



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
Av. Bolivia 5150 - 4400 - Salta
Tel. (0387)425-5408 - Fax (0387)425-5449
Republica Argentina

SALTA, 31 de mayo de 2021

EXP-EXA: 8081/2020

RESCD-EXA: 086/2021

VISTO la Nota Electrónica N° 674/2021 por la cual se tramita el pedido de autorización para el dictado virtual de la asignatura “Energía Geotérmica” para las carreras de Especialidad y Maestría en Energías Renovables – Plan 1998, en el marco del nuevo dictado de las citadas carreras, autorizado por RESCD-EXA N° 017/2020.

CONSIDERANDO:

Que por las Resoluciones del CS N° 063/2020; CS N° 069/2020 y Rectoral N° 0621/2021 ad-referéndum del Consejo Superior, se encuentran suspendidas las actividades académicas, administrativas y de prestación de servicios de cualquier índole hasta el 11/06/2021, en coordinación con la normativa de “aislamiento social, preventivo y obligatorio” (ASPO) impuesta para todo el territorio nacional.

Que se cuenta con aval del Comité Académico Especialidad y Maestría en Energías Renovables.

Que la Comisión de Docencia e Investigación aconseja aprobar el programa analítico de la asignatura “Energía Geotérmica”, bajo la responsabilidad de la Dra. Agostina CHIODI, para las carreras de Especialidad y Maestría en Energías Renovables – Plan 1998.

Por ello, y en uso de las atribuciones que le son propias.

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
(en sesión ordinaria, a distancia, del 26/05/2021)

RESUELVE


ARTICULO 1°: Autorizar el dictado de la asignatura “Energía Geotérmica” de 40 horas, en forma virtual, del 01 al 18 de junio de 2021, a cargo de la Dra. Agostina CHIODI, para las carreras de Especialidad y Maestría en Energías Renovables – Plan 1998 y aprobar el programa analítico y demás características que se detalla en el Anexo de la presente resolución.

ARTÍCULO 2°: Hágase saber a la Dra. Agostina CHIODI, al cuerpo docente indicado en el Anexo de la presente resolución, al Comité Académico de Especialidad y Maestría en Energías Renovables y a la Dirección Administrativa de Posgrado. Cumplido, resérvese.

mxs


Dra. MARÍA RITA MARTEARENA
SECRETARIA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa.




Dra. DANIEL HOYOS
DECANO
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



Universidad Nacional de Salta

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
Av. Bolivia 5150 - 4400 - Salta
Tel. (0387)425-5408 - Fax (0387)425-5449
Republica Argentina

ANEXO de la RESCD-EXA: 086/2021 – EXP-EXA N° 8081/2020

Materia: ENERGÍA GEOTÉRMICA

Carreras: Especialidad y Maestría en Energías Renovables – Plan 1998

Docente Responsable: Dra Agostina CHIODI

Profesores a cargo de temas: Dr. José G. Viramonte, Dr. Raúl Becchio, Dra. Agostina Chiodi, Dra. María Florencia Ahumada, Dr. Rubén Filipovich, Dra. Graciela Lesino, Dra. Rosa María Prol

Objetivo:

El objetivo del curso es brindar a los estudiantes los conocimientos elementales sobre de los sistemas geotermiales, en sus diversas tipologías y entornos geológicos, así como de los principales métodos de prospección, evaluación y aplicación del recurso.

Para ello se impartirán conocimientos tendientes a brindar conceptos sobre:

- Geología básica y su relación con la distribución del calor interno en el planeta
- El agua subterránea como recurso geotérmico
- Origen, naturaleza y tipología de los sistemas geotermiales
- Características físico-químicas de los fluidos asociados a los sistemas geotermiales
- Caracterización petrofísica de componentes litológicos de los sistemas geotermiales
- Métodos de prospección y exploración geofísica de los recursos geotérmicos
- Evaluación y aplicación del potencial de los recursos geotérmicos

Cantidad de horas: 40 (cuarenta)

Fecha de dictado: 01 al 18 de Junio del 2021

Evaluación: Al finalizar el dictado de la asignatura.

Requisitos: Disponer de computadora o cualquier dispositivo para acceder al dictado virtual del curso y posterior evaluación.

Modalidad del curso: Virtual. Utilización de aula virtual ZOOM y plataforma Moodle, para incorporación de recursos a ser utilizados durante el dictado del curso y desarrollo de examen final.

Cronograma de actividades:

- Martes 01 de junio: Introducción al curso y modalidad de dictado. Bolilla I. Profesor a cargo: Dr. José G. Viramonte. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos.
- Miércoles 02 de junio: Bolilla I. Profesor a cargo: Dr. José G. Viramonte. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos. Actividades no presenciales: lectura de material complementario.
- Jueves 03 de junio: Bolillas I y II. Profesor a cargo: Dr. Raúl Becchio. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos.
- Viernes 04 de junio: Bolilla II. Profesor a cargo: Dr. Raúl Becchio. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos. Actividades no presenciales: lectura de material complementario.
- Martes 08 de junio: Bolilla III. Profesora a cargo: Dra. Agostina Chiodi. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos. Actividades no presenciales: lectura de material complementario.
- Miércoles 09 de junio: Bolilla IV. Profesora a cargo: Dra. Agostina Chiodi. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos. Actividades no presenciales: resolución de ejercicios prácticos.
- Jueves 10 de junio: Bolilla V. Profesora a cargo: Dra. Florencia Ahumada. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos-Prácticos.



ANEXO de la RESCD-EXA: 086/2021 – EXP-EXA N° 8081/2020

- Viernes 11 de junio: Bolilla V. Profesora a cargo: Dra. Florencia Ahumada. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos-Prácticos. Actividades no presenciales: lectura de material complementario.
- Lunes 13 de junio: Bolilla VI. Profesor a cargo: Dr. Rubén Filipovich. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos-Prácticos. Actividades no presenciales: lectura de material complementario.
- Martes 14 de junio: Bolilla VI. Profesor a cargo: Dr. Rubén Filipovich. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos-Prácticos. Actividades no presenciales: resolución de ejercicios prácticos.
- Miércoles 15 de junio: Bolilla VII. Profesora a cargo: Dra. Graciela Lesino. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos-Prácticos. Actividades no presenciales: lectura de material complementario.
- Jueves 16 de junio: Bolilla VII. Profesora a cargo: Dra. Rosa María Prol. Horario: de 18 a 20 hs. Contenidos Teóricos-Prácticos. Actividades no presenciales: lectura de material complementario.
- Viernes 18 de junio: Evaluación. Horario: a partir de las 18 hs.

Programa Analítico

MODULO I: CONCEPTOS GENERALES DE GEOLOGIA Y GEOTERMIA

I- ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA Y GRADIENTE GEOTERMICO

Estructura interna de la Tierra. Distribución del calor interno de la Tierra, corrientes convectivas. Tectónica de placas. Flujo de calor, gradiente geotérmico, anomalías geotérmicas. Materiales de la corteza terrestre como componentes de los sistemas geotermiales. Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. El magma como fuente de calor. Observaciones volcánológicas. Deformación de los materiales de la corteza terrestre vinculados a sistemas geotermiales.

II- SISTEMAS HIDROGEOLOGICOS

Hidrogeología, conceptos básicos y definiciones: Situación y movimiento del agua en la hidrosfera. El ciclo hidrológico: conceptos y componentes. El agua en el suelo. Distribución vertical del agua en el suelo: zona no saturada y saturada. Permeabilidad. Transmisividad. Clasificación de las formaciones geológicas según su comportamiento hidrogeológico. Concepto de acuífero y acuícludo, roca reservorio y roca sello. Concepto de recarga. Movimiento del agua subterránea: nociones generales de hidrodinámica. Ley de Darcy. Principios básicos. Posibilidades y condiciones de entrapamiento. Aguas subterráneas y fuentes de calor.

III- CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS GEOTERMALES

Definición y clasificación de los recursos geotérmicos. Elementos principales de los sistemas geotermiales. Clasificación de los sistemas geotérmicos basada en la temperatura del reservorio, entalpía y estado físico. Tipos de sistemas geotermiales: volcánicos, convectivos, conductivos sedimentarios, geopresurizados, sistema de roca seca caliente (Sistemas Geotérmicos Mejorados, SGM y Sistemas Super Calientes, SHS), sistemas someros. Ejemplos de sistemas geotermiales en Argentina.

MODULO II: TECNICAS DE PROSPECCION GEOTERMICA

IV-GEOQUIMICA E ISOTOPIA

Fases fluidas en sistemas geotermiales. Métodos de muestreo y análisis. Características fisicoquímicas de los fluidos en sistemas geotermiales. Origen y evolución de los fluidos. Geoquímica y clasificación de las aguas. Geoquímica de los gases. Hidrología isotópica. Fraccionamiento Isotópico. Isotopía de gases. Geotermómetros: en fase líquida y en fase gaseosa.

V-GEOFISICA

Introducción a las técnicas de exploración geofísica: física de rocas, manifestaciones geotermiales, mediciones de flujo de calor, métodos activos y pasivos. Métodos geoelectrónicos: sondeos eléctricos verticales, tomografía eléctrica, potencial espontáneo y polarización inducida. Métodos electromagnéticos: magnetotelúrica (MT), audiomagnetotelúrica (AMT), transient electromagnetic (TEM). Métodos Sísmicos: pasivos y activos. Métodos potenciales: magnetometría y gravimetría.

Integración de métodos geofísicos. Ejemplos de modelos geofísicos.



ANEXO de la RESCD-EXA: 086/2021 – EXP-EXA N° 8081/2020

MODULO III: EVALUACION Y USO DE LOS RECURSOS GEOTERMALES

VI- Recursos y reservas. Estimaciones preliminares del potencial de un campo geotérmico: densidad energética, calor almacenado. Método volumétrico. Calculo determinístico y probabilístico del potencial. Simulaciones Montecarlo. Métodos numéricos. Ventajas y desventajas.

VII- Usos de los recursos geotermales:

-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 geotermales (balneología, agricultura, acuicultura, industria, calefacción, bombas de calor geotermal).

-Uso energético de reservorios de roca seca y caliente.

Bibliografía:

- Ahumada, Ma. F. 2020. Aplicación del método magnetotélurico en la caracterización del área geotermal Tuzgle-Tocomar (Puna Central), Provincias de Salta y Jujuy). Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta (inédito), 258 páginas, Salta, Argentina.
- Ahumada, Ma. F., Favetto, A., Filipovich, R., Chiodi, A., Báez, W., Viramonte, J.G., Guevara, L. 2017 Aplicación del método magnetotélurico en la exploración del Sistema geothermal Tocomar (Puna, NO Argentina). 20 ° Congreso Geológico Argentino, ST 13: 3-8, Tucumán.
- Allis, R. G. and Hunt, T. M., 1986. Analysis of exploitation-induced gravity changes at Wairakei geothermal field. *Geophysics* 51, 1647-1660.
- Auge, M., 2004. Regiones Hidrogeológicas. República Argentina. <http://www.alhsud.com/castellano/ebooks/listado.asp>
- Armstead, H.C.H., 1983. *Geothermal Energy*. E. & F. N. Spon, London, 404 pp.
- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E. 1985. New gas geothermometers for geothermal exploration. Calibration and application. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 49, 1307-1325.
- Báez W., Gropelli G., Giordano G., Ahumada F., Aldega L., Becchio R., Bigi S., Caricchi C., Chiodi A., Corrado S., De Benedetti A.A., Favetto A., Filipovich R., Fusari A., Invernizzi C., Maffucci R., Norini G., Pinton A., Pomposiello C., Tassi F., Taviani S. and Viramonte J.G. 2016. Mapping geology for the exploration of remote geothermal fields: The Tocomar Geothermal System case study (Puna plateau, Argentina). 2016. 3er International Workshop of IAVCEI Commission on Volcano Geology. EtnaAeolian islands, July 3-10.
- Barcelona, Alicia Favetto, Veronica Gisel Peri, Cristina Pomposiello & Carlo Ungarelli. 2014. The potential of audiomagnetotellurics in the study of geothermal fields: a case study from the northern segment of the Candelaria range, Salta, Argentina. *Journal of Applied Geophysics*, 54 : 20-36
- 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.
- Chiodi A., Martino R., Báez W., Formica S. y Fernández G., 2014. Recursos geotérmicos. Relatorio del 19° Congreso Geológico Argentino: Geología y recursos naturales de la provincia de Córdoba. (Eds. Martino R. y Gereschi A.) Asociación Geológica Argentina. 1347p.
- Chiodi, A., Báez, W., Filipovich, R., Ahumada, F., Viramonte, J.G., 2016. Modelo conceptual preliminar del sistema geotermal El Sauce (Salta) a partir de estudios de geoquímica de fluidos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 73 (1): 94-104.
- Chiodi A., Tassi F., Báez W., Maffucci R., Invernizzi C., Giordano G., Corrado S., Bicocchi G., Vaselli O., Viramonte J.G., Pierantoni P.P. 2015. New geochemical and isotopic insights to evaluate the geothermal resource of the hydrothermal system of Rosario de la Frontera (Salta, northern Argentina). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 295: 16-25.

Manuel
A



ANEXO de la RESCD-EXA: 086/2021 – EXP-EXA N° 8081/2020

- Chiodi A., Báez W., Tassi F., Bustos E., Viramonte J.G., Giordano G., Filipovich R., Ahumada Ma. F. 2017. Modelo conceptual preliminar del sistema geotermal de Cerro Blanco (Puna Austral) a partir de estudios de geoquímica de fluidos. XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán 7-11 de Agosto de 2017. S10: 30-35.
- Chiodi, A., Tassi, F., Báez, W., Filipovich, R., Bustos, E., Glok Galli, M., Suzaño, N., Ahumada, Ma.F., Viramonte, J.G., Giordano, G., Pecoraino, G., Vaselli, O., 2019. Preliminary conceptual model of the Cerro Blanco caldera-hosted geothermal system (Southern Puna, Argentina): inferences from geochemical investigations. *Journal of South American Earth Sciences*, 94:102213.
- Chiodi A., Filipovich R., Esteban C., Pesce A., Stefanini V., 2020. Geothermal Country update of Argentina: 2015-2020. *Proceedings World Geothermal Congress 2020*. Reykjavik, Iceland, 27 abril, 2020.
- Chiodini, G., Marini, L. 1998. Hydrothermal gas equilibria: the H₂O-H₂-CO₂-CO-CH₄ system. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 62, 2673 – 2687.
- Chiodini, G., Liccioli, C., Vaselli, O., Calabrese, S., Tassi, F., Caliroa, S., Caselli, A., Agosto, M., D'Alessandro, W. 2014. The Domuyo volcanic system: An enormous geothermal resource in Argentine Patagonia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 274: 71–77.
- 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., 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.
- Craig, H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, Vol. 133, 1702 – 1703
- Custodio, E. y Llamas, M.R., 1983. *Hidrología subterránea*, Ed. Omega. 2 vol. Barcelona.
- D'Amore F., Nuti, S. 1977. Notes on the chemistry of geothermal gases. *Geothermics*, Vol. 6, 39-45.
- D'Amore, F., Panichi, C. 1980. Evaluation of deep temperatures of hydrothermal system by a new gas geothermometer. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 44, 549-556.
- Davis, S.N. y De Wiest, R.J.M., 1971. *Hidrogeología*. Ed. Ariel. 563 pp.
- 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.
- Ellis, A., Mahon, W. 1977. *Chemistry and geothermal systems*. Academic Press, 392 p. New York.
- 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.
- Epstein, S., Mayeda, T. 1953. Variation of the 18O/16O ratio in natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 4, 213-224.
- Favetto, A, Pomposiello, C., Sainato, C, Dapefia, 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.
- Filipovich, R. E. 2020. *Evaluación cuantitativa del potencial geotérmico del Campo Geotérmico Tocomar (Puna Central, Provincia de Salta)*. Tesis Doctoral (inédito). Universidad Nacional de Salta.
- Filipovich R., Aldega L., Caricchi C., Invernizzi C., Báez W., Chiodi A., Ahumada F., Giordano G., Viramonte J., Favetto A. y Barrios A. 2016. Caracterización hidrogeológica del Lineamiento COT y su influencia en el Sistema Geotérmico Tocomar. 1º Reunión sobre Fluidos y Deformación. Agosto, 2016. Buenos Aires, Argentina.
- Filipovich R., Barrios A., Ahumada F., Chiodi A., Báez W., Giordano G. y Viramonte J. G. 2017. Evaluación probabilística del potencial eléctrico del campo geotérmico Tocomar (Puna Central), mediante el método volumétrico. XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán 7-11 de Agosto de 2017.
- Filipovich, R., Báez, W., GropPELLI, G., Ahumada, F., Aldega, L., Becchio, R., Berardi, G., Bigi, S., Caricchi, C., Chiodi, A., Corrado, S., De Astis, G., De Benedetti, A., Invernizzi, C., Norini, G., Soligo, M., Taviani, S., Viramonte, J., Giordano, G., 2020. Geological Map of the Tocomar Basin (Puna Plateau, NW Argentina). Implications for the Geothermal System Investigation. *Energies*, 901283.

M. Báez
A



- Fournier, R., Truesdell, A. 1973. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 37, 1255-1275.
- Freeze, AR. y Cherry, J.A., 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, 604 pp. Englewood Cliff.
- Fridleifsson, LB., 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.
- Giggenbach, W. 1980. Geothermal gas equilibria. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 44, 2021-2032.
- Giggenbach, W. 1988. Geothermal solute equilibria, derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 52, 2749-2765.
- Giggenbach, W. 1991. Chemical techniques in geothermal exploration. En *Application of Geochemistry in Geothermal Reservoir Development*, UNITAR, New York, 253-273.
- Giordano G., Pinton A, Cianfarra P., Baez W, Chiodi A, Viramonte J.G., Norini G. y Gropelli G., 2012. Structural control on geothermal circulation in the Cerro Tuzgle -Tocomar geothermal volcanic area (Puna plateau, Argentina). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 249: 77-94.
- Giordano, G., De Benedetti, A., Bonamico, A, Ramazzotti, P. Mattei, M. 2014. Incorporating surface indicators of reservoir permeability into reservoir volume calculations: Application to the Colli Albani caldera and the Central Italy Geothermal Province. *Earth Science Reviews* 128: 75-92.
- Giordano, G., Ahumada, F., Aldega, L., Báez, W., Becchio, R., Bigi, S., Caricchi, C., Chiodi, A., Corrado, S., De Benedetti, A.A., Favetto, A., Filipovich, R., Fusari, A., Gropelli, G., Invernizzi, C., Maffucci, R., Norini, G., Pinton, A., Pomposiello, C., Tassi, F., Taviani, S., Viramonte, J.G. 2016. Preliminary data on the structure and potential of the Tocomar geothermal field (Puna plateau, Argentina). *Energy Procedia* 97: 202-209.
- Giordano G., Ahumada F., Aldega L., Báez W., Becchio R., Bigi S., Caricchi C., Chiodi A., Corrado S., De Benedetti A.A., Favetto A., Filipovich R., Fusari A., Gropelli G., Invernizzi C., Maffucci R., Norini G., Pinton A., Pomposiello C., Tassi F., Taviani S., Viramonte J.G. 2016. Multidisciplinary approach for the exploration of remote geothermal fields: The Tocomar Geothermal System case study (Puna plateau, Argentina). *European Geothermal Congress 2016*, Strasbourg, France, 19-24 Sept.
- Giordano G., Ahumada F., Aldega L., Báez W., Becchio R., Bigi S., Caricchi C., Chiodi A., Corrado S., De Benedetti A.A., Favetto A., Filipovich R., Fusari A., Gropelli G., Invernizzi C., Maffucci R., Norini G., Pinton A., Pomposiello C., Tassi F., Taviani S., Viramonte J.G. 2016. Structural control on geothermal circulation in the Tocomar geothermal volcanic area (Puna plateau, Argentina). *Geophysical Research Abstracts* Vol. 18, EGU2016-17459, EGU General Assembly 2016.
- 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, 42 pp.
- Gudmundsson, J.S., 1988. The elements of direct uses. *Geothermics*, 17: 119-136.
- Gutiérrez Negrín, L.C., 1991. Desarrollo geotérmico internacional 1985-1990 e Indices de productividad. *Geothermics*, Rev. Mx. Geoenergía, 7 (2): 231-253.
- Harsh G. and Sukanta R. 2008. *Geothermal energy. An alternative resource for the 21 st century*. Elsevier. Oxford. 279 pp.
- 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.
- Hoefs, J. 1980. *Stable Isotope Geochemistry*. Springer-Verlag, 135 pp. Berlin
- Hutterer, G.W., 2001. The status of world geothermal power generation 1995-2000. *Geothermics*, 30: 7-27.
- Invernizzi C., Pierantoni P.P., Chiodi A., Maffucci R., Corrado S., Báez W., Tassi F., Giordano G. y Viramonte J.G. 2014. Preliminary assessment of the geothermal potential of Rosario de la Frontera área (Salta, NW Argentina): insight from hydro-geological, hydro-geochemical and structural investigations. *Journal of South American Earth Sciences* 54:20-36.



ANEXO de la RESCD-EXA: 086/2021 – EXP-EXA N° 8081/2020

- 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. 430 pp.
- Kruger, P. and Otte, C., 1973 Geothermal energy. Resources, production, stimulation. Stanford University Press. Stanford, 1: 94.
- Lamberti, C., Chiodi, A., Agosto, M., Filipovich, R., Massenzio, A., Báez, W., Tassi, F., Vaselli, O., 2020.
- Carbon dioxide diffuse degassing as tool for computing the thermal energy release at Cerro Blanco Geothermal System, Southern Puna (NW Argentina). Journal of South American Earth Sciences, 105, 102833.
- Lindal, B., 1973. Industrial and other applications of geothermal energy. In: Armstead, H.C.H., (Ed.): Geothermal Energy, UNESCO, Paris, pp.135-148.
- 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: 2968.
- 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, Me Graw-Hill, Inc., New York.
- Maffucci, R., Corrado, S., Aldega, L., Bigi, S., Chiodi, A., Di Paolo, L., Giordano, G., Invernizzi, C. 2016. Cap rock efficiency of geothermal systems in fold-and-thrust belts: Evidence from paleo-thermal and structural analyses in Rosario de La Frontera geothermal area (NW Argentina). Journal of Volcanology and Geothermal Research: 328: 84-95.
- Maffucci, R., Bigi, S., Corrado, S., Chiodi, A., Di Paolo, L., Giordano, G. e Invernizzi, C. 2015. Quality assessment of reservoirs by means of outcrop data and “discrete fracture network” models: the case history of Rosario de La Frontera (NW Argentina) geothermal system. Tectonophysics 647-648: 112-131.
- Marini, L. 2000. Geochemical Techniques for the Exploration and Exploitation of Geothermal Energy. Informe Proyecto FONDEF 9911051, 82 pp.
- McNitt, J. 1970. The Geologic Environment of Geothermal Fields as a Guide to Exploration. Geothermics, Vol. 1, 24 – 31
- 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: chemistry and exploration techniques. Springer-Verlag, 268 pp. Berlin.
- 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: 179.
- 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. laea 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. laea 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.




ANEXO de la RESCD-EXA: 086/2021 – EXP-EXA N° 8081/2020

- Sainato, C., Febrer, J.M., Pomposiello, M.C., Mamani, 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 Audiomagnetotélurico de los acuíferos geotermales 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. C02B, 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, 495 pp. J. Wiley and Sons.
- Stefansson, V., 2000. The renewability of geothermal energy. Proc. World Geothermal Energy, Japan. On CDROM.
- Taran, Y. 1986. Gas geothermometers for hydrothermal systems. Geochemistry International, Vol. 23, 111126.
- Tarbuck y Lutgens, 2000. Ciencias de la Tierra. Una introducción a la Geología Física, 540pp. Prentice Hall.
- Tassi, F., Martínez, C., Vaselli, O., Capaccioni, B., Viramonte, J. 2005. The light hydrocarbons as a new geoinicator for temperature and redox conditions of geothermal fields: Evidence from the El Tatio (Northern Chile). Applied Geochemistry, Vol. 20, 2049-2062.
- Tassi, F., Montegrossi, G., Vaselli, O. 2003. Metodologie di campionamento ed analisi di fasi gassose. CNR – IGG, Florencia, Reporte Interno 1/2003, 16 pp.
- Tassi, F., Vaselli, O., Moratti, G., Piccardi, L., Minissale, A., Poreda, R., Delgado Huertas, A., Bendkik, A., Chenakeb, M., Tedesco, D. 2006. Fluid geochemistry versus tectonic setting: the case study of Morocco. Journal of Geological Society of London, Special Publication, Vol. 262, 131-145.
- 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.
- Vilela, C.R., 1970. Hidrogeología. Opera Lilloana XVIII. Tucumán. 430 pp.
- Weres, O., 1984. Environmental protection and the chemistry of geothermal fluids. Lawrence Berkeley Laboratory, Calif., LBL 14403, 44 pp.
- White, D., Muffler, J., Truesdell, A. 1971. Vapor-dominated hydrothermal systems compared with hot-water systems. Economic Geology, Vol. 66, 75-97.
- 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.


 Dra. MARÍA RITA MARITEARENA
 SECRETARÍA ACADÉMICA Y DE INVESTIGACIÓN
 FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa




 Ing. DANIEL HOYOS
 DECANO
 FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa