

CCT member and observer Activity Report

Period: January to December 2021

Institute: Centro Nacional de Metrología (CENAM)

State economy: México

Number of persons involved in thermometry of the institute: 9

The Thermometry Group (DTR) maintains as a National Temperature Standard, the reproduction of the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90), in the interval from - 180°C to 960°C by means of platinum resistance thermometry, and from 960°C to 2000°C via radiation thermometry.

The results of comparisons of the National Temperature Standard with the standards of other countries show that they are equivalent. For example, in the comparison (2003-2004) organized by the BIPM, between 20 National laboratories, of water triple point cells, it was found that our national reference coincides within 0.05 mK with most of the other references.

The dissemination of the value of the national standard is carried out through the calibration of the standard thermometers of the secondary laboratories, at fixed points of the ITS-90, or by comparison with standard thermometers of greater accuracy. With this, secondary laboratories and industry in general, can reach the levels of uncertainty in their measurements suitable for their processes.

In addition, the DTR maintains the National Standards of Humidity in Air, Moisture in Solids, Thermal Conductivity of Non-Conductive Solids, Thermal Conductivity of Conductive Solids and Thermal Conductivity of Simple Fluids.

Work has begun to provide national references for some properties of national economic interest, such as the heating capacity of fuel gases.

The staff of the DTR has direct collaboration with the staff of the working groups of other National Metrology Institutes in the world, and has carried out training stays, development of joint projects, and comparisons of measurement results.

Short summary of research and development:

Contact Thermometry: Design and construction of thermometry fixed points for the maintenance of CENAM standard of contact thermometry; Evaluation of uncertainty of the effect due to standard resistor in platinum resistance thermometry; Characterization of the triple point of nitrogen for calibration of platinum resistance thermometers.

Radiation thermometry

- Below the silver point. Design and construction of fixed-point blackbodies for the calibration of radiation thermometers below the silver point: Indium freeze point blackbody.

- For industry. Design and construction of low temperature furnaces for fixed point blackbodies below the silver point. Development of measurement methods for obtaining radiance temperature and emissivity during additive manufacturing processes.
- For clinical applications. Design of clinical radiation thermometer for skin measurement. Design of low temperature bath for the calibration of clinical radiation thermometers.

Humidity: Modelling hybrid humidity generators for the design and construction of a generator which replace our actual generators; Characterization of a commercial 2T-2P humidity generation in order to extend the working range of CENAM standard.

Moisture: Design and development of several drying systems for moisture measurements by the gravimetric method by drying. In particular a vacuum system for drying of several solid materials was developed which is applied to the drying of heat sensitive materials.

Thermal conductivity: Design and development of guarded hot plate for high temperatures, near 800 °C. In case of fluid design and development an apparatus for non-simple fluid by transient hot wire method and finally development a primary standard for solid conductive materials.

Short summary of recent comparison activity:

1. CIPM key comparison of water triple point cells: CCT-K7.2021 (**On going**). The primary objective is a comparison, mediated by the participant transfer cells, of the participant national realizations of the TPW temperature.
2. SIM.T-S11: SIM comparison between INMs for Industrial type Platinum Resistance Thermometers calibration by comparison over the range from - 40 °C to 420 °C (**On going**). The objective of this comparison is to confirm the status of CMCs related on the calibration of the Industrial Platinum Resistance Thermometers.

Short summary of other activities:

With the new Mexican Quality Infrastructure Law approved in 2020, CENAM was assigned a leading role in legal metrology. This involved conducting legal metrology activities.

New SI dissemination activities at National and Regional Level.

Support to CARIMET-SIM for humidity measurements.

Support to SIM for moisture content in grains (mainly coffee).

Support to National Institutes in charge of cold chain for COVID-19 vaccines.

Design, development, and construction of a hyperbolic calorimeter for measuring de caloric value of combustible gas (natural Gas)

Link to bibliography or list of bibliography (last 5 years):

Peer-reviewed papers

1. Measurement Uncertainty of Surface Temperature Distributions for Laser Powder Bed Fusion Processes, D. C. Deisenroth, S. Mekhontsev, B. Lane, L. Hanssen, I. Zhirnov, V. Khromchenko, S. Grantham, **D. Cardenas-Garcia**, and A. Donmez, J Res Natl Inst Stan Volume 126, Article No. 126013 (2021), <https://doi.org/10.6028/jres.126.013>
2. BEST PRACTICE GUIDE: USE OF INFRARED FOREHEAD THERMOMETERS TO PERFORM TRACEABLE NON-CONTACT MEASUREMENTS OF HUMAN BODY TEMPERATURE, M. J. Martin (CEM, Spain), L. Knazovicka (CMI, Czech Republic), H. McEvoy (NPL, UK), G. Machin (NPL, UK), I. Pusnik (UL, Slovenia), **D. Cardenas** (CENAM, Mexico), M. Sadli (LNE-CNAM, France), B. Chengdu (NIM, China), W. Li (SPRING, Singapore), P. Saunders (MSL, New Zealand), <https://www.bipm.org/en/committees/cc/cct/wg/cct-wg-ncth> (2021)
3. BEST PRACTICE GUIDE: USE OF INFRARED EAR THERMOMETERS TO PERFORM TRACEABLE NON-CONTACT MEASUREMENTS OF HUMAN BODY TEMPERATURE, M. J. Martin (CEM, Spain), L. Knazovicka (CMI, Czech Republic), H. McEvoy (NPL, UK), G. Machin (NPL, UK), I. Pusnik (UL, Slovenia), **D. Cardenas** (CENAM, Mexico), M. Sadli (LNE-CNAM, France), B. Chengdu (NIM, China), W. Li (SPRING, Singapore), P. Saunders (MSL, New Zealand) , <https://www.bipm.org/en/committees/cc/cct/wg/cct-wg-ncth> (2021).
4. CCT Supplementary comparison S2 on thermal conductivity measurements of insulating materials by guarded hot plate, Bruno Hay , Robert Zarr , Clark Stacey , Nikolay Sokolov , **Leonel Lira Cortés** , Jintao Zhang , Ulf Hammerschmidt , Jean-Remy Filtz and Alexandre Allard, Metrologia, Volume 57, Number 1A
5. Report on the CCT Supplementary comparison S2 on thermal conductivity measurements of insulating materials by guarded hot plate, January 2020, B. Hay 1,8 , R. Zarr 2 , C. Stacey 3 , N. Sokolov 4 , **L. Lira-Cortes** 5 , J. Zhang 6 , U. Hammerschmidt 7 , J.-R. Filtz 1 , A. Allard, [https://www.bipm.org/en/committees/cc/cct/tg/cct/tg-ThQ\(2020\)](https://www.bipm.org/en/committees/cc/cct/tg/cct/tg-ThQ(2020))
6. Influence of Stipa ichu on the thermal and mechanical properties of adobe as a bio composite material J M Piñas, **L Lira** , M Horn, J L Solis and M M Gómez, 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1433 012003
7. Radiance Temperature Comparison between CENAM and PTB from -25 °C to 100 °C, **D. Cárdenas-García**, B. Gutschwager, and J. Hollandt, Radiance Temperature Comparison between CENAM and PTB from -25 °C to 100 °C, NCSLI Measure, (2019) DOI: 10.1080/19315775.2019.1691961.

8. Radiometric Calibration of Digital Counts of Infrared Thermal Cameras, O. González-Chávez, **D. Cárdenas-García**, S. Karaman, M. Lizárraga, and J. Salas, IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL. 68, NO. 11, NOVEMBER 2019.
9. Application of the Luikov's model in the moisture measurement of solid materials by drying, **Martines- López E., Lira-Cortés L.**, International Journal of Thermophysics, Volume 40, number 1, 2019. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10765-018-2461-5>.
10. Uncertainty estimation of some sorption isotherms used for the moisture conditioning of grains, **Martines- López E., Lira-Cortés L.**, International Journal of Thermophysics, Volume 39, number 12, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10765-018-2457-1>.
11. Modelo de generación de humedad mediante la combinación de flujos de aire, **Martines López E., Dávila Pacheco J.A., Lira Cortés L.**, Ingeniería investigación y Tecnología, Volumen XIX (número 4), Octubre-Diciembre 2018, ISSN 2594-0732 FI-UNAM. <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/v19n4-04.php>.
12. An attempt to Simplify the Determination of the Size-of Source Effect in Radiation Thermometers, **H. Rodríguez-Arteaga, and D. Cárdenas-García**, Int J Thermophys (2017) 38:104. DOI 10.1007/s10765-017-2243-5
13. Los termómetros de mercurio y algunas alternativas para reemplazarlos, Hernández Nava R., **Martines López E.**, Ide@s, Concyteg, 12 (149), Enero 2017, pp. 27-37, ISSN: 2017-2716.
14. INFLUENCE OF SIZE OF SOURCE EFFECT ON ACCURACY OF LWIR RADIATION THERMOMETERS, **D. Cywiak, D. Cárdenas-García, and H. Rodríguez-Arteaga**, Metrol. Meas. Syst., Vol. 23 2016, No. 4, pp. 661–667. DOI: 10.1515/mms-2016-0050.
15. INFLUENCE OF SIZE OF SOURCE EFFECT ON ACCURACY OF LWIR RADIATION THERMOMETERS, **D. Cywiak, D. Cárdenas-García, and H. Rodríguez-Arteaga**, Metrol. Meas. Syst., Vol. 23 (2016), No. 4, pp. 661–667. DOI: 10.1515/mms-2016-0050
16. Evaluación de los factores de influencia en el modelo de Luikov durante el secado de ladrillo, **Martines Lopez E., Lira Cortés L.**, Ingeniería, Investigación y Tecnología, volumen XVII (número 1), enero-marzo 2016: 35-44, ISSN 1405-7743 FI-UNAM. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1405774316000056>.

Conferences

1. Controles metrológicos para regular el uso de medidores de contenido de humedad en granos, **Martines López E.**, XXVII CONGRESO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZACION Y EVALUACION DE LA CONFORMIDAD 2019, AMMAC, 09-12 Octubre 2019, Aguas Calientes, México.

2. ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LOS VALORES GENERADOS DE HUMEDAD DE UN MODELO TIPO HÍBRIDO, **Martines López E.**, Lira Cortés L., Simposio de Metrología 2018, 08-12 Octubre, 2018, Querétaro, México.
3. CONSTRUCCIÓN DE TÚNEL DE SECADO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE MATERIALES SÓLIDOS, **Martines López E.**, Lira Cortés L., Simposio de Metrología 2018, 08-12 Octubre, 2018, Querétaro, México.
4. EFECTO DE NIVELACIÓN EN MEDIDOR DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN GRANOS TIPO CAPACITIVO, **Martines López E.**, Lira Cortés L., Simposio de Metrología 2018, 08-12 Octubre, 2018, Querétaro, México.
5. EFECTO DE NIVELACIÓN EN MEDIDOR DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN GRANOS TIPO CAPACITIVO, **Martines López E.**, Lira Cortés L., Simposio de Metrología 2018, 08-12 Octubre, 2018, Querétaro, México.
6. CALCULO DE LOS VALORES DE HUMEDAD DE CONDICIONES DE LABORATORIO A CONDICIONES DE REFERENCIA Y SU CONVERSIÓN DE UNIDADES, **Martines López E.**, Lira Cortés L., Simposio de Metrología 2018, 08-12 Octubre, 2018, Querétaro, México.
7. SITIO WEB DE ESTADÍSTICA METROLÓGICA INSTITUCIONAL DEL CENAM, Hugo Gasca Aragón, Juan Flavio Bocanegra Jiménez, Maria Perez Auxilio , José Luis Cabrera Torres, M.C. Marco Antonio Ávila Calderon , Victor Serrano Caballero, **Enrique Martines López**, Simposio de Metrología 2018, 08-12 Octubre, 2018, Querétaro, México.
8. El Diplomado de Termometría de Radiación del CENAM, **D. Cárdenas-García**, Memorias del Simposio Metrología CENAM 2018.
9. La nueva Guía Técnica sobre Trazabilidad e Incertidumbre en la Calibración de Termómetros de Radiación, **H. Rodríguez-Artega y D. Cárdenas-García**, Memorias del Simposio Metrología CENAM 2018.
10. De los “kélvines” de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 al nuevo kelvin, **D. Cárdenas-García**, Memorias del Simposio Metrología CENAM 2018.
11. SISTEMA PARA CALIBRACIÓN POR COMPARACIÓN DE TERMÓMETROS INDUSTRIALES DE RESISTENCIA DE PLATINO EN NITRÓGENO LÍQUIDO, **David Cywiak, Edgar Mendez y David Licea Panduro**, Simposio de Metrología, Querétaro, México, 8 a 12 de octubre 2018.
12. DISEÑO DE UN INSTRUMENTO PRIMARIO PARA MEDIR LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE SÓLIDOS CONDUCTORES. **Oscar J. González R., Leonel Lira C.**, Simposio de Metrología 2018 – CENAM, 8 al 12 de octubre del 2018. Santiago de Queretaro, Qro.
13. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CALORÍMETRO PARA LA MEDICIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE GASES DE COMBUSTIÓN **González Rodriguez O., Lira-Cortés L., Méndez Lango E.**, Arce Landa Jesús, Simposio de Metrología 2018 – CENAM, 8 al 12 de octubre del 2018. Santiago de Querétaro, Qro.
14. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN RECIPIENTE PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGITACIÓN DE UN CALORÍMETRO **González Rodriguez O., Lira-Cortés L., Méndez Lango E.**, Arce Landa Jesús, Simposio de Metrología 2018 – CENAM, 8 al 12 de octubre del 2018. Santiago de Querétaro, Qro.

15. SISTEMA DE ENCENDIDO Y CONTROL DE FLAMA PARA LA CAMARA DE COMBUSTION DE UN CALORIMETRO. **González Rodríguez O., Lira-Cortés L.,** Oscar E. Perez Hernandez Simposio de Metrología 2018 – CENAM, 8 al 12 de octubre del 2018. Santiago de Queretaro, Qro.
16. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN GENERADOR DE HUMEDAD POR EL MÉTODO DE DOS PRESIONES Y DOS TEMPERATURAS, **Jesús Alfredo Dávila,** Simposio de Metrología 2018, 8 al 12 de octubre del 2018, Querétaro, México.
17. Implementación de servicios de calibración de medidores de contenido de humedad en granos en CENAM, **Martines-López E.,** SEMINARIO DESAFIOS E IMPACTOS DO CONTROLE METROLÓGICO DE MEDIDORES DE UMEDEADE DE GRÃOS, 07-09/08/2017, Foz do Iguauçu- PR, Brazil.
18. Application of the Luikov's model in the moisture measurement of solid materials by drying, **Martines-Lopez E.,** Lira-Cortes L., Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science (TEMPMEKO 2016), 26 June-01July, 2016, Zakopane Poland.
19. Uncertainty estimation of some sorption isotherms used for the moisture conditioning of grains, **Martines-Lopez E.,** Lira-Cortes L., Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science (TEMPMEKO 2016), 26 June-01July, 2016, Zakopane Poland.
20. Análisis de los coeficientes estadísticos de forma para determinar la no linealidad de un modelo de medición, **Martines López E.,** Lira Cortés L., **Simposio de Metrología,** 19-23 Septiembre 2016, Querétaro, México.
21. Análisis de la conversión de humedad relativa a temperatura de punto de rocío o escarcha, Dávila Pacheco J. A., **Martines López E.,** **Simposio de Metrología,** 19-23 Septiembre 2016, Querétaro, México.
22. Casos donde la definición de humedad relativa da lugar a interpretaciones incorrectas, Dávila Pacheco J. A., **Martines López E.,** Lira Cortés L., **Simposio de Metrología,** 19-23 Septiembre 2016, Querétaro, México.
23. El futuro de los termómetros de líquido en vidrio, Hernández Nava, R., **Martines López E.,** **Simposio de Metrología,** 19-23 Septiembre 2016, Querétaro, México.
24. DESARROLLO DE UNA FUENTE RADIANTE TIPO CUERPO NEGRO DE PUNTO FIJO DEL ALUMINIO, **J. E. Hernández-López,** p. 53, Memorias del Simposio Metrología CENAM 2016, ISBN 978-607-97187-8-7
25. MEJORA DE DISEÑO DE CRISOL Y CAVIDAD DE CUERPO NEGRO DE TEFLÓN, K.S. López-Reyes, **D. Cárdenas-García, H. Rodríguez-Arteaga,** p. 95, Memorias del Simposio Metrología CENAM 2016, ISBN 978-607-97187-8-7
26. ESTIMACIÓN DE DERIVA DE UN TERMÓMETRO ÓTICO, **D. Cárdenas-García,** p. 175, Memorias del Simposio Metrología CENAM 2016, ISBN 978-607-97187-8-7
27. CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS DE RADIACIÓN BAJO LAS CONDICIONES DE USO EN CAMPO, H. **Rodríguez-Arteaga, D. Cárdenas-García,** p. 205, Memorias del Simposio Metrología CENAM 2016, ISBN 978-607-97187-8-7.

28. EXTRAPOLACIÓN DE CALIBRACIÓN DE UN TRPS DE -190 °C a -196 °C. **David Cywiak y David Licea Panduro** Simposio de Metrología, Querétaro, México, 19 a 23 septiembre 2016.
29. Study of candidates to certified reference material for emissivity measurements, **David Cywiak y Daniel Cárdenas García**, Tempmeko , 26 June-01 July 2016, Zakopane, Poland.
30. DESIGN AND CONSTRUCTION OF A THERMOSTATIC BATH. **Oscar J. González R., Leonel Lira C., Saúl García D.** XIII Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science (Tempmeko 2016), Zakopane, Polonia, Del 27 al 30 de junio de 2016.
31. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BAÑO TERMOSTÁTICO. **Oscar J. González R., Leonel Lira C., Saúl García D.** Simposio de Metrología 2016. 19 al 23 de septiembre 2016. Santiago de Querétaro, Qro.
32. EXTENSIÓN DEL PATRÓN NACIONAL DE HUMEDAD EN LA MAGNITUD DE TEMPERATURA DE PUNTO DE ESCARCHA, **Dávila P. Jesús, Lira C. Leonel, Martines L. Enrique**, Simposio de Metrología 2016, 19 al 23 de Septiembre de 2016, Querétaro, México.
33. ANALISIS DE LA CONVERSION DE HUMEDAD RELATIVA A TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO O ESCARCHA, **Dávila P. Jesús, Martines L. Enrique**, Simposio de Metrología 2016, 19 al 23 de Septiembre de 2016, Querétaro, México.
34. CASOS DONDE LA DEFINICIÓN DE HUMEDAD RELATIVA DA LUGAR A INTERPRETACIONES INCORRECTAS, **Dávila P. Jesús, Martines L. Enrique**, Simposio de Metrología 2016, 19 al 23 de Septiembre de 2016, Querétaro, México