



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA
REPUBLICA ARGENTINA

SALTA, 11 de abril de 2011

EXP-EXA: 8009/2011

RESCD-EXA: 189/2011

VISTO:

La presentación efectuada por la Dra. Judith Franco en el sentido de solicitar autorización para el dictado del curso de posgrado "Energía Geotérmica", a cargo de la Dra. Beatriz Lydia Luisa Coira - docente de la Universidad Nacional de Jujuy.

CONSIDERANDO:

El visto bueno del Departamento de Física que rola a fs. 60 vta.

Que se cuenta con los despachos favorables de la Comisión de Posgrado (fs. 61), de la Comisión de Hacienda (fs. 62) y de la Comisión de Docencia e Investigación (fs. 62 vta.).

POR ELLO y en uso de las atribuciones que le son propias.

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

(en su sesión ordinaria del día 30/03/11)

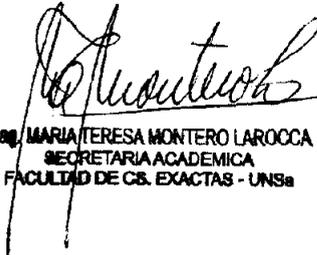
R E S U E L V E:

ARTICULO 1º: Tener por autorizado el dictado del Curso de Posgrado "Energía Geotérmica", bajo la dirección de la Dra. Beatriz Lydia Luisa Coira, con las características y requisitos que se explicita en el Anexo I de la presente.

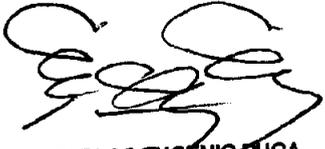
ARTICULO 2º: Disponer que una vez finalizado el curso, la docente responsable del mismo deberá elevará el listado de los participantes promovidos para la confección de los certificados respectivos, los que serán emitidos por esta Unidad Académica.

ARTICULO 3º: Hágase saber a la directora y al plantel docente del curso, a los Departamentos Docentes que integran esta Facultad, a la Dirección General Adm. Económica y al Departamento Adm. de Posgrado. Cumplido, RESÉRVESE.

mxs


M^g. MARIA TERESA MONTERO LAROCCA
SECRETARIA ACADEMICA
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa




Ing. CARLOS EUGENIO PUGA
DEZANO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA

REPUBLICA ARGENTINA

ANEXO I - RESCD-EXA: 189/2011 - EXP-EXA: 8009/2011

Curso de Posgrado: ENERGÍA GEOTÉRMICA

Directora responsable: Dra. Beatriz Lydia Luisa Coira

Profesores a cargo de temas: Dra. María Cristina Pomposiello, Dra. Cristina Dapeña, Dr. Héctor Osvaldo Panarello, Dra. Graciela Lesino, Dra. Beatriz Lydia Luisa Coira

Objetivos: El objetivo central del curso es introducir a los profesionales en el conocimiento de los recursos geotérmicos, su naturaleza, tipologías, así como en la prospección, evaluación y aplicación de los mismos en un marco de sustentabilidad ambiental. Este objetivo será alcanzado tras el logro, a lo largo del módulo, de varios objetivos particulares que contemplan:

- Comprender la naturaleza y origen de los sistemas geotermiales.
- Analizar los componentes de un campo geotérmico y el rol de los mismos.
- Conocer y evaluar los métodos de prospección y exploración de los recursos geotérmicos.
- Manejar pautas de evaluación del potencial de un campo geotérmico.
- Conocer los campos de aplicación de los recursos geotermiales y estar en condiciones de ponderar su adecuación y conveniencia a las necesidades regionales.

Duración total del curso: 40 horas

Lugar y Fecha de realización: Aula Virtual de la Facultad de Ciencias Exactas, del 14 al 18 de Marzo de 2011

Evaluación: Con evaluación final (Cuestionario a distancia)

Dirigido a: Graduados universitarios. Se aceptan alumnos a punto de graduarse.

Arancel: \$350

Detalle de erogaciones: Se prevé la entrega de material bibliográfico, gastos de material de laboratorio, coffee break, etc.

Cronograma de Actividades:

- 14 de marzo - Bolilla I. Energía geotérmica. Dra. Beatriz Coira - Bolilla II Hidrogeología. Dra. Cristina Dapeña.
- 15 de marzo - Finalización Bolilla II Hidrogeología. Dra. Cristina Dapeña, y Bolilla III Hidroquímica, Dr. Héctor O. Panarello.
- 16 de marzo - Finalización Bolilla III Hidroquímica Dr. Héctor O. Panarello. Bolilla IV (Métodos prospección geológica) Dra. Beatriz Coira.
- 17 de marzo Bolilla IV (Métodos prospección geofísica) y Bolilla V (Evaluación Recurso), Dra. Cristina Pomposiello.
- 18 de marzo, Bolilla VI Dra. Graciela Lesino, Dra. Beatriz Coira y Dra. Cristina Pomposiello.

PROGRAMA DEL CURSO: ENERGIA GEOTERMICA.

I- Energía geotérmica. Flujo de calor. Gradiente geotérmico. Anomalías geotérmicas. Dinámica litosférica y la geotermia de alta y baja entalpía.

Campos geotérmicos. Sus variables.

Sistemas geotermiales. Tipos. Sistemas geotermiales convectivos. Sistemas geotermiales conductivos. Sistemas geotermiales de alta y baja entalpía, vapor dominante, vapor húmedo, agua caliente dominante.

II- Hidrogeología. Conceptos Básicos y Definiciones. Situación y movimiento del agua en la hidrosfera. El ciclo hidrológico: conceptos y componentes. Precipitación. Evaporación, transpiración y evapotranspiración real y potencial. Infiltración. Escurrimiento superficial e hipodérmico. Escurrimiento subterráneo. Métodos de medición. El agua en la superficie. Ciclo del escurrimiento. Concepto de Cuenca. El agua en el suelo. Distribución vertical del agua en el suelo: zona no saturada y saturada. El agua en el subsuelo. Propiedades de los sedimentos portadores (porosidad, retención específica). Permeabilidad. Transmisividad. Concepto de acuífero. Tipos de acuífero. Relación aguas superficiales/aguas subterráneas Balance hidrológico. Definición y Fórmula. Movimiento del agua subterránea: nociones generales de hidrodinámica. Ley de Darcy. Parámetros hidrológicos fundamentales. Porosidad. Permeabilidad Transmisividad. Almacenamiento. Ensayos de Bombeo.

///...



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA

REPUBLICA ARGENTINA

.../// - 2 -

ANEXO I - RESCD-EXA: 189/2011 - EXP-EXA: 8009/2011

Perforaciones. Registros de pozos. Protección de pozos. Principios de modelación de aguas superficiales y subterráneas. Hidrogeología Ambiental. Calidad de aguas e hidrogeoquímica. Contaminación y orígenes de la contaminación. Tipos de fuentes contaminantes. Dispersión de los contaminantes en acuíferos. Detección de la contaminación. Elementos para evaluar el riesgo de contaminación. Vulnerabilidad. Provincias y Regiones hidrogeológicas: Conceptos. Regiones Hidrogeológicas de Argentina.

III- Hidroquímica. Procesos de mineralización del agua. Procesos de mineralización a temperaturas existentes en los campos geotérmicos. Entalpía de un campo. Diagramas de tipificación y diagramas entálpicos. Geotermómetros. Geotermómetros en fase líquida. Geotermómetros de gases. Fraccionamiento Isotópico. Procesos de Rayleigh. Hidrología isotópica. El ciclo hidrológico desde del punto de vista isotópico. Isótopos estables del Hidrógeno, carbono, oxígeno y azufre. El tritio. Su distribución y como indicador de recarga reciente. Fraccionamiento isotópico en campos geotérmicos de alta entalpía. Campos en rocas carbonáticas. Corrimiento isotópico del oxígeno en campos geotérmicos. Geotermómetros isotópicos: validez y su tiempo de equilibración. Aplicaciones a casos concretos de la geoquímica y la geotermia isotópica. Copahue, Domuyo y El Tuzgle-Tocomar. Otros ejemplos internacionales.

IV- Prospección y exploración geotérmica. Etapas de desarrollo de una Proyecto Geotérmico: Fases de reconocimiento. Prefactibilidad y factibilidad. Sus objetivos particulares

Métodos de prospección y exploración:

a) Geológicos: (Estratigrafía, estructura, magmatismo, estudios de alteración hidrotermal y depósitos termales).

b) Hidrogeológicos (tratados en II)

c) Geoquímicos (tratados en III)

d) Geofísicos: Conceptos generales. Fundamentos físicos de los distintos métodos que se utilizan. Medición del flujo de calor en la superficie de la tierra. Gradiente de temperatura, Conductividad térmica de las rocas. Ecuaciones que describen la generación y transmisión del calor. Métodos eléctricos, propiedades eléctricas de las rocas. Conductividad rocas. Concepto. Factores que modifican la conductividad eléctrica. Actividad electroquímica. Métodos electromagnéticos con fuente natural: Conceptos generales del comportamiento del campo electromagnético. Ecuaciones de Maxwell. Campo electromagnético terrestre de origen externo. Modelos de conductividad eléctrica. Observaciones Sísmicas (atenuación de las ondas sísmicas en áreas geotérmicas). Estudios de Microsismicidad. Estudios con Sísmica de Refracción y Reflexión. Métodos Gravimétrico y Magnético. Descripción. Casos Históricos: Ejemplos de aplicación de los distintos métodos distintas regiones del mundo.

V- Evaluación del recurso: estimaciones preliminares del potencial de un campo geotérmico: a) método del flujo; b) método del volumen. Recurso de base accesible e inaccesible.

VI.- Usos de los Recursos geotermiales :

-Generación de energía eléctrica. Tipos de plantas de energía geotermal (plantas de energía de vapor seco, de tipo flash y de ciclo binario).

-Usos directos (no eléctricos) de aguas geotermiales (balneología, agricultura, acuicultura, industria, calefacción, bombas de calor geotermal).

-Uso energético de reservorios de roca seca y caliente.

BIBLIOGRAFÍA

Appelo, C.A.J. and Postma, D., 1993. Geochemistry, groundwater and pollution. Ed. A.A. Balkema, Rotterdam. 536 pp.

Armstead, H.C.H., 1983. Geothermal Energy. E. & F. N. Spon, London, 404 pp.

Auge, M., 2004. Regiones Hidrogeológicas. República Argentina.

http://www.alhsud.com/castellano/ebooks_listado.asp

Auge, M., 2004. Vulnerabilidad de acuíferos. Conceptos y Métodos.

http://www.alhsud.com/castellano/ebooks_listado.asp

///...



ANEXO I - RESCD-EXA: 189/2011 - EXP-EXA: 8009/2011

- Auge, M., 2004. *Hidrogeología Ambiental I y II*. http://www.alhsud.com/castellano/ebooks_listado.
- Auge, M., 2006. *Métodos y Técnicas para el Monitoreo de Acuíferos*. http://www.alhsud.com/castellano/ebooks_listado.asp
- Barbier, E. and Fanelli, M., 1977. Non-electrical uses of geothermal energy. *Prog. Energy Combustion Sci.*, 3: 73-103.
- Benderitter, Y. and Cormy, G., 1990. Possible approach to geothermal research and relative costs. In: Dickson, M.H. and Fanelli, M. (Eds.): *Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization*, UNITAR, New York, pp. 59-69.
- Clark, I.D. and Fritz, P., 1997. *Environmental Isotopes in Hydrogeology*, CRC Press, 328 pp.
- CIHS, 2009. *Hidrogeología. Conceptos básicos de Hidrología Subterránea*. Comisión docente del CIHS FCIHS. Barcelona ISBN 978-84-921-469-1-8.
- Coira, B. and Malhburg Kay, S., 1993. Implications of Quaternary volcanism at Cerro Tuzgle for crustal and mantle evolution of the Puna plateau, Central Andes, Argentina. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 113: 40-58.
- Coira, B., 1995. Cerro Tuzgle Geothermal Prospect, Jujuy, Argentina. *Proceedings of the World Geothermal Congress*, 2: 1161-1165.
- Combs, J. and Muffler, L.P.J., 1973. Exploration for geothermal resources. In: Kruger, P. and Otte, C. (Eds.): *Geothermal Energy*, Stanford University Press, Stanford, pp.95-128.
- Custodio, E. y Llamas, M.R., 1983. *Hidrología subterránea*. Ed. Omega. 2 vol. Barcelona.
- Davis, S.N. y De Wiest, R.J.M., 1971. *Hidrogeología*. Ed. Ariel. 563pág.
- Domenico, P.A. y Schwartz, F.W., 1998. *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Wiley and Sons, Inc. 506 pp.
- Edwards, L.M., et al., 1982. *Handbook of Geothermal energy*. 613 pp. Gulf Publishing Co. Houston.
- Entingh, D. J., Easwaran, E. and McLarty, L., 1994. *Small geothermal electric systems for remote powering*. U.S. DoE, Geothermal Division, Washington, D.C., 12 pp.
- Favetto, A., Pomposiello, C., Sainato, C., Dapeña, C. y Guida, N., 2005. Estudio geofísico aplicado a la evaluación del recurso geotermal en el sudeste de Entre Ríos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60 (1): 197-206.
- Freeze, A.R. y Cherry, J.A., 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, 604 pp. Englewood Cliff.
- Fridleifsson, I.B., 2001. Geothermal energy for the benefit of the people *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5: 299-312.
- Garnish, J.D., 1987. *Proceedings of the First EEC/US Workshop on Geothermal Hot-Dry Rock Technology*, *Geothermics*, 16: 323-461.
- Gonzalez Marcano, V., 1982. *Notas sobre: Potencial de un yacimiento geotérmico. Métodos de cálculo*. Ministerio de Energía y Minas .Dirección de Electricidad, Carbón y otras energías. Comité Nacional Geotérmico, 42pp.
- Gudmundsson, J.S., 1988. The elements of direct uses. *Geothermics*, 17: 119-136.
- Gutiérrez Negrín, L.C., 1991. Desarrollo geotérmico internacional 1985-1990 e Índices de productividad. *Geotermis, Rev. Mex. Geoenergía*, 7 (2): 231-253.
- Hem, J.D., 1985. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2254.
- Hochstein, M.P., 1990. Classification and assessment of geothermal resources. In: Dickson, M.H. and Fanelli, M. (Eds.): *Small Geothermal Resources: A Guide to Development and Utilization*, UNITAR, New York, pp. 31-57.
- Huttrer, G.W., 2001. The status of world geothermal power generation 1995-2000. *Geothermics*, 30: 7-27.
- Kovalevsky, V. S, Kruseman, G. P. y Rushton, K. R. (Eds.), 2004. *Groundwater studies. An international guide for hydrogeological investigations*. IHP-VI, Series On Groundwater No. 3. UNESCO. 430p.
- Kruger, P. and Otte, C., 1973 *Geothermal energy. Resources, production, stimulation*. Stanford University Press. Stanford, 1: 94.
- Lindal, B., 1973. Industrial and other applications of geothermal energy. In: Armstead, H.C.H., (Ed.): *Geothermal Energy*, UNESCO, París, pp.135-148.



ANEXO I - RESCD-EXA: 189/2011 - EXP-EXA: 8009/2011

- Lumb, J.T., 1981. Prospecting for geothermal resources. In: Rybach, L. and Muffler, L.J.P. (Eds.): *Geothermal Systems, Principles and Case Histories*, J. Wiley & Sons, New York, pp. 77-108.
- Lund, J.W., and Boyd, T.L., 2001. Direct use of geothermal energy in the U.S.-2001. *Geothermal Resources Council Transactions*, 25: 57-60.
- Lund, J.W., and Freeston, D., 2001. World-wide direct uses of geothermal energy 2000. *Geothermics*, 30: 29-68.
- Lund, J.W., Sanner, B., Rybach, L., Curtis, R., Hellstrom, G., 2003. Ground-source heat pumps. *Renewable Energy World*, 6 (4): 218-227.
- Maidment, D.R. (Editor in Chief), 1993. *Handbook of Hydrology*, Mc Graw-Hill, Inc., New York.
- Meidav, T., 1998. Progress in geothermal exploration technology. *Bulletin Geothermal Resources Council*, 27 (6): 178-181.
- Mook, W.G. (Ed.). *Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle Principles and Applications*. Unesco IAEA Series 2000. CD-ROM.
- Muffler, P. and Cataldi, R., 1978. Methods for regional assessment of geothermal resources. *Geothermics*, 7: 53-89.
- Nicholson, K., 1993. *Geothermal Fluids*. Springer Verlag, Berlin, XVIII: 264 pp.
- Olade, 1978. Metodología de exploración geotérmica. Fase de reconocimiento y prefactibilidad. Serie Documentos OLADE, 1.
- Olade, 1979. Metodología de exploración geotérmica. Fase de factibilidad. Serie Documentos OLADE, 5: 1-79.
- Olade, 1983. Geothermal exploration methodology: the reconnaissance and prefeasibility stages. Serie Documentos OLADE, 1: 1-34
- Panarello, H.O., Sierra, J.L., Damore, F. and Pedro, G., 1992. Isotopic and geochemical study of the Domuyo Geothermal field, Neuquén. Argentina. Iaea Technical Document Tecdoc. Viena, Austria, 641: 31-56.
- Panarello, H.O., Sierra, J.L. and Pedro, G., 1992. Flow patterns at the Tuzgle Tocomar Geothermal system, Salta Jujuy, Argentina. Iaea Technical Document Tecdoc. Viena, Austria, 641: 57-75.
- Pollack, H.N., Hurter, S.J. and Johnson, J.R., 1993. Heat flow from the Earth's interior: Analysis of the global data set. *Rev. Geophys.*, 31: 267-280.
- Popovski, K., 1998. Geothermally heated greenhouses in the world. Guideline and proc. International Workshop on Heating Greenhouses Geothermal Energy, Ponta Delgada, Azores: 42.
- Rybach, L. and Muffler, L.J.P. (Eds.), 1981. *Geothermal systems: Principles and case histories*. Wiley, J. and Sons.
- Sainato, C., Febrer, J.M., Pomposiello, M.C., Mamaní, M. y Maidana, A.J., 1993. Magnetotelluric Study of the Tuzgle Volcano zone. *Geomag. Geoelectr.*: 787-803,
- Sainato, C. and Pomposiello, M.C., 1997. Bidimensional MT and Gravity model of Tuzgle volcano zone (Jujuy Province, N-Argentina). *Journal of South-America Earth Sciences*, 10 (3-4): 247-261.
- Sainato, C., Pomposiello, M.C., Galindo, G. y Picicelli, R., 2001. Estudio Audiomagnetotélúrico de los acuíferos geotermiales del sudeste de Tucumán y la zona limítrofe de Santiago del Estero. *Revista del Instituto de Geología y Minería de la Universidad Nacional de Jujuy*, 14 (1-2): 45-58.
- Sanner, B., Karytsas, C., Mendrinos, D. and Rybach, L., 2003. Current status of ground source heat pumps and underground thermal energy storage. *Geothermics*, 32: 579-588.
- Saracco L. y D'Amore F., 1989. CO₂B, a computer program for applying a gas geothermometer to geothermal systems. *Computers and Geosciences*, 15 (7): 1053-1065.
- Skinner, J.B. and Porters, S., 1989. *The Dynamic Earth, an introduction to physical geology*, 495pp. J. Wiley and Sons.
- Stefansson, V., 2000. The renewability of geothermal energy. Proc. World Geothermal Energy, Japan. On CD-ROM.
- Tarback y Lutgens, 2000. *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la Geología Física*, 540pp. Prentice Hall.
- Tenzer, H., 2001. Development of hot dry rock technology. *Bulletin Geo-Heat Center*, 32 (4): 14-22.
- UNESCO, 2003. *Geothermal energy: utilization and technology* M.Dickson and M.Fanelli (Eds.) 205 pp. UNESCO Publishing.



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

Avda. Bolivia 5150 - 4400 SALTA

REPUBLICA ARGENTINA

.../// - 5 -

ANEXO I - RESCD-EXA: 189/2011 - EXP-EXA: 8009/2011

Vilela, C.R., 1970. Hidrogeología. Opera Lilloana XVIII. Tucumán. 430 pág.

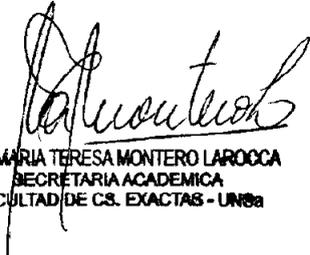
Weres, O., 1984. Environmental protection and the chemistry of geothermal fluids. Lawrence Berkeley Laboratory, Calif., LBL 14403, 44 pp.

White, D.E., 1973. Characteristics of geothermal resources. In: Kruger, P. and Otte, C. (Eds.): Geothermal Energy, Stanford University Press, Stanford, pp. 69-94.

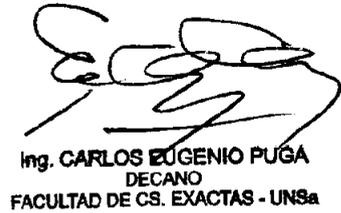
Wiley, J. and Sons, 1981. Geothermal systems: Principles and case histories. Rybach, L. and L.J.P., Muffler (Eds.).

Wohletz, K. and Heiken, G., 1992. Volcanology and Geothermal Energy. University of California Press: 432.

Wright, P.M., 1998. The sustainability of production from geothermal resources. Bull. Geo-Heat Center, 19 (2): 9-12.



Mag. MARIA TERESA MONTERO LAROCCA
SECRETARIA ACADEMICA
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



Ing. CARLOS EUGENIO PUGA
DECANO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa