



<b>Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo</b>			
<b>P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA</b>			
<b>Asignatura:</b>	<b>AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>		
<b>Docente Responsable:</b>	<b>Profesor Adjunto, Dra. Sandra Ibáñez</b>		
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería de Petróleos</b>		
<b>Año: 2023</b>	<b>Semestre: 8</b>	<b>Horas Semestre: 60</b>	<b>Horas Semana: 4</b>

## CONTENIDOS MÍNIMOS

Hidrología, Ciclo hidrológico. Rocas sedimentarias. Acuíferos. Hidráulica de pozos. Ensayos de bombeo; Parámetros hidráulicos (porosidad, permeabilidad, coeficiente de almacenamiento, transmisividad) y Eficiencia de pozos (Curvas Características). Exploración de pozos: Métodos indirectos (SEV) Métodos directos (Perfilajes). Perforación de pozos para agua: Métodos, materiales y maniobras (entubación, engravado, cementación y desarrollo). Hidroquímica. Contaminación de acuíferos.

## EXPECTATIVAS DE LOGRO

- Reconocer la Hidrogeología como un recurso hídrico y sus características particulares.
- Demostrar habilidades que le permitan investigar, interpretar y resolver problemas pertinentes a este recurso hídrico, su uso y explotación.
- Demostrar habilidad para diseñar, ejecutar y dirigir actividades de exploración de aguas subterráneas.
- Demostrar habilidad para para diseñar, calcular, ejecutar y dirigir actividades y obras de explotación de aguas subterráneas y utilización de aguas subterráneas.
- Mejorar el trabajo en equipo partiendo del análisis e interpretación de proyectos.
- Redactar informes técnicos, con lenguaje claro y preciso para poder comunicarse con eficiencia en ámbitos inter y multidisciplinares.

## CONTENIDOS

Los contenidos de esta materia, están organizados para responder la siguiente pregunta, ¿cómo explotar y gestionar el recurso de agua subterránea de una manera sustentable?.

Para explotar y gestionar primero hay que conocer la dinámica de una sistema, sino se conoce la gestión que se haga puede llegar a perjudicar el sistema para generaciones futuras, por eso debemos conocer su origen, ver por dónde se mueve, por qué se mueve, conocer y cuantificar la forma de sus reservorios (explorar el sistema), maneras de explotarlo (las distintas captaciones de las aguas y un diseño adecuado) y criterios de gestión del recurso para su sustentabilidad

Por eso cada unidad está estructurada respondiendo a una pregunta específica

Unidad 1: ¿Cuál es su origen?

Unidad 2: ¿Dónde se encuentra?

Unidad 3: ¿Cómo se mueve?

Unidad 4: ¿Cuál es su calidad?

Unidad 5: ¿Cómo se explora y cuantifica?

Unidad 6: ¿Cómo se explota?

Unidad 7: ¿Con qué se extrae?

Unidad 8: ¿Cómo es la gestión?

## **UNIDAD 1: ORIGEN Y CIENCIAS DEL AGUA**

### **1.A. Origen**

La Hidrósfera. Distribución del agua sobre la superficie terrestre. Balance Hídrico.

### **1.B. Ciencias del Agua**

Hidrología e Hidrogeología. Usos e Importancia del Agua Subterránea

## **UNIDAD 2: CUENCAS SEDIMENTARIAS. ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA**

### **2.A. Las rocas y sedimentos y sus propiedades acuíferas**

Las rocas de la corteza terrestre, sus propiedades acuíferas. Distribución del agua en el subsuelo.

### **2.B. Cuencas Sedimentarias**

Cuencas sedimentarias. Distribución de los materiales sedimentarios en las cuencas. Clasificación en función a sus propiedades acuíferas.

### **2.C. Clasificación de los acuíferos**

Tipos de Acuíferos, clasificación por presión y por porosidad.

### **2.D. Relación aguas superficiales y subterráneas**

Cuenca Hidrológica, superficial y subterránea. Relación aguas superficiales y subterráneas. Mediciones de caudales. Variaciones de niveles de la cuenca. Mapa de niveles.

Áreas naturales de recarga y descarga. Zonas de surgencia natural. Corte esquemático de una cuenca hidrogeológica. Cálculo de la recarga.

## **UNIDAD 3: MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

### **3.A. Parámetros Hidráulicos**

Porosidad, porosidad primaria y secundaria, Coeficiente de almacenamiento, permeabilidad, transmisividad.

### **3.B. Relación de los parámetros hidrodinámicos**

Relación de los parámetros hidrodinámicos. Ecuación de flujo diferencial. Ley de Darcy. Distintos tipos de régimen de flujo, características.

### **3.C. Hidráulica de Pozos. Determinación de Parámetros Hidrodinámicos**

Métodos de campo: Ensayos de bombeo. Cono de bombeo. Pozos completos e incompletos. Distintos modelos matemáticos para la Interpretación de los mismos (Thiem, Thies, Jacob, Hanstuk).

### **3.D. Hidráulica de Pozos. Determinación de la Eficiencia de un pozo.**

Eficiencia de un pozo. Objetivos. Ensayos en campo. Interpretación de los mismos.

## **UNIDAD 4: CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

### **4.A. Elementos de la química del Agua**

Elementos de química del agua. Composición de las aguas subterráneas.



#### **4.B. Evolución Geoquímica del Agua Subterránea**

Evolución geoquímica del agua subterránea. Procesos de interacción entre el agua y el medio geológico.

#### **4.C. Interpretaciones**

Técnicas de estudio individuales a nivel regional: hidrogramas, perfiles hidroquímicos, diagramas. Representaciones gráficas en los estudios hidroquímicos.

#### **4.D. Calidad del agua, clasificaciones y contaminación**

Calidad de las aguas subterráneas. Clasificación de las aguas subterráneas. Vulnerabilidad de acuíferos. Contaminación de acuíferos. Distintas causas. Monitoreo de los reservorios de agua subterránea, su importancia. Toma de muestras.

### **UNIDAD 5: EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

#### **5.A. Métodos de Exploración**

Distintos métodos de exploración: métodos indirectos y métodos directo. Criterios de selección de cada uno.

#### **5.B. Métodos Indirectos**

Prospección Geoeléctrica. SEV (Sondeos Eléctricos Verticales). Objetivos y trabajos de campo. Curva de campo y curva teórica. Interpretación de resultados (Cortes Geoeléctricos - Planos isopáquicos de espesores saturados. Planos estructurales del basamento de la cuenca. Planos de Isoresistividad Transversal).

#### **5.C. Métodos Directos**

Pozos de exploración, Perfil litológico. Perfilaje eléctrico, resistividad, Normales Cortas y Largas. (SP) Potencial Espontáneo. Rayos gamma natural. Perfiles de penetración. Perfiles Múltiples de Pozos. Relación e interpretación.

### **UNIDAD 6: EXPLOTACIÓN DE UN ACUÍFERO**

#### **6.A. Métodos de Perforación**

Métodos de perforación, sistemas utilizados. Pozos productores. Equipos. Herramientas utilizadas, trépanos, ensanchadores, rectificadores.

#### **6.B. Construcción de Pozos**

Entubación de la perforación. Materiales. Cañerías utilizadas. Filtros utilizados, sus características y tipos. Maniobras de entubación y engravado de filtros.

Terminación de Pozos: Limpieza del pozo. Método de Desarrollo de pozos.

#### **6.C. Aislamiento de acuíferos**

Aislamiento de acuíferos por cementación, fundamentos para su realización. La comunicación entre acuíferos, distintas causas: sobre explotación, fallas en las cementaciones, roturas en las cañerías de aislamiento. Técnicas utilizadas para cementación. Herramienta de cementación, válvulas. Operaciones y maniobras de campo.

### **UNIDAD 7: ELEMENTOS DE EXTRACCIÓN DEL AGUA**

#### **7.A. Tipos de Bombas**

Tipos de Bombas de profundidad: girostáticas (de eje) y electrobombas.

#### **7.B. Equipos Girostáticos**

Partes constitutivas de las bombas girostáticas, su funcionamiento, curvas características. Instalación de los equipos girostáticos, su accionamiento con motor eléctrico o con motor a explosión.

#### **7.C. Bombas sumergibles**



Las electrobombas, partes constitutivas, su funcionamiento, curvas características. La instalación de las electrobombas. Variadores de frecuencia.

#### **7.D. Selección de bombas**

Selección del equipo de bombeo, aspectos a considerar, fabricantes, modelos.

### **UNIDAD 8: GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

#### **8.A. Criterios de sustentabilidad**

Criterios de diseño sustentable de explotación de una cuenca y en el ámbito de las construcciones particulares.

#### **8.B. Administración del agua subterránea**

Organismos nacionales y provinciales. Sus Objetivos. Leyes de agua subterránea.

#### **8.C. Trámites exigidos para un proyecto**

Permisos de perforación y explotación de agua subterránea. Información a presentar.

Anteproyectos de perforación. Proyecto ejecutivo de obra perforación y construcción de pozos. Secuencia de maniobras de perforación. Planificación y Cronogramas. Ficha técnica de pozo.

#### **Actividades Prácticas:**

En las actividades prácticas se desarrollarán dos tipos de tareas, aquellas que les permitan al alumno realizar una metacognición fijando conceptos teóricos importantes, y otras donde los alumnos aplicarán las metodologías más comunes que pueden encontrarse en su vida profesional para los trabajos técnicos.

Contenido temáticos de las actividades prácticas:

##### a- Actividades de Gabinete

- N°1 Ciclo Hidrológico y abastecimiento de agua de distintas fuentes.
- N°2 Tipos de acuíferos. Mapas de isopiezas.
- N°3 Ensayos de Bombeos.
- N°4 Hidroquímica.
- N°5A Interpretación de SEV: Cortes Geoléctricos
- N°5B Interpretación de SEV: Planos
- N°5C Interpretación de Perfilajes.
- N°6 Diseños de pozos. Maniobras
- N°7 Bombas

### **CRONOGRAMA DE TRABAJO**

SEMANA	FECHA	TEMAS Y ACTIVIDADES	
1	10-ago-22	Unidad 1	AC 1
2	17-ago-22	Unidad 2	AC 2
3	24-ago-22	Unidad 3	AC 3
4	31-ago-22	Unidad 4	AC 4
5	7-sep-22	Unidad 5. SEV	AC 5A y 5B
6	14-sep-22	Unidad 5. Perfilajes	AC 5C. Grupal
7	21-sep-22	Día de la Primavera	
8	28-sep-22	Examen Parcial 1. Teoría Unidad 6. Materiales	
9	5-oct-22	Unid 6. Maniobras.	AC 6. Diseño Pozo



10	12-oct-22	Prácticas de diseño de Pozos	
11	19-oct-22	Unidad 7. Bombas	AC 7. Bombas
12	26-oct-22	Visita GEOTUB	
13	2-nov-22	Examen Parcial. Teoría Unidad 8	
14	9-nov-22	Salida de campo Uspallata	
15	16-nov-22	Examen Integrador	

### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

Este año 2023 las clases se dictarán desde el principio 10 de agosto del 2023 hasta el 16 de noviembre. Se mantendrá contacto por email y grupo de Telegram.

La información de las clases se subirá a la plataforma serán partes de libros con el material de estudio, síntesis en power point o videos explicativos, y los alumnos realizarán actividades en los prácticos correspondientes que les permitirán razonar y aplicar los conocimientos que van adquiriendo. Los alumnos deberán leer la información antes de las clases, las clases teóricas serán cortas, solo un repaso de lo visto por los alumnos, y se priorizará el trabajo grupal en los prácticos y resolución de casos planteados que permitan fijar los conocimientos teóricos.

Se realizará una visita a una playa de acopio o a un proveedor de bombas y una salida de campo a una cuenca hidrogeológica.

### **DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA HORARIA**

<b>Actividad</b>	<b>Carga horaria por semestre</b>
Teoría y resolución de ejercicios simples	25
Formación práctica	
Formación Experimental – Laboratorio	0
Formación Experimental - Trabajo de campo	5
Resolución de problemas de ingeniería	15
Proyecto y diseño	15
<b>Total</b>	<b>60</b>

<b>Porcentaje de Horas Presenciales</b>	100% del Total
---	----------------

### **BIBLIOGRAFÍA**

#### ***Bibliografía básica***

<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>Editorial</b>	<b>Año</b>	<b>Ejemplares en biblioteca</b>
Custodio, E. y Llamas, M.	Hidrología Subterránea V1	Omega	1996	2
Custodio, E. y Llamas, M.	Hidrología Subterránea V2	Omega	1996	2
Johnson, E.	El Agua Subterránea y Los Pozos.	Johnson	1966	-
Castany, G.	Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas.	Omega	1971	2
Benítez, Alberto.	Captación de aguas subterráneas.	Dossat	1972	6



Grundfos. 2009	Bombas Sumergibles, motores y accesorios.	Grundfos	2009	1
Allan Freeze y John Cherry	Agua Subterránea	The Groundwater Project	1979	Libro digital multilingue con licencia Creative Common
Gleeson Tom y otros	Aguas subterráneas y ecosistemas	UNESCO	2022	Biblioteca Digital de la UNESCO

### ***Bibliografía complementaria***

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Ven Te Chow, M.	Hidrología Aplicada	McGraw-Hill	1994	4
Custodio, Emilio	Explotación racional de las aguas subterráneas	Acta Geológica Hisp -ICTJA-CSIC	1995	-
Molinero, J.	Clase de Hidrogeología: - Tipos de Acuíferos	Universidad de Santiago de Compostela	2005	
Rendón, Luis.	La cuenca: sistema hidrológico o curso de agua natural	IMTA	2003	Documento electrónico

### ***EVALUACIONES (S/Ord. 108-10\_CS)***

Se proponen dos sistemas de acreditación para la Asignatura:

- Por Promoción Directa (PD)
- Por Examen Final (EF)

El tipo de evaluación adoptado es una combinación entre evaluación formativa y calificativa. Para la primera se aplica a través de evaluaciones parciales de carácter teórico-práctico en las cuales se monitorea el avance del proceso cognitivo, incluyendo contenidos procedimentales y actitudinales. Mientras que la segunda se aplica en el EF (Examen final), ya que el mismo apunta a identificar las habilidades del estudiante, con el fin de acreditar el espacio curricular: una evaluación de resultados.

Con el fin de evaluar paulatinamente el avance en el aprendizaje del estudiante se han propuesto actividades específicas organizadas de acuerdo a las unidades temáticas del Programa. Estas actividades consisten en la resolución de problemas o ejercicios de aplicación, las que son corregidas por los docentes. Estas actividades se resuelven en clase y se entregan como un recurso TAREA, dentro del aula abierta, lo que permite al docente evaluar el aprendizaje de sus estudiantes mediante la creación de una tarea a realizar que luego revisará, valorará, calificará y a la que podrá dar retroalimentación.

Además de las mencionadas actividades, se han planificado dos (2) Evaluaciones Parciales (EP) y una Evaluación Integradora (EI), todas presenciales, y cuyo contenido comprende aspectos conceptuales y procedimentales de cada tema incluido en las mismas.

Tanto las actividades, como las EP y la EI se aprueban con una calificación igual o superior a seis (6), y la totalidad de ellas deben estar aprobadas para obtener la Promoción Directa.

El estudiante que no apruebe la totalidad de las evaluaciones y que ha entregado y aprobado las actividades planificadas en el aula abierta, puede acceder a la regularidad en la asignatura, la

que le permite acreditarla mediante EF.

En cuanto a las tareas, si es necesario, el docente solicitará al estudiante una nueva entrega hasta que la actividad obtenga el puntaje mínimo de aprobación ya estipulado.

Luego de la corrección de los EP se publica la lista con los resultados de la misma en el aula abierta, y en clase se hace una devolución de la corrección.

El EF consiste en la evaluación de la materia completa, a través de una primera parte práctica y una segunda parte teórica. La primera consiste en la resolución de un caso práctico, que resulta decisivo para la continuidad del examen. Una vez aprobada la primera parte se pasa a la segunda. En caso que su desempeño sea satisfactorio se concluye el examen. La nota final a colocar se obtiene de una ponderación entre su desempeño en clase durante el cuatrimestre, la calificación de los exámenes parciales y el desempeño en el examen final.

***Criterios de evaluación:***

Los criterios de evaluación a tener en cuenta incluyen: la identificación y correcta aplicación de conceptos, la identificación y correcta aplicación de procedimientos, la aplicación de análisis dimensional de las expresiones matemáticas, la consistencia del análisis en el marco del problema, la selección de alternativas con fundamento, y por último la exactitud de los cálculos realizados

***Programa de examen***

Bolilla 1.	Unidades 1A-2B-3C-4B-5A-8A-7A-6C
Bolilla 2.	Unidades 2A-1B-3A-4D-5B-6A-7B-8B
Bolilla 3.	Unidades 3B-1A-2C-4A-5C-6B-7C-8C
Bolilla 4.	Unidades 1B-2D-3A-4C-5B-6C-7D-8A
Bolilla 5.	Unidades 2B-3C-1A-4B-6A-5A-7D-8B
Bolilla 6.	Unidades 3B-5C-1B-2A-4D-6B-7A-8C
Bolilla 7.	Unidades 2C-1A-3A-4A-5A-6C-7B-8A
Bolilla 8.	Unidades 2D-1B-3B-4C-5B-6B-7C-8B
Bolilla 9.	Unidades 2C-1A-3C-4C-5C-6C-7D-8C



Mendoza, 1 de Agosto de 2023

- Dra. Sandra Patricia Ibáñez

Profesor Adjunto Responsable de la Cátedra