
BOLETIN ENERGETICO



20 | Organización Latinoamericana de Energía

MAYO/JUNIO/1981

PROGRAMA REGIONAL DE GEOTERMIA DE LA OLADE **olade** I
COLOQUIO SOBRE EL CAMPO GEOTERMICO DE MOMOTOMBO (NICARAGUA) **olade** ESTUDIOS GEOTERMICOS DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA **olade** EXPLORACION GEOTERMICA EN GUATEMALA **olade** PROYECTO DE EXPLORACION GEOTERMICA **olade**
GEOTERMIA Y MEDIO AMBIENTE **olade** CURSOS DE ESPECIALIZACION EN GEOTERMIA **olade** INTERPRETACION GEOQUIMICA DE ZONAS DE ALTERACION HIDROTERMAL DE ECUADOR, PERU, REPUBLICA DOMINICANA Y HAITI **olade** BAJA Y MEDIA ENTALPIA **olade**
EL PROYECTO GEOTERMICO TUFINO **olade** REGISTROS GEOFISICOS EN POZOS GEOTERMICOS **olade** OLADE INFORMA **olade**

CURSOS DE ESPECIALIZACION EN GEOTERMIA

El Primer Curso Latinoamericano sobre Perforación de Pozos Geotérmicos y el Primer Curso Latinoamericano sobre Ingeniería de Reservorios Geotérmicos se iniciarán simultáneamente el 7 de septiembre de 1981. El período inicial sobre aspectos teóricos se realizará en México D.F. El período final de prácticas de campo se efectuará en las zonas geotérmicas del país-sede del curso. Se ha logrado la participación, como profesores, de los más destacados expertos regionales y extraregionales en los diferentes temas.

La OLADE coordinó la realización de estos cursos con la colaboración de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), de la Comisión Federal de Electricidad de México (CFE), del Instituto de Investigaciones Eléctricas del mismo país (IIIE) y de la Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO).

PERFORACION

La duración del curso es de doce semanas y está orientado a entrenar a los participantes en las técnicas de perforación geotérmica mediante el trabajo intensivo con equipos y herramientas y la comprensión de la Teoría y los métodos técnicos aplicados en la selección, preparación y control de las operaciones de perforación aplicables a pozos geotérmicos.

El contenido del curso es, fundamentalmente, el siguiente:

TEMA 1 : Geohidrología

OBJETIVO: Conocer el comportamiento de las aguas subterráneas para su localización, extracción y utilización.

CURSOS GEOTERMIA

CONTENIDO:

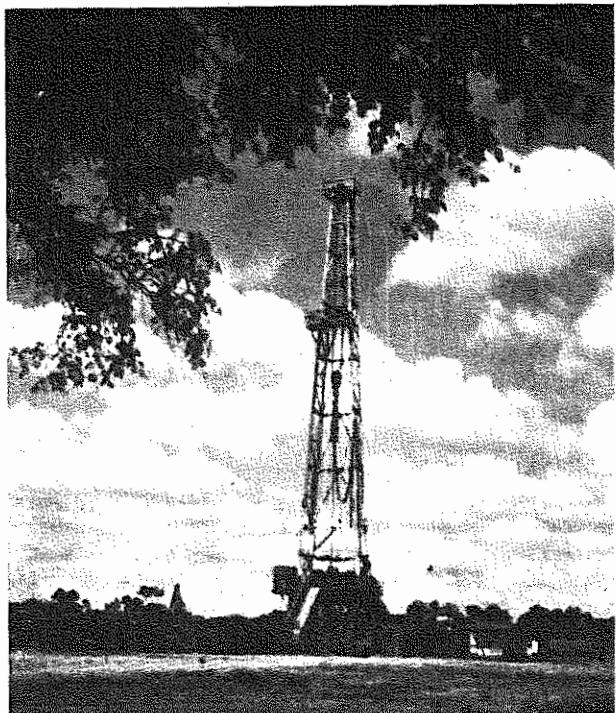
- I. 1 Introducción
- I. 2 Sistema de extracción del agua subterránea
- I. 3 Flujo del agua subterránea
- I. 4 Pruebas de bombeo
- I. 5 Simulación matemática de acuíferos
- I. 6 Acuíferos geotérmicos
- I. 7 Práctica de campo

TEMA II: Equipos y Herramientas de Perforación.

OBJETIVO: Comprensión del sistema de perforación de pozos geotérmicos y conocimiento de la integración y el funcionamiento de equipo y herramientas requeridas para ello.

CONTENIDO:

- II. 1 Introducción
- II. 2 Examen general del sistema rotatorio de perforación.



- II. 3 Descripción de un pozo geotérmico terminado
- II. 4 Examen detallado de los elementos de un equipo de perforación.
- II. 5 Equipo necesario para la perforación con aire.
- II. 6 Equipo y herramienta para operaciones especiales y auxiliares.
- II. 7 Motores de fondo
- II. 8 Personal para la perforación de pozos geotérmicos.
- II. 9 Elementos adicionales al equipo de perforación.
- II. 10 Desmantelamiento, transporte e instalación de equipo de perforación.
- II. 11 Prácticas de campo.

TEMA III: Fluídos de Perforación Geotérmica.

OBJETIVO: Comprensión de la teoría y de las técnicas que se aplican en la selección,

preparación, tratamiento y control de los fluidos de perforación aplicables a pozos geotérmicos.

CONTENIDO:

- III. 1 Diferentes tipos de fluidos de perforación.
- III. 2 Funciones de fluidos de perforación.
- III. 3 Físico-química en el lodo de perforación.
- III. 4 Análisis y control de los lodos de perforación geotérmicos.
- III. 5 Aditivos empleados en el tratamiento químico de los lodos.
- III. 6 Aire como fluido de perforación.
- III. 7 Perforación de espuma.
- III. 8 Prácticas de campo.

TEMA IV : Perforación I.

OBJETIVO: Comprensión de las técnicas básicas que se emplean en la perforación de pozos de pequeño diámetro y para la explotación de acuíferos.

CONTENIDO:

- IV. 1 Historia de la perforación de pozos.
- IV. 2 Conceptos básicos.
- IV. 3 Perforación de pozos en pequeño diámetro para la explotación.
- IV. 4 Equipos de perforación.
- IV. 5 Explotación y aforo de pozos.
- IV. 6 Prácticas de campo.

TEMA V : Perforación II.

OBJETIVO: Comprensión de la teoría y de las técnicas que se aplican en las operaciones de perforación de pozos geotérmicos y en la resolución de los diferentes problemas inherentes a los trabajos de perforación.

CONTENIDO:

- V. 1 Geología de un campo geotérmico.

TEMAS	CALENDARIO PARA CURSO DE PERFORACION																																																									
	SEPTIEMBRE							OCTUBRE							NOVIEMBRE																																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
1.— GEOHIDROLOGIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
2.— EQUIPOS Y HERRAMIENTAS DE PERFORACION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
3.— FLUIDOS DE PERFORACION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
4.— PERFORACION I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
5.— PERFORACION II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

- V. 2 Programa general base para la perforación.
- V. 3 Sistema de circulación hidráulica del pozo.
- V. 4 Sartas de perforación.
- V. 5 Perforación de pozos geotérmicos.
- V. 6 Terminación de pozos geotérmicos.
- V. 7 Pérdidas de circulación en pozos geotérmicos.
- V. 8 Tuberías de ademe o revestimiento.
- V. 9 Cementaciones de las tuberías de ademe en pozos geotérmicos.
- V. 10 Registros térmicos y eléctricos en pozos geotérmicos.
- V. 11 Perforación direccional controlada.
- V. 12 Pegaduras y atrapamientos.
- V. 13 Pesca y operaciones de lavado.
- V. 14 Perforación por contrato.

INGENIERIA DE RESERVORIOS

La duración del curso es de nueve semanas y ha sido orientado para lograr de los participantes la

comprensión de los fundamentos teóricos y prácticos de la ingeniería de reservorios geotérmicos. En la teoría se analizarán los principios del flujo de fluidos y calor en medio poroso. En la práctica se colectarán los datos básicos mediante experimentos de campo y se correlacionarán con las teorías previamente estudiadas.

El contenido del curso fundamentalmente es el siguiente:

TEMA 1 : Fundamentos de hidrología.

OBJETIVO: Introducir los conceptos y parámetros comúnmente usados en flujo en medio poroso.

CONTENIDO:

- I. 1 Porosidad.
- I. 2 Compresibilidad

- I. 3 Permeabilidad
- I. 4 Permeabilidad relativa
- I. 5 Ecuación de Darcy

TEMA II : Fundamentos de termodinámica

OBJETIVO: Introducción de los conceptos termodinámicos necesarios para analizar el comportamiento de reservorios geotérmicos.

CONTENIDO:

- II. 1 Energía interna
- II. 2 Entalpía
- II. 3 Entropía
- II. 4 Curva de presión de vapor
- II. 5 Equilibrio de fases

TEMA III : Clasificación de los reservorios geotérmicos.

OBJETIVO: Comprensión del sistema de clasificación generalmente usado para reservorios geotérmicos.

CONTENIDO:

- III. 1 Clasificación de acuerdo a la curva de presión de vapor.
- III. 2 Reservorios geotérmicos semi-termales.
- III. 3 Reservorios geotérmicos hiper-termales.

TEMA V : Pruebas de presión.

OBJETIVO: Discusión de los diferentes tipos de pruebas de presión.

CONTENIDO:

- VI. 1 Derivación de la ecuación de difusión de presión.
- VI. 2 Difusividad hidráulica.
- VI. 3 Pruebas de incremento y decremento en un solo pozo.
- VI. 4 Pruebas de Interferencia.

- VI. 5 Pruebas de inyección.
- VI. 6 Efectos de dos fases sobre las pruebas de presión.

TEMA VII: Modelos matemáticos de Simulación.

OBJETIVO: Conocimiento del estado del arte en lo que concierne a simulación de reservorios geotérmicos.

CONTENIDO:

- VII. 1 Objetivo de la simulación.
- VII. 2 Modelos físicos vs. modelos matemáticos.
- VII. 3 Modelos matemáticos existentes.
- VII. 4 Historia de la evolución de los modelos matemáticos.
- VII. 5 Estado actual de los modelos matemáticos.

TEMA VIII: Aspectos prácticos de producción.

CONTENIDO:

- VIII. 1 Evolución de los diferentes sistemas bajo explotación.
- VIII. 2 Etapa de calentamiento de pozos.
- VIII. 4 Reservorios geotérmicos geopresurizados.
- VIII. 5 Hipótesis acerca del origen y naturaleza de los reservorios geotérmicos.
- VIII. 6 Modelo geológico típico de un reservorio geotérmico.

TEMA IV : Flujo de fluidos y calor en medio poroso.

OBJETIVO: Derivación de las ecuaciones fundamentales que describen el comportamiento de reservorios geotérmicos.

CONTENIDO:

- IV. 1 Balance de masa.
- IV. 2 Balance de momentum.
- IV. 3 Balance de energía.

IV. 4 Ecuaciones de estado.
 IV. 5 Relaciones empíricas para permeabilidad relativa.
 IV. 6 Flujo en una sola fase.
 IV. 7 Flujo bifásico.

TEMA V: Flujo de Fluidos y calor en pozos geotérmicos.

OBJETIVO: Derivación de las ecuaciones fundamentales que describen el comportamiento pozos geotérmicos.

CONTENIDO:

V. 1 Balance de masa.
 V. 2 Balance de momentum.
 V. 3 Balance de energía.
 V. 4 Flujo compresible e incomprensible en una sola fase.

V. 5 Flujo bifásico.
 V. 6 Correlaciones empíricas para caída de presión en flujo bifásico.

- a) Registros de temperatura y presión.
- b) Inducción.

VIII. 3 Etapa de desarrollo.

- a) Curva característica de producción.
- b) Métodos de medición y cálculo de flujo.
- c) Potencia del pozo.

VIII. 4 Instrumentación de pozos.

- a) Equipo para registros de temperatura y presión.
- b) Separadores y silenciadores.
- c) Placas de orificio, conos de descarga y vertedores.
- d) Muestreadores.

CONTENIDO DEL CURSO

T E M A S		
Nºm.	T I T U L O	Nº Horas
I	FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA	12.5
II	FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA	12.5
III	CLASIFICACION DE LOS RESERVORIOS GEOTERMICOS	12.5
IV	FLUJO DE FLUIDOS Y CALOR EN MEDIO POROSO	25.0
V	FLUJO DE FLUIDOS Y CALOR EN POZOS GEOTERMICOS	25.0
VI	PRUEBAS DE PRESION	25.0
VII	MODELOS MATEMATICOS DE SIMULACION	12.5
VIII	ASPECTOS PRACTICOS DE PRODUCCION	25.0



J. Oenz

ENERGY BULLETIN



Latin American Energy Organization

May-June/1981

THE REGIONAL GEOTHERMAL PROGRAM OF OLADE **olade** FIRST COLLOQUIUM ON THE GEOTHERMAL FIELD OF MOMOTOMBO (NICARAGUA) **olade** GEOTHERMAL STUDIES IN THE REPUBLIC OF NICARAGUA **olade** GEOTHERMAL EXPLORATION IN GUATEMALA **olade** GEOTHERMAL EXPLORATION PROJECT: THE RECONNAISSANCE PHASE IN THE ANDEAN AND CARIBBEAN SUB-REGIONS **olade** GEOTHERMICS AND ENVIRONMENT **olade** SPECIALIZED COURSES IN GEOTHERMICS **olade** GEOCHEMICAL INTERPRETATION OF AREAS WITH HYDROTHERMAL ALTERATIONS IN ECUADOR, PERU, THE DOMINICAN REPUBLIC, AND HAITI **olade** LOW AND MEDIUM ENTHALPY **olade** THE TUFINO GEOTHERMAL PROJECT (ECUADOR) **olade** GEOPHYSICAL LOGS IN GEOTHERMAL WELLS **olade** OLADE REPORTS

SPECIALIZED COURSES IN GEOTHERMICS

The First Latin American Courses on Geothermal Drilling and Geothermal Reservoir Engineering will begin simultaneously on September 7, 1981. The initial period, dealing with theoretical aspects, will be held in Mexico City; and the field work will take place in the geothermal areas of the host country. The professors who will be participating in the courses figure among the most outstanding regional and extra-regional experts in their fields.

OLADE coordinated the programming of these courses with the cooperation of the National Autonomous University of Mexico (UNAM), the Federal Power Commission (CFE) and the Institute of Electrical Research (IIE) of the same country, and the United Nations Education, Science, and Culture Organization (UNESCO).

DRILLING

This twelve-week course is oriented not only towards training the participants in geothermal drilling techniques on the basis of intensive work with equipment and tools, but also towards providing a grasp of the theory and technical methods used in the selection, preparation, and control of the drilling operations which are applicable to geothermal wells.

The course contents are basically as follows:

TOPIC I: Geohydrology

OBJECTIVE: To learn about the behavior of underground waters, for their locating,

extraction, and utilization.

- CONTENTS:**
- I. 1. Introduction
 - I. 2. Underground water extraction systems
 - I. 3. Underground water flows
 - I. 4. Pumping tests
 - I. 5. Mathematical simulation of aquifers
 - I. 6. Geothermal aquifers
 - I. 7. Field work.

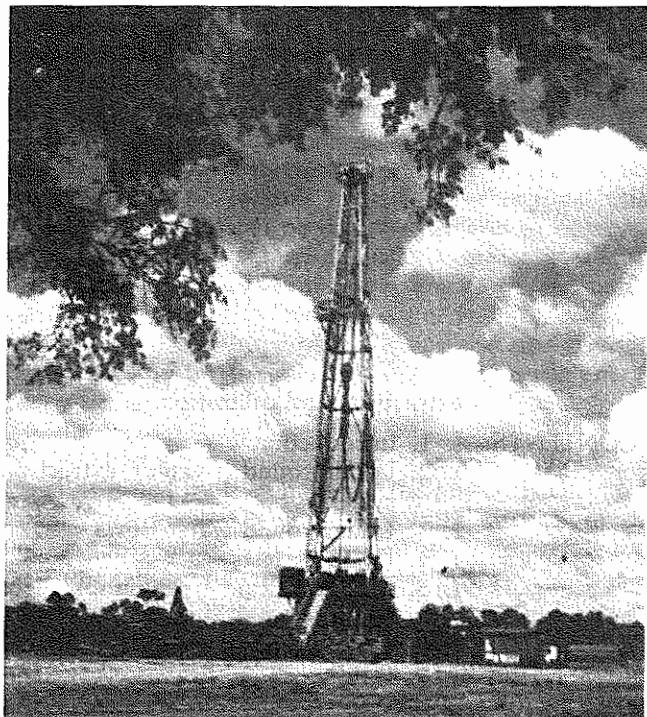
TOPIC II:

OBJETIVE:

Drilling Equipment and Tools

To understand the system of geothermal well drilling and to learn about the integration and operation of the equipment and tools required for such activities.

- CONTENTS:**
- II. 1. Introduction
 - II. 2. General examination of the rotary system of drilling
 - II. 3. Description of a completed geothermal well
 - II. 4. Detailed examination of the elements of drilling equipment
 - II. 5. Equipment and tools for special and auxiliary operations
 - II. 7. Back-up equipment
 - II. 8. Personnel for geothermal well drilling
 - II. 9. Additional parts for drilling equipment
 - II. 10. Dismantling, transport, and



installation of drilling equipment
II.11. Field work.

TOPIC III: Geothermal Drilling Fluids
OBJETIVE: To grasp the theory and techniques which are used in the selection, preparation, treatment, and control of the drilling fluids applicable to geothermal wells.

CONTENTS: III.1. Different types of drilling fluids
III.2. Functions of drilling fluids
III.3. Physico-chemistry in the drilling muds
III.4. Analysis and control of the geothermal drilling muds
III.5. Additives employed in the chemical treatment of muds
III.6. Air as drilling fluid

III.7. Foam drilling
III.8. Field work.

TOPIC IV:
OBJETIVE:

Drilling I
To understand the basic techniques employed in the drilling of wells with small diameters and for the exploitation of aquifers.

CONTENTS: IV.1. History of well drilling
IV.2. Basic concepts
IV.4. Drilling equipment
IV.3. Drilling exploratory wells with small diameters
IV.4. Drilling equipment
IV.5. Exploitation and assessment of wells
IV.6. Field work.

TOPIC V:
OBJECTIVE: Drilling II
To grasp the theory and techniques which are applied in the operations of geothermal well drilling and in the resolution of the various problems inherent in drilling work.

CONTENTS: V. 1. Geology of a geothermal field
V. 2. General program of basic drilling
V. 3. Hydraulic circulation systems of the well
V. 4. Drilling piping
V. 5. Drilling of geothermal wells
V. 6. Completion of geothermal wells
V. 7. Circulation losses in geothermal wells
V. 8. Casings
V. 9. Cementation of casings in geothermal wells
V.10. Thermal and electrical logs in geothermal wells
V.11. Controlled directional drilling
V.12. Entrapments
V.13. Fishing and washover.

SCHEDULE FOR THE COURSE ON GEOTHERMAL DRILLING																	
TOPICS	SEPTEMBER					OCTOBER					NOVEMBER						
	1ST WK	2ND WK	3RD WK	4TH WK	5TH WK	6TH WK	7TH WK	8TH WK	9TH WK	10TH WK	11TH WK	12TH WK					
	M	T	W	T	F	M	T	W	F	M	T	W	F	M	T	W	F
1.- GEOHYDROLOGY																	
2.- DRILLING EQUIPMENT AND TOOLS																	
3.- DRILLING FLUIDS																	
4.- DRILLING I																	
5.- DRILLING II																	

RESERVOIR ENGINEERING

This nine-week course is oriented to providing the participants with an understanding of the fundamental theory and practice of geothermal reservoir engineering. In terms of theory, the principles of the flow of fluid and heat in porous media will be analyzed. In terms of practice, basic data will be gathered through field work and then correlated with the theories previously studied.

The contents of the course are basically as follows:

TOPIC I: Fundamentals of Hydrology
OBJECTIVE: Introduction of the concepts and parameters commonly used for flows in porous media

CONTENTS: I.1. Porosity
 I.2. Compressibility

- I.3. Permeability
- I.4. Relative permeability
- I.5. Darcy equation

TOPIC II: Fundamentals of Thermodynamics
OBJECTIVE: Introduction of the thermodynamic concepts necessary for the analysis of the behavior of geothermal reservoirs.

CONTENTS: II.1. Internal energy
 II.2. Enthalpy
 II.3. Entropy
 II.4. Steam pressure curve
 II.5. Equilibrium of phases

TOPIC III: Classification of Geothermal Reservoirs
OBJECTIVE: Understanding of the classification system generally used for geothermal reservoirs

CONTENTS: III.1. Classification according to the steam pressure curve

	<p>III.2. Semi-thermal geothermal reservoirs</p> <p>III.3. Hyper-thermal geothermal reservoirs</p> <p>III.4. Geopressurized geothermal reservoirs</p> <p>III.5. Hypotheses on the origin and nature of geothermal reservoirs</p> <p>III.6. Typical geological model for a geothermal reservoir</p>	<p>VI.5. injection testing</p> <p>VI.6. Effect of two phases on pressure testing.</p>
TOPIC IV:	Flow of Fluids and Heat in Porous Media	TOPIC VII: Mathematical simulation testing
OBJECTIVE:	Derivation of basic equations to describe the behavior of goethermal reservoirs	OBJECTIVE: Knowledge of the state of the art with regard to the simulation of geothermal reservoirs
CONTENTS:	<p>IV.1. Mass balance</p> <p>IV.2. Momentum balance</p> <p>IV.3. Energy balance</p> <p>IV.4. Equations of state</p> <p>IV.5. Empirical ratios for relative permeability</p> <p>IV.6. One-phase flow</p> <p>IV.7. Two-phase flow.</p>	CONTENTS: <p>VII.1. Simulation objective</p> <p>VII.2. Physical models vs. mathematical models</p> <p>VII.3. Existing mathematical models</p> <p>VII.4. History of the evolution of mathematical models</p> <p>VII.5. Current status of mathematical models.</p>
TOPIC V:	Flow of Fluids and Heat in Geothermal Wells	TOPIC VIII: Practical Aspects of Production
OBJECTIVE:	Derivation of basic equations to describe the behavior of geothermal wells.	CONTENTS: <p>VIII.1. Evolution of the different systems under exploration</p>
CONTENTS:	<p>V.1. Mass balance</p> <p>V.2. Momentum balance</p> <p>V.3. Energy balance</p> <p>V.4. Flow in one or more phases</p> <p>V.5. Two-phase flow</p> <p>V.6. Empirical correlations for pressure drops in two-phase flows.</p>	<p>VIII.2. Warm-up stage in wells.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Temperature and pressure logs. b) Induction <p>VIII.3. Development stage</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Characteristic production logs b) Induction <p>VIII.3. Development stage</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Characteristic production curve <p>Methods for measuring and calculating the flow</p> <p>c) Well capacity</p> <p>VIII.4. Instruments for wells</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Equipment for temperature and pressure logging b) Separators and silencers c) Orifice plates, discharge cones, and weirs. <p>VIII.5. Samplers.</p>
TOPIC VI:	Pressure testing	
OBJECTIVE:	Discussion of the different types of pressure testing.	
CONTENTS:	<p>VI.1. Derivation of the pressure diffusion equation</p> <p>VI.2. Hydraulic diffusivity</p> <p>VI.3. Testing for increases and decreases in a single well</p> <p>VI.4. Interference testing</p>	

COURSE CONTENTS

TOPICS

Number	Title	Nº of hours
I	Fundamentals of Hydrology	12.5
II	Fundamentals of Thermodynamics	12.5
III	Classification of Geothermal Reservoirs	12.5
IV	Flow of Fluids and Heat in Porous Media	25.0
V	Flow of Fluids and Heat in Geothermal Wells	25.0
VI	Pressure Testing	25.0
VII	Mathematical Simulation Models	12.5
VIII	Practical Aspects of Production	25.0