



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Implementación del curso de Modelación  
e Inversión de datos de Prospección  
Eléctrica en 1D, 2D Y 3D empleando  
Software libre, en una plataforma  
Moodle**

**MATERIAL DIDÁCTICO**

Que para obtener el título de

**Ingeniero Geofísico**

**P R E S E N T A**

Pablo Ochoa León

**ASESORA DE MATERIAL DIDÁCTICO**

Dra. Aidé Esmeralda López



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-  
DGAPA-PAPIME  
Clave del proyecto: PE106521

Todos los derechos reservados © 1999 - 2022 / Facultad de  
Ingeniería / UNAM

## Participantes del proyecto

- Chávez Segura René Efraín
- Escobedo Zenil David
- García Serrano Alejandro
- Hernández Montejano Hugo Ricardo
- León Santiago Luis Alberto
- López González Aide Esmeralda
- Mendoza Gouzev Carlos Ilya
- Navedo Cruz Mauricio Damián
- Ochoa León Pablo
- Ortíz Osio Manuel
- Ortíz Jiménez Emmanuel
- Tago Pacheco Josué
- Tejero Andrade Andrés
- Uc Canul David Armando
- Vaquero Bautista Cristian Adrián
- Velasco Lindero Miguel Ángel
- Velásquez Márquez Alfredo
- Zapotitlán Román Julián

## **Índice**

Prefacio.....	11
Justificación .....	12
Objetivo del curso .....	13
Objetivo del manual .....	13
Introducción .....	14
Conceptos teóricos empleados en el curso.....	15
Prospección eléctrica .....	15
Conceptos básicos .....	15
Teoría electromagnética .....	15
Resistividad.....	18
Conductividad eléctrica.....	20
Factores que afectan la resistividad eléctrica .....	20
Resistividad aparente .....	23
Factor geométrico .....	24
Métodos eléctricos.....	25
Dispositivos electródicos.....	27
Anomalía.....	28
Inversión de datos e Interpretación .....	29
Software(certidumbre).....	29
Metodología .....	31
¿Qué tipo de curso montamos? .....	31
cMOOC: .....	31
xMOOC: .....	31
¿Qué es Moodle? .....	32
¿Qué versión se usó de Moodle para la creación del curso? .....	33
¿Por qué Moodle? .....	34
¿Por qué Moodle para MOOCs?.....	36
¿Por qué crear contenido Interactivo?.....	38
Modelo pedagógico: Comunidad de Indagación.....	39
Presencia cognitiva:.....	39
Presencia docente: .....	40

Presencia Social: .....	40
¿Qué complementos se usaron de Moodle? .....	41
H5P .....	41
¿Cómo crear contenido interactivo e integrarlo dentro un Aula Virtual? .....	41
Requerimientos mínimos para la edición de video .....	49
¿Cómo editar los videos? .....	49
Bookmarks .....	50
Links .....	51
Preguntas emergentes .....	52
Preguntas tipo “Opción múltiple” : .....	53
Pregunta tipo “Verdadero/Falso”: .....	57
Pregunta tipo “Rellena los espacios” .....	57
Preguntas tipo “Arrastra y Suelta” : .....	59
Estructura del curso: .....	64
Foros de discusión. ....	65
Recursos Digitales.....	67
Instrumentación para la exploración Geoeléctrica .....	68
Modelación e Inversión de Estructuras en 1D,2D y 3D.....	73
Entrevistas a Expertos en Modelación, Inversión e Interpretación de la Prospección eléctrica. ....	77
Cuestionario de evaluación del curso .....	79
Encuesta de calidad del curso .....	80
Resultados .....	80
Resultados de las encuestas.....	81
Calificaciones .....	90
Análisis y discusión de los resultados.....	91
Conclusiones.....	94
Propuesta .....	95
Referencias .....	96

## Índice de Figuras

Figura 1 .Corriente en un semiespacio homogéneo de resistividad $\rho$ . Extraído de [4] .....	16
Figura 2. Esquema que ilustra el circuito usado para la adquisición de datos de prospección eléctrica. Imagen realizada en Inkscape, modificada de [3]. .....	19
Figura 3.Cubo eléctricamente uniforme de longitud L, sección transversal A por donde pasa una corriente I y como consecuencia se produce una diferencia de potencial V[4]. .....	19
Figura 4. Clases de conductividad en minerales y agua, Modificado de [3]. .....	20
Figura 5. Porosidades asociadas a litologías comunes, modificada de [3]. .....	21
Figura 6. Gráfico de los márgenes de variación más comunes en algunas rocas y minerales, Modificada de [3]. .....	21
Figura 7. Forma general de la variación de la resistividad de las rocas con la presión, la curva a indica las rocas porosas y húmedas, la curva b las rocas secas de porosidad pequeña. Extraída de [3]. .....	22
Figura 8. Curvas esquemáticas de la resistividad de las rocas en función de la temperatura, en las proximidades del punto de congelación del agua: a)roca de grano grueso, b)roca de grano fino. Extraída de [3]. .....	22
Figura 9. Dispositivo electródico lineal y simétrico. La distancia AB equivale a la distancia entre los electrodos A y B, y es igual a la distancia BA, la nomenclatura es la misma para las distancias AM,AN,BM y BN. Extraído de [3]. .....	24
Figura 10.Clasificación de los metodos prospectivos en geofísica[8]. .....	26
Figura 11. Clasificación de los campos usados como fuente en la prospección eléctrica/electromagnética .[8]. .....	26
Figura 12.Arreglos electródicos más comunes encontrados en la Prospección Eléctrica, extraído de [3]. .....	28
Figura 14. Resistividad de rocas, suelo y minerales. Extraída de [4] .....	30
Figura 15.Logo de las Aulas Virtuales de la UNAM, extraído de [15]. .....	32
Figura 16. Poblaciones potenciales y Objetivo del curso. Imagen realizada en Inkscape, autoría propia. ....	32
Figura 17. Logo de Moodle, extraída originalmente extraída de [16]. .....	33
Figura 18.Martin Dougiamas, Fundador y CEO de Moodle, fotografía extraída de [21]. .....	33
Figura 19. Logo de las Aulas Virtuales, extraída de la página de Aulas Virtuales de la UNAM [19]. .....	34
Figura 20. Descripción de los elementos de Moodle que favorecen la creación de MOOCs. Extraído de [23]. .....	36
Figura 21. Descripción de los elementos de Moodle que favorecen la creación de MOOCs. Extraído de [23]. .....	37
Figura 22. Descripción de los elementos de Moodle que favorecen la creación de MOOCs. Extraído de [23]. .....	38
Figura 23. Diagrama de Venn que describe los elementos de la experiencia educativa según el modelo de comunidad de Indagación. Modificada de [32]. .....	39

Figura 24. Logo H5P, extraída de su página oficial y usada según sus términos y condiciones [37]. .....	41
<i>Figura 25. Página de Acceso para Aulas y Docentes de la CUAIEED.</i> .....	42
Figura 26. Pantalla de Acceso Docentes en Aulas Virtuales. ....	42
Figura 27. Pantalla de Bienvenida en Aulas Virtuales.....	43
Figura 28. Botón de agregar nuevo curso, donde agregarás tu curso. ....	43
Figura 29. Panel de navegación con el nombre corto del curso.....	44
Figura 30. Pantalla inicial del curso, del lado superior derecho se puede apreciar el botón verde que dice “Activar edición”.....	44
Figura 31. Botones de Activar/Desactivar edición respectivamente. ....	45
Figura 32. Snapshot del tópico de Modelación e Inversión de Estructuras en 1D,2D y 3D, donde se aprecia el botón de Añadir una actividad o recurso resaltado de color verde.....	45
Figura 33. Opción de contenido Interactivo resaltada en color verde.....	46
Figura 34. Cuadro de dialogo de H5P, donde se encuentra la opción de contenido interactivo. ..	46
Figura 35. Cuadro de Dialogo de H5P, donde se encuentra la opción de usar el plugin de videos interactivos.....	47
Figura 36. Cuadro de dialogo de contenido interactivo, resaltado en color verde se encuentra el recuadro que nos permite subir contenido. ....	48
Figura 37. Cuadro de diálogo que permite añadir videos para transformarlos en contenido interactivo.....	48
Figura 38. Cuadro de diálogo de carga y edición de videos interactivos. ....	49
Figura 39. Esquema que ilustra el orden de las interacciones en los videos. ....	50
Figura 40. Menú desplegado al hacer clic en el ícono iluminado de color verde, snapshot tomado del video de Modelación e Inversión de estructuras en 1D. ....	50
Figura 41. Marcador ejemplo.....	51
Figura 42. Cuadro de dialogo en la pestaña de interacciones, donde se muestra el botón de “Link”(enlace) resaltado en color verde.....	51
Figura 43. Cuadro de diálogo que permite editar los parámetros de interacción de los links dentro de los videos. ....	52
Figura 44. Pirámide que ilustra los cuatro tipos de preguntas integradas en los videos interactivos del curso. ....	53
Figura 45. Cuadro de diálogo con el tipo de pregunta “opción múltiple”, snapshot tomado del video tutorial 1D. ....	53
Figura 46. Cuadro de diálogo donde se muestra resaltado en color verde la opción de pregunta de opción múltiple, a la cual hay que darle clic. ....	54
Figura 47. Cuadro de diálogo donde se encuentran las opciones de edición para la interacción. ....	55
Figura 48. Cuadro de diálogo de configuración de comportamiento.....	56
Figura 49. Cuadro de diálogo donde se ve la pregunta de Verdadero/Falso, snapshot tomado del Video Tutorial 1D.....	57
Figura 50. Cuadro de diálogo de rellena los espacios, donde se aprecia el banco de palabras a relacionar y los espacios a rellenar, snapshot tomado del Video Tutorial 3D. ....	57

Figura 51. Cuadro de diálogo de edición de video donde se muestra la opción de añadir preguntas de “rellena los espacios” resaltada en color verde.....	58
Figura 52. Cuadro de diálogo donde se muestran los parámetros de edición para las preguntas tipo “rellena los espacios”, donde la respuesta se encuentra entre asteriscos y resaltado color verde.....	58
Figura 53. Cuadro de diálogo donde se integra el tipo de pregunta, “Arrastra y suelta”.....	59
Figura 54. Cuadro de diálogo donde se añaden las interacciones, en este se aprecia resaltado en color verde el botón de “Drag and Drop”, que se usó para añadir las preguntas tipo “Arrastra y Suelta”, Snapshot tomado del Video Tutorial 3D. ....	59
Figura 55. Primer paso de la implementación de “drag and drop”. ....	60
Figura 56. Segundo paso de la implementación de “drag and drop”, pestaña de trabajo, donde se relacionan por colores, las imágenes con las áreas de caída, y los conceptos. ....	61
Figura 57. Zonas de caída seleccionada, para editarla selecciona el botón del lápiz iluminado en color verde e intercambia las asociaciones como creas pertinente. ....	61
Figura 58. Modificación de los parámetros de la zona de caída, donde se observa a qué imagen está asociada la zona de caída de la figura 43. ....	62
Figura 59. Cuadro de diálogo de configuraciones de comportamiento del tipo de preguntas “Drag and Drop”. ....	63
Figura 60. Tópicos principales, entrelazados en forma de engranes, mostrando como trabajan en conjunto para contribuir al aprendizaje de los alumnos. ....	65
Figura 61. Foros generales del curso, colocados en la sección cero del curso. ....	65
Figura 62. Captura de pantalla al foro de bienvenida al curso, donde se observan los motivos de algunos alumnos para inscribirse al curso. ....	66
Figura 63. Mapa conceptual del libro de apuntes del curso. Extraído de la presentación del curso en la RAUGM (no publicado). ....	67
Figura 64. Captura de pantalla del tópico de recursos digitales del curso, donde se muestra todos los elementos que contiene. ....	68
Figura 65. Captura de pantalla del tópico Instrumentación para la exploración Geoeléctrica”.....	69
Figura 66. Portada del video “Introducción a los equipos de medición de Prospección Eléctrica” alojado en este curso. ....	69
Figura 67. Mapa conceptual que muestra brevemente los temas que se tocan en el video “Introducción a los equipos de medición de Prospección eléctrica”.....	70
Figura 68. Portada del video “Video demostrativo para el empleo del equipo de medición geoeléctrico para la exploración 1D” alojado en este curso. ....	70
Figura 69. Proceso general del empleo del equipo en la exploración geoeléctrica en 1D. ....	71
Figura 70. Portada del video “Video demostrativo para realizar Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE:2D,3D o 4D) en campo” alojado en este curso. ....	72
Figura 71. Diagrama que muestra el proceso general para la realización de la Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE:2D,3D o 4D) en campo.....	72
Figura 72. Captura de pantalla del tópico “Modelación e Inversión de estructuras”, en esta se muestra la estructura del tópico. ....	73



Figura 73. Mapa conceptual donde se muestran los softwares utilizados para los tutoriales, y las estructuras modeladas. ....	74
Figura 74. Captura de pantalla del video tutorial 1D.....	75
Figura 75. Captura de pantalla del video tutorial 2D.....	76
Figura 76. Captura de pantalla del video tutorial 3D.....	76
Figura 77. Captura de pantalla del t3pico de “Entrevistas a Expertos”, en esta se muestra la estructura del t3pico.....	77
Figura 78. Captura de pantalla del video de entrevistas a expertos, 1ra Parte.....	78
Figura 79. Captura de pantalla del video de entrevistas a expertos, 2da Parte.....	78
Figura 80. Captura de pantalla del video de entrevistas a expertos, 3ra Parte.....	79
Figura 81. Captura de pantalla del t3pico de “Cuestionario de evaluaci3n del curso”.....	79
Figura 82. Captura de pantalla del t3pico de “Encuesta de calidad del curso”.....	80
Figura 83. Diagrama de Venn que ilustra la composici3n de los resultados, Imagen realizada en Inkscape.....	80
Figura 84. Grafica que evalúa la calidad del contenido del curso.....	81
Figura 85. Representaci3n en gráfrica de pastel de las respuestas obtenidas en la encuesta de calidad.....	82
Figura 86. Grafica que evalúa la cantidad de materiales proporcionados durante el curso.....	82
Figura 87. Representaci3n en gráfrica de pastel de la evaluaci3n de la calidad de los materiales.....	83
Figura 88. Grafica que evalúa la claridad del contenido del curso.....	83
Figura 89. Representaci3n en gráfrica de pastel de la evaluaci3n de la claridad del contenido del curso.....	84
Figura 90. Grafica que evalúa la cantidad de tiempo invertido por los alumnos en terminar el curso.....	85
Figura 91. Representaci3n gráfrica en forma de gráfrica de pastel del tiempo invertido por los alumnos para acabar el curso.....	85
Figura 92. Grafica que evalúa la calidad de la atenci3n recibida durante el curso.....	86
Figura 93. Representaci3n Gráfrica en forma de pastel que evalúa la claridad del contenido del curso.....	87
Figura 94. Grafica que evalúa la claridad del contenido del curso.....	87
Figura 95. Grafica de pastel del aprovechamiento del curso.....	88
Figura 96. Grafica que evalúa el nivel de contribuci3n del curso al desarrollo acad3mico del alumno.....	88
Figura 97. Representaci3n gráfrica del nivel de contribuci3n al desarrollo acad3mico del estudiante.....	89
Figura 98. Captura de pantalla de las calificaciones de los alumnos, resaltados en color verde los aprobados y en naranja los no aprobados, descargada del curso.....	89
Figura 99. Gráfrica de pastel que muestra el porcentaje de alumnos aprobados y no aprobados.....	90
Figura 100. Gráfrica de barras que muestra las calificaciones obtenidas por los alumnos, donde se agrupa por rangos.....	90

Figura 101. Histograma de calificaciones finales del curso..... 92

Figura 102. Captura de pantalla de las calificaciones finales del curso. Las líneas en color morado son las calificaciones de los estudiantes en el curso en línea, el encabezado titulado “PTO” es punto por haber respondido a las preguntas de los videos..... 93

## Prefacio

Este manual está dirigido a mis sinodales, con la finalidad de que puedan evaluarme durante mi examen profesional, sin embargo, también será de utilidad para todo docente que esté interesado en complementar su actividad docente a través de la creación e implementación de cursos digitales tipo MOOC usando herramientas de la UNAM. En este documento, se muestra la integración de un curso tipo MOOC en un Aula Virtual de la UNAM durante el semestre 2022-2, el curso, **“Modelación e Inversión de datos de prospección eléctrica en 1D, 2D y 3D usando software libre”**, al que hace referencia en este manual, es consecuencia de años de documentación referente al contenido del curso, y, de poco más de un año de trabajo y consulta de temas referentes a la mejora continua de la educación a distancia. Todo lo anterior, comprimido en un curso de apenas 24 horas.

La motivación del curso surgió luego de identificar la existencia de una deficiencia por parte del alumnado de licenciatura en Ingeniería Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en relacionar, la parte teórica de la prospección eléctrica con la parte práctica, al implementar este curso se espera reducir esta problemática. Participar tanto en la creación como en la implementación de este curso, implicó, desde buscar la plataforma más adecuada para montar el curso, como documentarme acerca de servidores, páginas web, edición de videos, cursos referentes a los MOOC y a Moodle, leer de artículos y un par de tesis, hasta realizar la ponencia de la presentación del curso durante la RAUGM 2021. Personalmente, creo que, así como el cementante y/o la matriz mantienen unidas a las rocas sedimentarias clásticas, las interacciones son el pegamento que mantiene unida a una comunidad educativa. Y es que, vale más una mano arriba dando a una duda salida, que, una mirada escondida con una duda reprimida.

Las hojas no me alcanzarían para agradecer todas las bendiciones que recibí durante este largo camino, pero sí que puedo hacer las siguientes menciones: A mis abuelos paternos, José María Ochoa y Lourdes Ramírez, porque desde muy joven, me sembraron las semillas de la paciencia, perseverancia y resiliencia, a mis abuelos maternos, Lorenzo León y María Cruz Díaz, que me enseñaron de bondad, ferocidad y justicia social, mis queridos abuelos que me mostraron el camino que recorrieron a través de sus historias, experiencias que sin vivirlas las sentí. A mis padres, que siempre en la medida de sus posibilidades me apoyaron, y, que, junto a mis tíos y tías, me mostraron el valor del trabajo, del ahorro y de la convivencia en comunidad. A mi hermana, a mis amigos neurodivergentes y a los neurotípicos, que siempre creyeron en mí y extendieron su mano siempre que pudieron, a mi asesora, Aidé, por brindarme esta maravillosa y enriquecedora oportunidad, y, por último, pero no menos importante, a mis maestros, que fomentaron el desarrollo de mi pensamiento crítico, a todos, les agradezco de corazón su apoyo y su confianza.

## **Justificación**

La pandemia de COVID-19 mostró la importancia y la necesidad de crear recursos y herramientas digitales que permitan a los estudiantes continuar con su formación académica de forma remota, y, a los profesores, formas más adecuadas de mediar su actividad docente, de mejorar la experiencia educativa.

En México, los cursos tipo MOOC (Massive Online Open Course) han cobrado relevancia y su popularidad incrementa constantemente, estos cursos son especialmente útiles gracias a ciertas cualidades que poseen, como lo es la capacidad de ser auto gestionables y de permitir diferentes tipos de interacciones.

Se identificó que existe en el alumnado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, una problemática para relacionar la parte teórica con la parte práctica, esta situación fue agravada por la pandemia, por el trabajo a distancia y la nula posibilidad de organizar una práctica de campo. Esta es la problemática por resolver. Dada la necesidad de resolver la problemática descrita en el párrafo anterior, y con el soporte del Programa de Apoyo a Proyectos para Innovar y Mejorar la Educación ( PAPIME - UNAM, Clave PE106521 ), se creó el curso en línea: “Modelación e inversión de datos de prospección eléctrica en 1D, 2D y 3D empleando software libre”, el cual es un curso tipo MOOC.

## **Objetivo del curso**

Que los estudiantes de licenciatura en Ingeniería Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, que estén cursando las asignaturas de Prospección Eléctrica, Inversión de Datos Geofísicos o Procesamiento de Datos Geofísicos, o para aquellos interesados en el uso de software libre de interpretación de datos de resistividad con corriente directa, puedan profundizar y mejorar sus conocimientos teóricos-prácticos, de forma autodidacta y a distancia.

## **Objetivo del manual**

Facilitar el acceso a la metodología y teoría usada para la creación e implementación del curso “Modelación e inversión de datos de Prospección Eléctrica en 1D,2D Y 3D usando Software libre” alojado en un Aula Virtual de la UNAM, así como mostrar los resultados obtenidos de esta implementación, con el fin de motivar, incentivar, y promover el uso e implementación de este tipo de cursos y contenidos en la acción docente de la UNAM tanto en el corto como en el mediano plazo. Se espera que, al terminar con la lectura del manual, el lector tenga los elementos necesarios para desarrollar una plataforma similar, conociendo la evidencia científica que la respalda, y, en caso de ser parte de la comunidad UNAM, que sepa cómo usar las herramientas que tiene a su disposición para la creación de este tipo de contenidos como parte de la comunidad UNAM.

## Introducción

Durante la pandemia por SARS Cov-2 ocurrida en el 2020, la comunidad estudiantil de la UNAM y del mundo, experimentaron un momento de educación remota de emergencia, derivado de esta situación, muchos profesores se vieron obligados a mediar sus clases de forma remota y sincrónica a través de videoconferencias, apoyados de plataformas como Zoom, Google meet y Webex. Esta situación afectó, no solo a instituciones educativas, sino a prácticamente todas instituciones en todos los niveles, de todos los sectores económicos, la pandemia nos afectó a todos. Al ser una situación de emergencia, se pasaron por alto algunos aspectos importantes de la educación en línea que en las aulas presenciales no eran relevantes, como lo son las presencias que plantea el modelo de comunidad de indagación, de las que se hablan en este documento. La mayoría de los docentes, se limitaron únicamente a mediar sus clases por medio de videoconferencias, recurso que, aunque valioso, es insuficiente en la interacción asincrónica. Algunos incluso se resistieron a usar alguna plataforma digital, y, transmitían sus pizarrones por medio de las cámaras de resolución 720p a sus alumnos, esta situación, generó problemas de todo tipo en las aulas, desde el abandono de las clases, conexiones interrumpidas, hasta problemas de ansiedad o salud mental general en los alumnos, que no podían sostener este modelo incompleto de aprendizaje.

Por lo anterior, en el departamento de Geofísica e la UNAM, perteneciente a la División de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se desarrolló un curso tipo MOOC con el fin de innovar y renovar el método adoptado en la situación de emergencia, con el fin de que la interacción alumno-profesor, fuese mejor, más adecuada. Y es que, justamente, el curso del cual se muestra la implementación en este manual presenta teoría y algunas estrategias orientadas a la mejora continua del aprendizaje a distancia, usando herramientas de la UNAM y con sustento en evidencia científica.

Se pretende, a través de la implementación de un libro de apuntes de prospección eléctrica, videos interactivos y autogestivos, exámenes autocalificables, videos de entrevistas a expertos, videos de instrumentación geofísica, de foros de aprendizaje, exámenes, actividades de modelación e inversión, lectura de artículos y un examen final, se disminuya el tiempo requerido por el estudiantado para aprender el conocimiento necesario para manejar datos geoelectricos en DC de manera que no se decremente el tiempo en las clases presenciales para discutir la teoría o la práctica de campo, es decir, un modelo híbrido que apoye pero no sustituya las clases presenciales.

Se busca brindar al lector una perspectiva diferente, fresca, de cómo afrontar el reto de la educación a distancia, de cómo crecer ante este reto, de aprender, de convertir la adversidad en una oportunidad para mejorarnos como docentes y estudiantes. Por este conjunto de razones, es que, en este documento, se presentan los resultados tanto del

trabajo, como de la implementación del curso, lo que estos involucran, su análisis y discusión, las evidencias y las recomendaciones consecuencia de esta primera iteración.

## **Conceptos teóricos empleados en el curso**

A continuación, se describen los conceptos teóricos necesarios para la comprensión de todos los materiales del curso.

### **Prospección eléctrica**

Para definir el término “Prospección eléctrica”, primero hay que definir los términos “Prospección” y “Geofísica”. El primero, se define como la exploración del terreno enfocada al descubrimiento de la existencia de yacimientos geológicos, llámese de petróleo, minerales, acuíferos o de alguna otra índole [1]. El segundo, se define como una de las ramas de las *Ciencias de la Tierra* que estudia los procesos y fenómenos físicos que suceden especialmente en la tierra y sus vecindades [2]. Por lo tanto, en este documento se define a la “Prospección eléctrica” como el conjunto de técnicas físicas y matemáticas aplicadas en la exploración del subsuelo, cuyo objeto de estudio es la caracterización de recursos minerales y/o atributos estructurales, por medio de la determinación de la resistividad del subsuelo, a través de mediciones realizadas a nivel superficie en alguna zona de estudio determinada.

### **Conceptos básicos**

Es de suma importancia conocer los conceptos que se enuncian a continuación, ya que estos nos permitirán entender el funcionamiento del curso, cuya implementación se desarrolla en este documento.

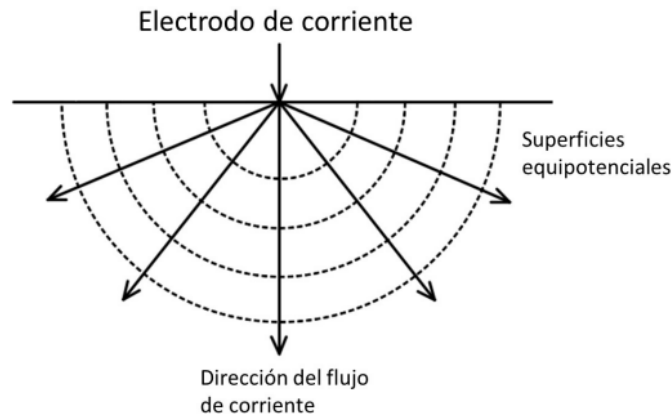
### ***Teoría electromagnética***

La prospección eléctrica tiene su fundamento teórico en la teoría electromagnética, la rama de la física que estudia la interacción que se produce entre los campos eléctricos, los campos magnéticos y las partículas eléctricamente cargadas. En esta prospección, el proceso general de adquisición de datos consiste en hacer pasar una corriente eléctrica  $I[A]$  a través de un par de varillas metálicas llamadas electrodos, y, en otro par de electrodos, medir la diferencia del potencial  $\Delta V[V]$  generada por el campo eléctrico que se generó con el paso de la corriente estacionaria a través del subsuelo [3].

Para esta tarea, se usa un motor eléctrico o batería como fuente, que se conecta a los electrodos de corriente enterrados en la superficie del suelo (*Figura 2*). Con los datos adquiridos en campo y la información de la geometría de la adquisición, se determina la distribución de resistividad del subsuelo [3].

Para poder determinar la distribución de resistividad del subsuelo, es necesario considerar al subsuelo como un semiespacio homogéneo, isótropo y lineal, y, a los electrodos como

una fuente puntual, esto porque en un medio con estas características, la corriente se transmite de forma radial desde la fuente, además, el potencial es inversamente proporcional a la distancia de la fuente (*Figura 1*). Las asunciones mencionadas anteriormente, hacen que el manejo de las ecuaciones que describen el comportamiento de este fenómeno sea más sencillo [4].



*Figura 1 .Corriente en un semiespacio homogéneo de resistividad  $\rho$ . Extraído de [4]*

En cuanto a ecuaciones se refiere, la prospección eléctrica se sustenta en las ecuaciones de Maxwell, dicho sustento parte de la ley de Faraday (*Ecuación 1.1*) [4], que relaciona la razón de cambio del campo magnético ( $\mathbf{B}$ ) respecto al tiempo ( $t$ ) al pasar por una espira, con la magnitud de la fuerza electromotriz (FEM) inducida en la espira (*Ecuación 1.1*) [4].

$$\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}) = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}, \quad (1.1)$$

*Donde:*

$\mathbf{E}$ : *Campo eléctrico*

$\mathbf{B}$ : *Campo magnético*

$t$ : *tiempo*

$\mathbf{r}$ : *vector de posición*

Como se menciona anteriormente, la corriente es estacionaria, es decir, la corriente pasa por el conductor (subsuelo) de forma que la densidad de la carga es constante a lo largo de todo el conductor [5] en consecuencia, se desprecia el campo magnético resultado de esta inducción, esto se traduce en que el rotacional del campo eléctrico es cero y la fuente es puntual (*Ecuación 1.2*):

$$\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}) = 0, \quad (1.2)$$



Conociendo lo anterior, se usa el teorema de Helmholtz para encontrar el campo vectorial, de forma única ( $\mathbf{F}(\mathbf{r})$ ), a partir del potencial escalar y el potencial vectorial (*Ecuación 1.3*) [4]:

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = -\nabla\phi(\mathbf{r}) + \nabla \times \mathbf{A}(\mathbf{r}), \quad (1.3)$$

Donde:

$\phi$ : Potencial escalar

$\mathbf{A}$ : Potencial vectorial

De la *ecuación 1.2*, sabemos que el campo eléctrico es un campo conservativo, por lo que, al relacionar las ecuaciones 1.2 y 1.3, llegamos rápidamente a la *ecuación 1.4*:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}(\mathbf{r}) &= -\nabla\phi(\mathbf{r}) + \nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r}), \\ \mathbf{E}(\mathbf{r}) &= -\nabla\phi(\mathbf{r}) + 0, \\ \mathbf{E}(\mathbf{r}) &= -\nabla\phi(\mathbf{r}), \end{aligned} \quad (1.4)$$

La *ecuación 1.4* nos indica que el campo eléctrico es producido por una fuente tipo escalar. Ahora bien, también debe cumplirse la *ecuación de continuidad (Ecuación 1.5)* para el campo estacionario que estamos estudiando, para todos los puntos del espacio con excepción de los electrodos, que son las fuentes [4], por lo tanto (*Ecuación 1.5*):

$$\nabla \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}) = 0, \quad (1.5)$$

Donde:

$\mathbf{J}$ : Vector densidad de corriente

La *ley de Ohm (Ecuación 1.6)*, nos permite relacionar al campo eléctrico con el vector densidad de corriente a través de la conductividad.

$$\mathbf{J}(\mathbf{r}) = \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r}), \quad (1.6)$$

$\boldsymbol{\sigma}$ : Conductividad

Después, se sustituye la ley de Ohm en la ecuación de continuidad y se llega a la *ecuación 1.7* [4].

$$\nabla \cdot (\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})) = \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r})\nabla \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}) + \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot \nabla\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r}), \quad (1.7)$$

Y, al desarrollar y aplicar relaciones vectoriales a los elementos de (1.7) se llega a la *ecuación 1.8*:

$$\nabla \cdot (\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})) = -\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r})\nabla \cdot \nabla\phi(\mathbf{r}) + \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot \nabla\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{r})$$

$$\nabla \cdot (\sigma(\mathbf{r})\mathbf{E}(\mathbf{r})) = -\sigma(\mathbf{r})\nabla^2\phi(\mathbf{r}) + \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot \nabla\sigma(\mathbf{r}) = 0, \quad (1.8)$$

La reducción que se observa en la ecuación 1.8, es consecuencia de la consideración de la conductividad uniforme, es decir, que el gradiente del vector conductividad es cero (*Ecuación 1.9*) [4].

$$\nabla\sigma(\mathbf{r}) = 0, \quad (1.9)$$

Esto nos lleva a que la ecuación de Laplace (1.10) sea válida en todo el semiespacio con excepción de los electrodos y las interfases que separan medios con diferentes conductividades.

$$\nabla^2\phi(\mathbf{r}) = 0, \quad (1.10)$$

En los métodos eléctricos de corriente estacionaria, se mide la diferencia de potencial en los electrodos de potencial, es decir, se mide la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie [4], lo que matemáticamente puede expresarse como lo expresado en la *ecuación 1.11*:

$$\Delta\phi(\mathbf{r}) = \int_{r_1}^{r_2} \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{l}, \quad (1.11)$$

Al sustituir la *Ley de ohm (Ecuación 1.6)* en la *ecuación 1.11*, se obtiene la ecuación que sustenta los métodos eléctricos de corriente estacionaria (*Ecuación 1.12*).

$$\Delta\phi(\mathbf{r}) = \int_{r_1}^{r_2} \rho(\mathbf{r})\mathbf{J}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{l}, \quad (1.12)$$

Donde:

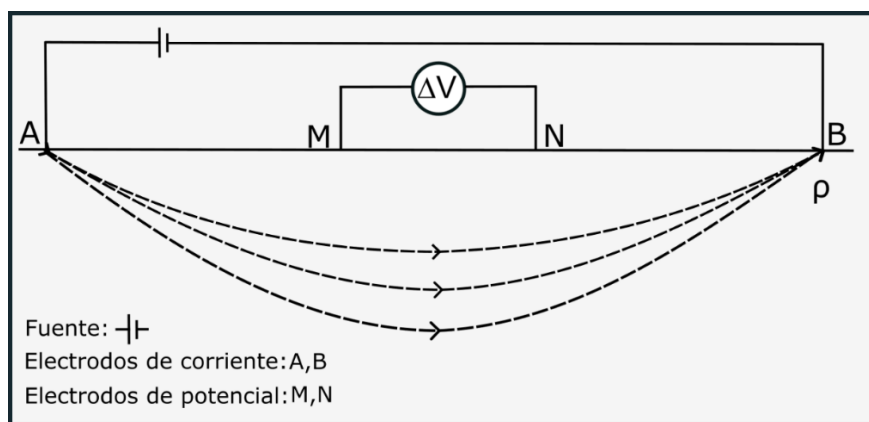
$\rho$ : Resistividad

La *ecuación 1.12* nos indica que la diferencia de potencial depende tanto de la resistividad del medio como de la corriente estacionaria que penetra por el subsuelo a través de los electrodos de corriente. Lo anterior, también se aprecia en la *Figura 2*, donde se observa un esquema que ilustra el circuito usado para realizar la prospección eléctrica. En esta imagen, observamos como la corriente viaja a través del subsuelo, entrando por el electrodo A y llegando al electrodo B, cerrando el circuito [6].

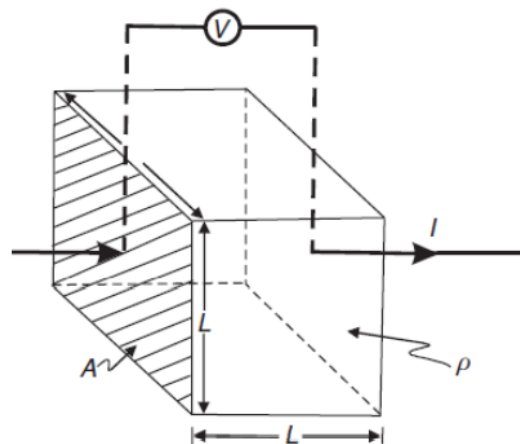
### **Resistividad**

La resistividad ( $\rho$ ) es la medida de la oposición que opone un material determinado al paso de la corriente eléctrica, su unidad de medida en el sistema internacional es el Ohm-metro [ $\Omega \cdot \text{m}$ ] [3].

En la *Figura 3*, se observa un cubo eléctricamente cargado por donde pasa una corriente  $I$ , el material de dicho cubo impide el paso de la corriente eléctrica. Como consecuencia de esto, se genera una diferencia de potencial entre las caras opuestas por donde pasa la corriente eléctrica [3]. Esta diferencia de potencial es proporcional a la longitud  $L$  e inversamente proporcional al área descrita por la sección  $A$ . Por lo tanto, podemos observar que la resistencia de este material es dependiente de la geometría del cubo, y, la resistividad, por otro lado, no lo es. En palabras sencillas, con este ejemplo se ilustra la principal diferencia entre resistencia y resistividad.



*Figura 2. Esquema que ilustra el circuito usado para la adquisición de datos de prospección eléctrica. Imagen realizada en Inkscape, modificada de [3].*

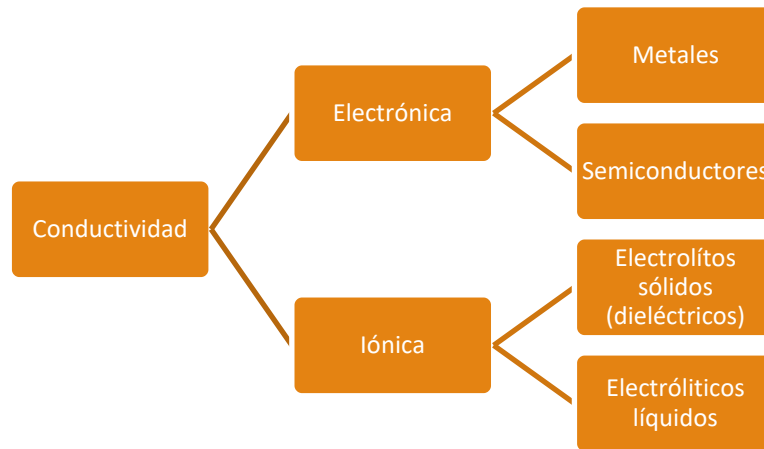


*Figura 3. Cubo eléctricamente uniforme de longitud  $L$ , sección transversal  $A$  por donde pasa una corriente  $I$  y como consecuencia se produce una diferencia de potencial  $V$ [4].*

### **Conductividad eléctrica**

En la *ley de Ohm (Ecuación 1.6)*, se nos muestra cómo se relacionan el campo eléctrico y vector densidad de corriente a través de la conductividad, dicho lo anterior, a la conductividad se le considera como la facilidad con la que la corriente eléctrica se conduce a través de un material determinado. La conductividad ( $\sigma$ ), también es el inverso de la resistividad ( $\rho$ ) y sus unidades son los [Siemens/m] [3], esta magnitud puede verse afectada por distintos mecanismos que dependen de la estructura molecular del cuerpo considerado, pero a grandes rasgos, los cuerpos se les considera eléctricamente cargados porque permiten el paso de la corriente a través de portadores de cargas eléctricas (electrones o iones).

Por lo anterior, se sabe que existen dos clases de conductividad, electrónica y iónica (*Figura 4*) [3].



*Figura 4. Clases de conductividad en minerales y agua, Modificado de [3].*

### **Factores que afectan la resistividad eléctrica**

La resistividad eléctrica depende de la naturaleza de las rocas, de sus propiedades intrínsecas, no depende de su forma ni de su tamaño, sin embargo, esta propiedad puede verse afectada en mayor o menor medida por las condiciones que experimenta en su entorno o durante su génesis [3].

### **Porosidad y Carsticidad**

La porosidad, es la propiedad de las rocas que indica la medida de espacios vacíos que tienen estas rocas, se representa como el volumen de huecos por unidad de volumen total, el resultado de esta operación oscila entre 0-1, es adimensional, y, suele expresarse como un porcentaje entre 0 y 100%. En la *figura 5*, se observan algunas de las porosidades de rocas comunes, y se observa cómo varía esta propiedad según el tamaño de grano, la composición y clasificación [3].

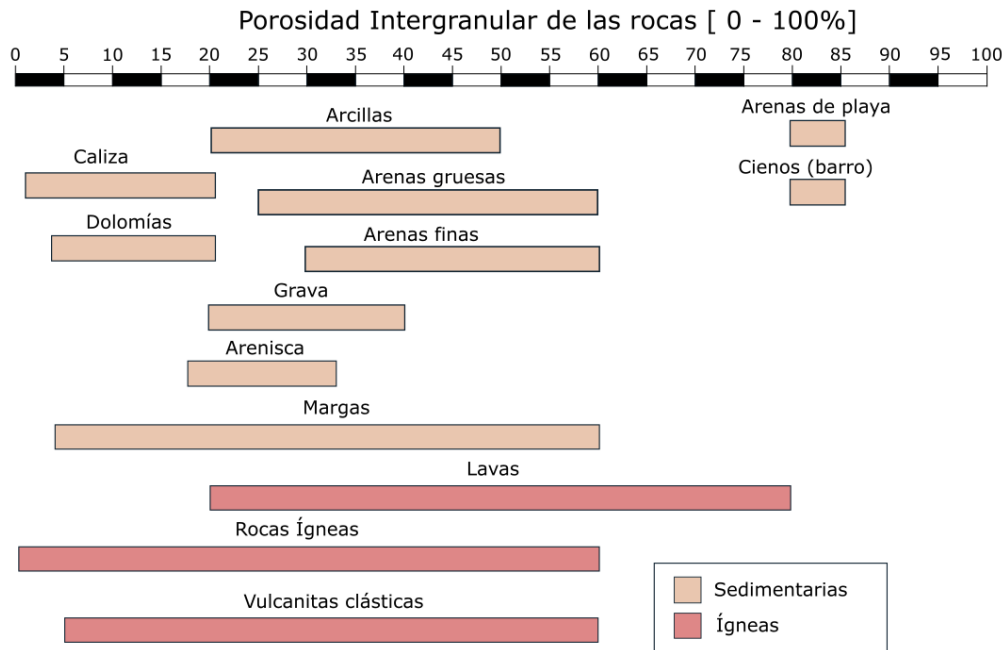


Figura 5. Porosidades asociadas a litologías comunes, modificada de [3].

Estos datos se complementan con los que se observan en la figura 6, donde se muestran diferentes rangos de resistividad para diferentes litologías, dichos rangos se muestran como la intersección de los extremos de las barras con el eje de resistividad. A grandes rasgos, entre mayor es la porosidad de las rocas, mayor es la resistividad. Dicho esto, factores físicos como la fisuración, impregnación de agua salada, agua dulce, contactos geológicos, afectan en diferente medida estos límites.

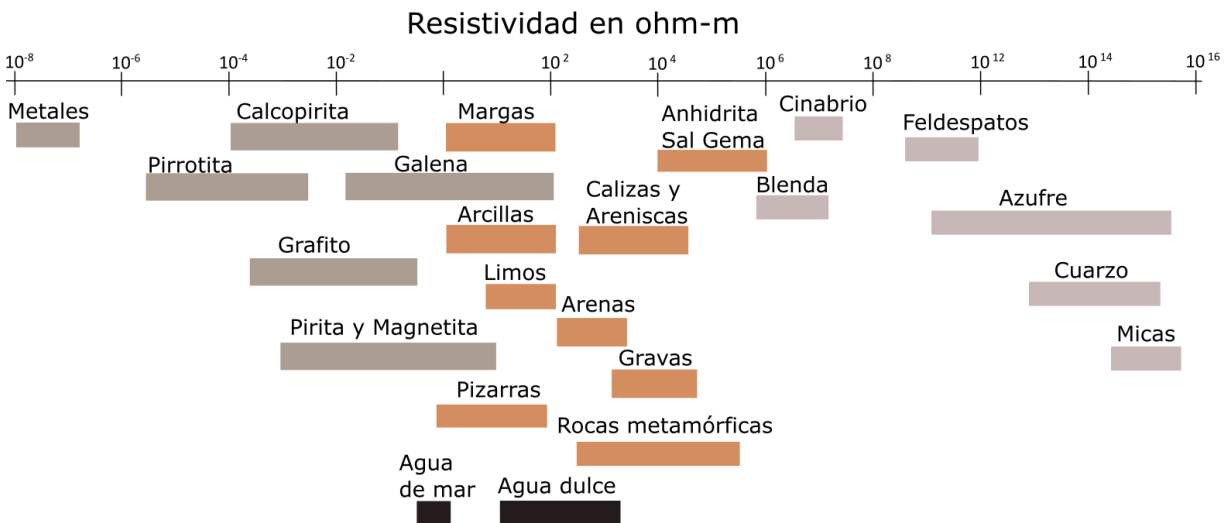
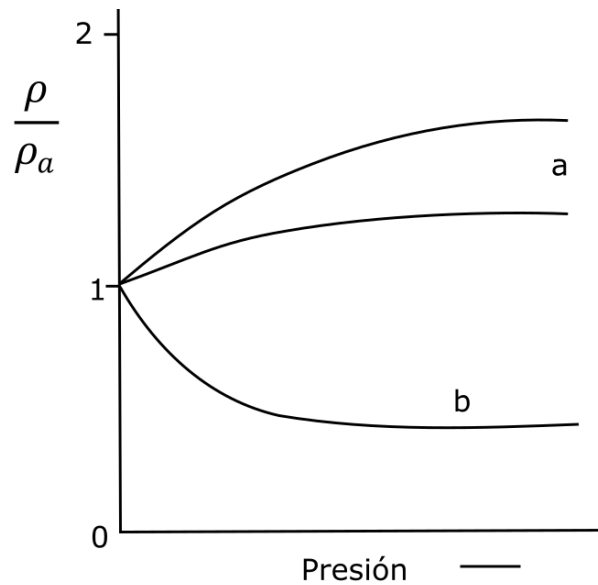


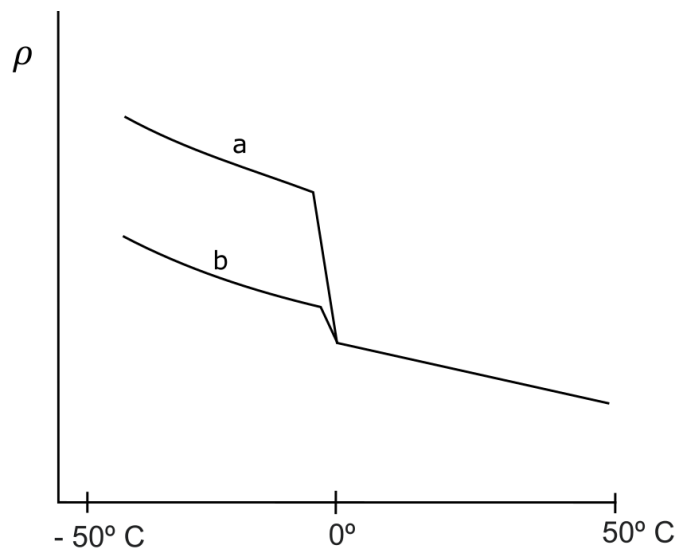
Figura 6. Gráfico que ilustra los márgenes de variación de resistividades más comunes en algunas rocas y minerales, modificada de [3].

### **Presión y temperatura**

El comportamiento que tienen las rocas bajo el efecto de la Presión y la Temperatura están regidos por las Figuras 7 y 8 [7]. Este comportamiento nos es relevante a la hora de interpretar porque la resistividad cambia según la profundidad y la temperatura.



*Figura 7. Forma general de la variación de la resistividad de las rocas con la presión, la curva a indica las rocas porosas y húmedas, la curva b las rocas secas de porosidad pequeña. Extraída de [3].*



*Figura 8. Curvas esquemáticas de la resistividad de las rocas en función de la temperatura, en las proximidades del punto de congelación del agua: a)roca de grano grueso, b)roca de grano fino. Extraída de [3].*

Con ayuda de las *Figuras 7 y 8*, podemos observar el comportamiento de la resistividad cuando se somete a cambios de presión y temperatura. De la *Figura 7*, se observa que en rocas porosas y húmedas, la resistividad aumenta con el aumento de presión, y en rocas secas de porosidad pequeña, la resistividad decrementa con el aumento de presión. De la *Figura 8*, se observa que tanto en rocas de grano grueso como en rocas de grano fino, la resistividad decrementa con la temperatura [3].

Existen otros factores que afectan la resistividad y que hay que tener en cuenta, por ejemplo el contenido de fluidos, el grado de saturación, la salinidad, la matriz y textura de la roca, contactos entre fluidos y matriz, y la presencia de minerales arcillosos. Sin embargo, el grado de influencia de estos rasgos geológicos sobre la resistividad, dependen de múltiples factores, como lo son la composición química de las rocas, de las proporciones en la que se encuentren ciertos elementos conductores, de la forma de la distribución de los poros, del contenido de los poros y diversos factores externos que experimentan las rocas en el subsuelo.

### **Resistividad aparente**

La resistividad aparente es una magnitud de carácter ficticio que nos permite encontrar la resistividad real del subsuelo. Se trata de la resistividad ( $\rho$ ) que se obtendría si la tierra fuera homogénea, es decir, se le consideraría como la resistividad de un medio homogéneo que, en igualdad de condiciones, produciría entre los electrodos de potencial una diferencia de potencial igual a la observada [3].

Esta resistividad depende de las distancias de los electrodos de corriente a los electrodos de potencial (AM, AN, BM, BN). Según Ernesto Orellana, en su libro: "Prospección geoelectrica en corriente continua", el factor geométrico puede ser explicado con mayor facilidad al tratar al subsuelo como un medio estratificado, es decir, como un medio compuesto por capas que se sobreponen paralelamente entre sí. Para esto, se toma como potencial de referencia el correspondiente a un medio homogéneo, cuya resistividad se iguala a la resistividad de la primera de las capas (la más superficial), lo cual nos permite llegar a la conclusión de que la medida de la perturbación del potencial producida por la homogeneidad del subsuelo diferirá de la resistividad aparente por un factor constante, este factor constante es el factor geométrico (K). La *ecuación 1.16* describe la forma general para calcular la resistividad aparente [3], de donde al realizar unos sencillos pasos se puede extraer el valor del factor geométrico para el caso más común, que es el denominado tetrapolo (*Figura 9*).

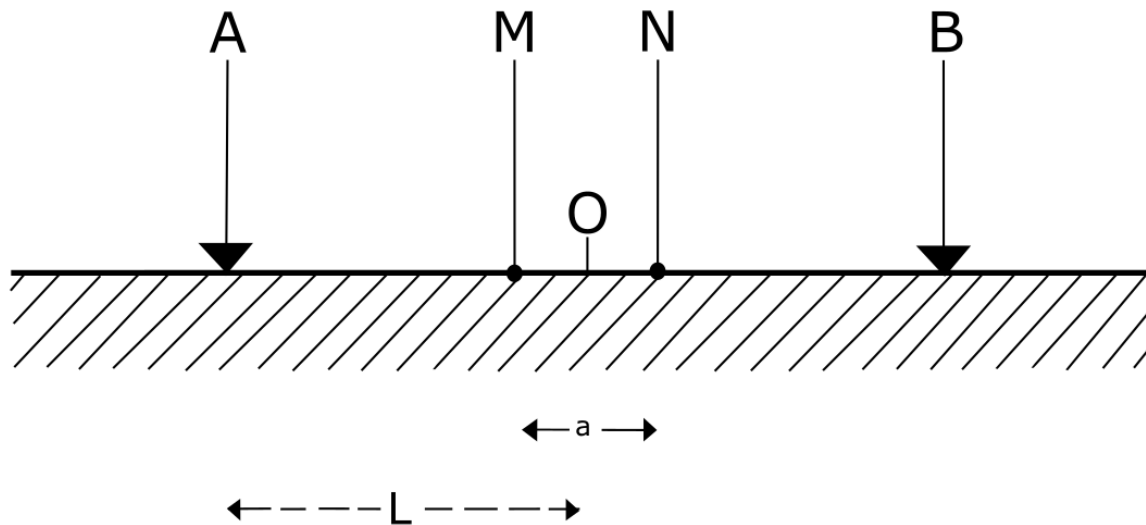


Figura 9. Dispositivo electródico lineal y simétrico. La distancia  $AB$  equivale a la distancia entre los electrodos  $A$  y  $B$ , y es igual a la distancia  $BA$ , la nomenclatura es la misma para las distancias  $AM, AN, BM$  y  $BN$ . Extraído de [3].

Por otro lado, la resistividad real, se describe como la perturbación producida en el potencial por causa de la heterogeneidad del medio, y se obtiene a través de la inversión de los datos geofísicos.

### Factor geométrico

Como se menciona anteriormente, el factor geométrico es una constante que nos permite relacionar la resistividad aparente con la resistividad real. El valor de esta constante depende de la disposición geométrica de los electrodos, es decir, del dispositivo electródico. Y, es que, como en todos los métodos de prospección geofísica, el campo o la magnitud física observada, se compara con el campo teórico o la magnitud física teórica correspondiente a un medio homogéneo, y, la interpretación se basa en el estudio de anomalías [3].

El factor geométrico varía según las distancias electródicas, por tanto, si no conocemos las distancias mutuas entre los electrodos, no podremos conocer el factor geométrico. Por otro lado, si conocemos las distancias y medimos la intensidad de potencial entre  $M$  y  $N$ , podremos calcular la resistividad aparente  $\rho_a$  mediante la ecuación 1.14.

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1.14)$$

Siendo  $K$  el cociente cuyas dimensiones, son de la longitud. Si el medio es homogéneo entonces  $K=1$  y la resistividad aparente será la resistividad real o verdadera. En el caso



más general, en que los cuatro electrodos están dispuestos de modo cualquiera sobre una superficie plana, se tendrá la diferencia de potencial, según la *ecuación 1.15*.

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right) \quad (1.15)$$

Si el medio es no homogéneo, lineal e isótropo, la resistividad obtenida será la resistividad aparente, por lo tanto, en la ecuación 1.15, podemos intercambiar  $\rho$  por  $\rho_a$ , y así, despejar  $\rho_a$ :

$$\rho_a = 2\pi \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)^{-1} \frac{\Delta V}{I} \quad (1.16)$$

De donde, al comparar la ecuación 1.17 con 1.14, obtenemos fácilmente que el valor de K está dado por,

$$K = 2\pi \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)^{-1} \quad (1.17)$$

### Métodos eléctricos

En la exploración Geofísica, se clasifican los métodos de acuerdo con el tipo de fuente y a las propiedades del medio que miden, tal como se aprecia en la *figura 10*. Los métodos eléctricos, son métodos de fuente artificial de carácter estacionario, y, según su protocolo de adquisición, se dividen en cuatro tipos (*Figura 11*) [3].

También, es posible clasificar los métodos eléctricos según el tipo de información recolectada, es decir, si los datos recabados se refieren a la vertical de un punto o si se distribuyen a lo largo de un perfil comprendido dentro de un margen de profundidades aproximadamente constante. Normalmente, lo que se obtiene es la distribución de resistividades en el subsuelo, tal distribución se representa gráficamente en forma de corte vertical, y se le llama corte geoelectrico [3].

Para fines del curso implementado, se abordan únicamente los métodos prospectivos de fuente estacionaria que se enuncian a continuación, y se mencionan en la *figura 11*.

- **SEV:** SEV es acrónimo de Sondeo Eléctrico Vertical, se le llama sondeo en analogía con las labores mecánicas mineras y lo que se obtiene de este método es un punto, que se le conoce como punto de atribución, normalmente estos puntos se adquieren para conocer los cambios verticales de resistividad. Los arreglos (dispositivos electrónicos) más comunes para SEV son Schlumberger y Wenner (*Figura 12*).

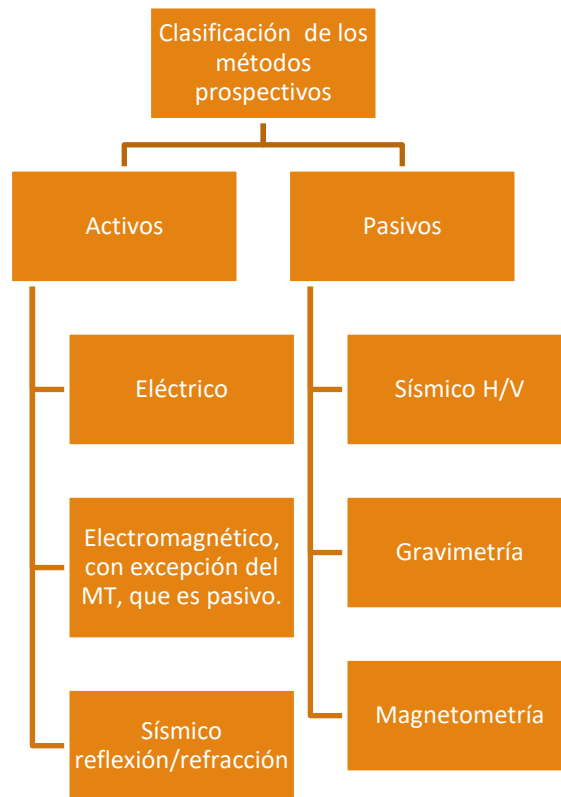


Figura 10. Clasificación de los métodos prospectivos en geofísica [8].

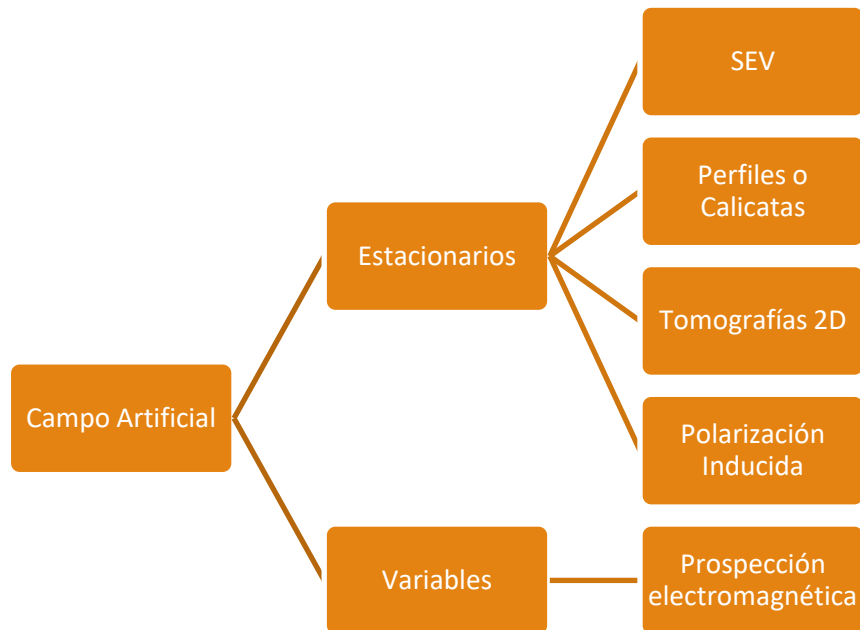


Figura 11. Clasificación de los campos usados como fuente en la prospección eléctrica/electromagnética [8].

- **Perfiles o Calicatas:** Las calicatas son un método de investigación horizontal, a profundidad constante, que, de forma análoga a los SEV, obtiene su nombre en analogía a las labores mineras mecánicas y, busca obtener un conjunto de puntos de atribución que estén a la misma profundidad, y con ello, obtener cambios laterales de resistividad. Así como los SEV, las calicatas tienen múltiples modalidades de implementación, y son especialmente adecuadas para detectar contactos geológicos verticales o inclinados, cambios laterales de facies, mineralizaciones, diques y otros cuerpos o estructuras que presenten cambios laterales de resistividad. Los métodos principales de calicateo eléctrico son de campo fijo, por ejemplo, el método de gradientes, Racom (Método de relaciones de diferencia de potencial), Schlumberger y de bloques [3].
- **Tomografía de resistividad eléctrica (TRE):** Este procedimiento prospectivo consiste en realizar un gran número de mediciones consecutivas y eficientes de resistividad en el terreno. Dichas resistividades, se presentan a través de secciones geoeléctricas, y, pueden realizarse 2D,3D o 4D. Los datos que se obtienen de este procedimiento se distribuyen a lo largo de un perfil comprendido dentro de un margen de profundidades aproximadamente constante de forma que la resistividad teórica se ajuste de la mejor manera posible a la resistividad observada en campo [9].
- **Polarización inducida:** Es un método eléctrico que considera al medio como un sistema físico que funciona como un sistema capacitivo que se carga o polariza al suministrarle corriente eléctrica [10], con ello, se mide la polarización (electrónica o de membrana,) de los cuerpos rocosos y se obtiene información extra como lo es la cargabilidad. Esta metodología es especialmente útil para la delimitación de cuerpos mineralizados y para la caracterización de problemas de contaminación.

### **Dispositivos electródicos**

Se le denomina dispositivo electródico al conjunto de electrodos que, generalmente, consta de 4 electrodos; de los cuales a dos de ellos se les denominan de corriente (A y B), y, a los dos restantes son denominados electrodos de potencial (M y N) [3].

En la *Figura 12* se ilustran los dispositivos electródicos más comunes.

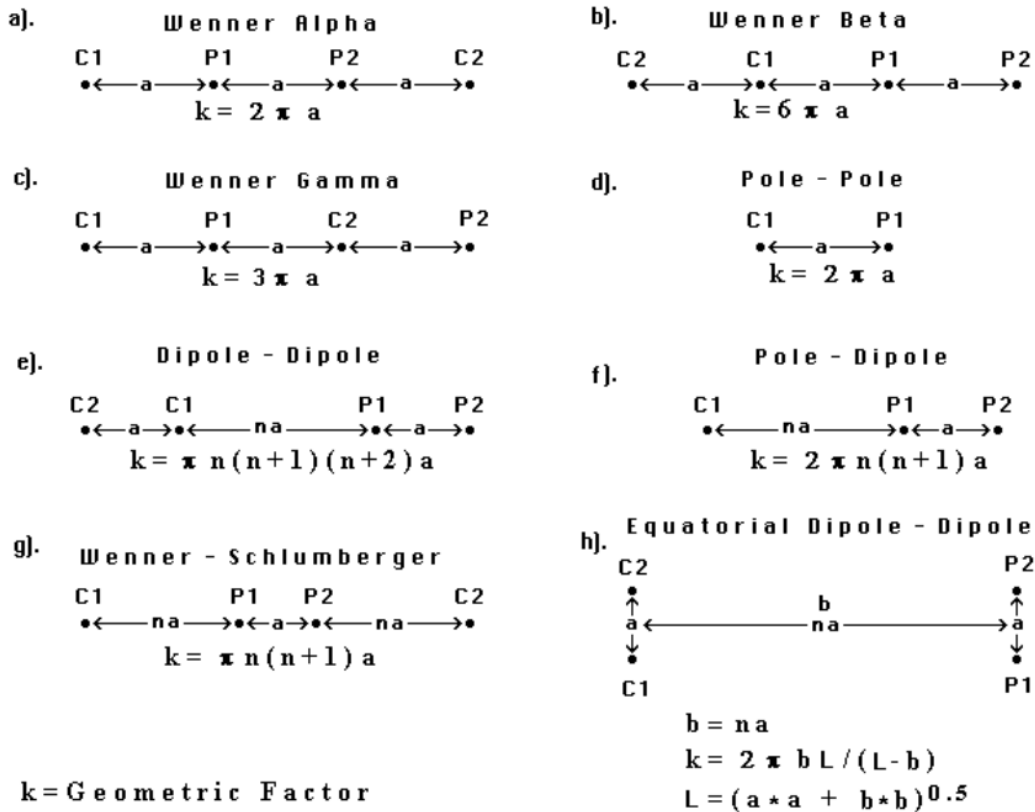


Figura 12. Arreglos electródicos más comunes encontrados en la Prospección Eléctrica, extraído de [9].

## Anomalía

Las anomalías son aquellas respuestas físicas medidas o modeladas de cierta propiedad en algún medio que discrepan de la respuesta esperada del medio en cuestión. Pueden deberse a múltiples factores, como puede ser alguna litología, estructura, medio o variación en la forma de adquisición de los datos. Los factores mencionados anteriormente, dependen tanto del contexto geológico como del elemento humano, y, se convierten en relevantes o irrelevantes según los objetivos de la exploración.

En prospección geofísica, hablamos de anomalía cuando se observa que los datos obtenidos en campo tienen un comportamiento distinto al que se esperaría de un semiespacio homogéneo o de referencia [16].

Con el fin de obtener una imagen adecuada de las condiciones del subsuelo, actualmente se hace uso de la distribución espacial de la propiedad medida, llámese densidad, resistividad, velocidad de onda, susceptibilidad magnética, cargabilidad, radiactividad o

temperatura, y, para ello, se aplican diferentes metodologías, como lo son el uso de la teoría de filtros digitales y, de la teoría de inversión de datos.

### **Inversión de datos e Interpretación**

Una vez se conocen los parámetros de adquisición y se tienen los archivos, se procede a realizar el procesamiento de los datos, para posteriormente invertirlos y finalmente Interpretarlos.

Cada litología reacciona de forma distinta al paso de la corriente, y, la resistividad real se obtiene al realizar la inversión los datos, que, a su vez requieren de software especializado. En el curso implementado se enseña a los estudiantes a usar Software Libre para modelar estructuras en 1D,2D y 3D.

En la práctica, existen tantas aplicaciones del método como interpretaciones, sin embargo, se puede mejorar la calidad y seguridad de la información recabada si se lleva a cabo la combinación de dos o más métodos prospectivos. Por ejemplo, si el objetivo de la prospección es la localización de tuberías, se recomienda hacer una campaña de adquisición geofísica con al menos tres métodos diferentes, que son: Microgravimetría, TRE y GPR.

Esto con el fin, de caracterizar el medio con base diferentes propiedades, y, por lo tanto, diferentes puntos de vista. Sin embargo, esto no siempre es posible, por eso es importante observar bien las anomalías y los patrones que resultan de la interpretación de un solo método.

En la prospección geofísica, se presenta el inconveniente de la ambigüedad del problema Inverso, que, implica, que es común que un mismo conjunto de observaciones geofísicas de campo admita múltiples soluciones, es decir, todo un dominio de soluciones válidas. Tomemos como ejemplo el contenido de la *Figura 14*, en esta figura se observa como las cuarcitas y el marmol tienen prácticamente el mismo rango de resistividades, siendo rocas totalmente distintas. Por este tipo de situaciones, es que es tan importante conocer el contexto geológico de la zona de adquisición y también, por lo que es tan recomendable realizar más de un tipo de prospección, porque la resistividad por sí misma no se puede asociar a una litología de forma unívoca.

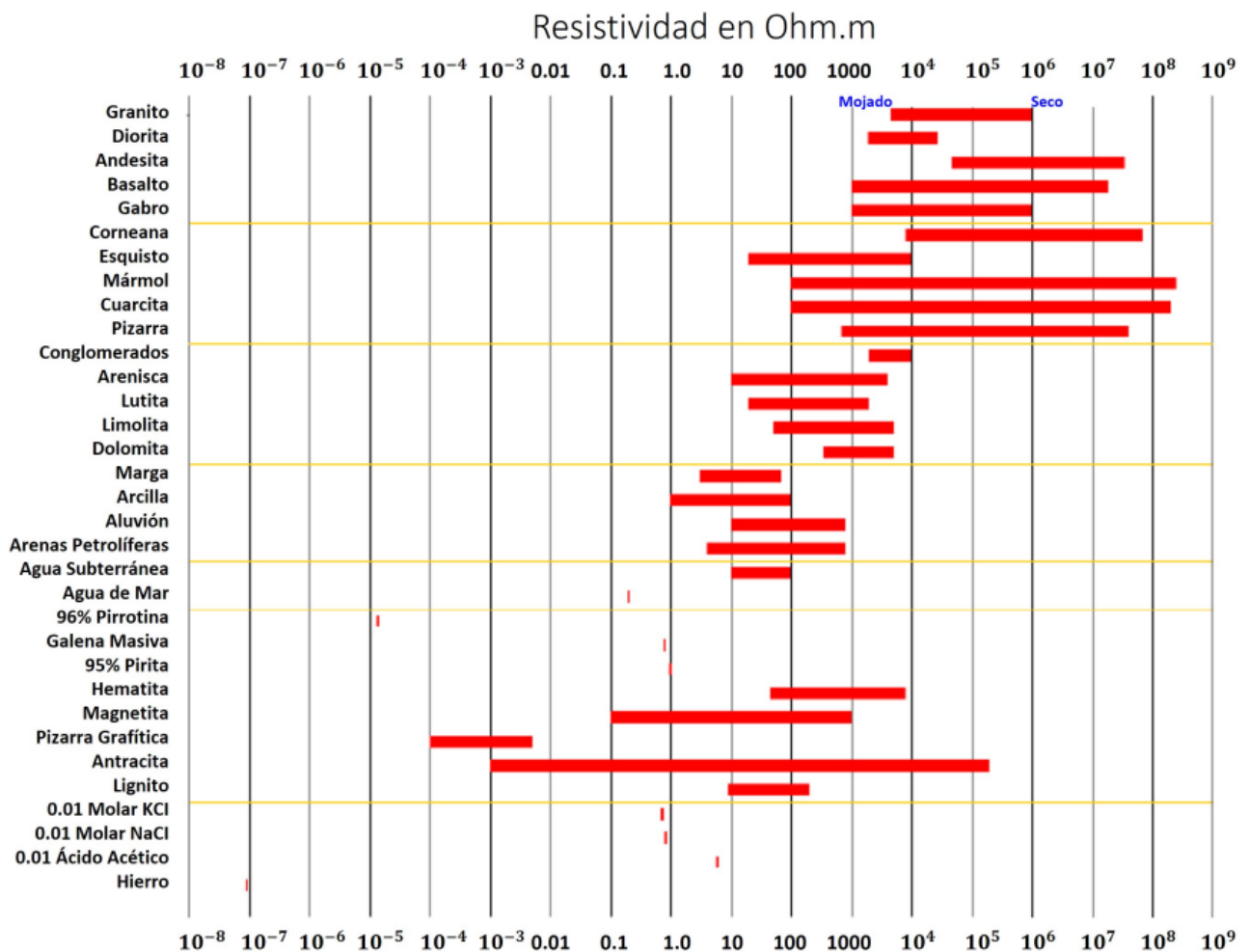
### **Software(certidumbre)**

El conocimiento sobre las herramientas de procesamiento e inversión (software) es proporcional a la certidumbre que se tiene sobre las interpretaciones que se hacen del subsuelo.

La exploración e interpretación de los métodos geoelectricos, depende del conocimiento que el intérprete tenga de las propiedades electromagnéticas de las rocas y de los

minerales que las constituyen, que, a su vez, depende del contexto geológico disponible para el estudio, llámese modo de agregación, matriz, forma de los minerales, origen volumen e incluso, relleno de los poros (agua o aire). Además, del efecto que sobre dichas propiedades ejercen la presión y la temperatura, efectos que el intérprete debe tomar en cuenta a grandes profundidades, y, que se explicaron anteriormente en este documento (*Figuras 7 y 8*) [3].

Como prospectores, nuestro deber es caracterizar el subsuelo con base en las propiedades reales de las rocas y minerales, es decir, tal como se encuentran en la naturaleza. En la *Figura 13*, se muestra una gráfica con algunas de las litologías más comunes encontradas en estas condiciones.



*Figura 13. Resistividad de rocas, suelo y minerales. Extraída de [9]*

## Metodología

En esta sección se muestra la metodología empleada para la creación del curso, es decir, el conjunto de pasos que se siguieron para montar el curso, llámese, selección de tipo de curso, la plataforma en que se montó, porqué se escogió esta plataforma, poblaciones potencial y objetivo el proceso de la edición de los videos, el modelo pedagógico, el proceso de solicitud de un aula virtual, cómo crear un curso en la plataforma, cómo añadir y crear contenido interactivo, y, finalmente, la estructura del curso implementado.

### ¿Qué tipo de curso montamos?

Este curso, es un curso Tipo MOOC, lo que significa que es un curso masivo, abierto y en línea (**Massive Online Open Course**). Según (González et al), existen dos tipos de MOOC:

**cMOOC:** La c en la palabra cMOOC se refiere a conectivismo, son cursos abiertos y participativos, donde su aprendizaje está orientado a que el conocimiento se vaya construyendo en comunidades de alumnos y profesores. Estos cursos hacen la diferenciación entre alumnos y profesores como “participantes” y “facilitadores” y se caracterizan por el aprendizaje por pares, donde los alumnos se califican entre ellos realizando el rol de facilitadores, promoviendo así un aprendizaje más significativo, ya que se aprende para enseñar. Esta línea de aprendizaje sigue una metodología conectivista orientada plenamente a la filosofía del constructivismo social [17].

**xMOOC:** En contraste con los cMOOC, los xMOOC siguen una línea de aprendizaje tradicional, se les llama xMOOC porque se basan exclusivamente en el contenido, llámese lecturas, videos estáticos, videos dinámicos, tareas o exámenes. Y, porque se enfocan en comunidades en específico, no son totalmente abiertos como los cMOOC. Con este enfoque, se busca que los alumnos pertenecientes a una comunidad objetivo realicen toda la interacción con el contenido en un solo ambiente de aprendizaje, y que así, eviten distracciones durante su proceso de aprendizaje [17].

El curso que montamos es un curso tipo xMOOC, porque el eje central del curso es el contenido que contiene (tutoriales, videos de instrumentación geofísica, artículos y el libro de apuntes), y, porque va a dirigido únicamente a los alumnos de la Licenciatura en Ingeniería Geofísica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, como se aprecia en el círculo rojo (D) de la *figura 15*, donde también se aprecia las poblaciones potenciales del curso.

Para implementar este curso, se usó un Aula Virtual de la UNAM, la cual pertenece a un sistema de ambientes educativos que ofrece la CUAIEED, donde se tienen cuatro

herramientas para el trabajo entre el docente de la UNAM y alumnos de la comunidad universitaria (Moodle, Zoom y Webex).



Figura 14. Logo de las Aulas Virtuales de la UNAM, extraído de [15].

Se trata de un curso de **acompañamiento en línea** [35], lo quiere decir que tenemos todo lo referente al contenido del curso previsto en la plataforma, esto nos permite tener control total, tanto de los recursos, como las interacciones, ya sean sincrónicas o asincrónicas.

- A:** Universo poblacional de estudiantes y académicos de geofísica en México.
- B:** Estudiantes de Geofísica en México
- C:** Estudiantes de Geofísica de la Facultad de Ingeniería
- D:** Estudiantes de geofísica de 8° semestre en adelante de la Facultad de Ingeniería de la UNAM

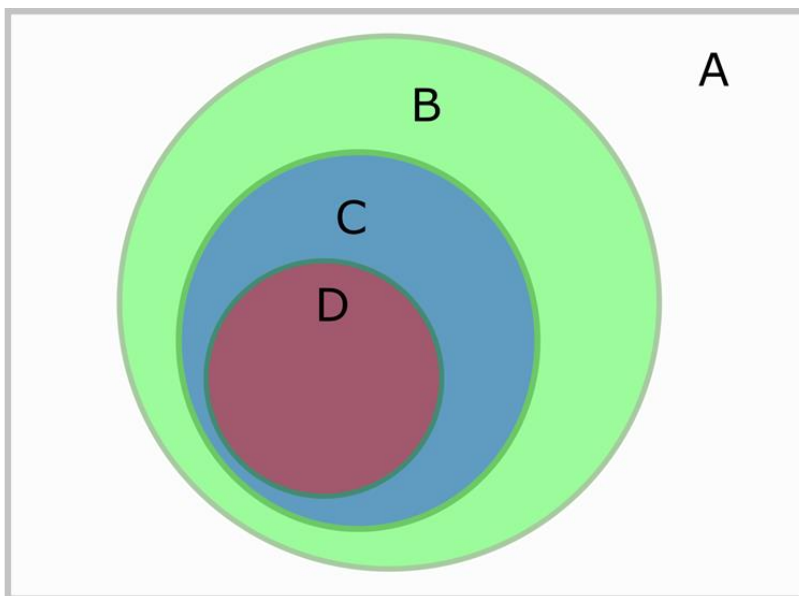


Figura 15. Poblaciones potenciales y Objetivo del curso. Imagen realizada en Inkscape, autoría propia.

### ¿Qué es Moodle?

Moodle es un software libre de tipo ambiente educativo virtual, es decir, es un software diseñado para la gestión del aprendizaje. A este tipo de entornos se les conoce también como LMS, que, por sus siglas en inglés (**Learning Management System**), se describen como sistemas de manejo del aprendizaje, dentro de los cuales se gestionan cursos, similar a lo que son Google Classroom, Educafi, o Schoology [39].





*Figura 16. Logo de Moodle, extraída originalmente extraída de [16].*

Moodle fue desarrollado por Martin Dougiamas (*Fig. 17*) entre 1999 y 2001, bajo la filosofía del constructivismo social, corriente que promueve que el conocimiento que es construido en comunidad es de toda la comunidad, que promueve que el conocimiento es de todos y para todos y citando, “conocimiento previo da nacimiento a conocimiento nuevo” (*Prayer et al., 2021*) [18].



*Figura 17. Martin Dougiamas, Fundador y CEO de Moodle, fotografía extraída de [21].*

### **¿Qué versión se usó de Moodle para la creación del curso?**

Se usó versión 3.7, ya que es la que se tiene como base en el sitio [aulas-virtuales.cuaed.unam.mx](http://aulas-virtuales.cuaed.unam.mx).



Figura 18. Logo de las Aulas Virtuales, extraída de la página de Aulas Virtuales de la UNAM [19].

### ¿Por qué Moodle?

Porque, de acuerdo con el acuerdo de privacidad de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, únicamente deben utilizarse los canales oficiales establecidos por la Facultad de Ingeniería de la UNAM para la comunicación entre el Profesorado – Alumnado, los cuales son:

- **Google Classroom**
- **Zoom**
- **Moodle**
- **EDUCAFI**

Lo anterior, se comunicó por medio del mensaje [22] que dio el director Carlos Escalante a la comunidad de la Facultad de Ingeniería de la UNAM el 18 de marzo de 2020. Por consecuencia, y conforme a lo establecido por la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se realizó la siguiente tabla comparativa, donde se contrastan las plataformas según el contexto (Tabla 1).

<b>Cualidad</b>	<b>Moodle</b>	<b>Google Classroom</b>	<b>Educafi</b>
<b>Permite Contenido Interactivo</b>	Sí	No	Sí
<b>Personalizable</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Permite foros de discusión entre los alumnos</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Tiene aplicación nativa para celulares</b>	Sí	Sí	No
<b>La UNAM tiene un dominio especial para esta plataforma</b>	Sí	No	Sí

<b>Permite matricular usuarios masivamente por medio de CSV</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>
<b>Permite cambiar o forzar Idiomas dentro de los cursos</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
<b>Permite el uso de grupos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>
<b>Permite planificar el inicio y fin de cada curso</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>
<b>Permite estructurar los cursos por tópicos o temas</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>

*Tabla 1. Tabla comparativa entre plataformas permitidas como canales oficiales por la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Resumido de [23], [24] y [25].*

De la cual, aprecia que Moodle es la plataforma más robusta de las tres comparadas, siendo Educafi la segunda y en último lugar Google Classroom. Por lo tanto, con sustento en lo anterior observado conforme a las políticas establecidas por la facultad, así como los objetivos del curso en sí, se determinó que Moodle era la mejor opción para montar este curso, además, de que escoger esta plataforma volvería más accesible la reproducción de este tipo de trabajos por parte de los docentes no sólo de la UNAM, ni de la Facultad de Ingeniería, sino de todo el país.

Lo anterior, derivado de que Moodle un software de código abierto (Software libre), por lo tanto, todas las universidades del país pueden instalarlo en su propio servidor, o en su defecto contratar un servicio de hosting y crear cursos similares.

El conjunto de ventajas previamente mencionadas nos permite recomendar ampliamente este software, y hacer énfasis en que este es un recurso al que todos los docentes de la UNAM tienen derecho y, por tanto, deberían aprovecharlo.

## ¿Por qué Moodle para MOOCs?

### Se desempeña a gran escala

- Los Moodle más grandes del mundo pueden manejar a más de 1,000,000 de usuarios.
- Moodle le permite establecer límites en las solicitudes de memoria de una página determinada para evitar que un usuario o proceso acumule memoria.

### Entrega de contenido mejorada

- El MOOC tradicional tipo video más cuestionario se puede replicar fácilmente en Moodle.
- Moodle Quiz puede realizar desde simples pruebas de conocimiento de opción múltiple hasta tareas complejas de autoevaluación con comentarios detallados.

### Inscripciones y certificaciones optimizadas

- Moodle Certificado de curso en el lugar de trabajo se puede configurar con condiciones de finalización para que los certificados se otorguen automáticamente una vez que el alumno complete un curso.
- Tiene complementos de disponibilidad de Paypal

Figura 19. Descripción de los elementos de Moodle que favorecen la creación de MOOCs. Extraído de [23].

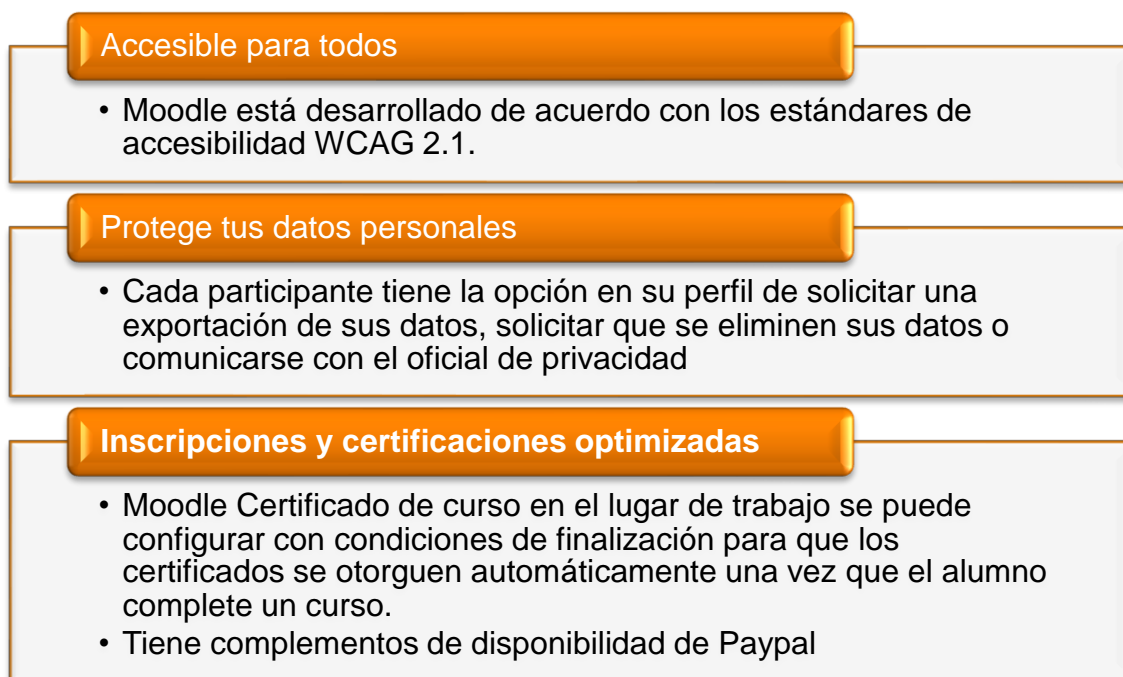
### Buena comunicación, colaboración y soporte

- Los alumnos pueden colaborar en el desarrollo y la demostración de sus conocimientos a través de chat, foros, wikis y evaluaciones formativas y sumativas multimodales.
- Los participantes pueden seguir fácilmente su progreso con el estándar Finalización de la actividad y Finalización del curso.

### Tecnología de Código abierto

- Moodle LMS es, y seguirá siendo siempre de código abierto, lo que significa que el código fuente se puede descargar, instalar, alojar, modificar o personalizar de forma gratuita..
- Como usuarios tenemos el control total sobre Moodle, desde la propiedad de los datos, la privacidad y la seguridad hasta la configuración de la apariencia de su sitio Moodle MOOC y la adición de funciones adicionales.

*Figura 20. Descripción de los elementos de Moodle que favorecen la creación de MOOCs. Extraído de [23].*



*Figura 21. Descripción de los elementos de Moodle que favorecen la creación de MOOCs. Extraído de [23].*

### ¿Por qué crear contenido Interactivo?

“La Interactividad es un mecanismo necesario y fundamental para la adquisición del conocimiento y podría ser la clave para el aprendizaje en línea.” (Barker, 1994; Mesher, 1999) [35].

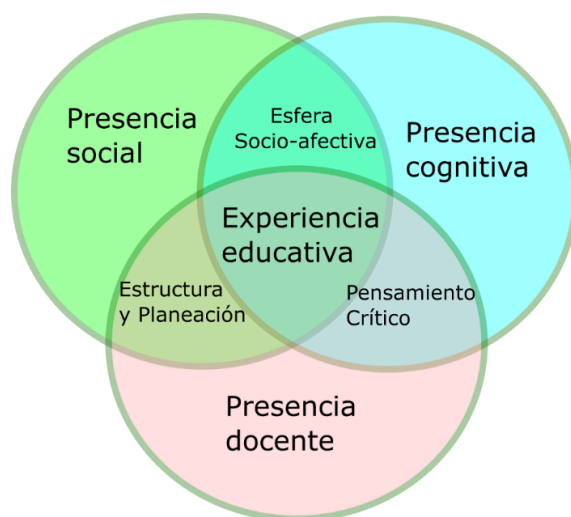
Como se menciona anteriormente, este es un curso de acompañamiento en línea, lo que significa que, se busca estar presente como docentes durante los videos y evitar así, que el estudiante sucumba ante distracciones o estímulos del entorno. No se trata de que tengamos un curso perfecto, pero sí de que tengamos bien integradas las herramientas con las que disponemos.

En el modelo pedagógico “**comunidad de indagación**”[34], se toca el término “**presencia cognitiva**”, que, a grandes rasgos, es la presencia que tiene el docente sobre la atención y el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes, así que, para incentivar esta presencia, se hizo la integración de contenido interactivo (contenido dinámico). La principal ventaja que presentan estos contenidos sobre el contenido tradicional (contenido estático) es que, según diversas fuentes([17], [26], [32], [33], [34]), pueden promover la retención del usuario hasta un 79%. También, según (Osama et al), reducen el tiempo de aprendizaje en un 50%.

Como consecuencia de estas implementaciones, se espera que los individuos desarrollen el andamiaje necesario para crear sus propios modelos de aprendizaje, promoviendo conductas autodidactas.

### **Modelo pedagógico: Comunidad de Indagación**

El modelo de comunidad de indagación fue desarrollado de un estudio de Anderson, Archer y Garrison en el 2001, y, consiste en tres elementos clave que buscan mejorar la experiencia educativa (*Figura 22*) [32],[33], [34]:



*Figura 22. Diagrama de Venn que describe los elementos de la experiencia educativa según el modelo de comunidad de Indagación. Modificada de [32].*

En la *figura 22*, se observa un diagrama de Venn, que representa el modelo pedagógico de comunidad de Indagación, en este diagrama, se muestra cómo funcionan en conjunto las tres presencias, y, de qué forma impactan positivamente la experiencia de aprendizaje del alumno, estas presencias se describen a continuación:

#### ***Presencia cognitiva:***

La presencia cognitiva se refiere al planteamiento de retos o problemas que los estudiantes resuelven a partir de la activación de su conocimiento previo, de la reflexión y de la discusión. Las intervenciones del docente representan ayudas para que el estudiante construya conocimiento y desarrolle su pensamiento crítico.

Esta presencia se integra a través de actividades como la resolución de problemas donde el estudiante necesite activar su conocimiento previo, donde se vea forzado a reflexionar, discutir y llegar a una solución, solución que el docente previamente ha considerado, así como su respectiva retroalimentación [33].

***Presencia docente:***

Esta presencia implica planear la experiencia educativa de los alumnos con base en principios sólidos y en un temario previsto, integrando así las herramientas de evaluación de los aprendizajes en una plataforma o entorno digital.

Es decir, que el docente planee la experiencia de aprendizaje que los alumnos experimentarán en la plataforma con sustento en evidencia científica, tomando en cuenta las competencias del curso e integrando herramientas de evaluación de todo tipo que documenten el aprendizaje [33].

***Presencia Social:***

Lo que se busca con esta presencia es que todos los participantes del proceso de aprendizaje sean percibidos como personas y todo eso lo que eso implica, es decir, lograr que cada participante se perciba como una persona real. Como docentes, ser empático y demostrar genuino interés por cada estudiante [33].

Después de plantear lo anterior, es normal que quede la pregunta, de las tres presencias, ¿cuál es la más importante? .

La respuesta es, ninguna lo es. Ninguna de las presencias es más importante que la otra, tratar de nombrar a una como la más importante es como buscar el soporte más importante de una silla de tres patas, no tiene sentido porque las tres trabajan en conjunto para sostener la silla, así como las tres presencias trabajan en conjunto para mejorar la experiencia educativa [34].



## ¿Qué complementos se usaron de Moodle?

Moodle cuenta, literalmente, con miles de complementos que nos permiten diversificar ampliamente nuestros métodos de enseñanza y, convertirnos en artistas del aprendizaje, explotando al máximo nuestra libertad de cátedra. El complemento que se usó para editar los videos fue H5P (*Figura 23*) [36].

### **H5P**

H5P, es un complemento resultado del trabajo colaborativo de contenidos libres y de fuente abierta basado en JavaScript. H5P es una abreviatura para *Paquete HTML5*, nos permite crear contenido de varios tipos, como presentaciones, exámenes y videos interactivos.

Para crear contenido se necesita contar con una licencia, esta tiene un costo que oscila entre los 804 USD y los 16395 USD al año, dependiendo del número de creadores y del número de reportes que se necesiten generar de los alumnos [38].

Afortunadamente, H5P es un complemento que se encuentra habilitado en las Aulas Virtuales, y, los docentes de la UNAM no tienen que desembolsar un solo peso para poder crear contenido interactivo con este complemento.

En este curso, el contenido interactivo se creó dentro del Aula Virtual, aprovechando la licencia antes mencionada.



*Figura 23. Logo H5P, extraída de su página oficial y usada según sus términos y condiciones [37].*

## ¿Cómo crear contenido interactivo e integrarlo dentro un Aula Virtual?

Para crear el contenido, lo primero que debemos realizar es, ingresar a nuestro curso. Para ingresar a tu curso, debes contar con un Aula Virtual, en caso de no contar con ella, debes solicitarla, para ello ingresa a la página: <https://aulas-virtuales.cuaieed.unam.mx/> haciendo clic en el enlace presente en este documento, o en su defecto, copiando la URL en tu barra de navegación.



Figura 24. Página de Acceso para Aulas y Docentes de la CUAIEED.

Al hacer clic en el enlace previamente mencionado, se mostrará la pantalla que se observa en la *figura 24*, ésta es la página de la CUAIEED, debes dar clic al botón que dice **Acceso a docentes**, luego de esta acción aparecerá la pantalla de la *figura 25*, en ella debes ingresar tu RFC para que el sitio lo valide. Sigue las Instrucciones que se te proporcionan en el sitio para registrar exitosamente tu Aula Virtual.

The image shows a web page titled 'Portal Docentes'. At the top, there is a dark green navigation bar with the links: INICIO, ALUMNOS, and DOCENTES. The main content area has a background image of a smiling man. On the left, there is the 'AV' logo and the text 'Portal Docentes'. In the center, there is a white box titled 'ACCESO DOCENTES'. Inside this box, there is a text input field labeled 'RFC (con homoclave)'. Below the input field is a green button labeled 'Validar'. At the bottom of the white box, there is a line of text: 'Estimado docente, para solicitar una aula virtual, deberá ser personal **activo** en la UNAM.' Below the white box, there is a blue banner with the text: '\* El correo de registro es el mismo para todas las herramientas.'

Figura 25. Pantalla de Acceso Docentes en Aulas Virtuales.



Figura 26. Pantalla de Bienvenida en Aulas Virtuales.

Una vez realizado el procedimiento de alta de tu Aula Virtual, debes crear tu curso. Para crear el curso, deberás dar clic al botón de “**crear nuevo curso**” (Fig. 26) que se encuentra resaltado de color verde en la parte superior derecha de la pantalla (Fig. 27), te recomendamos ampliamente el modelo de curso por tópicos/ temas, ya que este permite organizar el curso de la forma tradicional.



Figura 27. Botón de agregar nuevo curso, donde agregarás tu curso.

Cuando el curso esté creado, deberás acceder a este a través del panel de navegación, que se encuentra del lado derecho de la pantalla (Fig.27), para acceder al curso, da clic al nombre corto de tu curso, en el caso de este manual, el nombre corto es PE106521, entonces habrá que dar clic al botón con ese nombre, el cual se encuentra resaltado color verde en la figura 28, justo debajo del botón de Aula Virtual.

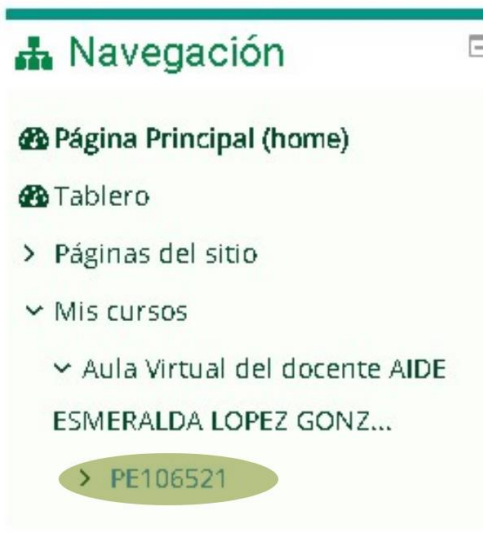


Figura 28. Panel de navegación con el nombre corto del curso

Ya que hayas ingresado a tu curso, selecciona el botón que dice **“activar edición”**, el cual se encuentra ubicado en la esquina superior derecha de la página (Fig. 29), cuando lo hayas hecho, el botón cambiará de color verde a color rojo (Fig. 30).

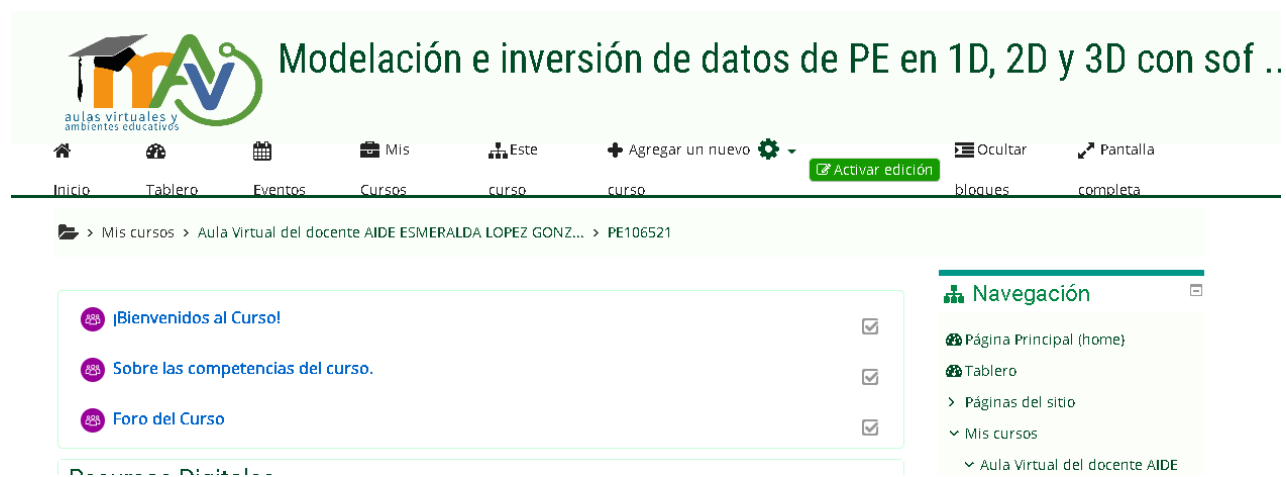


Figura 29. Pantalla inicial del curso, del lado superior derecho se puede apreciar el botón verde que dice “Activar edición”.

Con la edición activa, navega al tópico al que desees agregar contenido interactivo (Fig. 31) y da clic en el botón **“Añadir una actividad o recurso”** (Fig. 31) y selecciona la opción de contenido interactivo (Fig. 32), luego selecciona la opción **“interactive video”** y usar.

Terminado lo anterior, ¡estamos listos para crear contenido interactivo con H5P!



Figura 30. Botones de Activar/Desactivar edición respectivamente.

The screenshot shows a course page with the title 'Modelación e Inversión de Estructuras en 1D, 2D y 3D'. The page is organized into sections for 1D, 2D, and 3D modeling. Each section contains a main activity and a sub-activity. The 1D section includes 'Modelación e Inversión de estructuras en 1D' and 'Modelación e inversión de estructuras en 1D (sin preguntas emergentes)'. The 2D section includes 'Modelación e Inversión de estructuras en 2D' and 'Modelación e Inversión de estructuras en 2D (sin preguntas emergentes)'. The 3D section includes 'Modelación e Inversión de estructuras en 3D' and 'Modelación e Inversión de Estructuras en 3D (sin preguntas emergentes)'. Each activity has an 'Editar' button and a checkmark. There are also red warning banners for each section: 'Esperado en 30 de March de 2022' for 1D, 'Esperado en 2 de May de 2022' for 2D, and 'Esperado en 20 de May de 2022' for 3D. At the bottom right, there is a green button that says '+ Añadir una actividad o recurso'.

Figura 31. Snapshot del tópico de Modelación e Inversión de Estructuras en 1D,2D y 3D, donde se aprecia el botón de Añadir una actividad o recurso resaltado de color verde.

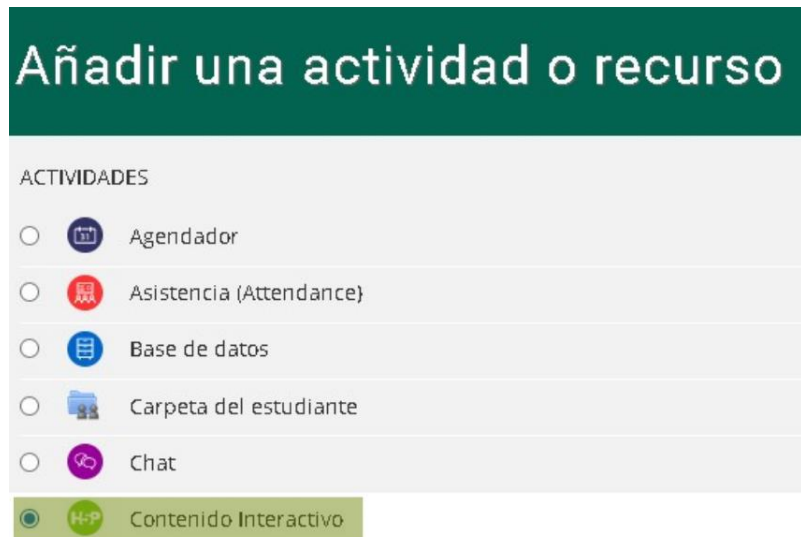


Figura 32. Opción de contenido Interactivo resaltada en color verde.

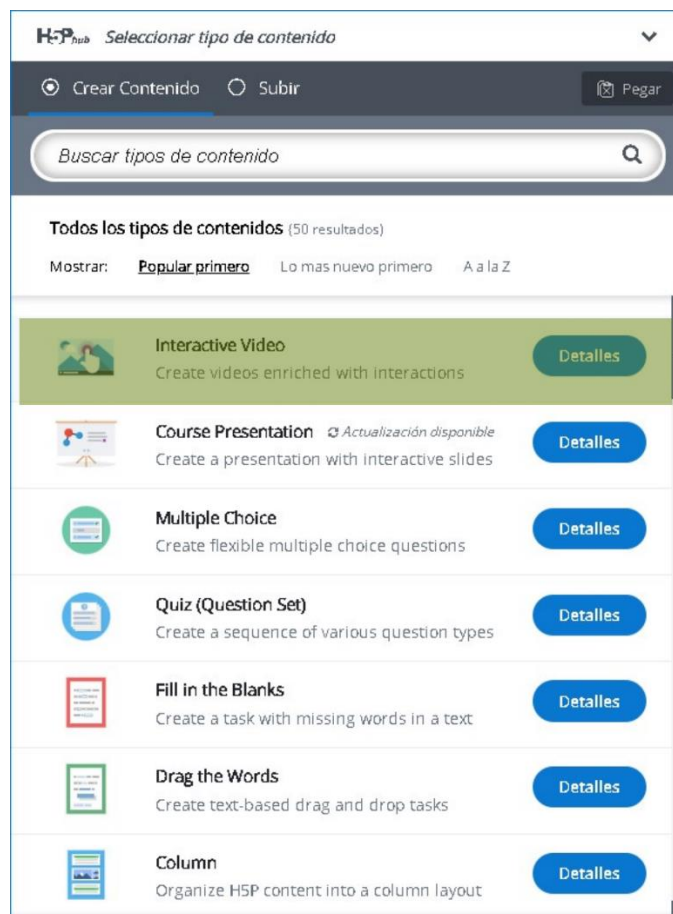


Figura 33. Cuadro de dialogo de H5P, donde se encuentra la opción de contenido interactivo.

La opción “**Interactive Video**” proporciona la descripción del contenido, para hacer uso de esta da clic en el botón “**usar**” resaltado en color verde que está ubicado del lado inferior derecho del cuadro de diálogo (Fig. 34) y aparecerá un cuadro de diálogo (Fig. 35) donde se creará y editará el contenido.

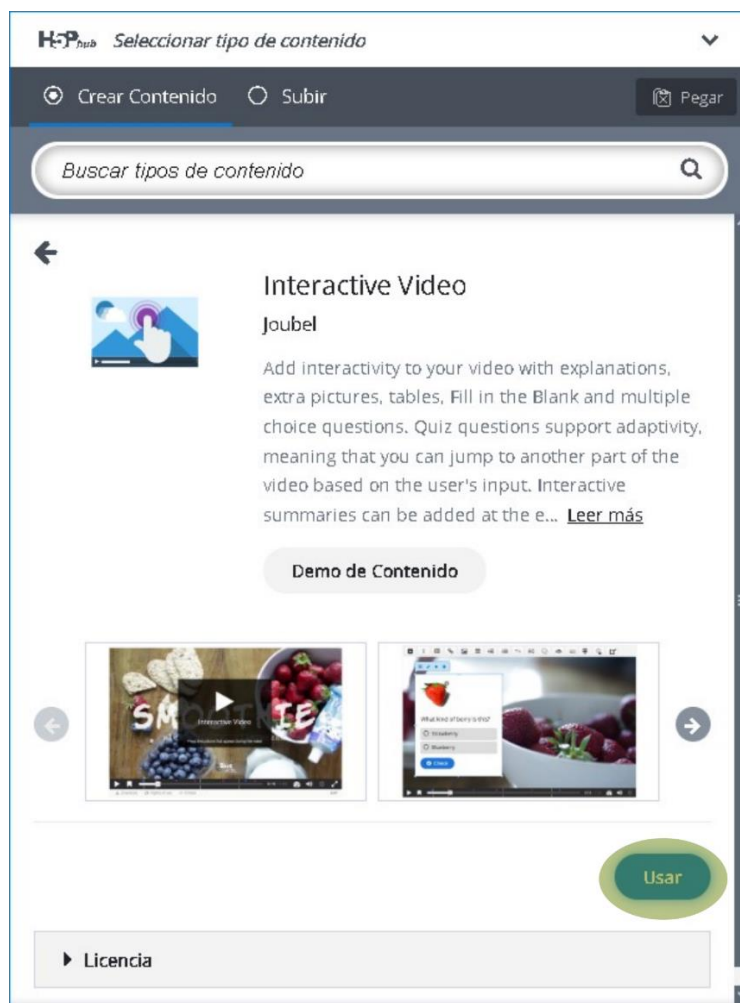


Figura 34. Cuadro de Dialogo de H5P, donde se encuentra la opción de usar el plugin de videos interactivos.

Una vez en el cuadro de diálogo de la figura 35, deberás dar clic sobre el cuadro punteado resaltado en color verde, eso te llevará al recuadro de la figura 36, la cual nos permite añadir videos de dos formas diferentes, subiéndolos en formatos webm, mp4, o insertando el URL del video de YouTube. Si tus videos son cortos y pesan menos de 20MB, puedes subirlos directamente, si no, te recomendamos que los agregues como enlace de YouTube.



Figura 35. Cuadro de dialogo de contenido interactivo, resaltado en color verde se encuentra el recuadro que nos permite subir contenido.



Figura 36. Cuadro de diálogo que permite añadir videos para transformarlos en contenido interactivo.



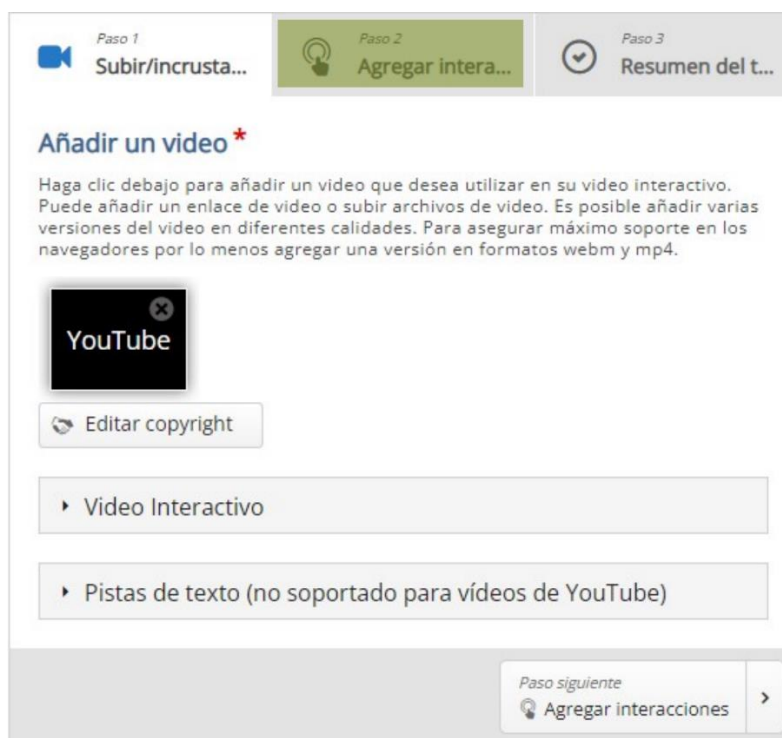
### **Requerimientos mínimos para la edición de video**

Se necesitan tener conocimientos generales de computación y una computadora con internet, preferentemente que las especificaciones de tu computadora sean superiores a los que se enuncian a continuación, esto para que Moodle funcione correctamente [31].

- 200 MB disponibles de disco duro más lo que necesites de espacio para poder subir contenido, en general se recomienda al menos 5GB.
- Se recomienda un procesador que por lo menos sea dual Core de al menos 2Ghz .
- 1GB RAM, de cualquier velocidad.
- Una conexión a Internet estable con puntuación mínima de 40Mbps en la página Speedstest.net.

### **¿Cómo editar los videos?**

Puedes subir tu video de cualquiera de las dos formas mencionadas en la *figura 36*, sin embargo, recuerda que, según la nueva política de aulas virtuales, no podrás subir contenido de un tamaño mayor a los 20Mb, así que te recomendamos que subas los videos desde tu canal de YouTube. Una vez que hayas incrustado tu video en la plataforma, podrás agregar interacciones. Para esto, navega a la pestaña resaltada de color verde en la *figura 37*.



*Figura 37. Cuadro de diálogo de carga y edición de videos interactivos.*

Recomendamos añadir las interacciones según el orden que se ilustra en el siguiente esquema (*Figura 38*), esto te evitará confusiones y te permitirá llevar el control de la secuencia implicada en la edición de los videos interactivos.



*Figura 38. Esquema que ilustra el orden de las interacciones en los videos.*

**Bookmarks** :La primera interacción que añadiremos a los videos serán los marcadores de tiempo (Bookmarks), que le ayudarán a nuestros estudiantes a identificar temas a lo largo del video. Para usarlos, sólo tienen que seleccionar el símbolo iluminado en un círculo verde en la *fig.39*, esto desplegará el menú que se aprecia en esa misma figura, en el cual, los alumnos podrán navegar a lo largo del video y estudiar el tópico que deseen. Esto es especialmente útil, cuando los alumnos necesitan ver el tutorial de un software en especial, básicamente les ahorrará tiempo en momentos de apuros.



*Figura 39. Menú desplegado al hacer clic en el ícono iluminado de color verde, snapshot tomado del video de Modelación e Inversión de estructuras en 1D.*

Para añadir un marcador, navega al momento del video que al desees hacer referencia y, selecciona la opción iluminada de color rojo en la *figura 39*, aparecerá un recuadro en blanco donde solicitará el nombre del marcador, escribe el nombre que desees para tu marcador y presiona la tecla **enter**. Si desees eliminar el marcador, navega al menú de marcadores, selecciona el marcador y da clic sobre la "x" del lado superior derecho de la figura (*Figura 40*).

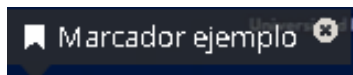


Figura 40. Marcador ejemplo.

**Links:** Son ventanas emergentes dentro del video, estas ventanas contienen enlaces a páginas web y su objetivo es facilitar algún recurso en especial, es decir, brindan ayuda justo a tiempo. Entonces, podemos decir que estos son enlaces al recurso adecuado en el momento adecuado, por ejemplo, en uno de nuestros videos se menciona el siguiente enunciado: “Consulte el manual adjunto al video”, en ese momento, el enlace al manual aparece durante el periodo de tiempo que en el video se anuncia la frase.

El proceso de integración de estos enlaces consiste en navegar al momento del video en el que se desea que aparezcan estos enlaces, da clic sobre el ícono que dice “link” que se encuentra resaltado con un círculo verde en la figura 41.

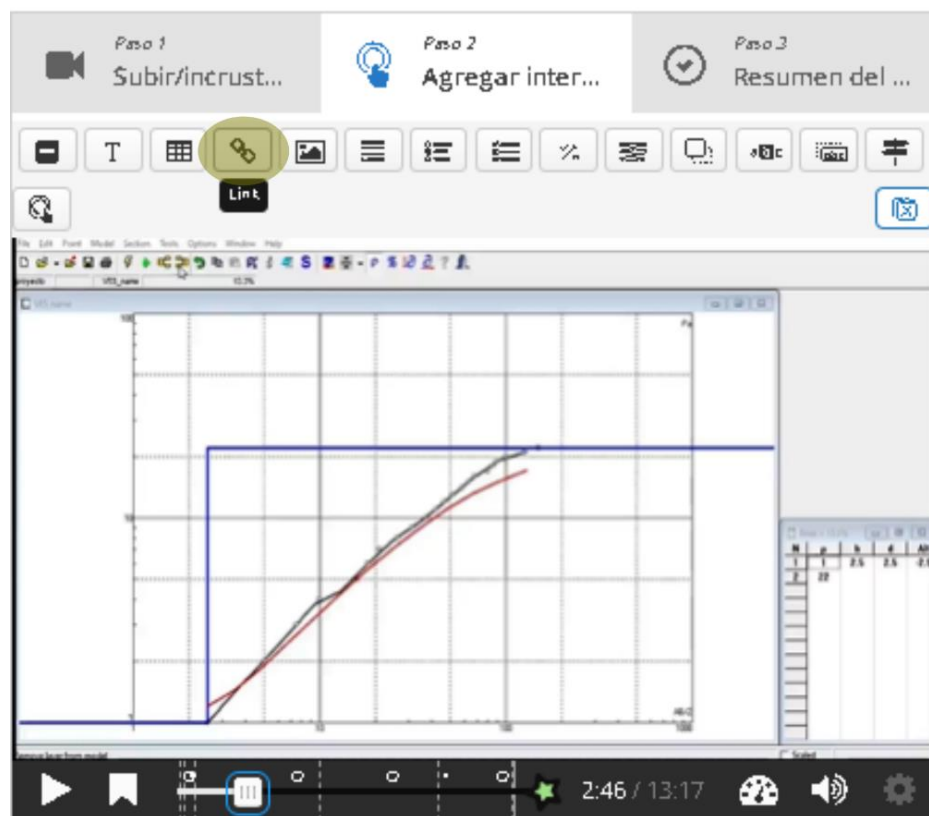


Figura 41. Cuadro de dialogo en la pestaña de interacciones, donde se muestra el botón de “Link”(enlace) resaltado en color verde.

Aparecerá el cuadro de dialogo que se muestra en la figura 42, en el observarás los cuatro parámetros a modificar (tiempo, titulo, URL y efectos visuales ), puedes elegir pausar el video para que se muestre el enlace, aunque eso no es necesario porque el hacer clic en

esta interacción no requiere de la activación de conocimiento previo, así que puedes no seleccionarlo. Esto depende enteramente de lo que planees hacer con el recurso.

Modelación e Inversión de estructuras en 1D Link Eliminar Hecho

Mostrar tiempo \*  
2:46.99 - 2:47.99

Pausar video

Título \*  
Link Ejemplo

Protocolo URL \*  
https:// aulas-virtuales.cuaed.unam.mx/moodle/mod/url/

Efectos visuales

Color del fondo \*  
[Color selector]

Sombra de caja  
Agrega una sombra sutil alrededor de la interacción. Usted puede desactivar esto si prefiere interacciones totalmente transparentes

Hecho Eliminar

Figura 42. Cuadro de diálogo que permite editar los parámetros de interacción de los links dentro de los videos.

En el curso, usamos los enlaces para facilitar los Manuales de Modelación e Inversión en 1D,2D y 3D, así como los datos que se usaron para cada video tutorial. Estas estrategias buscan acentuar la **presencia docente** dentro del curso y, al que los estudiantes no tengan que salir del video para buscar el material al que estamos haciendo referencia, optimizar el tiempo de consumo de los materiales, evitando así futuras confusiones y dudas innecesarias, estas expresiones les muestran a nuestros estudiantes que como docentes tenemos el curso bien pensado, planeado y estructurado.

**Preguntas emergentes:** Las preguntas emergentes tienen el objetivo de activar el conocimiento previamente adquirido por los estudiantes durante el video. Con esta actividad, se busca integrar la presencia cognitiva en el curso y así, promover, que el estudiante desarrolle su pensamiento crítico a través de la resolución de problemas.

Este contenido está basado en HTML5, lo que nos permite agregar varios tipos de preguntas en un navegador web o una aplicación móvil. Todas las preguntas pueden reintentarse n veces y tienen la capacidad de brindar retroalimentación.

La siguiente pirámide (figura 43) ilustra las interacciones usadas en la implementación de este curso:

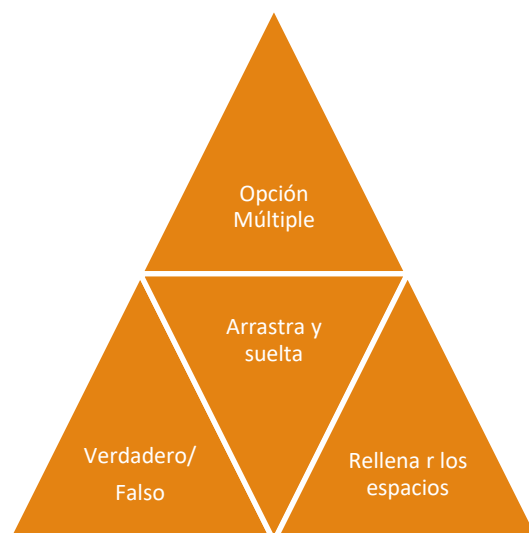


Figura 43. Pirámide que ilustra los cuatro tipos de preguntas integradas en los videos interactivos del curso.

**Preguntas tipo “Opción múltiple”** : Este tipo de pregunta consiste en proporcionar varias opciones al usuario, y que este escoja la respuesta correcta (Fig. 44).

¿Cuántos cuadripolos y qué configuración eléctrica se usó para el modelo?

22 Cuadripolos y Arreglo Wenner

22 Cuadripolos y Arreglo Schulumberger

11 Cuadripolos y Arreglo Dipolo-Dipolo

Comprobar

Figura 44. Cuadro de diálogo con el tipo de pregunta “opción múltiple”, snapshot tomado del video tutorial 1D.

Para agregar una pregunta de opción múltiple hay que dirigirse a la pestaña agregar interacciones (figura 38), y dar clic al botón resaltado en color verde (figura 45), esta acción abrirá el cuadro de diálogo de la figura 46, donde se editarán los parámetros de la interacción.

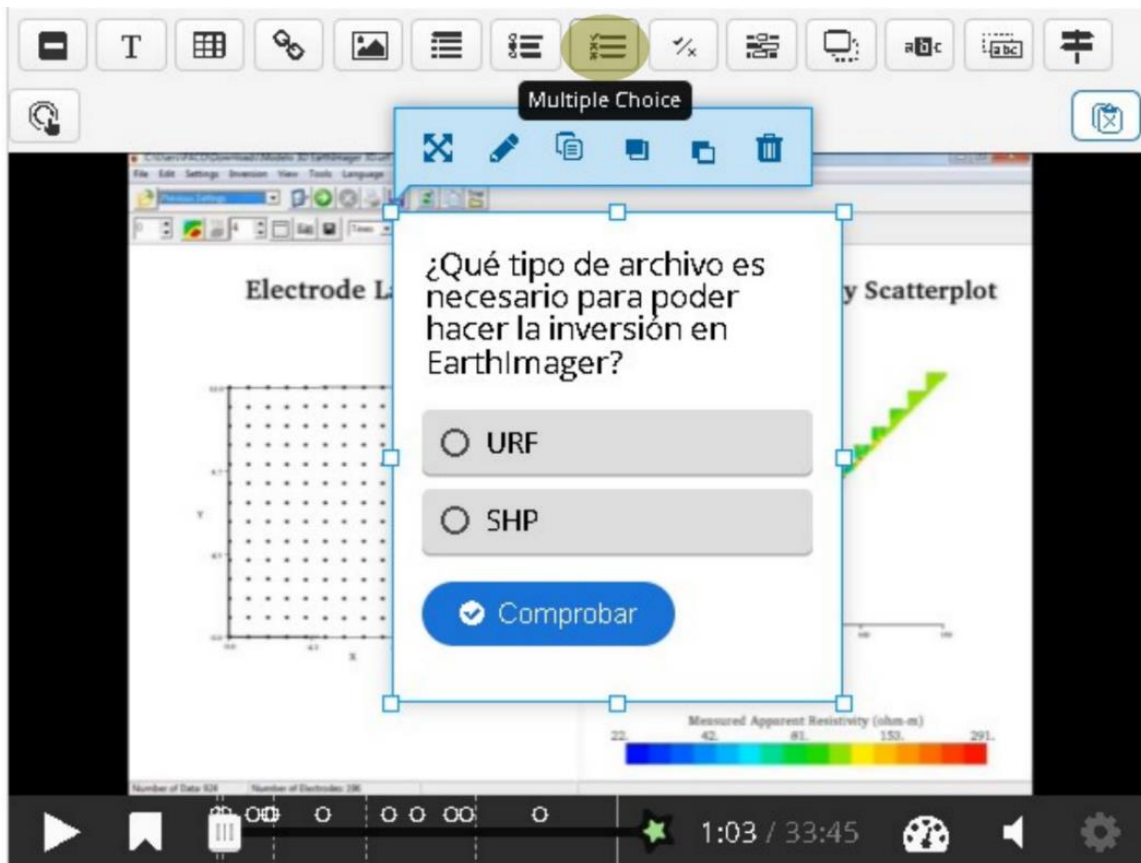


Figura 45. Cuadro de diálogo donde se muestra resaltado en color verde la opción de pregunta de opción múltiple, a la cual hay que darle clic.

Para los parámetros de la interacción presentes en la figura 46, te recomendamos que el tiempo de exposición de la pregunta sea de 10 milisegundos, para que cuando estés editando el video puedas omitir la pregunta al dar clic en el botón de “play”. Si no lo haces, te estorbarán los cuadros de diálogo a lo largo de la edición del video. De igual manera, te recomendamos que habilites la opción de pausar el video para que el estudiante pueda tomarse el tiempo que necesite para pensar en la solución de la pregunta. En cuanto al ícono, te recomendamos la opción de cartel para que la pregunta emerja automáticamente. El software es bastante claro con la forma de edición de las preguntas, sólo rellena los espacios que corresponden y selecciona el botón correcto iluminado en color verde de la figura 46 para seleccionar la respuesta que sea correcta.

Modelación e Inversión de estructuras en 3D | Pregunta 2

**Mostrar tiempo\***  
 1:02.183 - 1:02.184

Pausar video

**Mostrar como**

Botón
  Cartel

Botón es una interacción colapsada que el usuario debe presionar para abrir. Cartel es una interacción expandida más usada directamente sobre del video.

**Título\***

Utilizada para búsquedas, informes e información de derechos de autor

▸ Medio

**Pregunta\***

**Opciones disponibles\***

▾ URF

**Texto\***

Correcto

▸ Consejos y retroalimentación

▾ SHP

**Texto\***

Correcto

▸ Consejos y retroalimentación

**AÑADIR OPCIÓN**

Figura 46. Cuadro de diálogo donde se encuentran las opciones de edición para la interacción.

En cuanto a la configuración del comportamiento, te recomendamos que selecciones la opción de autorreproducir videos, el botón “reintentar” y que les permitas rebobinar el video 10 segundos, tal como se aprecia en la *figura 47*.

Configuraciones del comportamiento

**Iniciar vídeo en**  
Introduzca el código de tiempo en el formato M:SS

**Auto-reproducir video**  
Comenzar a reproducir el video automáticamente

**Bucle de video**  
Activar si el video debería correr en un bucle

**Anular botón "Mostrar Solución"**  
Esta opción determina si el botón "Mostrar Solución" se mostrará para todas las preguntas, se desactivará para todas o se configurará para cada pregunta individualmente.

Deshabilitado ▾

**Anular botón "Reintentar"**  
Esta opción determina si el botón "Reintentar" será mostrado para todas las preguntas, deshabilitado para todas, o configurado para cada pregunta individualmente.

Habilitado ▾

**Iniciar con el menú de marcadores abierto**  
Esta función no está disponible en iPad cuando se utiliza YouTube como fuente de video.

**Mostrar botón para rebobinar 10 segundos**

**Evitar que se salte hacia adelante en el vídeo**  
Al habilitar esta opción se deshabilitará la navegación del video del usuario por medio de controles predeterminados.

**Desactivar sonido**  
Habilitar esta opción desactiva el sonido del video y evitará que se active.

*Figura 47. Cuadro de diálogo de configuración de comportamiento.*



**Pregunta tipo “Verdadero/Falso”:** Se trata de las clásicas preguntas Verdadero/ Falso, en este tipo de preguntas se propone una idea y el estudiante debe decidir si ésta es o no correcta. Estas preguntas están presentes en los tres videos tutoriales, un ejemplo se ilustra en a *figura 48*.

¿La letra h representa el espesor de la capa y la letra Z la profundidad?

Verdadero

Falso

Comprobar

*Figura 48. Cuadro de diálogo donde se ve la pregunta de Verdadero/Falso, snapshot tomado del Video Tutorial 1D.*

**Pregunta tipo “Rellena los espacios” :** Estas preguntas le proporcionan al usuario un banco de palabras y le solicitan relacionar los conceptos con los espacios vacíos que estén una oración o frase, en la *figura 49* se ilustra un ejemplo de este tipo de preguntas.

Rellena los espacios en el siguiente enunciado:

Para la creación del modelo 3D primero se creó y editó la  de 13 x 13, también se editó la  y se asignaron las resistividades al modelo usando la herramienta de seleccionar,

Palabras: malla, escala de resistividades, copiar y pegar

revisar

*Figura 49. Cuadro de diálogo de rellena los espacios, donde se aprecia el banco de palabras a relacionar y los espacios a rellenar, snapshot tomado del Video Tutorial 3D.*

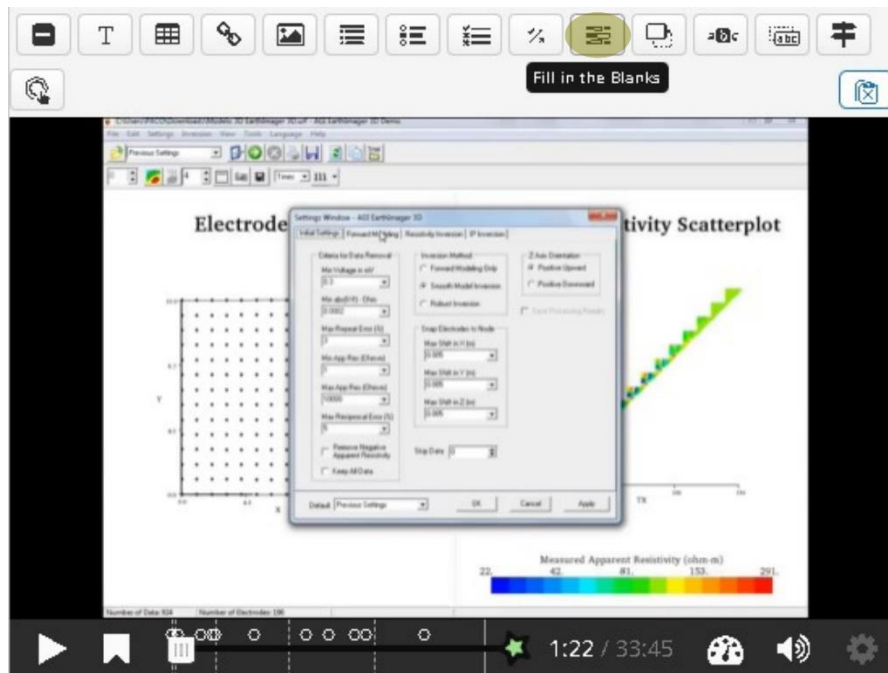


Figura 50. Cuadro de diálogo de edición de video donde se muestra la opción de añadir preguntas de “rellena los espacios” resaltada en color verde.

### Descripción de la tarea \*

Una guía que dice al usuario cómo responder a esta tarea.

Rellena lo siguiente:

### Bloques de texto \*

Línea de texto

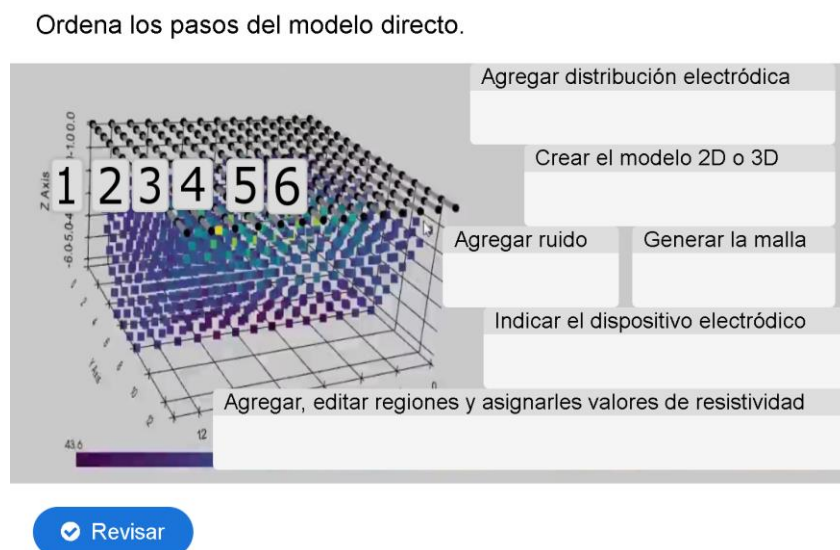
**Mostrar instrucciones**

La extensión que se requiere para poder invertir los archivos en este Software son **\*.dat\***

AÑADIR BLOQUE DE TEXTO

Figura 51. Cuadro de diálogo donde se muestran los parámetros de edición para las preguntas tipo “rellena los espacios”, donde la respuesta se encuentra entre asteriscos y resaltado color verde.

**Preguntas tipo “Arrastra y Suelta”** : Este tipo de preguntas consiste en relacionar imágenes con conceptos, a través de arrastrar imágenes hacia un recuadro al que se encuentre asociada la imagen, que será la respuesta correcta. Lo anterior, se ilustra en la *figura 52*. Para agregar estas preguntas, sigue lo que se indica en la *figura 53*.



*Figura 52. Cuadro de diálogo donde se integra el tipo de pregunta, “Arrastra y suelta”.*



*Figura 53. Cuadro de diálogo donde se añaden las interacciones, en este se aprecia resaltado en color verde el botón de “Drag and Drop”, que se usó para añadir las preguntas tipo “Arrastra y Suelta”, Snapshot tomado del Video Tutorial 3D.*

Este tipo de preguntas son las que requieren más tiempo de implementación, porque requieren que cuentes con las imágenes que vas a asociar, la imagen de fondo y que tengas prevista la distribución de estas imágenes en la pantalla, al principio puede ser tedioso.

Para añadir estas preguntas, navega a la pestaña que dice “agregar interacciones”, que se muestra en la *figura 53*, que es la misma con la que hemos estado trabajando, selecciona la opción “**Drag and drop**” que se encuentra iluminada en color verde en la parte central superior de esta misma figura.

El proceso de implementación de esta interacción consiste en dos pasos, el primero es la configuración (*Fig. 54*), donde seleccionarás la imagen de fondo, que preferentemente sea de tu autoría o tenga licencia de libre uso. En el mismo recuadro, configurarás el tamaño del cuadro de diálogo.



*Figura 54. Primer paso de la implementación de “drag and drop”.*

Ya que hayas terminado de configurar la imagen, dirígete a la pestaña de trabajo y selecciona la opción “añadir texto” (botón azul cielo en la esquina superior izquierda de la *figura 55*), añade el texto y posteriormente crea un área de caída con el botón verde que se encuentra alado del botón de texto. Enseguida, agrega una imagen (botón resaltado en rojo), que será la que relaciones con el área de caída (área resaltada en verde) .

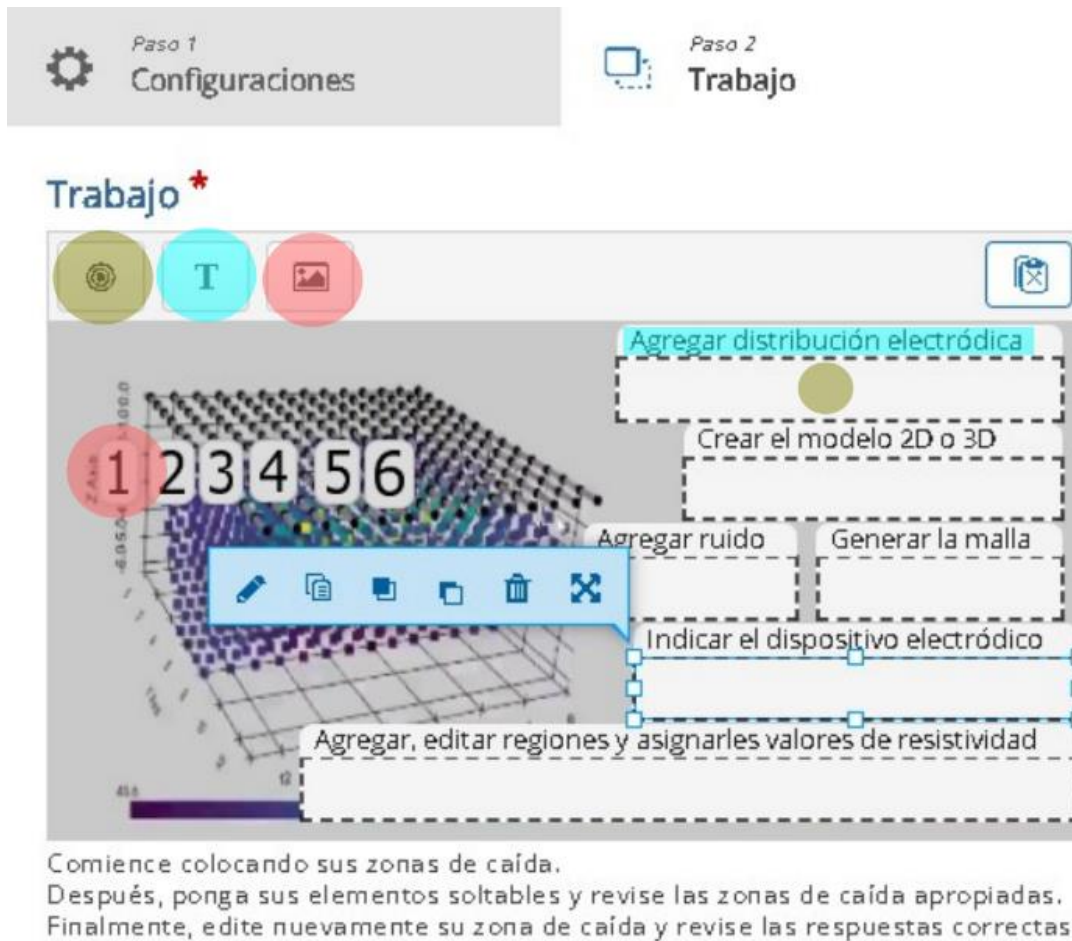


Figura 55. Segundo paso de la implementación de “drag and drop”, pestaña de trabajo, donde se relacionan por colores, las imágenes con las áreas de caída, y los conceptos.

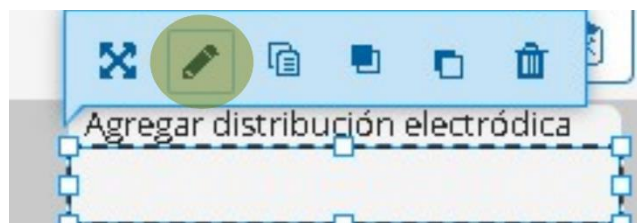


Figura 56. Zonas de caída seleccionada, para editarla selecciona el botón del lápiz iluminado en color verde e intercambia las asociaciones como creas pertinente.

Para intercambiar las asociaciones, tienes que elegir cuál de los elementos son correctos, puede ser más de uno, esto se aprecia en la figura 57, donde se muestra el cuadro de diálogo de asociación y etiquetas. Te recomendamos también que habilites la opción auto alinear para que cuando los estudiantes suelten la imagen sobre la zona de caída, esta se alinee automáticamente.

**Etiqueta\***

Agregar distribución electrónica

**Mostrar etiqueta**

**Seleccionar elementos correctos**

Seleccionar todo

Imagen: 1

Imagen: 2

Imagen: 3

Imagen: 4

Imagen: 5

Imagen: 6

**Opacidad del Fondo**

100

▸ Pistas y retroalimentación

**Esta zona de caída solamente puede contener un elemento**  
Asegúrese de que solo haya una respuesta correcta para esta zona de caída

**Habilitar Auto-Alinear**  
Auto-alineará todos los arrastrables caídos en esta zona.

Eliminar **Hecho**

*Figura 57. Modificación de los parámetros de la zona de caída, donde se observa a qué imagen está asociada la zona de caída de la figura 43.*

Finalmente, habilita las configuraciones de comportamiento presentes en la figura 58.

## ▼ Configuraciones del comportamiento

**Habilitar "Reintentar"**

**Requerir entrada del usuario antes de que pueda verse la solución**

**Dar un punto por todo el trabajo**

Deshabilitar dar un punto por cada arrastrable que es colocado correctamente.

**Aplicar penalizaciones**

Aplicar penalizaciones por elementos caídos en las zonas de caída incorrectas. Esto debe ser habilitado cuando los mismos elementos pueden ser soltados en múltiples zonas de caída, o si solamente hay una zona de caída. Si esto no está habilitado, los estudiantes podrían hacer coincidir todos los ítems a todas las zonas de caída y siempre recibirían un puntaje completo.

**Habilitar explicación del puntaje**

Mostrar una explicación del puntaje al usuario al revisar sus respuestas (si la opción para 'Aplicar penalizaciones' ha sido seleccionada).

### Opacidad del fondo para arrastrables

Si este campo está activado, anulará la opacidad configurada en todos los elementos arrastrables. Esto debería ser un número entre 0 y 100, donde 0 significa transparencia completa y 100 significa sin transparencia

### Resaltado de Zona de Caída

Elegir cuando resaltar las zonas de caída.

### Espaciado para Auto-Alinear (en px)

**Mostrar puntos del puntaje**

Mostrar puntos ganados por cada respuesta. No disponible cuando está habilitada la opción para 'Dar un punto para todo el trabajo'.

**Mostrar Título**

Desactivar esta opción si no desea que se muestre este título. El título solamente será mostrado en resúmenes, estadísticas, etc.

*Figura 58. Cuadro de diálogo de configuraciones de comportamiento del tipo de preguntas "Drag and Drop".*

### Estructura del curso:

En esta sección, se presentan los **resultados del trabajo**, es decir, el material creado e integrado en la plataforma, esto es, capturas de pantalla del curso, de su estructura y su contenido. El curso fue diseñado con el formato de curso “tópicos/temas”, que es la forma tradicional de estructurar un curso. Este formato consiste en dividir el curso en “n” temas con “n” objetivos, cada tema consiste en actividades, recursos y competencias.

Con este formato de curso, cada objetivo requiere una cierta cantidad de tiempo para completar y los estudiantes complementan sus conocimientos basándose en los temas anteriores, la idea es que el aprendizaje se lleve de forma secuencial.

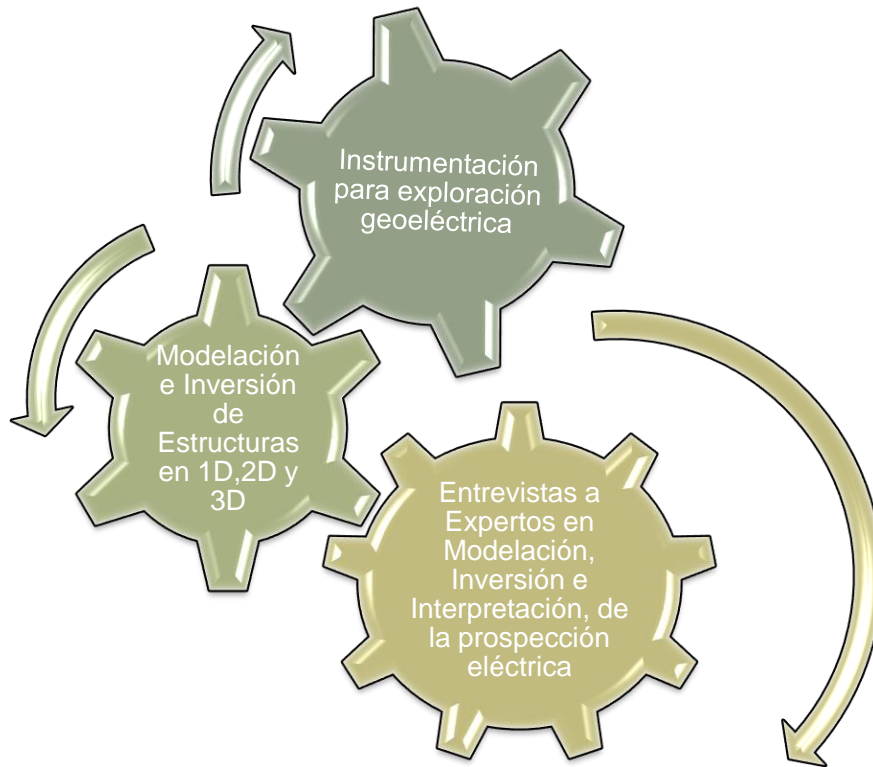
El curso está dividido en 6 tópicos, de los cuales, tres son la parte principal del curso (*Tabla 2*). A estos los denominaremos tópicos principales, representan la parte del conocimiento puro y duro. Son los videos tutoriales de Modelación e Inversión, los videos de instrumentación y los videos de las entrevistas a los expertos (*Figura 59*).

Por otro lado, tenemos los tres tópicos restantes, a los cuales les denominamos complementarios, estos, tienen el objetivo de complementar el aprendizaje de los alumnos a través de recursos digitales, un examen final y una encuesta de calidad del curso.

Tópicos principales	Tópicos complementarios
<ul style="list-style-type: none"><li>• Instrumentación para exploración geoelectrica</li><li>• Modelación e Inversión de Estructuras en 1D,2D y 3D</li><li>• Entrevistas a Expertos en Modelación, Inversión e Interpretación, de la prospección eléctrica</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recursos digitales</li><li>• Cuestionario de Evaluación del curso</li><li>• Encuesta de calidad del curso</li></ul>

*Tabla 2. Tópicos principales y complementarios del curso.*





*Figura 59. Tópicos principales, entrelazados en forma de engranes, mostrando como trabajan en conjunto para contribuir al aprendizaje de los alumnos.*

El curso se diseñó para que, al ingresar los estudiantes a la página principal del curso, observaran los tópicos ordenados de forma secuencial, la finalidad de tener el curso estructurado de esta forma es integrar la presencia docente dentro de la plataforma y, así, permitirle al alumno tener acceso todos los recursos integrados, y previamente previstos dentro de la plataforma, de forma ordenada y secuencial. Es decir, que no pierdan su tiempo buscando los recursos en internet y, por lo tanto, no haya motivo para no acceder al recurso.

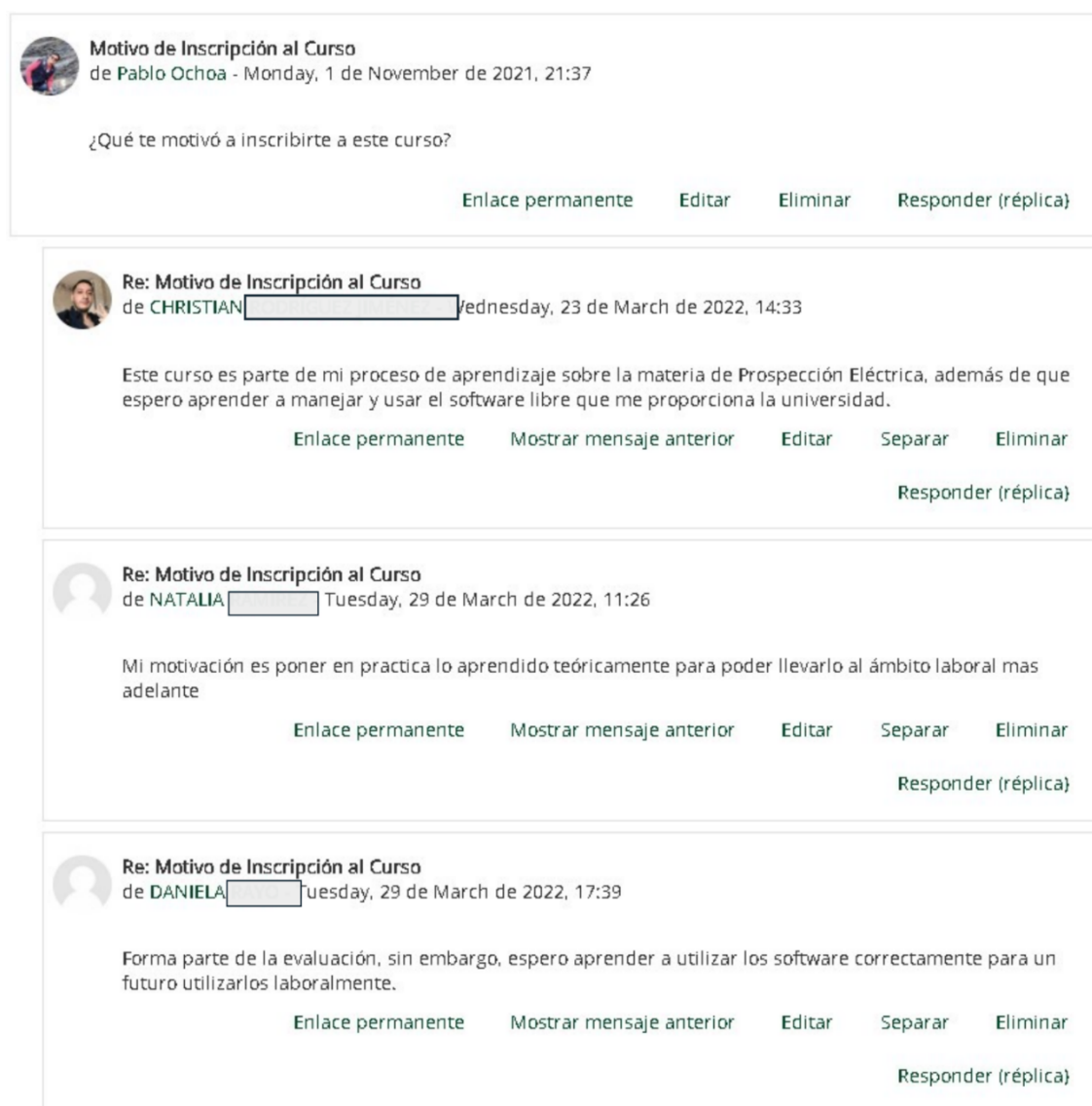
**Foros de discusión.**

- [¡Bienvenidos al Curso!](#) ☑
- [Sobre las competencias del curso.](#) ☑
- [Foro del Curso](#) ☑

*Figura 60. Foros generales del curso, colocados en la sección cero del curso.*

Como se observa en la *figura 60*, en el curso integramos foros de discusión. Estos foros, tienen la finalidad de establecer canales de comunicación asincrónica con los estudiantes, ya sea que se propongan temas de discusión, o debates acerca de los temas del curso, integrando así, la presencia social dentro del curso y, fortaleciendo la presencia docente.

El primer foro que se implementó en el curso fue el mensaje de bienvenida, el cual se observa como “**¡Bienvenidos al Curso!**” en la *figura 60*, con este mensaje, se busca además de darles la bienvenida, que nos compartan el motivo de su inscripción al curso. En la *figura 61* se muestra la captura de pantalla de las respuestas de los alumnos.



The screenshot displays a forum thread with the following content:

- Original Post:**
  - Subject:** Motivo de Inscripción al Curso
  - Author:** Pablo Ochoa
  - Date:** Monday, 1 de November de 2021, 21:37
  - Text:** ¿Qué te motivó a inscribirte a este curso?
  - Actions:** Enlace permanente, Editar, Eliminar, Responder (réplica)
- Reply 1:**
  - Subject:** Re: Motivo de Inscripción al Curso
  - Author:** CHRISTIAN [redacted]
  - Date:** Wednesday, 23 de March de 2022, 14:33
  - Text:** Este curso es parte de mi proceso de aprendizaje sobre la materia de Prospección Eléctrica, además de que espero aprender a manejar y usar el software libre que me proporciona la universidad.
  - Actions:** Enlace permanente, Mostrar mensaje anterior, Editar, Separar, Eliminar, Responder (réplica)
- Reply 2:**
  - Subject:** Re: Motivo de Inscripción al Curso
  - Author:** NATALIA [redacted]
  - Date:** Tuesday, 29 de March de 2022, 11:26
  - Text:** Mi motivación es poner en practica lo aprendido teóricamente para poder llevarlo al ámbito laboral mas adelante
  - Actions:** Enlace permanente, Mostrar mensaje anterior, Editar, Separar, Eliminar, Responder (réplica)
- Reply 3:**
  - Subject:** Re: Motivo de Inscripción al Curso
  - Author:** DANIELA [redacted]
  - Date:** Tuesday, 29 de March de 2022, 17:39
  - Text:** Forma parte de la evaluación, sin embargo, espero aprender a utilizar los software correctamente para un futuro utilizarlos laboralmente.
  - Actions:** Enlace permanente, Mostrar mensaje anterior, Editar, Separar, Eliminar, Responder (réplica)

*Figura 61. Captura de pantalla al foro de bienvenida al curso, donde se observan los motivos de algunos alumnos para inscribirse al curso.*

Los Foros pueden gestionarse de dos formas, existen los “Foros generales” y “Foros de aprendizaje”. Los foros generales, se presentan en la sección cero del curso y, los foros de aprendizaje se presentan en alguna sección o tópico específico del curso, esto, según el propósito que se tenga con cada foro, es decir, si tu foro tiene el propósito de que cada estudiante comente algún tema de interés, y no requiere algún conocimiento previo acerca del curso, puedes colocar ese foro en la sección cero del curso, sin embargo, si lo que necesitas es que comenten acerca de algún tema en específico, entonces puedes integrar ese foro en el tópico del curso al que pertenezca el tema. Cada tipo de foro tiene sus ventajas, sin embargo, ambos permiten tanto la evaluación de pares como la incrustación de imágenes en cada mensaje, es decir, que cada mensaje puede ser evaluado por los compañeros con imágenes adjuntas. Esto, nos permite ser muy explícitos con las respuestas y/o comentarios que hagamos.

### Recursos Digitales

El primer tópico que se muestra al ingresar curso son los Recursos digitales, este es, formalmente el primer tópico del curso, y contiene todos los recursos a los que se hace mención en los videos tutoriales , contiene diez elementos indentados según su relevancia. El recurso más relevante que se tiene en esta sección es el “Libro de apuntes de fundamentos teóricos de la modelación e inversión de datos de prospección eléctrica en 1D, 2D y 3D”, cuyo contenido se describe brevemente en el mapa conceptual que se aprecia en la *figura 62*.

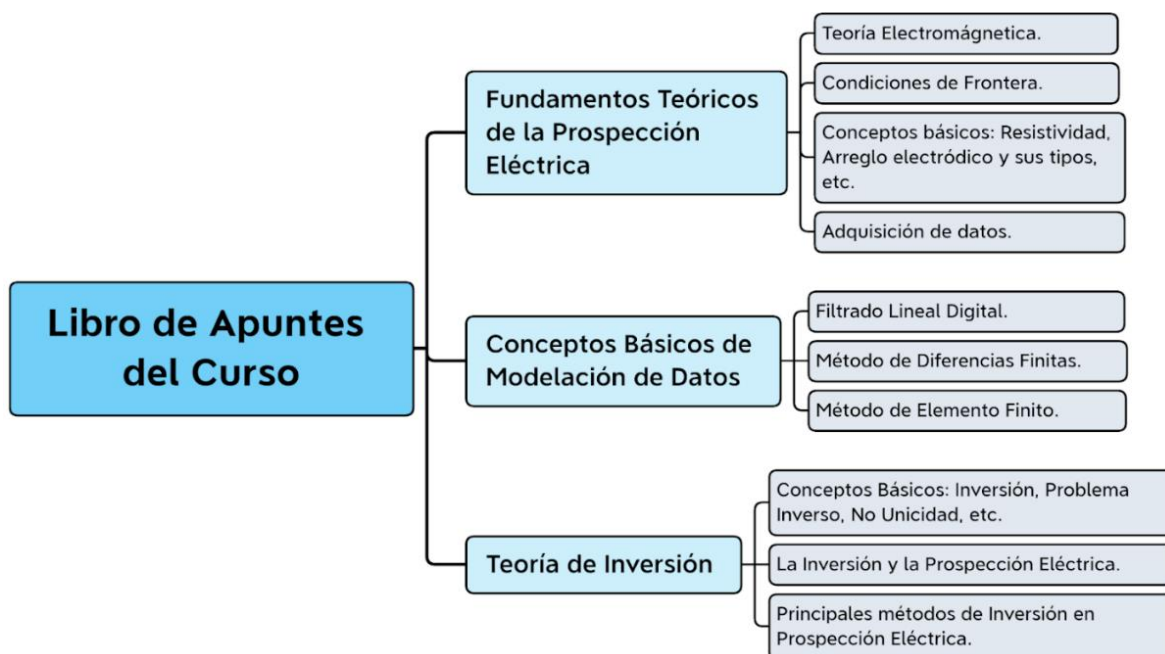
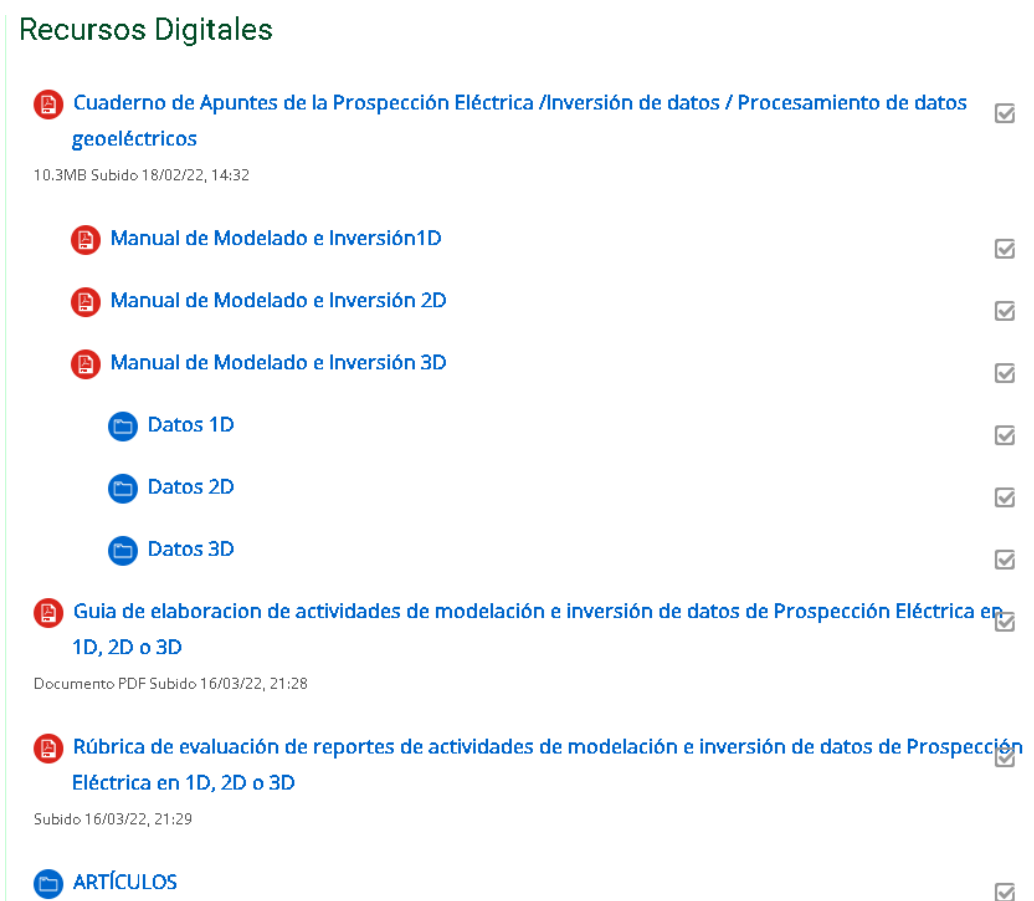


Figura 62. Mapa conceptual del libro de apuntes del curso. Extraído de la presentación del curso en la RAUGM (no publicado).

En la *figura 63* se observa la estructura de esta sección y su contenido, con este conjunto de materiales se pretende que el alumno profundice en los temas de Modelación e Inversión a través del Cuaderno de Apuntes, los Manuales de Modelación y los Datos que se usaron para los Tutoriales. También, se les proporciona la Guía de elaboración de actividades y la rúbrica de evaluación del reporte de las actividades que realizarán, con el fin de que el alumno tenga en cuenta los elementos de evaluación sugeridos para generen su reporte exitosamente. Finalmente, se les facilitan tres artículos, en los que se espera que se basen, para realizar sus actividades de modelación en 1D,2D y 3D.









*Figura 63. Captura de pantalla del tópico de recursos digitales del curso, donde se muestra todos los elementos que contiene.*

### **Instrumentación para la exploración Geoelectrica**

Esta sección contiene únicamente tres videos, cada video con un objetivo específico, sin embargo, el objetivo general de estos videos es introducir al estudiante, de forma remota, en el ámbito de la instrumentación requerida para realizar la exploración geoelectrica de forma exitosa, y, que, por lo tanto, se familiarice con los métodos de adquisición SEV y TRE 2D/3D. En la *figura 64*, se muestra una captura de pantalla de este tópico del curso, donde se observan los enlaces a los 3 videos.

## Instrumentación para la exploración Geoeléctrica

-  Introducción a los equipos de medición de Prospección Eléctrica 
-  Video demostrativo para el empleo del equipo de medición geoeléctrica para la práctica de exploración en SEV-1D 
-  Video demostrativo para el empleo del equipo de medición geoeléctrica para la práctica de exploración en TRE 2D-3D o 4D 

*Figura 64. Captura de pantalla del tópico Instrumentación para la exploración Geoeléctrica”.*

El objetivo del primer video es que el alumnado conozca elementos sobre el equipo de medición para la obtención de datos en la práctica de la prospección eléctrica, mediante el material audiovisual preparado para este curso.

Este primer video, se enfoca en los equipos que se encuentran en el dominio del tiempo, esto se describe brevemente en las *figuras 65 y 66*.



*Figura 65. Portada del video “Introducción a los equipos de medición de Prospección Eléctrica” alojado en este curso.*

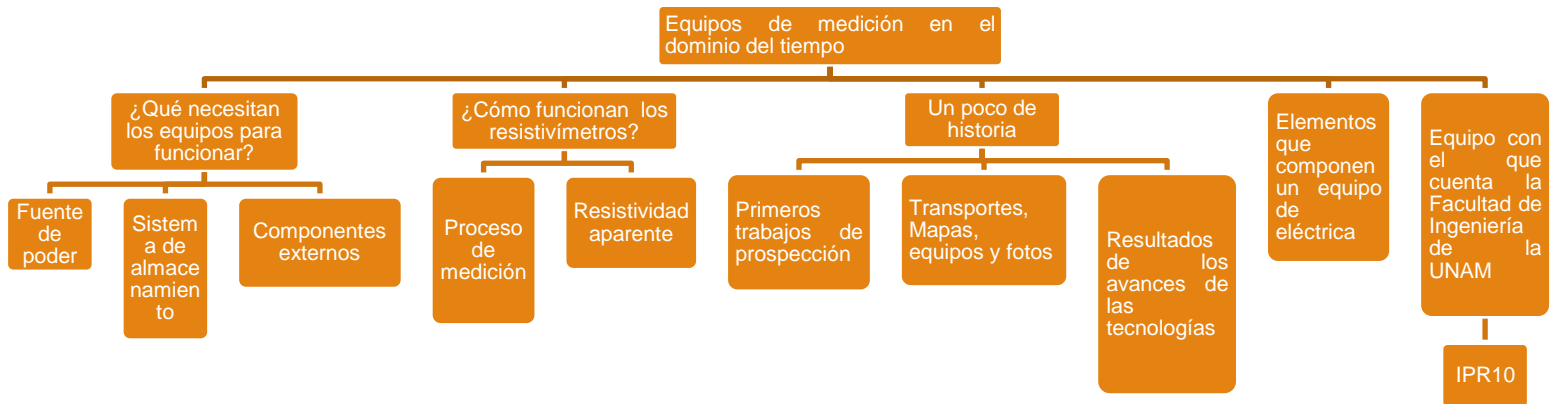


Figura 66. Mapa conceptual que muestra brevemente los temas que se tocan en el video “Introducción a los equipos de medición de Prospección eléctrica”.

En el segundo video, se tiene el objetivo de demostrar el proceso que involucra hacer la medición geoelectrica en 1D (Figura 67).



Figura 67. Portada del video “Video demostrativo para el empleo del equipo de medición geoelectrico para la exploración 1D” alojado en este curso.



Figura 68. Proceso general del empleo del equipo en la exploración geoelectrica en 1D.

En el tercer video (Fig.69), se busca que el estudiante aprenda acerca del proceso (Fig.70) involucrado en la adquisición de datos de TRE 2D,3D Y 4D respectivamente.



Figura 69. Portada del video “Video demostrativo para realizar Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE:2D,3D o 4D) en campo” alojado en este curso.

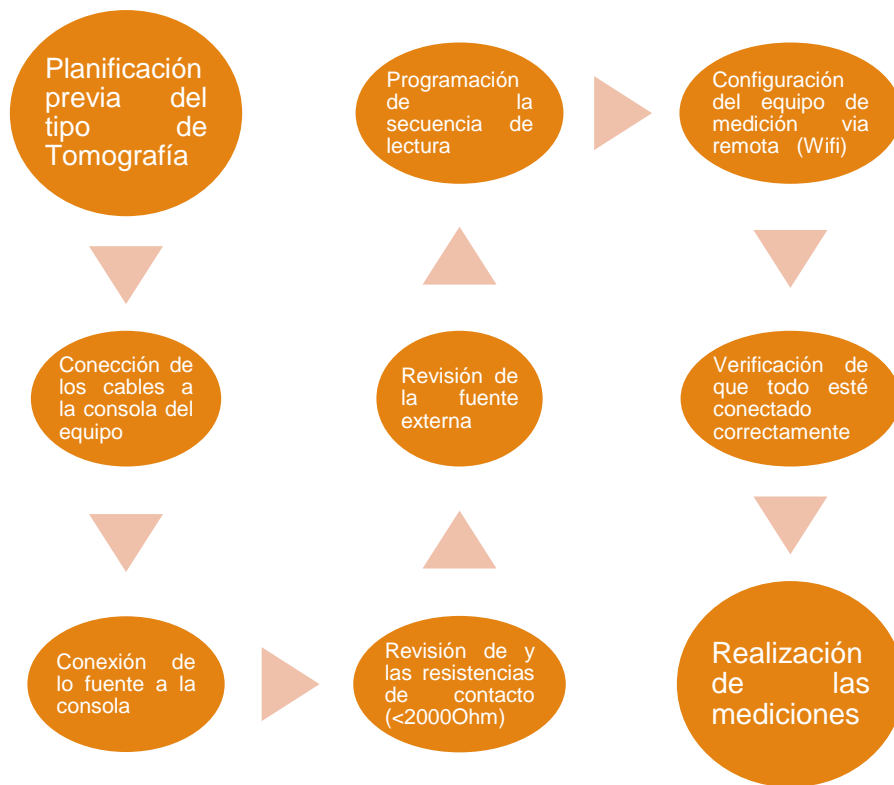


Figura 70. Diagrama que muestra el proceso general para la realización de la Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE:2D,3D o 4D) en campo.



### **Modelación e Inversión de Estructuras en 1D,2D y 3D.**

En este tópico, se pretende enseñar al estudiante a Modelar e Invertir estructuras en las tres dimensiones, a través de contenido dinámico y actividades de modelación e inversión.

#### Modelación e Inversión de Estructuras en 1D, 2D y 3D

- H-P** Modelación e Inversión de estructuras en 1D 
  - [Modelación e inversión de estructuras en 1D \(sin preguntas emergentes\)](#)
  - [Descarga IPI2WIN](#)
  - [Descarga ZONDIP1D](#)
  - [Descarga EARTHIMAGER 1D](#)
  - [Actividad de modelación e inversión en 1D](#) 

! Esperado en 30 de March de 2022

19 de 30 Enviados
- H-P** Modelación e Inversión de estructuras en 2D 
  - [Modelación e Inversión de estructuras en 2D \(sin preguntas emergentes\)](#)
  - [Actividad de modelación e inversión en 2D](#) 

! Esperado en 2 de May de 2022

20 de 30 Enviados
- H-P** Modelación e Inversión de estructuras en 3D 
  - [Modelación e Inversión de Estructuras en 3D \(sin preguntas emergentes\)](#)
  - [Actividad de modelación e inversión en 3D](#) 

! Esperado en 20 de May de 2022

1 de 30 Enviados, 1 Sin-calificar

Figura 71. Captura de pantalla del tópico “Modelación e Inversión de estructuras”, en esta se muestra la estructura del tópico.

En la figura 71, se observa la distribución este tópico en tres secciones, cada una correspondiente a un video tutorial, es decir, cada sección introduce a los estudiantes a las principales funciones de modelación e inversión de los softwares estudiados, ya sea en 1D, 2D o 3D.

Para cada video tutorial, existe una versión con contenido interactivo y otra sin contenido interactivo, es decir, existe la versión en forma de contenido estático. Esto con el fin, de que el estudiante tenga la opción de decidir cual qué tipo de contenido prefiere. En la figura 72, se muestran los softwares utilizados y las estructuras modeladas.

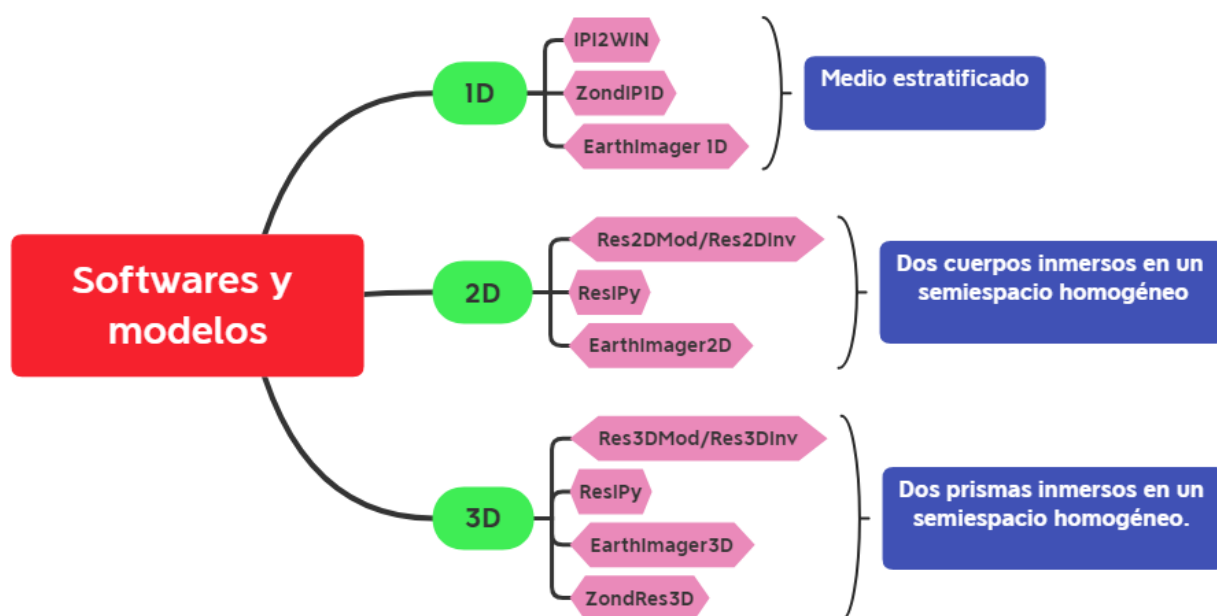


Figura 72. Mapa conceptual donde se muestran los softwares utilizados para los tutoriales, y las estructuras modeladas.

En estos videos se muestra, paso a paso, la creación de un modelo y la inversión de este en cada uno de los softwares, en el caso del software "EarthImager", se usó la versión demo en las tres dimensiones.

En todos estos modelos, se usaron para cada dimensión las mismas especificaciones, como numero de electrodos, espaciamiento entre electrodos y dispositivo electródico. En muchas ocasiones, no todos los estudiantes tienen acceso al software que se maneja en la facultad por la falta de llaves físicas(EarthImager), en consecuencia, es importante que sepan que se puede realizar el mismo procedimiento con otros programas, que, además, son de acceso libre.





Figura 74. Captura de pantalla del video tutorial 2D.



Figura 75. Captura de pantalla del video tutorial 3D.

## **Entrevistas a Expertos en Modelación, Inversión e Interpretación de la Prospección eléctrica.**

Con la integración de estos videos, se busca reducir la brecha que existe entre los estudiantes y los expertos, esto es, que normalmente los estudiantes se perciben muy lejanos, ajenos a ellos, y, por lo tanto, no tienen la confianza para acercárseles fuera del aula para pedirle consejos o conocerlos. Por lo anterior, se realizaron estas entrevistas para que los estudiantes escuchen la perspectiva, recomendaciones y experiencias de expertos en Ciencia e Ingeniería de nuestro país en el ámbito de la exploración geoelectrica. Dichas entrevistas cubren tres ámbitos: **“Modelación e Inversión”**, **“Educación Superior”** y **“Las aplicaciones de la Prospección Eléctrica”**. Finalmente, se espera que los temas mencionados, y los recursos integrados, motiven a los estudiantes a cambiar de perspectiva y, por consecuencia, comiencen a ver a estos expertos como lo que son, seres humanos y colegas.

### Entrevistas a Expertos en Modelación, Inversión e Interpretación de la Prospección Eléctrica

 <a href="#">Entrevistas primera parte - Modelación en Inversión</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
 <a href="#">Entrevistas segunda parte - Educación Superior</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
 <a href="#">Entrevistas tercera parte - Aplicaciones de la Prospección Eléctrica</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
 <a href="#">Reseña Dr. Andrés Tejero Andrade</a> 185KB Documento PDF	<input checked="" type="checkbox"/>
 <a href="#">Reseña Dr. Josué Tago Pachecho</a> 231.8KB Documento PDF	<input checked="" type="checkbox"/>
 <a href="#">Reseña Dr. René Chavez</a> 134.6KB	<input checked="" type="checkbox"/>
 <a href="#">Reseña Dra. Denisse Argote</a> 386.6KB Documento PDF	<input checked="" type="checkbox"/>
 <a href="#">Reseña Ing. Alejandro Arroyo</a> 362.1KB Documento PDF	<input checked="" type="checkbox"/>

*Figura 76. Captura de pantalla del tópico de “Entrevistas a Expertos”, en esta se muestra la estructura del tópico.*

**Modelación de Inversión:** Este tema se toca en el video que se muestra en la figura 77. Abarca conceptos matemáticos básicos que hay que manejar para llevar a cabo esta importante tarea, que es el modelado y la Inversión de datos con distintos tipos de software.



Figura 77. Captura de pantalla del video de entrevistas a expertos, 1ra Parte.

**Educación Superior:** Se trata de los conceptos que deben manejar los estudiantes o las partes más importantes de la formación, el tema se toca en el video de la figura 78.



Figura 78. Captura de pantalla del video de entrevistas a expertos, 2da Parte.

**Las aplicaciones de la Prospección Eléctrica:** En esta sección de las entrevistas, los expertos nos comparten un poco acerca de su experiencia en la aplicación en diferentes áreas, las posibilidades de los métodos, cómo han cambiado con nuevas tecnologías, entre otros temas. La entrevista se implementa en el video de la figura 79.



Figura 79. Captura de pantalla del video de entrevistas a expertos, 3ra Parte.

### **Questionario de evaluación del curso**

En este apartado, se evalúan los conocimientos adquiridos por los alumnos durante el curso, este examen define si el alumno aprueba o no el curso. En esta primera iteración, se les aplicó el examen a los alumnos en el periodo del 16 al 31 de Mayo del 2022, a partir de las 8:19 AM. El alumno tiene 3 intentos permitidos y su calificación aprobatoria es 8, y son exámenes de retroalimentación es diferida, lo que significa que los estudiantes deben de escribir una respuesta a cada pregunta y después enviar todo el examen, antes de recibir una calificación o alguna retroalimentación.

## **CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL CURSO**

### **Examen Final**

Esperado en 31 de May de 2022

15 de 30 Intentados

Este examen definirá si el alumno o alumna aprueba o no el curso


Figura 80. Captura de pantalla del tópico de “Questionario de evaluación del curso”.

### **Encuesta de calidad del curso**

En esa sección, se les aplicó una encuesta a los alumnos con la finalidad de conocer su opinión acerca de la calidad del curso, los aspectos tomados en cuenta fueron los siguientes:

- Calidad del contenido
- Cantidad de materiales
- Claridad del contenido
- Cantidad de tiempo invertido
- Atención recibida
- Aprovechamiento
- Contribución al desarrollo académico

## ENCUESTA DE CALIDAD DEL CURSO

 Encuesta de calidad del curso: Modelación e inversión de datos de PE en 1D, 2D y 3D con software libre

! Esperado en 31 de May de 2022

i 18 de 30 Enviados

*Figura 81. Captura de pantalla del tópico de “Encuesta de calidad del curso”.*

### **Resultados**

En esta sección del documento, se presentan los **resultados de la implementación del curso**, donde se correlacionarán las respuestas que brindaron nuestros estudiantes en las encuestas de calidad con los materiales integrados en el curso y con las calificaciones que obtuvieron en su examen final (*Figura 82*).



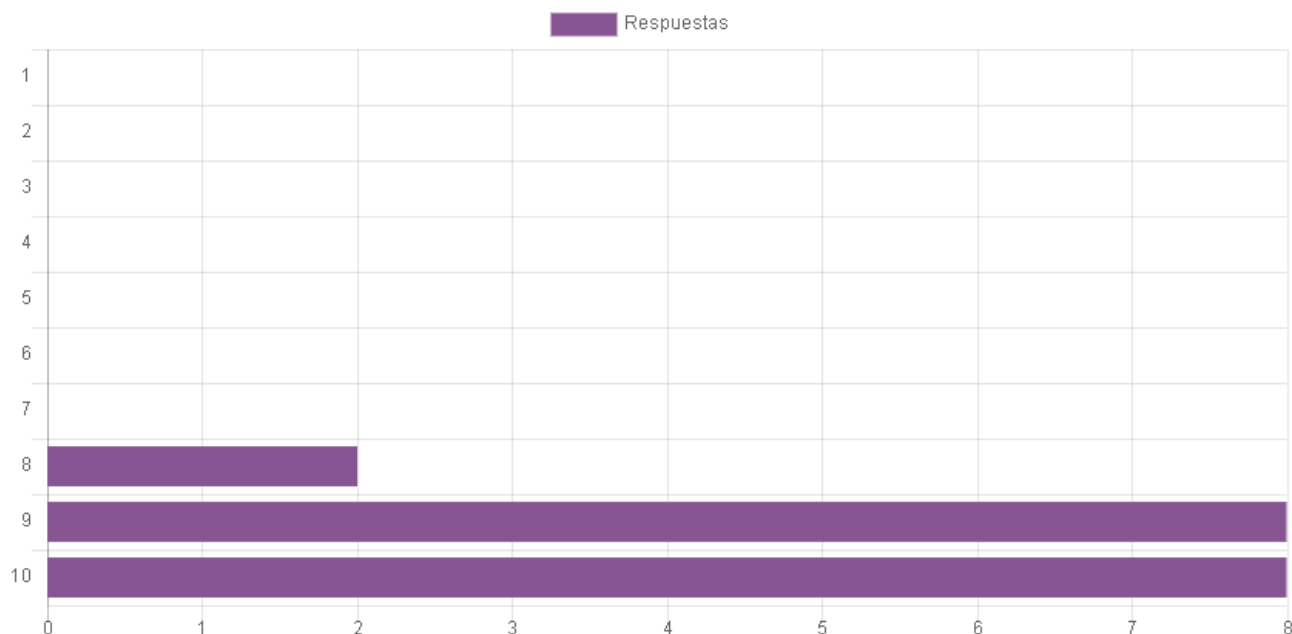
*Figura 82. Diagrama de Venn que ilustra la composición de los resultados, Imagen realizada en Inkscape.*



## Resultados de las encuestas

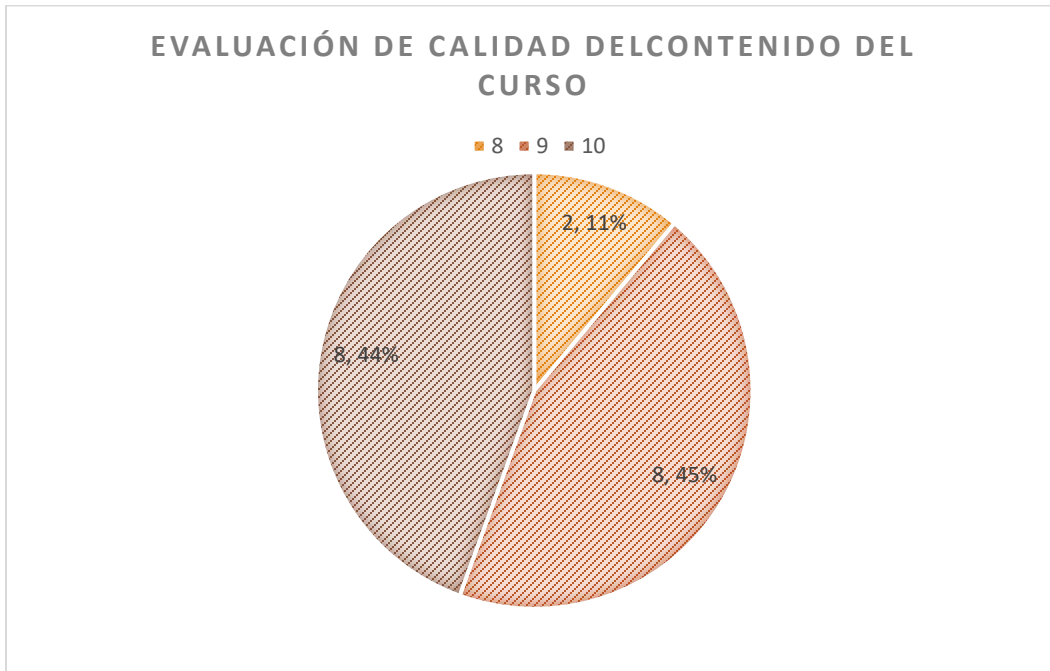
Moodle nos permite realizar encuestas y automáticamente, nos proporciona un pequeño análisis de los datos recopilados expresados en forma de gráfica de barras, por esta razón, a continuación, se muestran 2 tipos de gráficas, de barras y de pastel. La naturaleza de los datos es de tipo paramétrico, es decir, que las evaluaciones se hacen en una escala del 1 al 10. En la *figura 83*, se muestra el análisis que hizo Moodle a la primera pregunta de la encuesta, donde se solicita a los alumnos evaluar la calidad de contenido del curso, esta gráfica muestra que de los 18 alumnos que respondieron a la pregunta, 8 evaluaron el curso con una calificación de 10, 8 con una calificación de 9 y a apenas 2 con una calificación de 8. Esto no solo nos indica que los alumnos consideraron de buena calidad al curso, sino que el 45% de los alumnos consideraron que el curso fue excelente. Otro aspecto para tomar en cuenta es que el 100% de las calificaciones fueron mayores a 7, lo que refuerza la hipótesis antes mencionada acerca de la alta satisfacción por parte de los alumnos con respecto al contenido del material.

En una escala de 1 al 10 evalúa la calidad del contenido del curso.



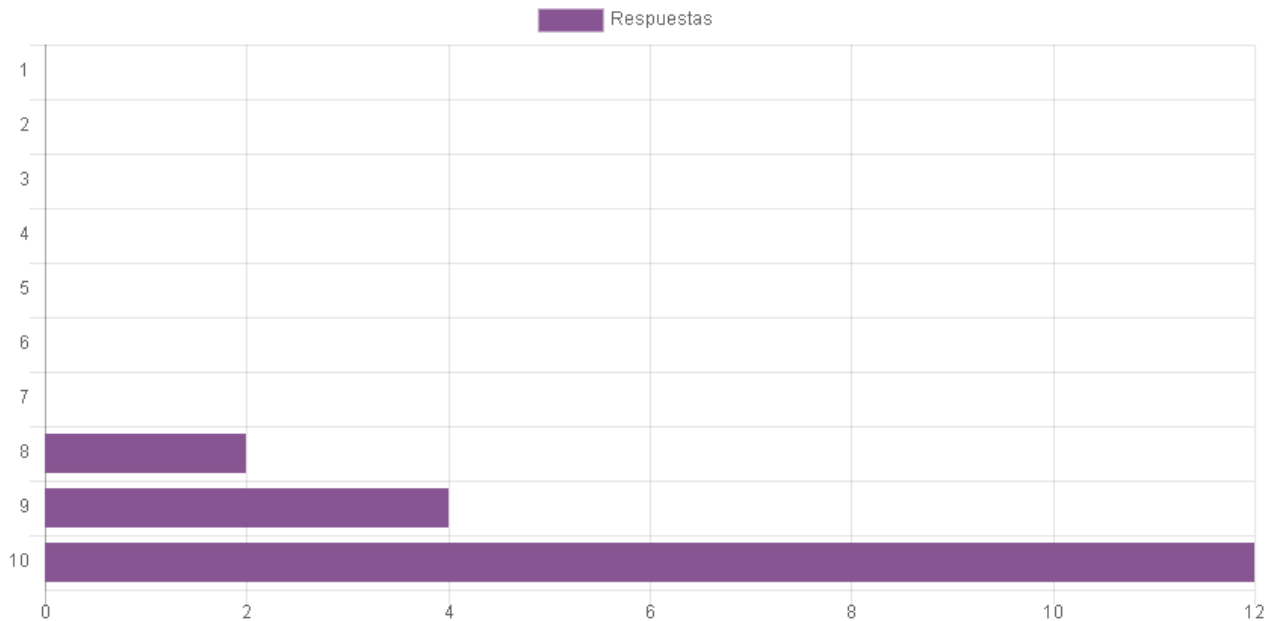
*Figura 83. Gráfica que evalúa la calidad del contenido del curso.*

De forma similar, observamos en la *figura 84*, que el 100% de las calificaciones son superiores a 7, aunque, en este caso la calificación se trate de la cantidad de materiales proporcionados. En la *figura 86* observamos la distribución de las calificaciones en una gráfica de pastel, la cual nos indica que 67% de los alumnos dieron la calificación máxima a este rubro del curso, y apenas el 11% dieron un 8.

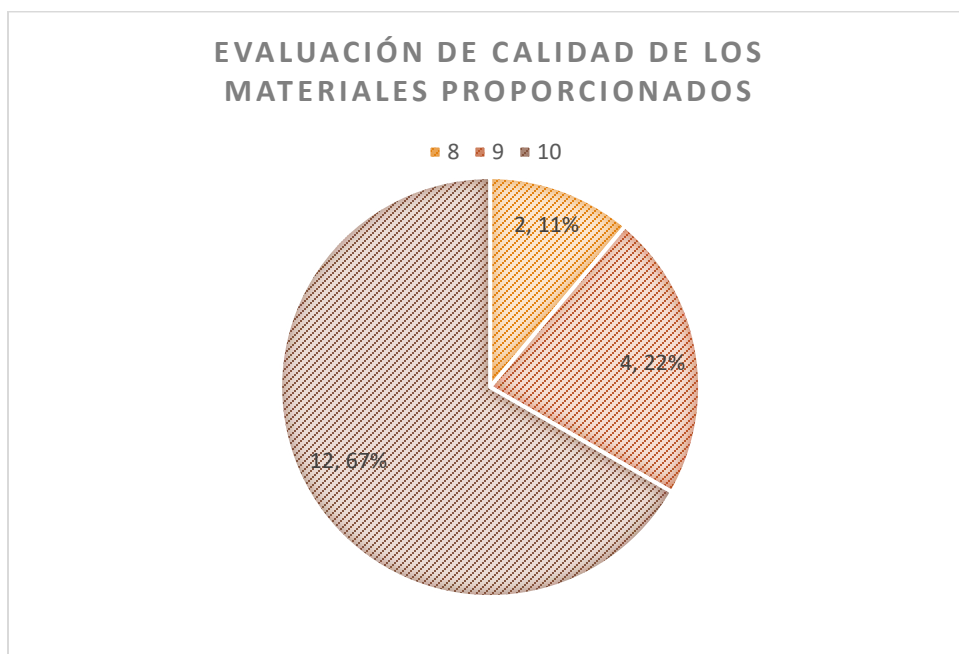


*Figura 84. Representación en gráfica de pastel de las respuestas obtenidas en la encuesta de calidad.*

En una escala del 1 al 10 evalúa la cantidad de materiales proporcionados, esto es, si faltaron (calificación de 1) o si fueron más que suficientes (calificación 10).

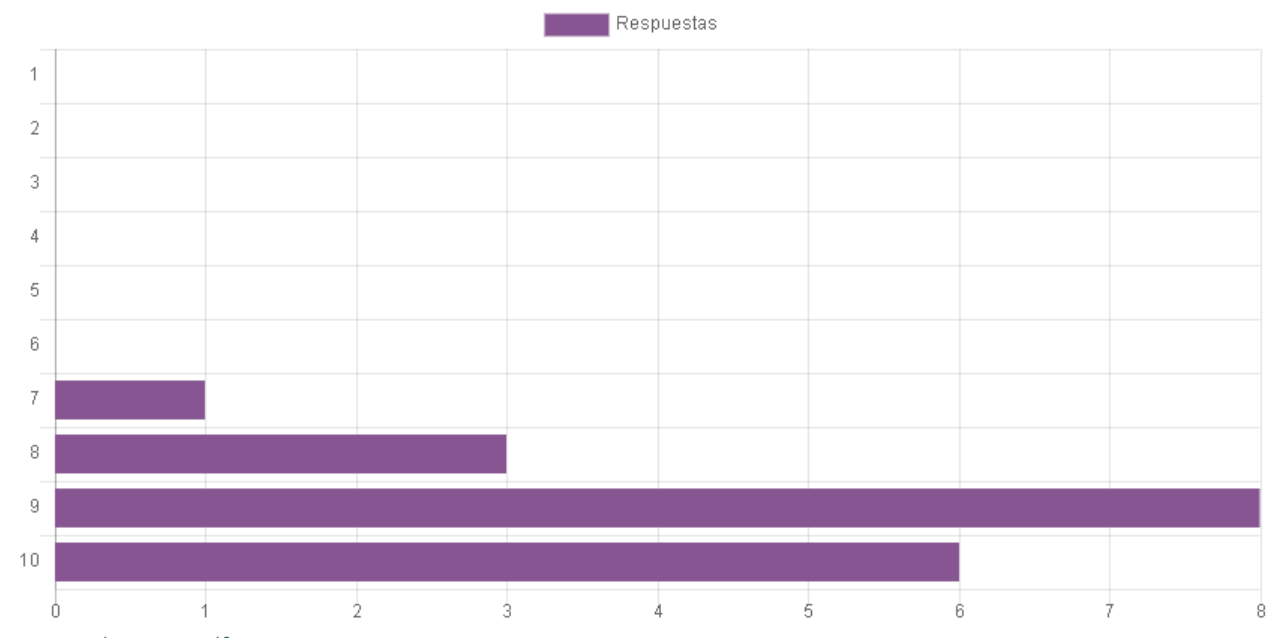


*Figura 85. Gráfica que evalúa la cantidad de materiales proporcionados durante el curso.*



*Figura 86. Representación en gráfica de pastel de la evaluación de la calidad de los materiales.*

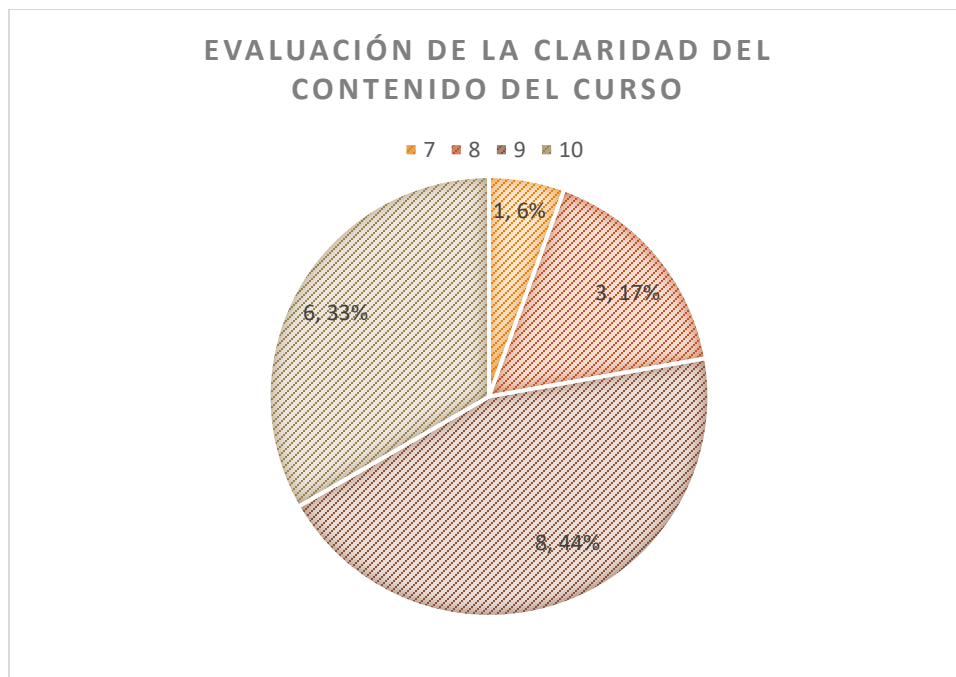
En una escala del 1 al 10 evalúa la claridad del contenido del curso.



*Figura 87. Gráfica que evalúa la claridad del contenido del curso.*

Por otro lado, en la *figura 87*, se observa un ligero cambio en la distribución de los datos, resultado de un solo alumno que consideró que el curso tuvo una claridad de 7. Sin

embargo, la distribución de los datos sigue siendo asimétrica a la izquierda, en este caso, el 33% calificaron con un 10 la evaluación de la claridad del curso, 44% con 8 y el 17% restante con 7 (*Figura 88*), lo cual continua indicando resultados positivos.



*Figura 88. Representación en gráfica de pastel de la evaluación de la claridad del contenido del curso.*

En cuanto a la cantidad de tiempo que los alumnos invirtieron al curso, considerando como “demasiado” al rango de respuestas entre 1 y 3, se nos muestra en la *figura 89* que el 33% de los alumnos les tomó “demasiado tiempo” terminar el curso, concretamente el 22% de los alumnos seleccionaron la calificación de 1 y el 11% de 3. Del 67% restante, definimos los intervalos como [ 4 – 6: “Tiempo medio” ] y [ 6 – 10 : Tiempo suficiente” ]. Del intervalo “Tiempo medio”, 11% de los alumnos calificaron con 4, 6% con 5 y 11% con 6, resultando en que al 28% de los alumnos les tomó un “Tiempo medio” terminar el curso (*Figura 77*). Del último intervalo, al 39% de los alumnos les tomó “Tiempo suficiente” terminar el curso, distribuidos con 6% con calificación de 7 y 33% para las calificaciones de 8,9 y 10 (11% c/u).

Afortunadamente, este curso está pensado para que cada alumno se tome el tiempo que necesite para terminarlo, así que el que los alumnos no presenten un patrón claro de utilización de tiempo para la terminación del curso es entendible, resultado de la interacción asincrónica. Sin embargo, resulta interesante y satisfactorio observar que fueron apenas el 33% de los alumnos los que reportaron una calificación menor o igual a 3, indicando que el curso favorece la optimización de los tiempos de los estudiantes.

En una escala del 1 al 10 evalúa la cantidad del tiempo que invertiste en terminar el curso. Considera 1 si el tiempo fue demasiado y 10 si el tiempo que empleaste fue suficiente para abarcar el contenido.

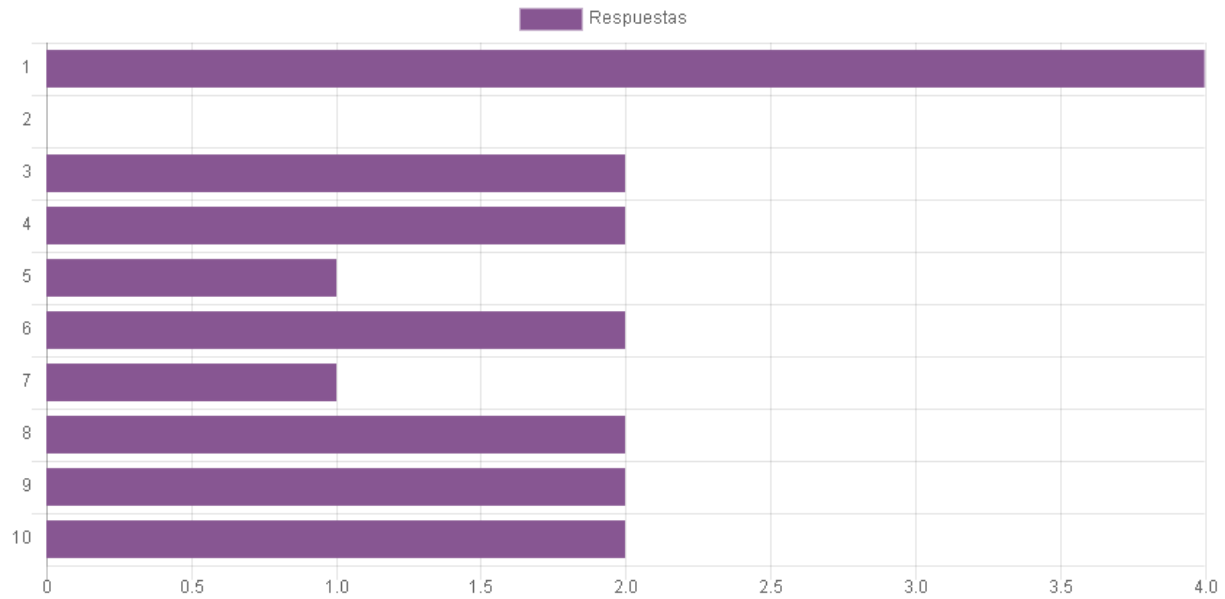


Figura 89. Grafica que evalúa la cantidad de tiempo invertido por los alumnos en terminar el curso.

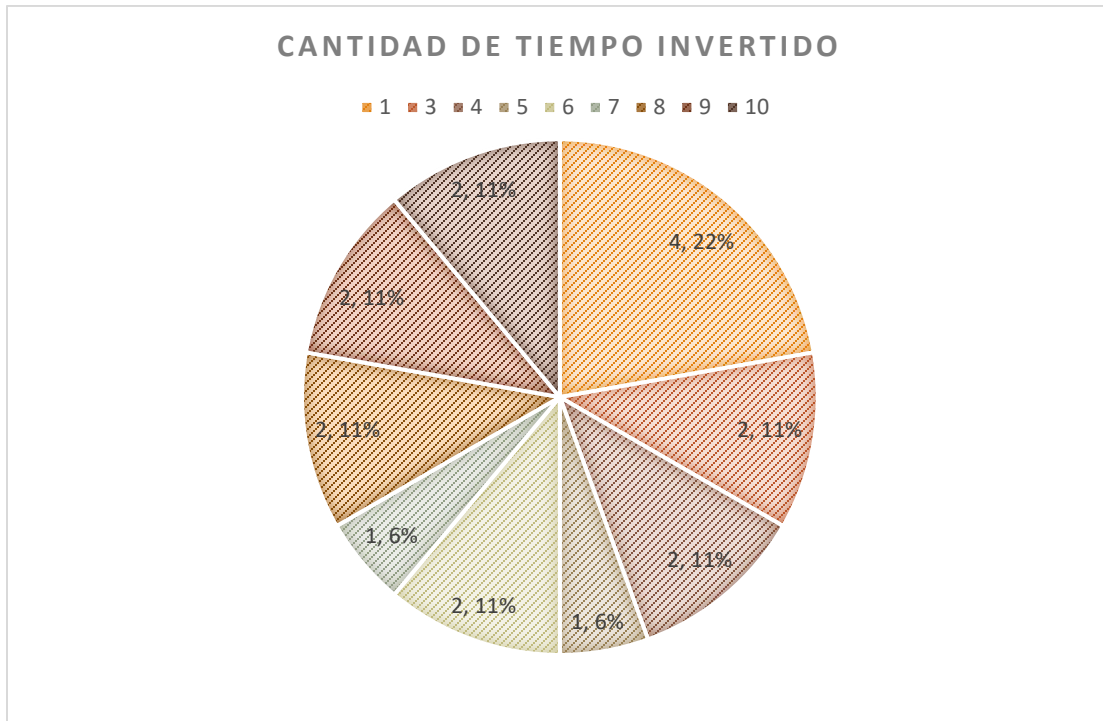
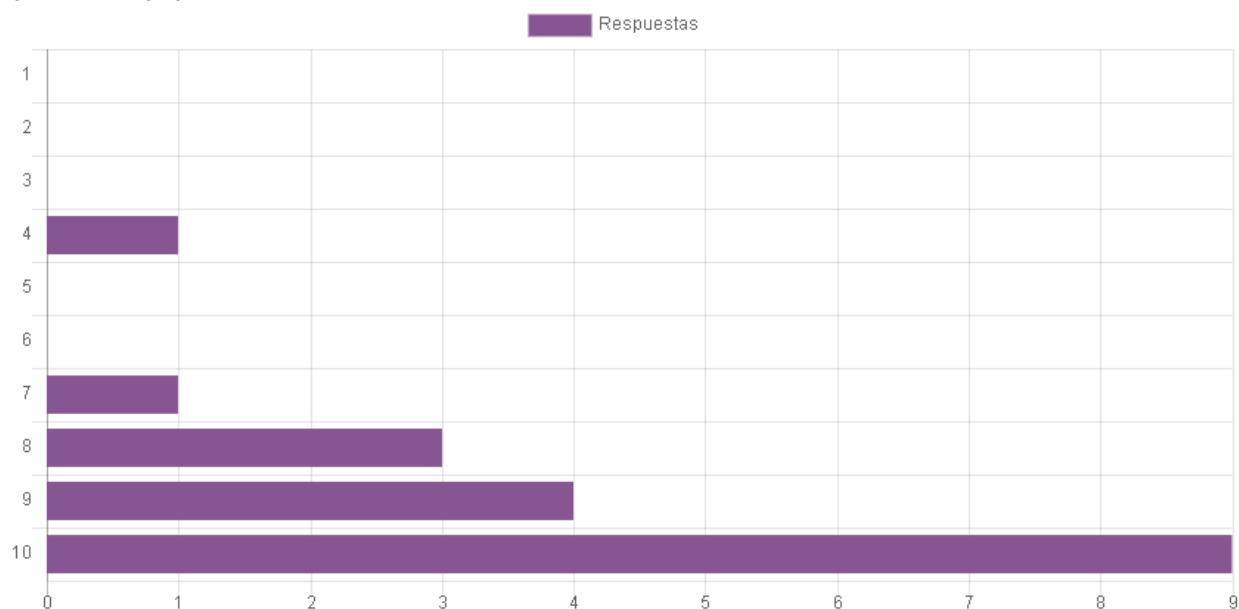


Figura 90. Representación gráfica en forma de gráfica de pastel del tiempo invertido por los alumnos para acabar el curso.

En cuanto a la atención recibida durante el curso, observamos una clara distribución asimétrica a la izquierda, que sugiere evaluaciones positivas( *Figura 91*).

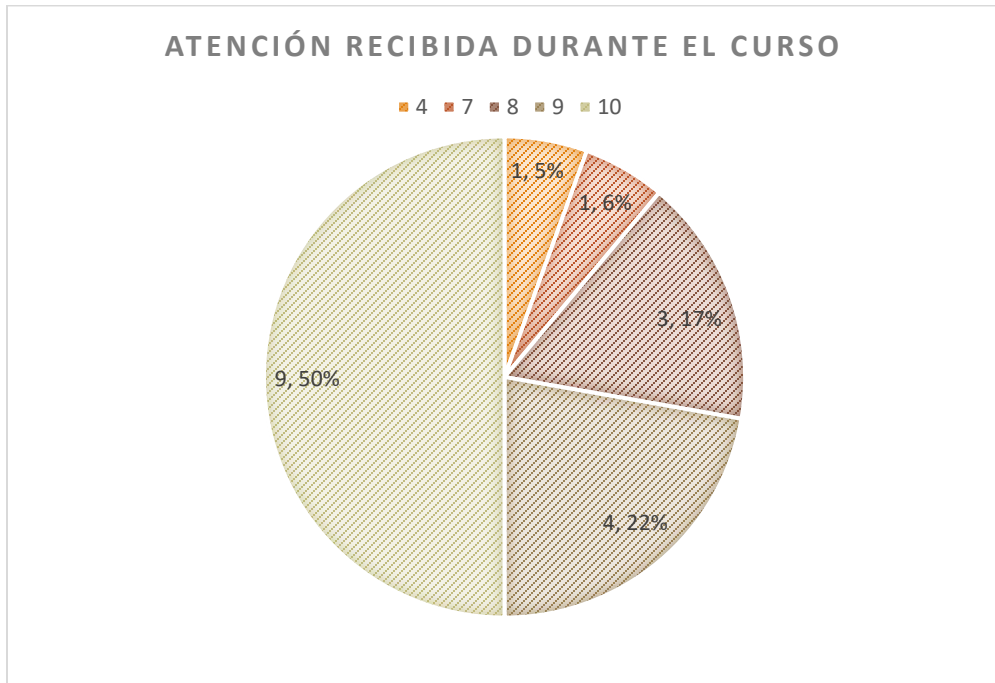
En una escala del 1 al 10 evalúa la atención recibida durante el curso. Considera 1 si no recibiste atención y 10 si recibiste ayuda en tiempo y forma.



*Figura 91. Grafica que evalúa la calidad de la atención recibida durante el curso.*

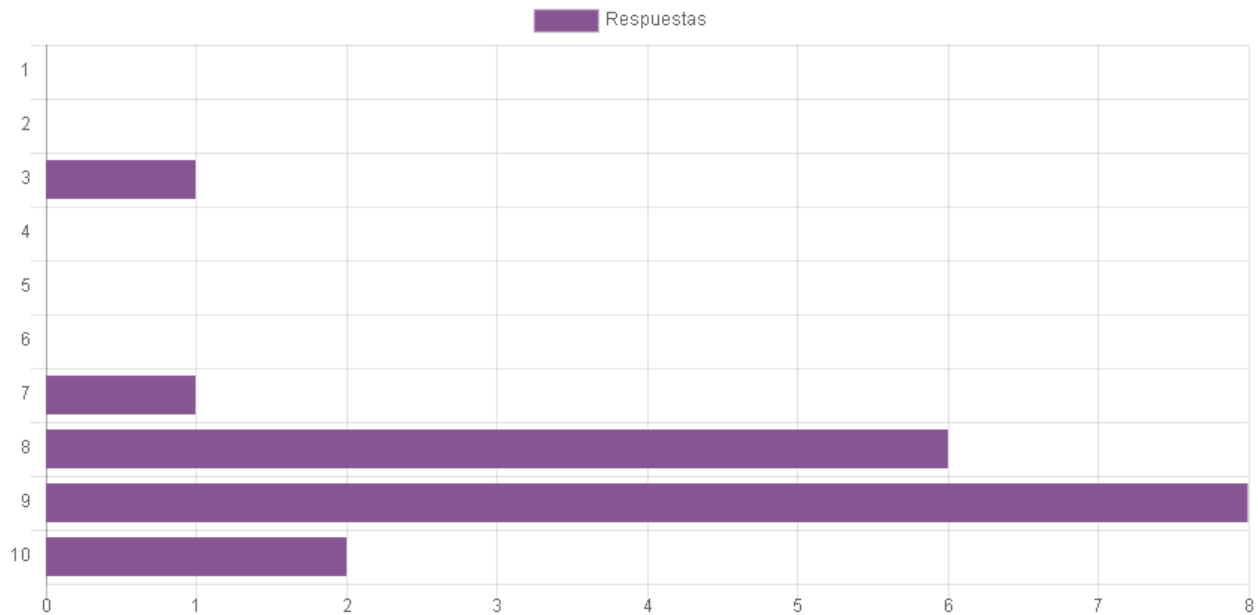
De la figura 92, se observa que el 50% de los estudiantes recibieron ayuda de forma excelente y a tiempo, calificando el servicio con un 10. Y que apenas el 5% de los alumnos no la recibieron tan a tiempo, calificando el servicio con un 4. Esto nos habla de que la presencia social en el curso estuvo bien implementada, porque la mayoría de los alumnos recibieron la ayuda en el momento oportuno, aquí hay que ver si ese alumno que marcó el 4 realmente tuvo algún problema con el manejo de sus tiempos en el curso, ya que su respuesta se aleja por mucho de las respuestas del 95% de los alumnos.

De forma similar a la gráfica de la *figura 91*, en la *figura 93* observamos que los datos se orientan la parte de las calificaciones altas, en este caso evaluando el aprovechamiento de los alumnos, nuevamente observamos un dato atípico representando ese 5% que no aprovechó adecuadamente el curso, habría que ver porqué y comunicarnos con ese alumno en específico. Por otro lado, dejando de lado ese dato atípico, el resto de los alumnos mostraron una clara distribución asimétrica hacia la izquierda, donde el 77% de los estudiantes, evaluaron su aprovechamiento entre el 9 y 10, y el 23% restante, entre el 7 y 8. Esto nos habla de que nuestros estudiantes se sintieron satisfechos y con un aprovechamiento adecuado del curso.



*Figura 92. Representación Gráfica en forma de pastel que evalúa la claridad del contenido del curso.*

En una escala del uno al diez evalúa tu aprovechamiento del curso.



*Figura 93. Grafica que evalúa la claridad del contenido del curso.*

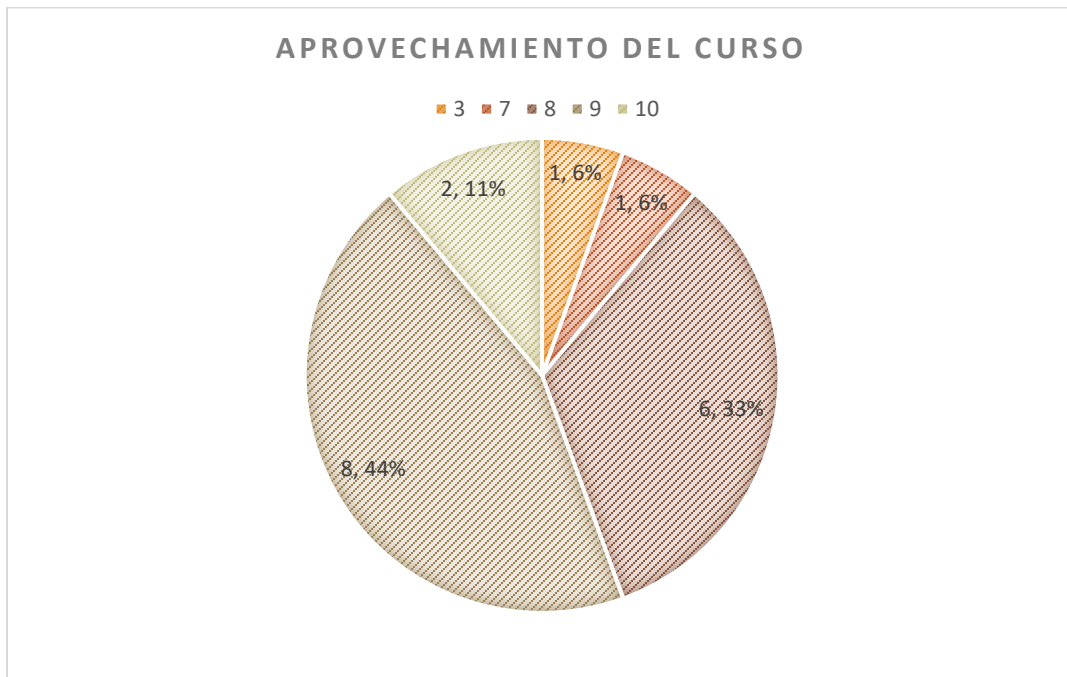


Figura 94. Grafica de pastel del aprovechamiento del curso

En una escala del uno al diez evalúa el nivel de contribución del curso a tu desarrollo académico.

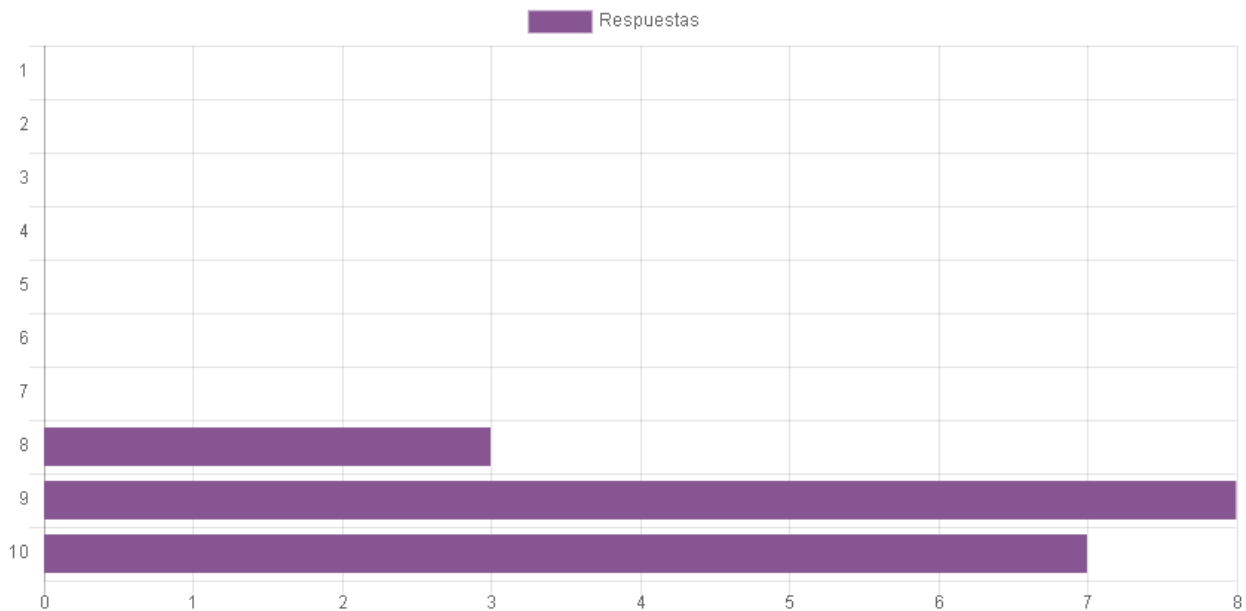
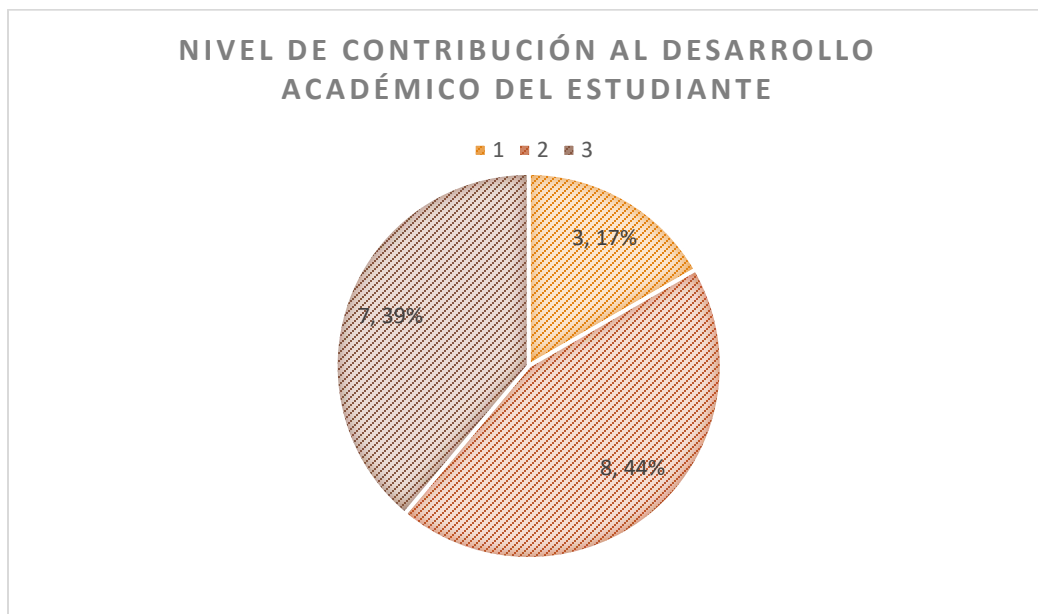


Figura 95. Grafica que evalúa el nivel de contribución del curso al desarrollo académico del alumno.



Finalmente, en la *figura 95* se muestra la gráfica de barras de la contribución del curso al desarrollo académico de los alumnos, donde el 100% de nuestros alumnos calificaron su experiencia con la una calificación mayor o igual a 8, y, en la *figura 96*, observamos que de ese 100%, el 39% de los alumnos calificaron con un 10 la contribución del curso a su desarrollo académico, el 44% con un 9 y apenas el 17%.



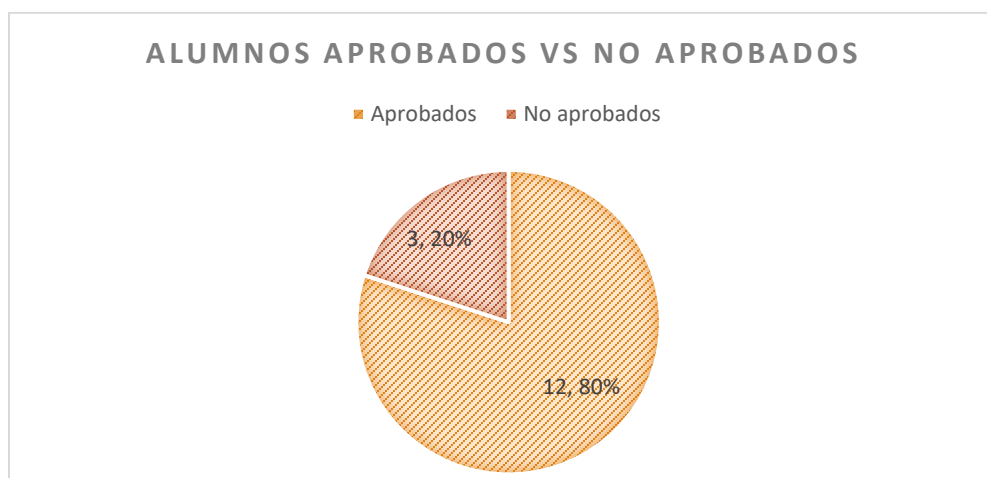
*Figura 96. Representación gráfica del nivel de contribución al desarrollo académico del estudiante.*

Apellido(s)	Tiempo empleado	Calificación(1er intento)	T. (2do intento)	Calificación (2do intento)	T.(3er intento)	Calificación (3er intento)
Ascencio	40 mins		6.02			
RAMIREZ	33 mins 20 segundos		6.25	30 mins 4 segundos	8.7	
SOLIS	24 mins 37 segundos		6.34			
GONZALEZ	38 mins 1 segundos		5.92			
Arizmendi	40 mins		3.53			
MURCIA	41 mins 28 segundos		4.3	31 mins 9 segundos	7.48	22 mins 50 segundos 8.88
GOMEZ	40 mins		5.3	31 mins 7 segundos	7.89	22 mins 50 segundos 8.88
RAYO	39 mins 41 segundos		8.25	15 mins 16 segundos	10	
PALESTINA	39 mins 48 segundos		7.55	9 mins 29 segundos	10	
GUIZAR	11 mins 39 segundos		9.5			
CUEVAS	40 mins 1 segundos		5.85	25 mins 35 segundos	8.5	36 mins 55 segundos 10
RODRÍGUEZ	16 mins 4 segundos		10			
LOPEZ	14 mins 5 segundos		9.42	30 mins 3 segundos	10	
GALLEGOS	22 mins 13 segundos		9.05	11 mins 59 segundos	10	
BONILLA	16 mins 49 segundos		5.92			
PROMEDIO			6.88		9.07125	9.253333333

*Figura 97. Captura de pantalla de las calificaciones de los alumnos, resaltados en color verde los aprobados y en naranja los no aprobados, descargada del curso.*

## Calificaciones

En cuanto a calificaciones se refiere, los resultados también fueron satisfactorios. Apenas 3 alumnos reprobaron el examen final. El 80% restante de los alumnos aprobaron el curso exitosamente, de los cuales, más de la mitad tuvieron una calificación superior a 9.5. En la *figura 97*, se muestra una captura de pantalla de las calificaciones que los alumnos obtuvieron en su examen final, donde se observan los apellidos en la primera columna, los tiempos de realización en la segunda y sus calificaciones en la tercera, así como los datos de sus intentos sucesivos en las columnas restantes, estos datos, se correlacionaran con los datos de las figuras 98, 99, 100 y 101.



*Figura 98. Gráfica de pastel que muestra el porcentaje de alumnos aprobados y no aprobados.*

Apellido(s)	Calificaciones finales
Ascencio	6.02
RAMIREZ	6.25
SOLIS	6.34
GONZALEZ	5.92
Arizmendi	3.53
MURCIA	8.88
GOMEZ	8.88
RAYO	10
PALESTINA	10
GUIZAR	9.5
CUEVAS	10
RODRÍGUEZ	10
LOPEZ	10
GALLEGOS	10
BONILLA	5.92
PROMEDIO	8.082666667

*Figura 99. Gráfica de barras que muestra las calificaciones obtenidas por los alumnos, donde se agrupa por rangos.*

## **Análisis y discusión de los resultados**

Afirmaciones extraordinarias requieren evidencia extraordinaria. Cuantitativamente, los resultados de la implementación de este curso fueron buenos, el 80% de los alumnos aprobó el curso MOOC, y, la relación de alumnos que inscribieron el curso y aprobaron la asignatura de prospección eléctrica fue de 1 a 1, es decir, el 100% de los alumnos que inscribieron el curso, aprobaron exitosamente la asignatura de Prospección eléctrica.

Lo anterior, nos permite relacionar, que, la implementación del curso “Modelación e Inversión de datos de Prospección eléctrica en 1D,2D y 3D usando Software libre” de firma simultánea con la asignatura de Prospección eléctrica, promovió el incremento del rendimiento académico de los estudiantes, y por consecuencia, mejoró la experiencia educativa de estos. Esta correlación, aunque bastante prometedora, necesita de un estudio más riguroso para fortalecerla y convertirla en una causalidad, es decir, con un tamaño de muestra mayor se podría realizar y proporcionar un análisis más significativo, tanto del impacto como de los beneficios de este curso y este tipo de cursos en el estudiantado.

Dicho lo anterior, el hecho de que el 100% de nuestros estudiantes hayan aprobado la asignatura ya nos indica que implementar este tipo de cursos en las asignaturas de Prospección Geofísica es de mucha utilidad, y, puede brindar un impacto muy positivo tanto en el conocimiento como en el rendimiento del estudiantado, información que también puede observarse en las encuestas (*Figura 96*).

En cuanto al tiempo que invirtieron los estudiantes terminar el curso, en las *figuras 90 y 91* se observa que fue muy variado, consecuencia de las circunstancias personales de cada alumno y de la interacción asincrónica, sin embargo, en la captura de pantalla que se observa en la *figura 97* también se observa que los alumnos que tuvieron mayor calificación en el examen final usaron menos tiempo en responder el examen, además, este mismo grupo, obtuvo calificaciones mayores o iguales a 8 en la asignatura.

Algo a tomar en cuenta es que, el tamaño de la muestra es limitado, apenas fueron 15 alumnos, y, aunque este factor limita la interpretación, los comentarios recibidos de las opiniones de los alumnos fueron en su mayoría positivos y satisfactorios. Todos los comentarios tenían algo bueno que decir del curso, comentarios como que es muy buen complemento, que el tiempo fue adecuado, que les ayudó mucho, que los materiales fueron muy útiles, que les pareció muy completo, que se notaba que estaba muy bien planeado e incluso, hubo un alumno que agradeció que nos tomáramos el tiempo de crear este tipo de contenidos. Alguno de los comentarios que me parecieron más relevantes fueron los siguientes:

- “Este sistema debe continuar, realmente es útil y me parece que me va a ser de gran ayuda en cursos posteriores y en general en mi vida profesional, gracias por tomarse la molestia de crear este tipo de herramientas”
- “El tiempo del curso fue adecuado y la información fue muy adecuada a lo visto en clase”
- “El curso es muy complementario, ayuda a ver la parte práctica de los métodos, una de las actividades que más ayudo fue el proponer un modelo y ver su respuesta con distintos arreglos”
- “El curso me pareció muy completo, el material proporcionado es muy bueno y los videos tutoriales para el manejo de los softwares muy prácticos.”
- De forma general considero que el curso es bueno para reforzar conocimientos, ya que después de entregar los reportes junto a las prácticas presenciales sentí más claro lo aprendido.

Para futuras iteraciones del curso, sería interesante solicitar a los alumnos que nos proporcionen un aproximado del tiempo que les tomó terminar el curso y algunos comentarios de comparación de este tipo de cursos contra los estándares 100% presenciales y que nos cuenten un poco más de su experiencia con los videos interactivos y si prefieren los videos interactivos o estáticos.

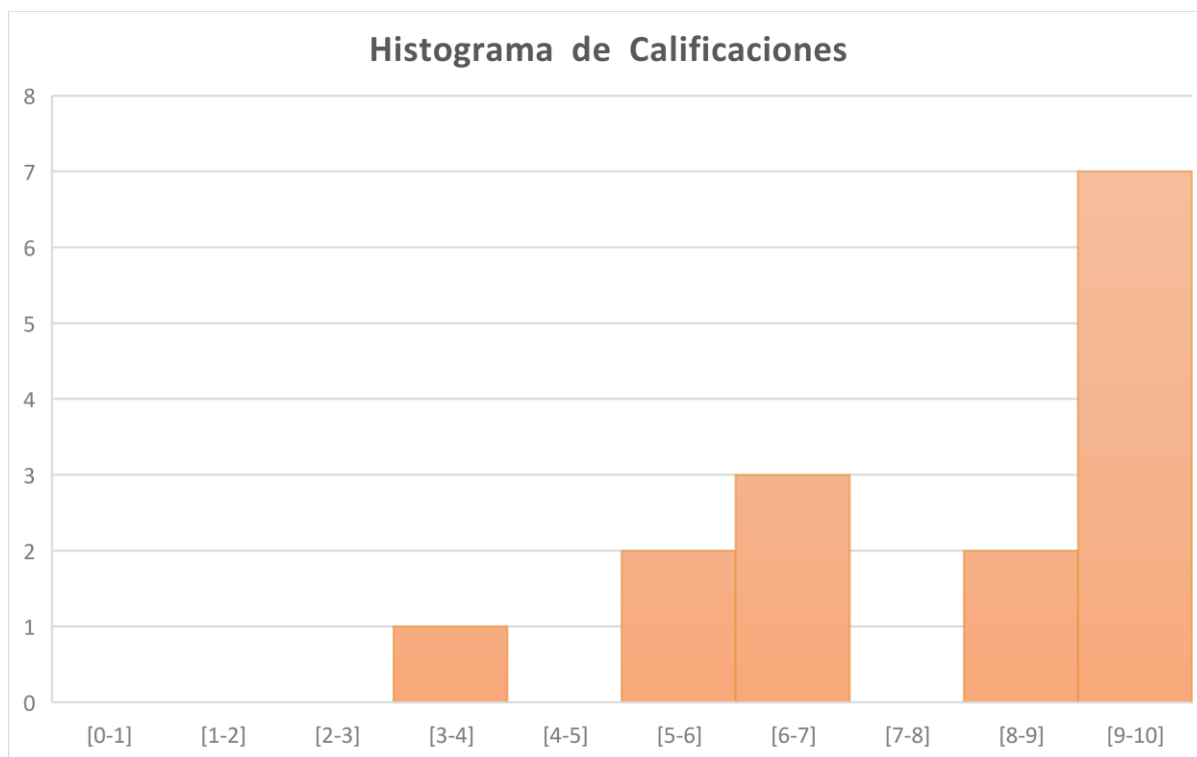


Figura 100. Histograma de calificaciones finales del curso.

NOMBRE	QT1	QT2	QT3	QT4	PROM Q	PRAC	HIST	ANOM	FILT	PROM RESUM	MM	VIDEO1	VIDEO2	VIDEO3	PTO	ACT1	ACT2	EXAM	PROM	CALIF	CALIF
ALVAREZ BECEI	7	9	10	7	8.25	9.2	9	6	10	8.33	0	0	0	0	0	9.804	6.471	0	5.43	7.70	8
ARIZMENDI AV	4	6	4	5	4.75	8.2	7	8	7.5	7.5	0.53	100	0	0	0.5	6.666	5.293	3.53	5.66	6.86	7
ASCENCIO LOP	6	5	6	3	5	8.5	7	8	6.9	7.3	0	100	0	100	1	6.471	7.059	6.02	7.52	7.04	7
BONILLA HERN	5	8	7	4	6	8.5	8	8	0	5.33	1	0	0	0	0	7.647	8.823	5.92	7.46	8.12	8
CASTILLO APAR	5	8	8	6	6.75	9.1	9	0	7.5	5.5	1	0	0	0	0	7.647	8.039	0	5.23	7.87	8
CUEVAS MUNC	6	8	9	6	7.25	8.3	5	8	6.9	6.6	0	100	0	0	0.5	6.863	6.275	10	8.21	7.79	8
GALLEGOS FLO	5	8	4	5	5.5	8.8	7	9	10	8.7	0.95	100	0	0	0.5	9.019	8.431	10	9.65	9.00	9
GOMEZ HERNAN	5	8	6	6	6.25	8.8	10	9	9	9.3	0.95	100	0	0	0.5	8.235	8.823	8.88	9.15	9.14	9
GONZALEZ LEZ	6	5	7	6	6	8.9	2	8	7.5	5.8	0.63	75	0	0	0.375	4.509	5.686	5.92	5.75	7.41	7
GUIZAR JARDO	5	7	8	5	6.25	9.2	8	0	9	5.7	0	0	0	0	0	9.019	6.275	9.5	8.26	7.68	8
HUERTA ISLAS	7	0	0	0	1.75	0	5	8	0	4.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.96	1
LOPEZ MARTIN	6	6	7	5	6	8.2	7	10	7.5	8.2	0.9	100	0	0	0.5	5.686	8.235	10	8.47	8.52	9
MURCIA PINED	7	6	5	5	5.75	8.7	7	9	9	8.3	0.95	0	0	0	0	7.255	7.059	8.88	7.73	8.44	8
PALESTINA OLI	7	8	7	5	6.75	8.6	9	7	9.5	8.5	1	100	0	0	0.5	8.039	8.039	10	9.19	9.21	9
RAMIREZ ARM.	5	6	7	7	6.25	9.1	6	7	0	4.3	0.8	0	0	0	0	0	5.49	8.7	4.73	7.26	7
RAMIREZ MAYA	4	7	8	5	6	8.6	9	9	8.5	8.8	0.8	0	0	0	0	7.255	2.94	0	3.40	7.08	7
RAYO MALFAV	5	7	8	7	6.75	8.4	9	8	9	8.7	1	100	0	0	0.5	7.843	9.412	10	9.59	9.29	9
RODRIGUEZ JIM	4	6	6	6	5.5	8.5	10	8	10	9.3	0.95	100	100	0	1	8.039	7.059	10	9.37	8.89	9
SALCEDO FLOR	6	5	9	6	6.5	9.2	7	6	8.5	7.2	0.9	0	0	0	0	7.059	7.451	0	4.84	7.78	8
SERRANO SANI	4	7	9	6	6.5	8.6	6	10	8	8.00	0.8	0	0	0	0	8.039	6.471	0	4.84	7.58	8
SOLIS FLORES C	5	7	6	4	5.5	8.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.529	6.34	3.29	5.28	5	

Figura 101. Captura de pantalla de las calificaciones finales del curso. Las líneas en color morado son las calificaciones de los estudiantes en el curso en línea, el encabezado titulado "PTO" es punto por haber respondido a las preguntas de los videos.

## **Conclusiones**

La implementación del curso probó ser de provecho para los estudiantes, ya que mostró un impacto positivo medible tanto cualitativa como cuantitativamente (80% del total de alumnos aprobados, 40% con calificaciones de entre 9 y 10), a través de calificaciones altas, encuestas satisfactorias y un alto índice de aprobación. Las habilidades tanto teóricas como prácticas que los alumnos desarrollaron durante el transcurso del curso fueron medidas y analizadas. Cuantitativamente, los resultados se reflejaron en las calificaciones, y, cualitativamente, los resultados se vieron reflejadas en las encuestas. Se cumplió con el objetivo de entregar un curso que contuviera contenido interactivo, claridad de los materiales didácticos, claridad del contenido, retención de la atención de los estudiantes, presencia social, presencia cognitiva, presencia docente, optimización de tiempo invertido, aprovechamiento y contribución al desarrollo académico del estudiante.

Sin una buena educación, simple y llanamente, no hay sociedad sana, y, como docentes y alumnos, debemos aprender a integrar los beneficios de la tecnología en pro de la educación. Esta es apenas la primera iteración, los tiempos cambian, los retos crecen, el conocimiento evoluciona, y nosotros con él.

## **Propuesta**

Propongo continuar implementando este curso en semestres sucesivos, pero no solo en la asignatura de prospección eléctrica, sino como curso complementario en la asignatura de procesamiento de datos geofísicos, en el módulo de prospección eléctrica. También, abrir el curso a los recién egresados, y, a los alumnos de semestres superiores de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

“La interacción es el pegamento que mantiene unido el ambiente de aprendizaje” (Hampton M., 2020), de ahí que, igualmente, se propone que en semestres sucesivos se abra un foro que tenga como fin recibir los comentarios de los alumnos respecto a los aspectos que propongan mejorar del curso, y, de los aspectos que más les gustaron o les parecieron relevantes del curso.

Otra propuesta, es implementar un video de cómo realizar un URF, así como la documentación referente al procedimiento. Esta propuesta me parece especialmente relevante, pues es derivada de algunos comentarios recibidos de los alumnos.

De forma similar, propongo crear varios cursos de modelación e inversión de estructuras para cada una de las prospecciones geofísicas, así como uno enfocado a la programación y el tratamiento de señales, con el fin de que los alumnos puedan estudiar estos cursos durante la carrera, y, que les permita llegar con conocimientos más sólidos a las asignaturas de Prospección Gravimétrica, Prospección Electromagnética, Prospección Sísmica e Inversión de Datos Geofísicos.

En cuanto a encuestas y recopilación de datos se refiere, propongo solicitarles a los alumnos la cantidad de tiempo total invertida en terminar el curso, desde el inicio hasta el fin, y, por añadidura, que califiquen su experiencia educativa, que evalúen la calidad del tiempo que pasaron realizando el curso, justificando su respuesta. Finalmente, pedirles amablemente a los alumnos que comparen este tipo de cursos con los cursos regulares que vivieron durante la pandemia, y, que nos comenten qué ventajas percibieron en cuanto a su aprovechamiento.

## Referencias

- [1] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.5 en línea]. < Definición de prospección - Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE> [21/08/2022].
- [2] Butler, D. (2005). *Near-Surface Geophysics*. Tulsa, Oklahoma: Society of Exploration Geophysics.
- [3] Orellana, E. (1972). *Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua*. Madrid: Paraninfo.
- [4] Uc Canul D. A., Ortiz Jiménez E., *Libro de apuntes de fundamentos teóricos de la modelación e inversión de datos de prospección eléctrica en 1D, 2D y 3D, Material didáctico UNAM, México*.
- [5] F. R. Quíntela y R. C. Redondo Melchor. *Diccionario de Ingeniería Eléctrica*. Universidad de Salamanca. <https://electricidad.usal.es/Diccionario> (visto el 20 /08/2022).
- [6] Huitzil Hinojosa, L. E., *Prospección eléctrica en zonas costeras de México por medio de Tomografía eléctrica Bidimensional*, Ciudad de México, Tesis UNAM.
- [7] López González A. E., *Sondeo Eléctrico Vertical (SEV)*, Ciudad de México: , Material didáctico UNAM.
- [8] Hampton M.(23/Oct/2020). *Transform engagement: Interaction and online course design*. Extraído de:<https://www.timeshighereducation.com/campus/transform-engagement-interaction-and-online-course-design>.
- [9] Loke, M. (2001). *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*.
- [10] Álvarez, E. (2015). *Tomografía eléctrica resistiva 3D en la caracterización del subsuelo bajo estructuras civiles*. Ciudad de México: Tesis de Licenciatura, UNAM.
- [11] Arruabarrena, M. (2010). *Caracterización de un sitio contaminado por hidrocarburos usando tomografía de resistividad eléctrica*. Ciudad de México: Tesis de Licenciatura, UNAM.
- [12] Butler, D. (2005). *Near-Surface Geophysics*. Tulsa, Oklahoma: Society of Exploration Geophysics.
- [13] José Antonio, B. M., *Empleo del método geofísico Tomografía de Resistividad Eléctrica para la ubicación de un sitio de recarga de acuífero en Xochimilco*, Ciudad de México: Tesis de Licenciatura, UNAM.



[14 ] López González A. E ,*El método de polarización inducida aplicando problemas de contaminación en la Ciudad de México*, Ciudad de México: Tesis de Licenciatura, UNAM.

[16 ] Arroyo Carrasco A., Tejero Andrade A., López González A. E, *Concepto de anomalía en la exploración geofísica*. Material didáctico UNAM, México.

[17] González, Sonia. (2016). *La Tendencia Educativa MOOC en México; Un Análisis de su Evolución y Enfoque Pedagógico*, Chihuahua, Tesis de Maestría: Universidad Autónoma de Chihuahua.

[18] PAYER, MARIANGELES. *TEORIA DEL CONSTRUCTIVISMO SOCIAL DE LEV VYGOTSKY EN COMPARACIÓN CON LA TEORIA JEAN PIAGET*, Ciudad de México: Material didáctico, UNAM.

[19] Aulas Virtuales, CUAED-UNAM, (20 de junio de 2022). Logo Aulas Virtuales. *Aulas Virtuales.cuaed.unam.mx* e. <https://aulas-virtuales.cuaed.unam.mx/moodle/>

[20] *Revista de la Asociación de Ingenieros del Uruguay*, N°76

[21] Dougiamas Martin,(20 de junio de 2022). The Moodle Story. Moodle.com. *Extraído de:* <https://moodle.com/about/the-moodle-story/> >[20/08/2022]

[22] Escalante Sandoval C.A., Mensaje a la comunidad Universitaria de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, recuperado de: [Escolar FI Anteriores \(unam.mx\)](https://www.unam.mx/escolar/fi/antiguos)> [20/08/2022].

[23] Dougiamas Martin,(20 de junio de 2022). The Moodle Story. Moodle.com. *Extraído de:* <https://moodle.com/es/moodle-para-moocs/> >[20/08/2022]

[24] Escalante Sandoval C.A., *Protocolo Institucional en Tecnologías de la Información para la Continuidad Académica a Distancia de la Facultad de Ingeniería de la UNAM / EDUCAFI*, extraído de <https://www.ingenieria.unam.mx/protocoloTI/educafi.html> > [20/08/2022].

[25] Beal, V, *what is Google Classroom?* , <https://www.webopedia.com/definiciones/google-classroom/>> [20/08/2022].

[26] Tang, B.C. (2005). *Interactive e-learning activities to engage learners - A simple classification*. In P. Kommers & G. Richards (Eds.), *Proceedings of ED-MEDIA 2005--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (pp. 4092-4097). Montreal, Canada: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). [20/08/2022].

[27] Osama Al-Shara, Mohamed Ibrahim. *Impact of Interactive Learning on Knowledge Retention*. ADWC, Higher Colleges of Technology PO Box 41012, Abu Dhabi, UAE

[28] Ibrahim, M., & Al-Shara, O. (n.d.). *Impact of Interactive Learning on Knowledge Retention. Human Interface and the Management of Information. Interacting in Information Environments*, 347–355.

[29] Mittal Pratham ,(20 de junio de 2022). What Is Interactive Content? – How to Use and Create It. Extraído de: <https://outgrow.co/blog/interactive-content-guide#:~:text=lt%20increases%20brand%20awareness.,content%20rather%20than%20static%20content> > [20/08/2022].

[30] Cirulli, F., Elia, G., Lorenzo, G., Margherita, A., & Solazzo, G. (2016). *The use of MOOCs to support personalized learning: An application in the technology entrepreneurship field. Knowledge Management & E-Learning*, 8(1), 109–123.

[31] Dougiamas Martin,(20 de junio de 2022). *Requerimientos mínimos del sistema para instalar Moodle como local host. Moodle.com. Extraído de: https://docs.moodle.org/400/en/Installing\_Moodle* > [20/08/2022].

[32] Iturbe-LaGrave, V. (2020). *DU Inclusive Teaching Practices Website: The Community of Inquiry Model Module. Retrieved from http://inclusive-teaching.du.edu/community-inquiry-model.* > [20/08/2022].

[33] Enbuska J., Tuisku V, *The Community of Inquiry as a Framework in Student Teachers' Music Education, University of Lapland, PO Box 122, 96101 Rovaniemi, Finland*

[ 34] Dempsey P. R., *THE RELATIONSHIP BETWEEN A COMMUNITY OF INQUIRY AND TRANSFORMATIVE LEARNING, Liberty University.*

[35] *Curso: Modelo para Armar, UNAM, alojado en Coursera.org.*

[36] Dougiamas Martin,(20 de junio de 2022). *].Complementos Moodle. Moodle.com. Extraído de: https://docs.moodle.org/400/en/moodle/directory*> [20/08/2022

[37] *Dougiamas Martin,(20 de junio de 2022). Políticas H5P . Moodle.com. Extraído de: : https://h5p.org/privacy* > [20/08/2022].

[38] *Dougiamas Martin,(20 de junio de 2022). Precios H5P . Moodle.com. Extraído de: https://h5p.com/pricing*> [20/08/2022].

[39] *Dougiamas Martin,(20 de junio de 2022). Definición de Moodle . Moodle.com. Extraído de: https://moodle.org/?lang=es*> [20/08/2022].