad \text{por lo tanto:}$$

$$\text{Abscisa } (PT_1 = PT_2) \text{ vía 1} = K1 + 937.580 + 68.417 = K2 + 005.997$$

Abscisa: vía 2 ($PT_2 = PT_1$)

Abscisa ($PT_2 = PT_1$) vía 2 = Abscisa $PC_2 + L_{s2}$

$$L_{s2} = \frac{\pi R_2 \Delta_2}{180^\circ}, \quad \Delta_2 = 180^\circ - \delta - \beta = 180^\circ - 25^\circ - 45^\circ = 110^\circ D$$

$$R_2 = \frac{T_2}{\tan \frac{\Delta_2}{2}}, \quad T_2 = T_1 + d$$

$$T_1 = R_1 \tan \frac{\Delta_1}{2} = 49 \left(\tan \frac{80^\circ}{2} \right) = 41.116m$$

$$\frac{d}{\text{sen } \rho} = \frac{T_1}{\text{sen}(\delta + \beta)}, \quad \rho = 180^\circ - \delta - \beta - \Delta_1 = 180^\circ - 25^\circ - 45^\circ - 80^\circ = 30^\circ$$

$$d = \frac{T_1 \text{sen } \rho}{\text{sen}(\delta + \beta)} = \frac{41.116(\text{sen } 30^\circ)}{\text{sen}(25^\circ + 45^\circ)} = 21.877m, \quad T_2 = 41.116 + 21.877 = 62.993m$$

$$R_2 = \frac{62.993}{\tan \frac{110^\circ}{2}} = 44.108m$$

$$L_{s2} = \frac{\pi(44.108)110^\circ}{180^\circ} = 84.681m$$

Por lo tanto:

$$\text{Abscisa } (PT_2 = PT_1) \text{ vía 2} = K1 + 922.260 + 84.681 = K2 + 006.941$$

Una vez calculadas las abscisas por las diferentes vías, se procede a igualarlas, resultando la ecuación de empalme así:

$$K2 + 006.941 \text{ (vía 2, atrás)} \equiv K2 + 005.997 \text{ (vía 1, adelante)}$$

57

57 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 117-120.

Curvas Circulares Compuestas

Las curvas circulares compuestas son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples.

A pesar de que no son muy comunes, se pueden emplear en terrenos montañosos, cuando se quiere que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno o topografía natural, lo cual reduce el movimiento de tierras. También se pueden utilizar cuando existen limitaciones de libertad en el diseño, como, por ejemplo, en los accesos a puentes, en los pasos a desnivel y en las intersecciones.

Elementos Geométricos De Las Curvas Circulares Compuestas

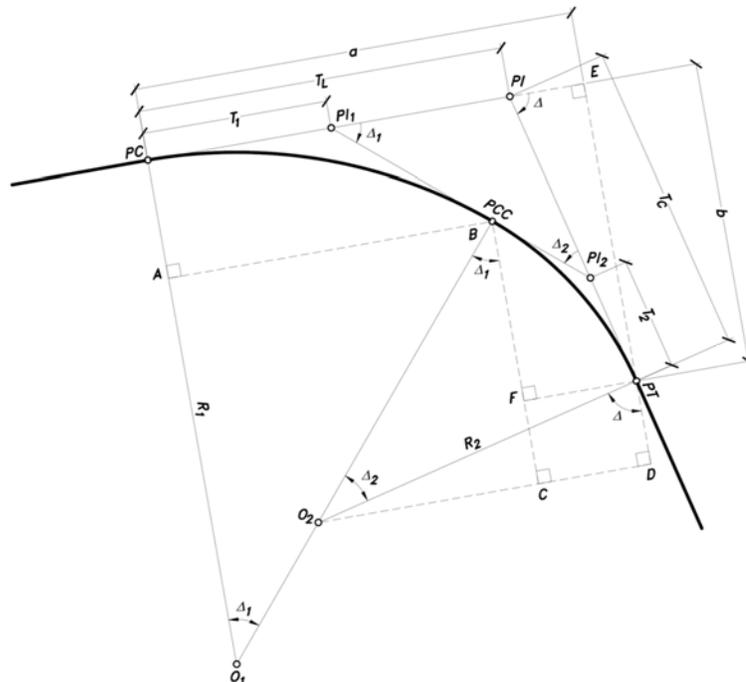


Ilustración 31 Curva circular compuesta de dos radios

PI = Punto de intersección de las tangentes.

PC = Principio de la curva compuesta.

PT = Fin de la curva compuesta o principio de tangente.

PCC = Punto común de curvas o punto de curvatura compuesta. Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda.

R1 = Radio de la curva de menor curvatura o mayor radio.

R2 = Radio de la curva de mayor curvatura o menor radio.

O1 = Centro de la curva de mayor radio.

O2 = Centro de la curva de menor radio.

Δ = Ángulo de deflexión principal.

Δ_1 = Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.

Δ_2 = Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.

T1 = Tangente de la curva de mayor radio.

T2 = Tangente de la curva de menor radio.

TL = Tangente larga de la curva circular compuesta.

TC = Tangente corta de la curva circular compuesta.

Para la curva compuesta es necesario calcular la tangente larga TL y la tangente corta TC, así:

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$T_L = PC \cdot E - PI \cdot E$$

$$PC \cdot E = a = AB + CD = AB + (O_2D - O_2C)$$

En el triángulo rectángulo ABO_1 :

$$AB = O_1B \operatorname{sen} \Delta_1 = R_1 \operatorname{sen} \Delta_1$$

En el triángulo rectángulo $O_2D \cdot PT$:

$$O_2D = O_2 \cdot PT \operatorname{sen} \Delta = R_2 \operatorname{sen} \Delta$$

En el triángulo rectángulo O_2CB :

$$O_2C = O_2B \operatorname{sen} \Delta_1 = R_2 \operatorname{sen} \Delta_1$$

En el triángulo rectángulo $PI \cdot E \cdot PT$:

$$PI \cdot E = PI \cdot PT \cos \Delta = T_C \cos \Delta$$

Por lo tanto,

$$T_L = AB + O_2D - O_2C - PI \cdot E$$

$$T_L = R_1 \operatorname{sen} \Delta_1 + R_2 \operatorname{sen} \Delta - R_2 \operatorname{sen} \Delta_1 - T_C \cos \Delta$$

$$T_L = R_2 \operatorname{sen} \Delta + (R_1 - R_2) \operatorname{sen} \Delta_1 - T_C \cos \Delta$$

En el triángulo rectángulo $PI \cdot E \cdot PT$:

$$\operatorname{sen} \Delta = \frac{E \cdot PT}{PI \cdot PT} = \frac{b}{T_C}, \quad T_C = \frac{b}{\operatorname{sen} \Delta}$$

$$b = PC \cdot A + BF$$

$$PC \cdot A = PC \cdot O_1 - AO_1 = R_1 - AO_1$$

$$BF = BC - PT \cdot D$$

En el triángulo rectángulo ABO_1 :

$$AO_1 = O_1B \cos \Delta_1 = R_1 \cos \Delta_1$$

En el triángulo rectángulo $O_2D \cdot PT$:

$$PT \cdot D = O_2 \cdot PT \cos \Delta = R_2 \cos \Delta$$

Entonces:

$$b = R_1 - AO_1 + BC - PT \cdot D = R_1 - (R_1 \cos \Delta_1) + R_2 \cos \Delta_1 - R_2 \cos \Delta$$

$$b = R_1 - (R_2 \cos \Delta) - (R_1 - R_2) \cos \Delta_1$$

Luego:

$$T_C = \frac{R_1 - (R_2 \cos \Delta) - (R_1 - R_2) \cos \Delta_1}{\text{sen } \Delta}$$

Igualmente:

$$T_L = R_2 \text{sen } \Delta + (R_1 - R_2) \text{sen } \Delta_1 - \left[\frac{R_1 - (R_2 \cos \Delta) - (R_1 - R_2) \cos \Delta_1}{\text{sen } \Delta} \right] \cos \Delta$$

$$T_L = \frac{R_2 \text{sen}^2 \Delta + (R_1 - R_2) \text{sen } \Delta \text{sen } \Delta_1 +}{\text{sen } \Delta} +$$

$$\frac{-R_1 \cos \Delta + R_2 \cos^2 \Delta + (R_1 - R_2) \cos \Delta \cos \Delta_1}{\text{sen } \Delta}$$

$$T_L = \frac{R_2 - (R_1 \cos \Delta) + (R_1 - R_2) \cos \Delta_2}{\text{sen } \Delta}$$

58

7.5.6 Grupos A Y B Día 26/09/2016 Y 29/09/2016

En relación a la semana de parciales, se presentan a continuación los diferentes exámenes aplicados a los grupos A Y B de diseño geométrico de vías.

| Parcial | Grupo | Fecha |
|--|-------|------------|
| Parcial 1 Diseño geométrico de vías grupo A.docx | A | 26/09/2016 |
| Parcial 1 Diseño geométrico de vías grupo B.docx | B | 29/09/2016 |

58 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 145-148.

7.5.7 Grupos A Y B Día 03/10/2016 Y 06/10/2016

Estabilidad En La Marcha, Velocidad, Curvatura, Peralte Y Transición

Desplazamiento De Un Vehículo Sobre Una Curva Circular

Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal, actúa sobre él una fuerza centrífuga F que tiende a desviarlo radialmente hacia afuera de su trayectoria normal. La magnitud de esta fuerza es:

$$F = ma$$

Donde:

m = Masa del vehículo.

a = Aceleración radial, dirigida hacia el centro de curvatura.

Pero, la masa m y la aceleración radial a son iguales a:

$$m = \frac{W}{g}, a = \frac{V^2}{R}$$

Donde:

W = Peso del vehículo.

g = Aceleración de la gravedad.

V = Velocidad del vehículo.

R = Radio de la curva circular horizontal.

Por lo tanto:

$$F = \frac{WV^2}{gR}$$

La única fuerza que se opone al deslizamiento lateral del vehículo es la fuerza de fricción desarrollada entre las llantas y el pavimento. Esta fuerza por sí sola, generalmente, no es suficiente para impedir el deslizamiento transversal; por lo tanto, será necesario buscarle un complemento inclinando transversalmente la calzada. Dicha inclinación se denomina peralte.

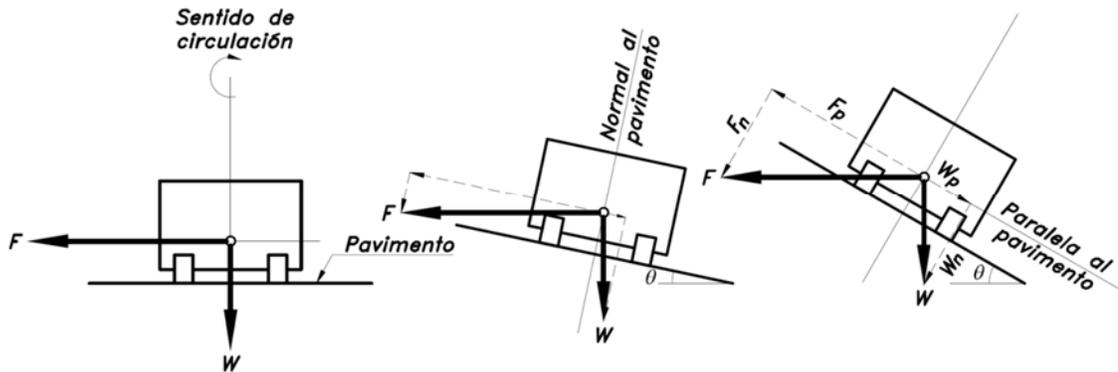


Ilustración 32 Efecto de la inclinación transversal sobre un vehículo

Caso 1: $W_p=0$

La calzada es horizontal, esto es, no hay inclinación transversal y F_p alcanza su valor máximo F .

Caso 2: $W_p = F_p$,

En este caso, la fuerza resultante $F+W$ es perpendicular a la superficie del pavimento. Por lo tanto, la fuerza centrífuga F no es sentida en el vehículo. La velocidad a la cual se produce este efecto se le llama velocidad de equilibrio.

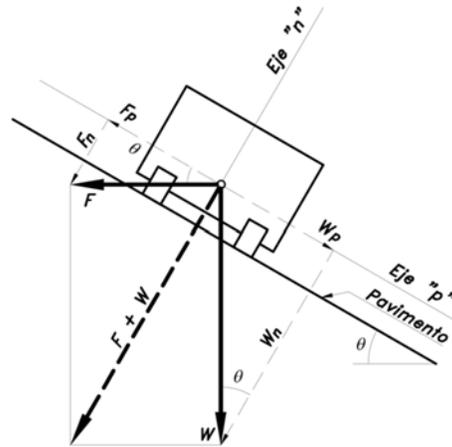


Ilustración 33 Caso 2

$$W \operatorname{sen} \theta = F \operatorname{cos} \theta$$

$$\frac{\operatorname{sen} \theta}{\operatorname{cos} \theta} = \tan \theta = \frac{F}{W}$$

$$e = \frac{WV^2}{gR} \quad , \text{ esto es,}$$

$$e = \frac{V^2}{gR}$$

$$e = \frac{V^2}{9.81 R} \frac{\text{Km}^2 / \text{h}^2}{(\text{m} / \text{seg}^2) \text{m}}$$

$$e = \frac{V^2}{9.81 R} (\text{Km}^2 / \text{m}^2) (\text{seg}^2 / \text{h}^2) (1000 \text{ m} / 1 \text{ Km})^2 (1 \text{ h} / 3600 \text{ seg})^2$$

$$e = \frac{V^2}{127 R}$$

Caso 3: $W_p < F_p$, En este caso, la fuerza resultante $F+W$ actúa en el sentido de la fuerza centrífuga F .

Por lo tanto, el vehículo tiende a deslizarse hacia el exterior de la curva, pues se origina un momento en sentido contrario al movimiento de las agujas del reloj. Volcamiento de este caso es típico en vehículos livianos.

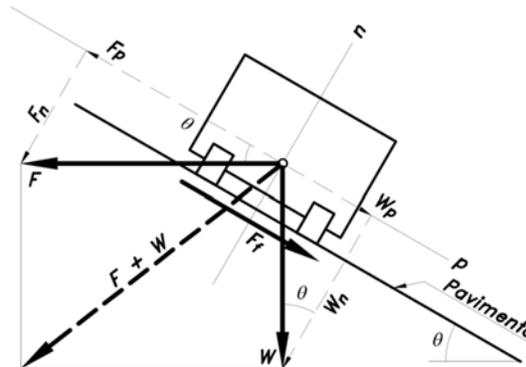


Ilustración 34 Caso 3

$$F_p - W_p = F_f$$

Pero también se sabe que:

Fuerza de fricción = Fuerza normal (Coeficiente de fricción)

$$F_p - W_p = (F_n + W_n) f_T$$

$$f_T = \frac{F_p - W_p}{F_n + W_n}$$

$$f_T = \frac{F_p - W_p}{W_n} = \frac{F \cos \theta - W \sin \theta}{W \cos \theta} = \frac{F \cos \theta}{W \cos \theta} - \frac{W \sin \theta}{W \cos \theta} = \frac{F}{W} - \tan \theta$$

$$f_T = \frac{F}{W} - e$$

$$f_T = \frac{\dot{W}V^2}{gR} - e = \frac{V^2}{gR} - e \quad , \text{ esto es,}$$

$$e + f_T = \frac{V^2}{gR}$$

Convirtiendo unidades:

$$e + f_T = \frac{V^2}{127 R}$$

Para el *Caso 4*, $W_p > F_p$, o lo que es lo mismo $(F_p - W_p) < 0$, según la Figura 3.60, por homología se llega a:

$$e - f_T = \frac{V^2}{127 R}$$

Caso 4: $W_p > F_p$, Figura 3.60

En este caso, la fuerza resultante $F+W$ actúa en el sentido contrario de la fuerza centrífuga F . Por lo tanto, el vehículo tiende a deslizarse hacia el interior de la curva. Volcamiento de este caso es típico en vehículos pesados.

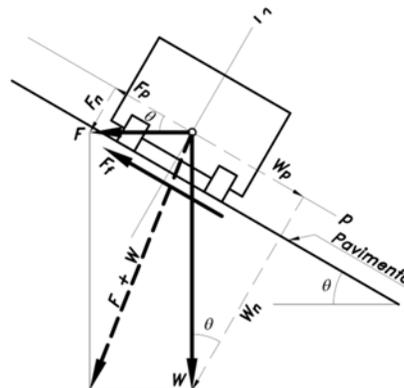


Ilustración 35 Caso 4

En otras palabras, el radio mínimo R_{\min} , es el límite para una velocidad específica V_{CH} dada del vehículo, calculado a partir del peralte máximo e_{\max} y del coeficiente de fricción transversal máximo $f_{T\max}$, según la ecuación, como:

$$R_{\min} = \frac{V_{CH}^2}{127(e_{\max} + f_{T\max})}$$

Carreteras primarias y secundarias e_{\max} 8%, y para las carreteras terciarias 6%.

| VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (Km/h) | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMO $f_{T\max}$ | 0.35 | 0.28 | 0.23 | 0.19 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.13 | 0.12 | 0.11 | 0.09 | 0.08 |

Fuente: AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington D.C. 2004.

Tabla 18 Coeficientes de fricción transversal⁵⁹

7.5.8 Grupos A Y B Día 10/10/2016 Y 13/10/2016

Transición Del Peralte

La sección transversal de la calzada sobre un alineamiento recto tiene una inclinación comúnmente llamada bombeo normal, el cual tiene por objeto facilitar el drenaje o escurrimiento de las aguas lluvias lateralmente hacia las cunetas. El valor del bombeo dependerá del tipo de superficie y de la intensidad de las lluvias en la zona del proyecto, variando del 1% al 4%.

59. CÁRDENAS GRISALES. Op cit., p. 174-197.

Para pasar de una sección transversal con bombeo normal a otra con peralte, es necesario realizar un cambio de inclinación de la calzada. Este cambio no puede realizarse bruscamente, sino gradualmente a lo largo de la vía entre este par de secciones. A este tramo de la vía se le llama transición de peraltado.

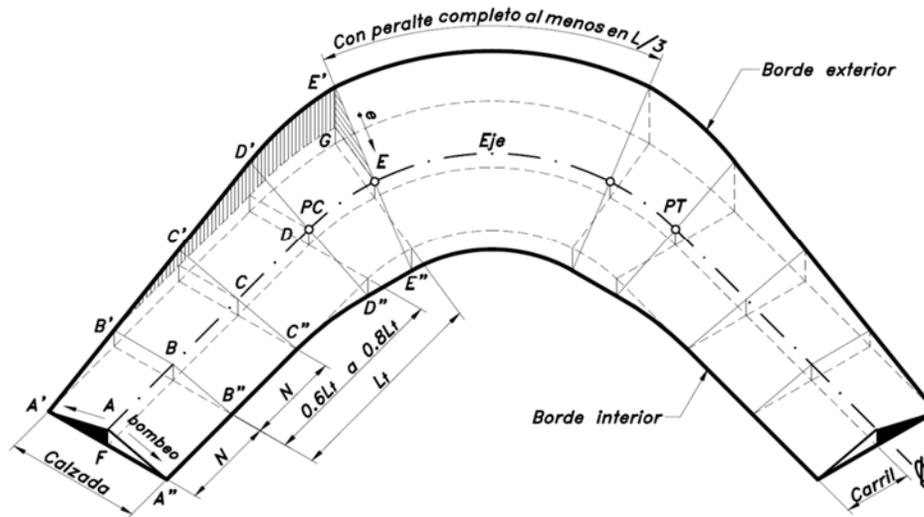


Ilustración 36 Transición del peralte

L_t = Longitud de transición.

N = Longitud de aplanamiento.

L = Longitud de la curva circular.

e = Peralte necesario de la curva circular.

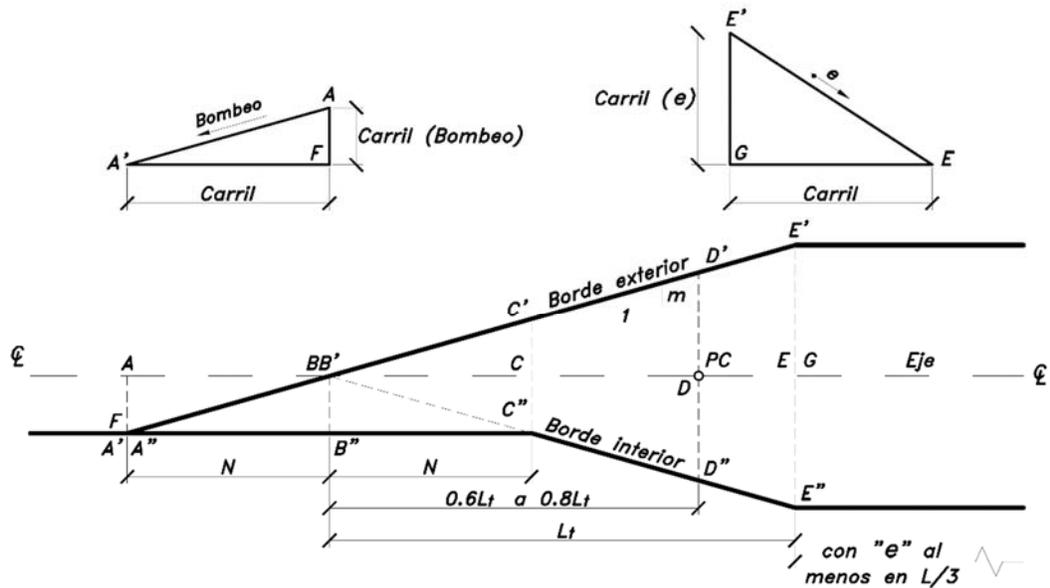


Ilustración 37 Relación de alturas y pendientes; bombero y peralte

$$\frac{B'G}{E'G} = \frac{1}{m}$$

Pero, $B'G = L_t$ y $E'G = Carril(e)$, entonces,

$$L_t = \frac{Carril(e)}{m}$$

En el triángulo rectángulo AFB :

$$\frac{N}{AF} = \frac{1}{m}$$

Pero, $AF = Carril(Bombero)$, entonces,

$$N = \frac{Carril(Bombero)}{m}$$

EJEMPLO 6: Abscisas y posición de los bordes en la transición del peralte de una curva circular simple

Datos:

Para el diseño de una curva circular simple en una carretera principal de una calzada, se dispone de la siguiente información:

Velocidad específica = 60 Km/h

Radio de la curva = $R_{mín}$

Deflexión al PI = $\Delta = 106^{\circ}30'D$

Abscisa del PI = K6+582.930

Ancho de la calzada = 7.30m (dos carriles)

Bombeo normal = 2%

Transición = 70% en recta

Calcular:

Los elementos, las abscisas y la posición de los bordes con respecto al eje en aquellas secciones importantes en la transición del peralte de esta curva, tanto a la entrada como a la salida, si la rotación de la calzada se realiza alrededor del eje.

Solución:

a) Elementos

Radio mínimo: $R_{mín}$

Como se tiene una curva de radio mínimo, según la fórmula, para una velocidad específica de 60 Km/h, su valor es:

$$R_{\min} = 113m$$

Peralte máximo: e_{\max}

También de acuerdo con la Tabla, para una velocidad específica de 60 Km/h, su valor es:

$$e_{\max} = 8.0\%$$

Tangente: T

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} = 113 \left(\tan \frac{106^{\circ} 30'}{2} \right) = 151.325m$$

Longitud de la curva: L_s

$$L_s = \frac{\pi R \Delta}{180^{\circ}} = \frac{\pi (113) 106^{\circ} 30'}{180^{\circ}} = 210.042m$$

Abscisa del: PC

$$\text{Abscisa del } PC = \text{Abscisa del } PI - T = K6 + 582.930 - 151.325 = K6 + 431.605$$

Abscisa del: PT

$$\text{Abscisa del } PT = \text{Abscisa del } PC + L_s = K6 + 431.605 + 210.042 = K6 + 641.647$$

Pendiente relativa de los bordes: m

Según la Tabla 3.18, para una velocidad específica de 60 Km/h, y utilizando el valor máximo, se tiene que:

$$m = 0.60\%$$

Longitud de transición: L_t

De acuerdo con la ecuación (3-35):

$$L_t = \frac{\text{Carril}(e_{\text{máx}})}{m} = \frac{3.65\text{m}(8.0\%)}{0.60\%} = 48.667\text{m}$$

Longitud de aplanamiento: N

De acuerdo con la ecuación (3-36):

$$N = \frac{\text{Carril}(\text{Bombeo})}{m} = \frac{3.65\text{m}(2.0\%)}{0.60\%} = 12.167\text{m}$$

b) Abscisas en secciones importantes de la transición

Abscisa donde termina el bombeo normal: sección a-a'-a''

$$\text{Abscisa} = \text{Abscisa PC} - 0.7L_t - N$$

$$\text{Abscisa} = K6 + 431.605 - 0.7(48.667) - 12.167 = K6 + 385.371$$

Abscisa donde el carril exterior se aplanar: sección b-b'-b''

$$\text{Abscisa} = \text{Abscisa PC} - 0.7L_t$$

$$\text{Abscisa} = K6 + 431.605 - 0.7(48.667) = K6 + 397.538$$

Abscisa donde el peralte es igual al bombeo: sección c-c'-c''

$$\text{Abscisa} = (\text{Abscisa sección b - b'-b''}) + N$$

$$\text{Abscisa} = K6 + 397.538 + 12.167 = K6 + 409.705$$

Abscisa donde empieza el peralte máximo: sección e-e'-e''

$$\text{Abscisa} = \text{Abscisa PC} + 0.3L_t$$

$$\text{Abscisa} = K6 + 431.605 + 0.3(48.667) = K6 + 446.205$$

c) Posición de los bordes con respecto al eje

$$aa' = aa'' = 3.65(0.020) = 0.073\text{m} = 7.30\text{cm}$$

$$bb' = bb'' = 3.65(0.020) = 0.073\text{m} = 7.30\text{cm}$$

$$bb'' = 3.65(0.000) = 0.000m = 0.00cm$$

$$cc' = cc'' = 3.65(0.020) = 0.073m = 7.30cm$$

$$dd' = dd'' = 3.65(0.056) = 0.204m = 20.44cm$$

$$ee' = ee'' = 3.65(0.080) = 0.292m = 29.20cm$$

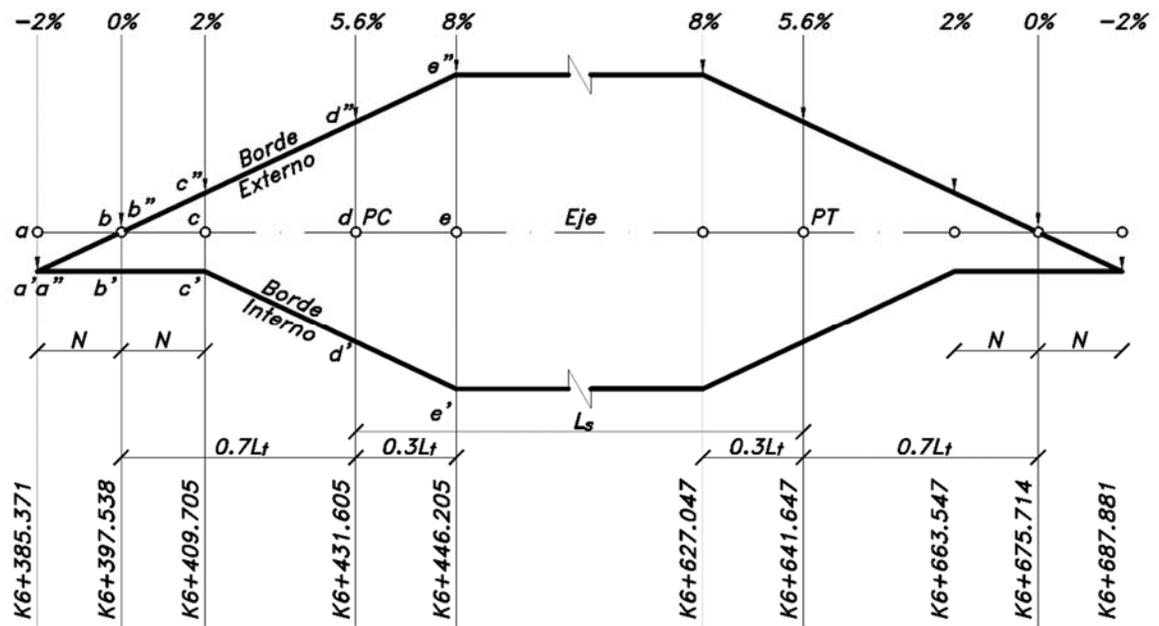


Ilustración 38 Perfil longitudinal de transición del peralte⁶⁰

60 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 199-208.

7.5.9 Grupos A Y B Día 17/10/2016 Y 20/10/2016

Diseño Geométrico Vertical

El diseño geométrico vertical de una carretera, o alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante o sub-rasante.

Tangentes Verticales

La longitud T_v de una tangente vertical es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

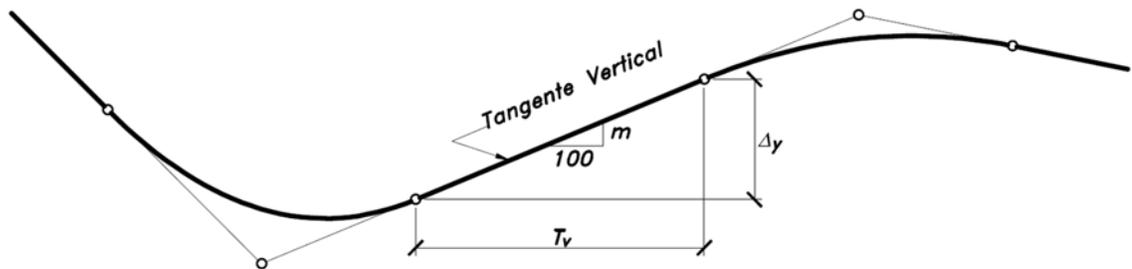


Ilustración 39 Tangente vertical

La pendiente m de la tangente vertical es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma. Por lo tanto:

$$m = \left(\frac{\Delta y}{T_v} \right) 100$$

Geometría De Las Curvas Verticales Parabólicas

Curvas verticales simétricas, La parábola utilizada para el enlace de dos tangentes verticales consecutivas debe poseer las siguientes propiedades:

1. La razón de variación de su pendiente a lo largo de su longitud es una constante.
2. La proyección horizontal del punto de intersección de las tangentes verticales está en la mitad de la línea que une las proyecciones horizontales de los puntos de tangencia extremos, donde empieza y termina la curva.
3. Los elementos verticales de la curva (alturas o cotas) varían proporcionalmente con el cuadrado de los elementos horizontales (abscisas).
4. La pendiente de cualquier cuerda de la parábola, es el promedio de las pendientes de las líneas tangentes a ella en sus respectivos extremos

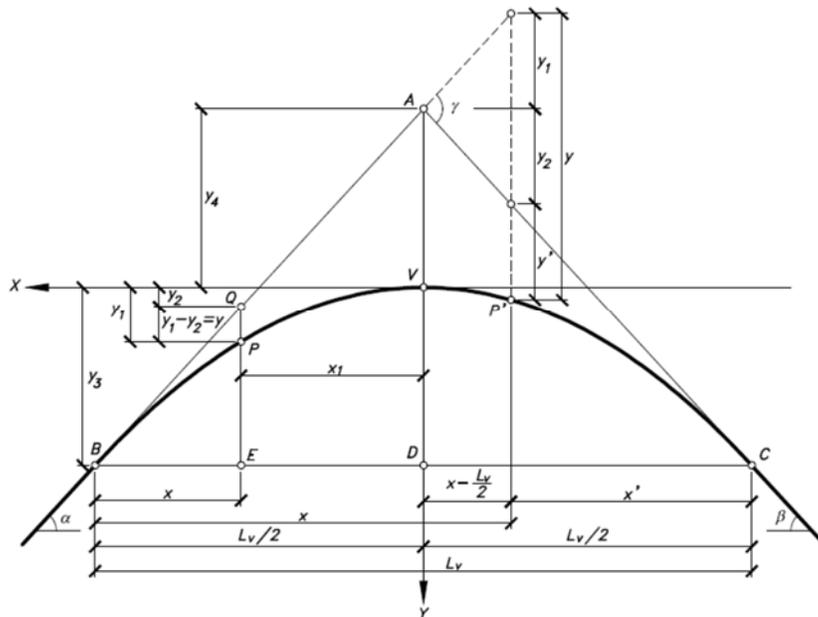


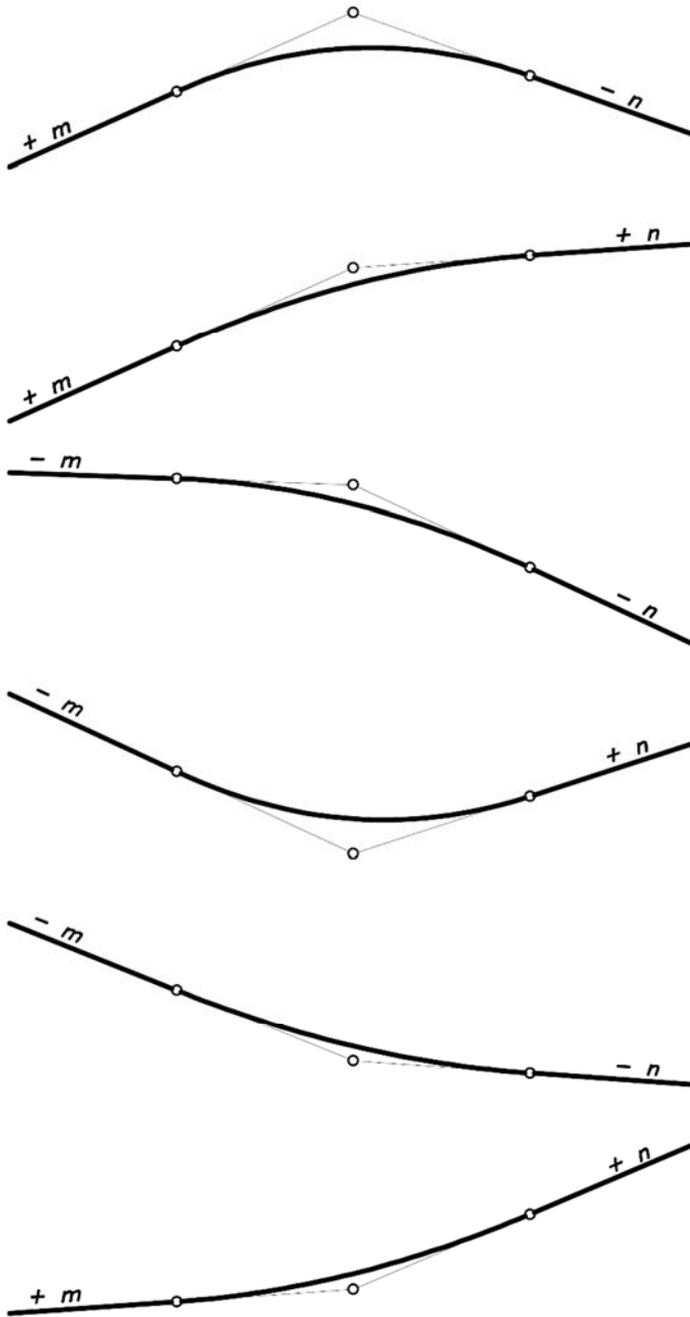
Ilustración 40 Elementos geométricos de una curva vertical

- $A = PIV$ = Punto de intersección vertical. Es el punto donde se interceptan las dos tangentes verticales.
- $B = PCV$ = Principio de curva vertical. Donde empieza la curva.
- $C = PTV$ = Principio de tangente vertical. Donde termina la curva.
- $BC = L_v$ = Longitud de la curva vertical, medida en proyección horizontal.
- $VA = E_v$ = Externa vertical. Es la distancia vertical del PIV a la curva.
- $VD = f$ = Flecha vertical.
- $P(x_1, y_1)$ = Punto sobre la curva de coordenadas (x_1, y_1) .
- $Q(x_1, y_2)$ = Punto sobre la tangente de coordenadas (x_1, y_2) , situado sobre la misma vertical de P .
- $QP = y$ = Corrección de pendiente. Desviación vertical respecto a la tangente de un punto de la curva P . Valor a calcular.
- $BE = x$ = Distancia horizontal entre el PCV y el punto P de la curva.
- α = Ángulo de pendiente de la tangente de entrada.
- β = Ángulo de pendiente de la tangente de salida.
- γ = Ángulo entre las dos tangentes. Ángulo de deflexión vertical.
- $m = \tan \alpha$ = Pendiente de la tangente de entrada.
- $n = \tan \beta$ = Pendiente de la tangente de salida.
- $i = \tan \gamma$ = Diferencia algebraica entre las pendientes de la tangente de entrada y de salida.

$$y_1 = kx_1^2$$

$$y = \left(\frac{i}{2L_v} \right) x^2$$

$$E_v = \frac{L_v i}{8}$$



Caso 1

$$i = m - (-n) = m + n$$

$$i = + (m + n) > 0$$

Caso 2

$$i = m - (+n) = m - n$$

$$i = + (m - n) > 0$$

Caso 3

$$i = -m - (-n) = -m + n$$

$$i = + (n - m) > 0$$

Caso 4

$$i = -m - (+n) = -m - n$$

$$i = - (m + n) < 0$$

Caso 5

$$i = -m - (-n) = -m + n$$

$$i = - (m - n) < 0$$

Caso 6

$$i = m - (+n) = m - n$$

$$i = - (n - m) < 0$$

Ilustración 41 Significado de i, tipos de curvas verticales⁶¹

61 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 307-321.

7.5.10 Grupos A Y B Día 24/10/2016 Y 27/10/2016

EJEMPLO 7: Curva vertical convexa simétrica

Datos:

Para el cálculo de una curva vertical simétrica se dispone de la siguiente información:

Abscisa del PIV = K2+640

Cota del PIV = 500m

Pendiente de la tangente de entrada = +8%

Pendiente de la tangente de salida = -3%

Longitud de la curva vertical = 120m

Calcular:

La curva vertical en abscisas de 10 metros.

Solución:

De acuerdo con la Figura 4.9, se tiene:

Abscisas y cotas de: PCV, PTV

$$\text{Abscisa PCV} = \text{Abscisa PIV} - \frac{L_v}{2} = K2 + 640 - \frac{120}{2} = K2 + 580$$

$$\text{Abscisa PTV} = \text{Abscisa PIV} + \frac{L_v}{2} = K2 + 640 + \frac{120}{2} = K2 + 700$$

$$\text{Cota PCV} = \text{Cota PIV} - m \left(\frac{L_v}{2} \right) = 500 - 0.08(60) = 495.200\text{m}$$

$$\text{Cota PTV} = \text{Cota PIV} - n \left(\frac{L_v}{2} \right) = 500 - 0.03(60) = 498.200\text{m}$$

Cotas en la tangente en puntos intermedios:

Estas cotas se calculan a partir de la cota del PIV, así:

- Cota de 1 = Cota PIV - $m(50) = 500 - 0.08(50) = 496.000m$
- Cota de 2 = Cota PIV - $m(40) = 500 - 0.08(40) = 496.800m$
- Cota de 3 = Cota PIV - $m(30) = 500 - 0.08(30) = 497.600m$
- Cota de 4 = Cota PIV - $m(20) = 500 - 0.08(20) = 498.400m$
- Cota de 5 = Cota PIV - $m(10) = 500 - 0.08(10) = 499.200m$
- Cota de 6 = Cota PIV - $n(10) = 500 - 0.03(10) = 499.700m$
- Cota de 7 = Cota PIV - $n(20) = 500 - 0.03(20) = 499.400m$
- Cota de 8 = Cota PIV - $n(30) = 500 - 0.03(30) = 499.100m$
- Cota de 9 = Cota PIV - $n(40) = 500 - 0.03(40) = 498.800m$
- Cota de 10 = Cota PIV - $n(50) = 500 - 0.03(50) = 498.500m$

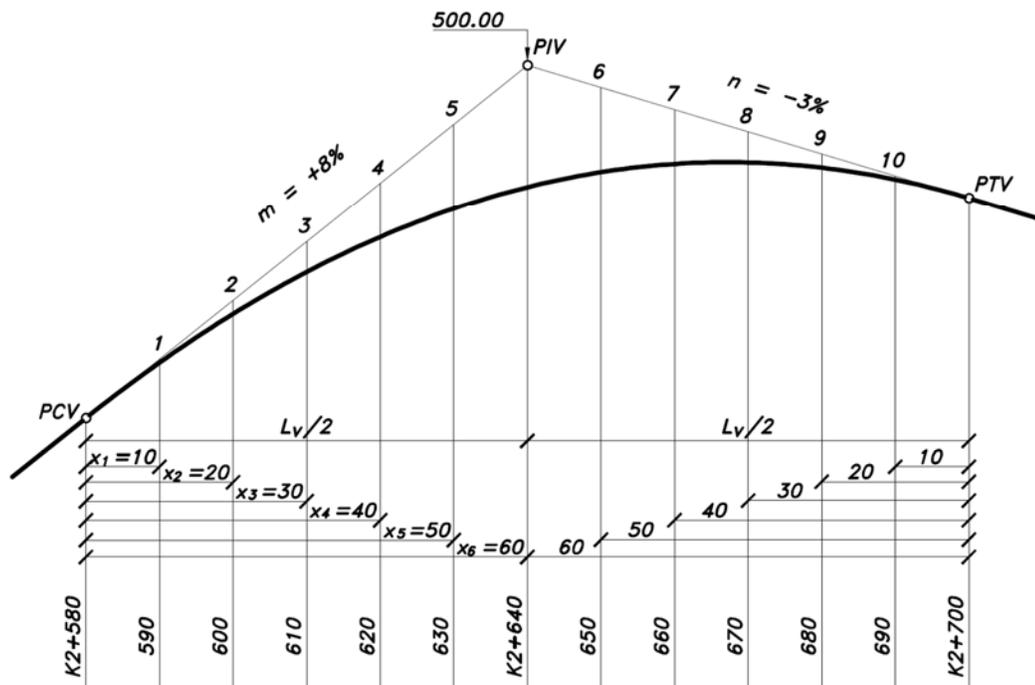


Ilustración 42 Curva vertical convexa simétrica

Correcciones de pendiente en puntos intermedios:

De acuerdo con la ecuación (4-5), el valor de i es:

$$i = m - n = +8\% - (-3\%) = 11\% \equiv 0.11$$

Las correcciones de pendiente, y , se calculan con la ecuación (4-2):

$$y = \left(\frac{i}{2L_v} \right) x^2 = \frac{0.11}{2(120)} x^2 = [4.58333(10)^{-4}] x^2$$

Punto 1: K2+590, $x_1 = 10m$, $y_1 = [4.58333(10)^{-4}](10)^2 = 0.046m$

Punto 2: K2+600, $x_2 = 20m$, $y_2 = [4.58333(10)^{-4}](20)^2 = 0.183m$

Punto 3: K2+610, $x_3 = 30m$, $y_3 = [4.58333(10)^{-4}](30)^2 = 0.412m$

Punto 4: K2+620, $x_4 = 40m$, $y_4 = [4.58333(10)^{-4}](40)^2 = 0.733m$

Punto 5: K2+630, $x_5 = 50m$, $y_5 = [4.58333(10)^{-4}](50)^2 = 1.146m$

PIV : K2+640, $x_6 = 60m$, $y_6 = [4.58333(10)^{-4}](60)^2 = 1.650m$

| PUNTOS | ABSCISAS | PENDIENTES | COTAS EN LA TANGENTE | CORRECCIÓN DE PENDIENTE | COTAS ROJAS |
|--------|----------|------------|----------------------|-------------------------|-------------|
| PCV | K2+580 | ⊙ | 495.200 | 0.000 | 495.200 |
| 1 | 590 | +8% | 496.000 | -0.046 | 495.954 |
| 2 | 600 | | 496.800 | -0.183 | 496.617 |
| 3 | 610 | | 497.600 | -0.412 | 497.188 |
| 4 | 620 | | 498.400 | -0.733 | 497.667 |
| 5 | 630 | | 499.200 | -1.146 | 498.054 |
| PIV | K2+640 | ⊙ | 500.000 | -1.650 | 498.350 |
| 6 | 650 | -3% | 499.700 | -1.146 | 498.554 |
| 7 | 660 | | 499.400 | -0.733 | 498.667 |
| 8 | 670 | | 499.100 | -0.412 | 498.688 |
| 9 | 680 | | 498.800 | -0.183 | 498.617 |
| 10 | 690 | | 498.500 | -0.046 | 498.454 |
| PTV | K2+700 | ⊙ | 498.200 | 0.000 | 498.200 |

Ilustración 43 Cartera de diseño de rasante curva vertical convexa⁶¹

61 CÁRDENAS GRISALES, James. Op. cit., p. 328-331.

7.5.11 Grupos A Y B Día 24/10/2016 Y 27/10/2016

En relación a la semana de parciales, se presentan a continuación los diferentes parciales aplicados a los grupos A Y B de diseño geométrico de vías.

| Parcial | Grupo | Fecha |
|---|-------|------------|
| Parcial 2 vías grupo A.docx | A | 24/10/2016 |
| Parcial 2 vías grupo B.docx | B | 27/10/2016 |

7.5.12 Grupos A Y B Día 07/11/2016 Y 10/11/2016

Diseño Geométrico Transversal: Secciones, Áreas Y Volúmenes

Elementos Geométricos Que Integran La Sección Transversal

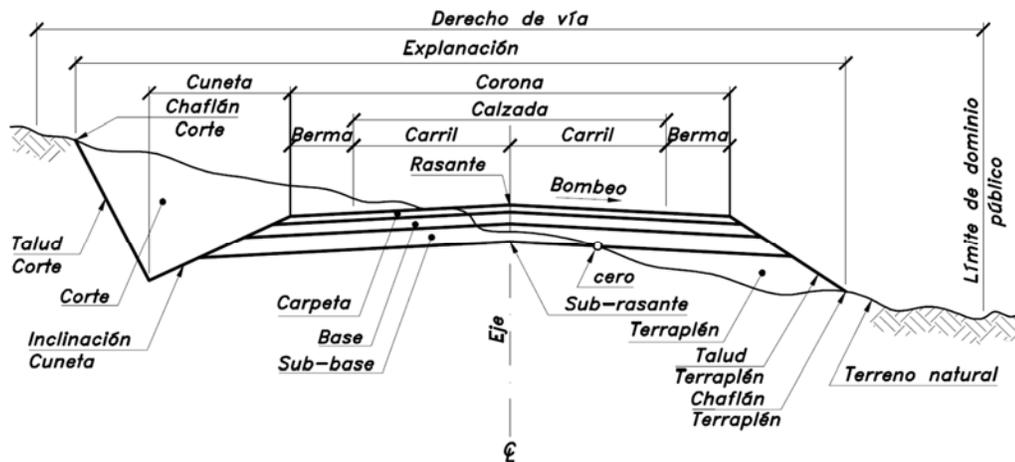


Ilustración 44 Sección típica mixta pavimentada en recta

Secciones Transversales Típicas, Posición De Chaflanes Y Estacas De Ceros

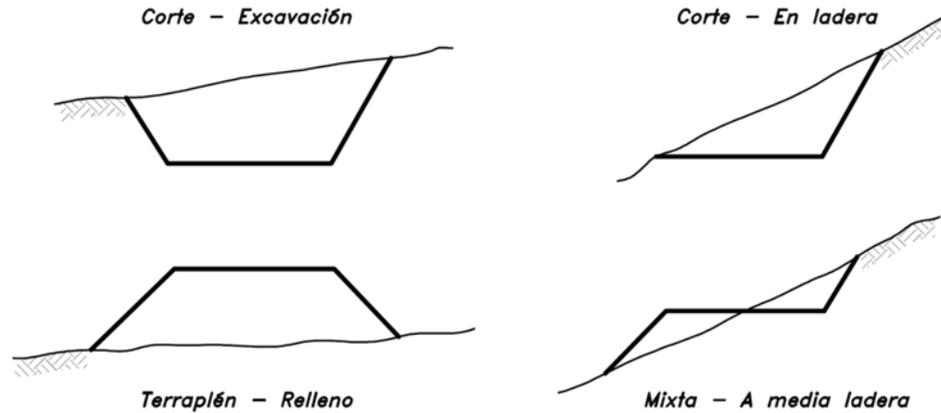


Ilustración 45 Secciones transversales típicas

Chaflanes o estacas de talud y estacas de ceros

Como se dijo anteriormente, los chaflanes o estacas extremas de talud, son los puntos donde los taludes, de corte o terraplén, encuentran el terreno natural. Los ceros son aquellos puntos de paso de corte a terraplén o viceversa.

Cota de trabajo, es el trabajo necesario a realizar verticalmente sobre un punto, ya sea excavando o rellenando, expresada como:

$$\text{Cota de Trabajo} = \text{Cota Roja} - \text{Cota Negra}$$

Donde:

Cota Roja = Cota de proyecto o nivel de sub-rasante.

Cota Negra = Cota del terreno natural.

La línea de chaflanes:

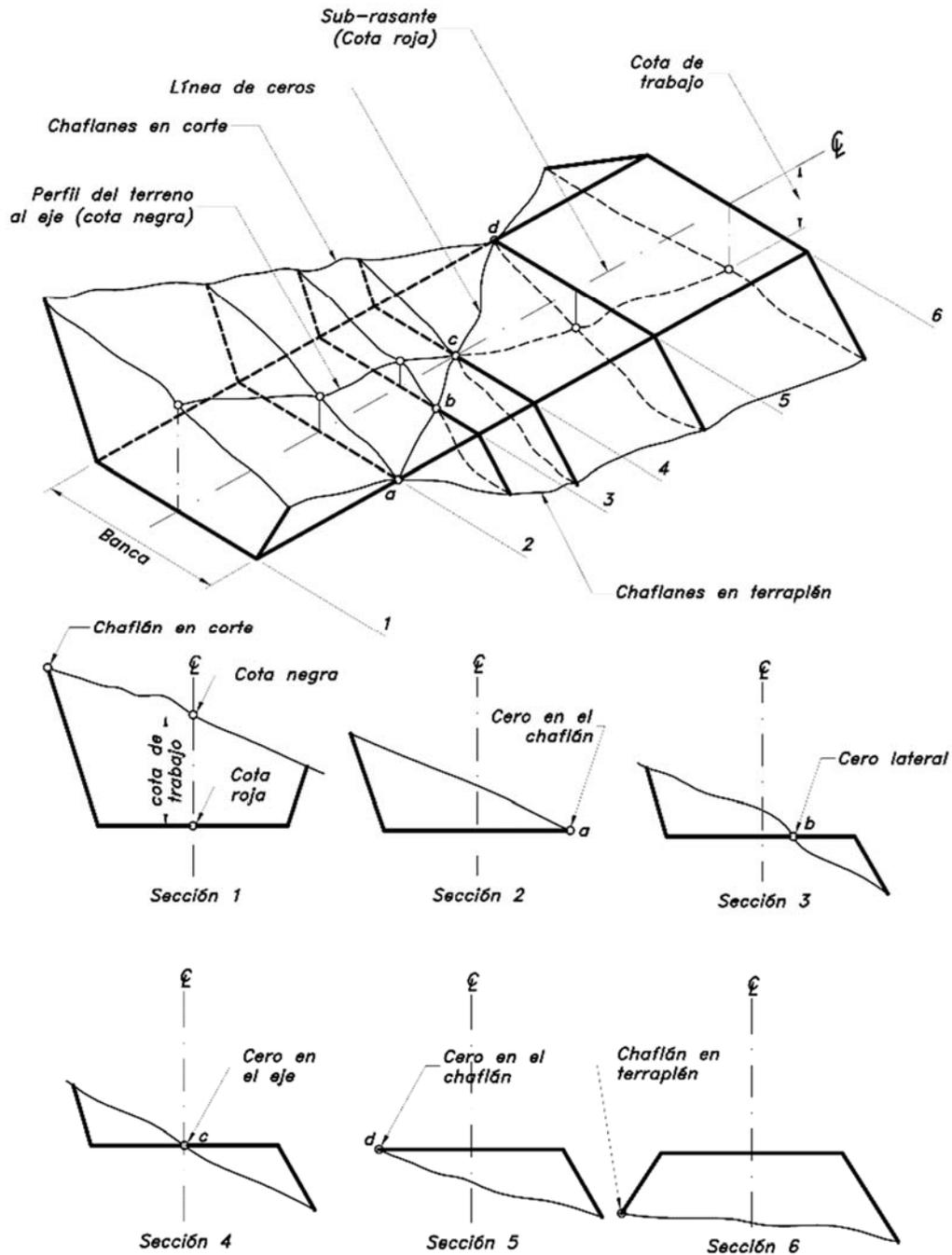


Ilustración 46 Posición de las estacas de chaflanes y de ceros

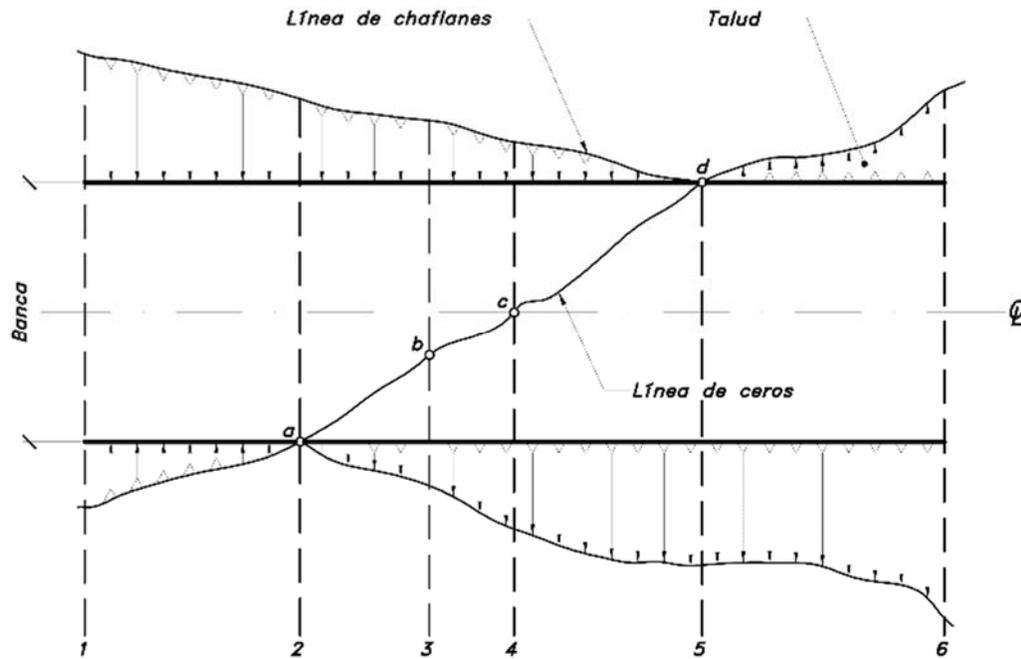


Ilustración 47 Planta de chaflanes y de ceros

Cartera de chaflanes

CARTERA DE CHAFLANES

| Izquierdo | Centro | Derecho |
|-------------------|----------------------------|-------------------|
| $\frac{Y_l}{X_l}$ | $\frac{Y}{\text{Abscisa}}$ | $\frac{Y_d}{X_d}$ |

REGLA DE LAS CRUCES

$$\frac{0}{B/2+S} \times \frac{Y_l}{X_l} \times \frac{Y}{0} \times \frac{Y_d}{X_d} \times \frac{0}{B/2}$$

EJEMPLO 5.4: Áreas de terraplén y corte

Datos:

Un tramo de una carretera secundaria de 10 metros de ancho de banca, tiene los chaflanes que se presentan en la Tabla

| IZQUIERDO | | EJE | DERECHO | |
|---------------------|--------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| $\frac{+3.6}{10.2}$ | $\frac{0.00}{3.4}$ | $\frac{-2.4}{K0+030}$ | | $\frac{-9.3}{9.4}$ |

Ilustración 48 Cartera de chaflanes

Solución:

| ABSCISAS | REGLA DE LAS CRUCES |
|----------|--|
| K0+030 | $\frac{0}{5} \times \frac{3.6}{10.2} \times \frac{0.00}{3.4} \times \frac{2.4}{0} \times \frac{9.3}{9.4} \times \frac{0}{5}$ |

Sección de abscisa K0+030:

Terraplén:

$$A_t = \frac{1}{2} [5(3.6) - 3.6(3.4)] = 2.880 \text{ m}^2$$

Corte:

$$A_c = \frac{1}{2} [3.4(2.4) + 2.4(9.4) + 9.3(5)] = 38.610 \text{ m}^2$$

Volúmenes De Tierra: Cubicación

El volumen del prismoide se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V = L \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right)$$

El volumen del pirámoide se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{AL}{3}$$

El volumen del tronco de pirámoide se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V = \frac{L}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

62

7.5.13 Grupos A Y B Días 14/11/2016, 21/11/2016, 28/11/2016 Y 17/11/2016, 24/11/2016, 01/12/2016, Respectivamente

Las clases de las últimas semanas del tercer corte se enfocaron en desarrollar capacidades en los estudiantes sobre el manejo del software aplicativo Autocad Civil3D, para esto fue necesario la presentación de este software con ayuda de un proyector (VideoBeam), además de la creación de videos tutoriales para complementar los temas vistos y reforzarlos, y con respecto a los temas que faltaron se les dio un enfoque más práctico ya que una vez vistos los temas en clase y reforzados, los demás temas eran más fáciles de comprender dando así espacio

62.CÁRDENAS GRISALES. Op cit,..p. 405-453.

de abarcar estos temas en poco tiempo gracias a estos nuevos métodos apoyados en las TIC, estos últimos se presentan a continuación a modo de resumen.

[Resumen civil 3d.mp4](#)

7.5.14 Grupos A Y B Día 05/12/2016 Y 08/12/2016

En relación a la semana de parciales, se presentan a continuación los diferentes parciales aplicados a los grupos A Y B de diseño geométrico de vías.

| Parcial | Grupo | Fecha |
|---|-------|------------|
| Parcial 3 vías grupo a.docx | A | 24/10/2016 |
| Parcial 3 vías grupo b.docx | B | 27/10/2016 |

8. RESULTADOS

- Mayor fluidez en la expresión oral, corporal, manejo de tema y manejo de curso, esto se vio reflejado más evidentemente a partir del segundo corte y en las últimas semanas del tercer corte ya que la metodología que se usa está diseñada y planificada pero para poder implementarla se hace necesaria la experiencia que en este caso se fue adquiriendo al pasar de las semanas de clase, y con esto no solo mejorar la metodología existente sino crear la posibilidad de hacer una nueva conforme a las necesidades que se iban presentando, todo esto se ve reflejado en los videos tutoriales creados.
- Entendimiento por parte del estudiante con respecto a la temática y al manejo de software aplicativo enfocado a la carrera, prueba de ello son las calificaciones con un rango bueno – excelente, no solo en los parciales sino en los diferentes talleres y quices.
- Formatos para el registro de datos según sistema de gestión de calidad de la universidad de Pamplona, ya que la universidad cuenta con uno y este a su vez también tiene unos formatos por cada proceso se hace necesario añadir al proceso de laboratorios los respectivos formatos para capturar la información de los distintos laboratorios de Mecánica de Suelos I los cuales tienen el código específico de FLA-X, donde x son los números del 28 a 37 según el tipo de laboratorio a trabajar.
- Laboratorios programados en Microsoft Excel para la obtención de resultados, cada uno de estos con un formato unificado de colores, para la



identificación, ingreso y salida de información, prueba de ello se puede apreciar en los anexos.

DQS is member of:



THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK



9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con respecto a los indicadores que se tenían previstos inicialmente se nota el cumplimiento total de los objetivos, un ejemplo de ello puede ser el indicador del objetivo general de desarrollar las prácticas en modalidad docencia ya que este consistía en el número de clases realizadas en el semestre sobre el número de clases que se planearon realizar, multiplicado por un factor porcentual. Dando así un resultado del 100% ya que todas las clases que fueron planeadas se realizaron.
- En la búsqueda de la innovación para los nuevos requerimientos de los estudiantes fue necesario el estudio de software aplicativo como AutoCAD Civil3D del cual no se tenía conocimiento en cuanto a su entorno y manejo, dando resultados muy beneficiosos tanto para el estudiante como para el maestro, abriendo así la posibilidad de motivar al estudiante sobre una posible investigación en cuanto a la creación de una normatividad colombiana basada en los alineamientos del software y su posible aplicación en un proyecto real.
- Este tipo de prácticas ayuda al estudiante que en un principio tenía un conocimiento teórico básico sobre las diferentes áreas de la Ingeniería Civil, se enfocó en las áreas que eligió para poder reforzar y adquirir un conocimiento más amplio en específico ya que esto hace parte del manejo del tema para después poder planificar e implementar métodos andragógicos de difusión del conocimiento mediante el manejo de cursos, para esto fue necesario de tiempo de estudio, observación directa, cooperación del estudiante, presencia del docente, corrección oportuna de los errores y oportunidad de mejora. Dando como resultado lo que se podía ver al final de los respectivos cortes; una mejora indudable de la expresión oral y corporal, un buen manejo de tema y de cursos.

- El horario de clase asignado para cada materia no corresponde con el contenido programático que se debe ver para la asignatura Mecánica de Suelos I, ya que este debería tener una intensidad horaria de por lo menos 4 horas a la semana la parte teórica y para la parte práctica se debe llevar una materia aparte con una intensidad horaria de 3 horas para la correcta ejecución de los laboratorios y de la teoría que debe manejar en clase.
- Con respecto a la materia de Diseño Geométrico de Vías no se tiene en cuenta en su contenido programático el manejo de software aplicativo como AutoCAD Civil3D por lo tanto se debe contar con una intensidad horaria de por lo menos 5 horas a la semana para tratar de complementar estos temas, viendo así el manejo del software en 3 horas y la teoría en las 2 horas de clase de la semana.

10. BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE PAMPLONA - NORTE DE SANTANDER. Nuestro municipio. [en línea]. [Referenciado el 15 de diciembre de 2016] Disponible en: < http://www.pamplona-nortedesantander.gov.co/informacion_general.shtml>.

ANÓNIMO. Capítulo 4: Relaciones volumétricas y granulométricas de un suelo. P. 33-37

ANONIMO. Las presentaciones multimedia; ventajas que comporta su uso. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://blogs.unellez.edu.ve/informatica/files/2010/07/LAS-PRESENTACIONES-MULTIMEDIA.pdf>>

ANONIMO. Técnicas didácticas / centradas en el alumno. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://hadoc.azc.uam.mx/tecnicas/exposicion.htm>>

AROCENA, Rafael. GASCUE, Cecilia. LEYMONIÉ, Julia. Evaluación y validación de pruebas parciales de opción múltiple de un curso universitario de primer año. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < http://ue.fcien.edu.uy/archivos/ART13_Vol9_N3%202010.PDF>

BERRY, Peter Y REID, David. Mecánica de suelos. Cauca – Colombia. Mcgraw Hill, 2001. P. 38.

BRAJA M., Das, Fundamentos de ingeniería cimentaciones. 7 Ed. México D.F.: Cengage Learning Editores, 2012. p. 2-3.

BRAJA M., Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica. México D.F.: Thomson Editores, 2001. 594 p.

BRAJA M., Das, Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. 4 Ed. México D.F.: International Thomson Editores, 2001. p. 119-127.

BRAJA M., Das, Principios de ingeniería de cimentaciones. 4 Ed. México D.F.: International Thomson Editores, 2001. p. 32-35

CAMPOS RODRIGUEZ, Jorge Y GUARDIA NIÑO DE GUZMÁN, Germán Marcelo. Apoyo didáctico al aprendizaje de la mecánica de suelos mediante problemas resueltos. Trabajo de grado Licenciatura en Ingeniería Civil. Cochabamba – Bolivia: Universidad Mayor De San Simón. 2005. p. 4-5.

CANO, Agustín. La metodología de taller en los procesos de educación popular. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://www.pim.edu.uy/files/2013/05/La-metodolog%C3%ADa-de-taller-en-los-procesos-de-educaci%C3%B3n-popular.pdf>>

CASTRO, Ángel. GUILLÉN RIQUELME, Alejandro. VII Foro sobre Evaluación de la Calidad de la Investigación y de la Educación Superior: Libro de capítulos. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://www.ugr.es/~aepc/VIIIFORO/Documentos/Libros/libcapviiforo.pdf>>

DAURA, Florencia Teresita. La asesoría académica universitaria: un espacio propicio para la promoción del aprendizaje autorregulado. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://www.upla.cl/cienciaseducacion/wp-content/uploads/2011/12/01-La-asesor%C3%ADa-universitaria.pdf>>

DUQUE ESCOBAR, Gonzalo Y ESCOBAR POTES, Carlos Enrique. Mecánica De Suelos. Manizales - Colombia: Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales, 2002. p. 2-3.

EL PSICO ASESOR. Principios de asesoría. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: < <http://elpsicoasesor.com/principios-de-asesoria/>>

GARITA P., Luis A. La Didáctica Universitaria en el Contexto de la Andragogía: Aprender a aprender en la educación de personas adultas. En: Tec empresarial. 2008. Vol.2. Ed.2. p 30.

INSTITUTO EDUCATIVO MODELO. El trabajo en grupo en el aula. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.educativomodelo.edu.ar/boletin/Julio2008/TrabajoenGrupo.pdf>>

UBALDO PÉREZ, Samuel y MARTÍNEZ IZAGUIRRE, Renato. Desarrollo histórico del término andragogía. En: Modelo Andragógico Fundamentos. 1 ed (Serie: Diálogos y perspectivas del desarrollo curricular). México, 2009. p. 13-15.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. Facultad de ingenierías y arquitectura: [en línea]. [Citado el 21 de julio de 2016] Disponible en:<<http://www.unipamplona.edu.co/fingenierias/>>.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. Preguntas frecuentes. [en línea]. [Citado el 21 de julio de 2016] Disponible en: <http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_1/recursos/universidad/23022015/preguntas_frecuentes.jsp>.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. Reglamento académico estudiantil de pregrado. ACUERDO No.186. Diciembre 02 de 2005. p. 21.

VALCÁRCEL PÉREZ, Victoria. Presentación y explicación de los contenidos: La clase magistral. [en línea]. [Citado el 16 de diciembre de 2016]. Disponible en:<https://www.um.es/c/document_library/get_file?uuid=6a9e9620-b306-42c8-91e5-cef7198d39e4&groupId=316845>

