

**Estamos celebrando nuestro aniversario**

**30**  
**AÑOS**



**1994 - 2024**

**CENAM**

**CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA**

---

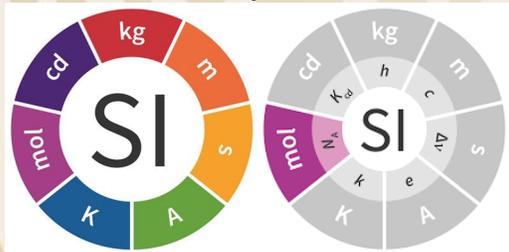
**Impulsando la excelencia en mediciones**

# CAPACIDADES EN ANÁLISIS DE GASES EN MEDIO AMBIENTE AL 2030

PERSPECTIVAS Y DESAFÍOS

JORGE KOELLIKER D.  
COORDINADOR CIENTÍFICO GRUPO GASES

Las opiniones técnicas de este trabajo son responsabilidad del autor y no reflejan una postura oficial del CENAM

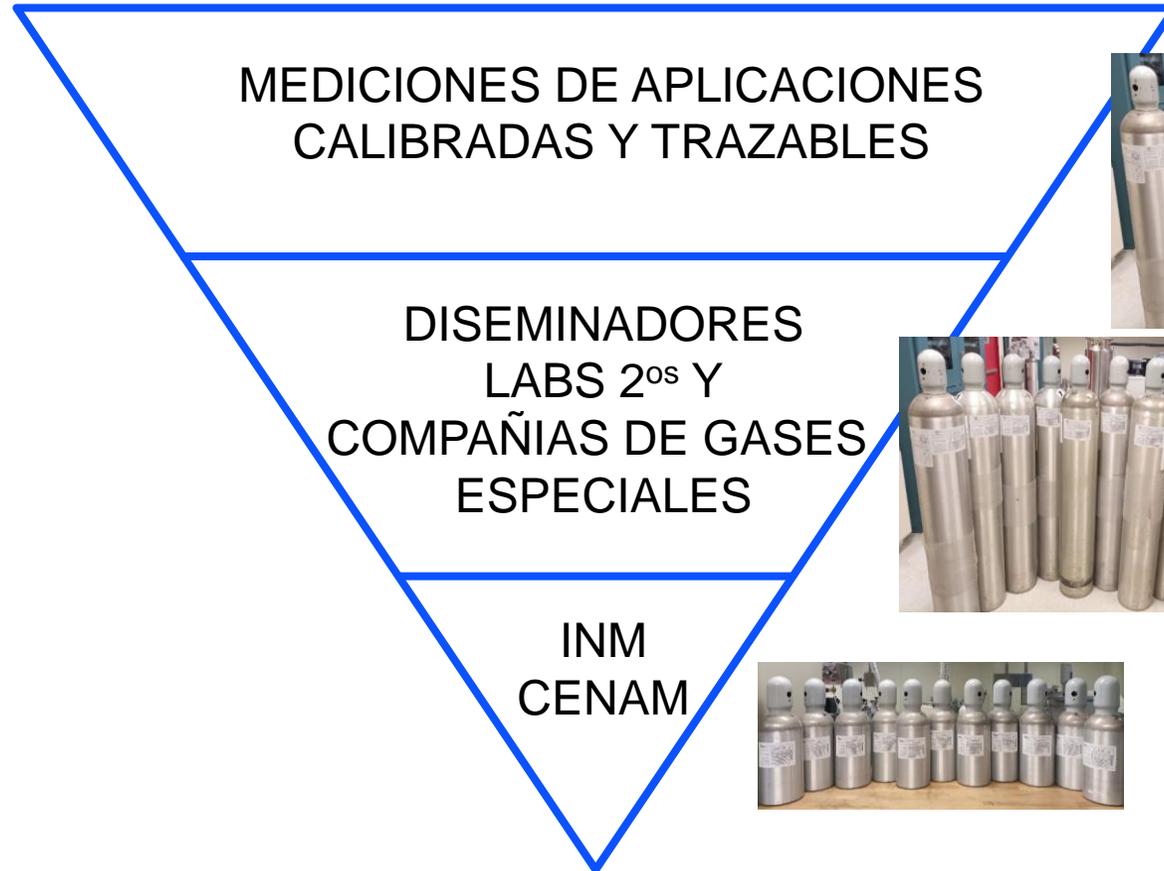


**ECONOMÍA**  
SECRETARÍA DE ECONOMÍA



# ¿Los patrones de medida en análisis de gases?

## Carta trazabilidad



La Metrología  
también existe

© CEM et al



1ª Edición  
Diciembre 2019

.... *invasiva,  
invisible  
ignorada*

# Calidad del aire

- Variables son las reguladas (magnitudes le llamamos los metrólogos), no sólo las sustancias, ejemplos: fracción de cantidad de sustancia ..., concentración de masa, masa/distancia, masa/tiempo, ...

Clasificación by sources & applications	Some substances, groups of substances, particles or method defined substances, microorganism (radiation excluded)							
	GHGs	SLCPs	Criteria air pollutants	Other relevant ambient air pollutants		Vehicle emissions	Stack emissions	POPs
Stack emissions	CO2	Black carbon	CO	VOCs		CO2	CO2	Dioxins
Transport emissions	CH4	CH4	PM10	Toxic VOCs		CO	CO	Pesticides
Vehicle	N2O		PM2.5	Hexachloro 1,3 butadiene	PAHs	C3H8 (C6H14)	C3H8	PCBs
Aviation	SF6	O3	O3	Chlorobenzene	Cations	O2	O2	Elimination Reduction
Ships	HCFCs		NO2 (NOx)	Chloroform BTEX ...	Anions	NOx	NOx	
Area sources	HFCs	SL HFCs	SO2	Oxygenated VOCs			SO2	Reduce unintentional releases
Natural Sources	NF3		Pb	Acetone	Methanol	PM	PM	
Outdoor air quality				Ethanol	...	Elements	Hg	
Indoor air quality			Zero air	Terpenes	Carbonyls	...	NH3	
Rn	Priority pollutants?			R-limonene	HCHO	Radicals	HF	
Mold		Not regulated but technically needed		α-pinene ...	Acetalde- hyde ...	·OH	HCl	
Bacteria				PAMS-VOCs		·OH2	VOCs or NMHC	
Pollen				56 or 58 compounds	NOy	PAN	H2SO4	
				Halogenated VOCs				

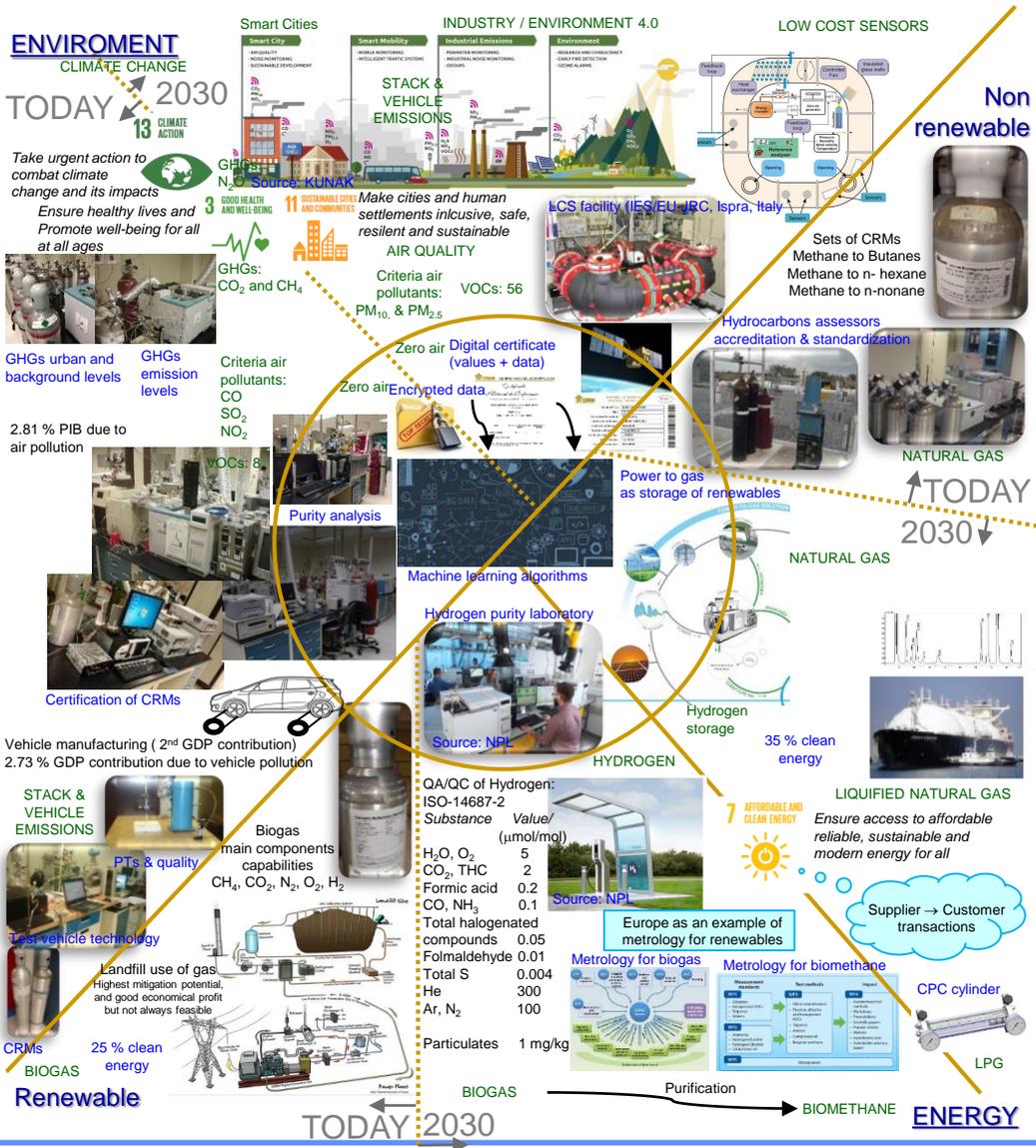
Mitigation NAMAs Local activity & Emission factors

Control Reduce

"Eliminate"

**CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA**

**Abstract:** This poster shows the applications of gas analysis in two sectors at CENAM: energy and environment activities 2019 and in 2030, including our contribution to SDGs and also current/future technologies like internet of things, industry and environment 4.0, and digitalization and automation of services and their data and certificates. In energy renewable (biogas, biomethane and hydrogen) and non-renewable (NG, LNG and LPG) sources are included. While in the environmental sector: vehicle and stack emissions, GHGs at emission/inmission levels, air quality and low cost sensors are mentioned.



## Energía y medio ambiente

**El CENAM y los patrones para análisis de gases al 2030**

**Abstract:** This poster shows the applications of gas analysis in two sectors at CENAM: energy and environment activities 2019 and in 2030, including our contribution to SDGs and also current/future technologies like internet of things, industry and environment 4.0, and digitalization and automation of services and their data and certificates. In energy renewable (biogas, biomethane and hydrogen) and non-renewable (NG, LNG and LPG) sources are included. While in the environmental sector: vehicle and stack emissions, GHGs at emission/inmission levels, air quality and low cost sensors are mentioned.

## ENVIRONMENT

CLIMATE CHANGE

TODAY vs 2030

13 CLIMATE ACTION

Take urgent action to combat climate change and its impacts

Ensure healthy lives and Promote well-being for all at all ages



GHGs urban and background levels

GHGs emission levels

Criteria air pollutants:  
CO  
SO<sub>2</sub>  
NO<sub>2</sub>

2.81 % PIB due to air pollution

### Smart Cities



GHGs: N<sub>2</sub>O Source: KUNAK

3 GOOD HEALTH AND WELL-BEING

11 SUSTAINABLE DEVELOPMENT

GHGs: CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>

Criteria air pollutants: CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>

### INDUSTRY / ENVIRONMENT 4.0



Make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable

AIR QUALITY

Criteria air pollutants: PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub>

VOCs: 56

Zero air

Encrypted data

Digital certificate (values + data)

### LOW COST SENSORS



LCS facility (IES/EU-IRC, Ispra, Italy)



Hydrocarbons assessors accreditation & standardization



Non renewable



Sets of CRMs  
Methane to Butanes  
Methane to n-hexane  
Methane to n-nonane



NATURAL GAS



VOCs: 8

Purity analysis



Certification of CRMs



Vehicle manufacturing ( 2<sup>nd</sup> PIB contribution)  
2.73 % PIB contribution due to vehicle pollution

**STACK & VEHICLE EMISSIONS**



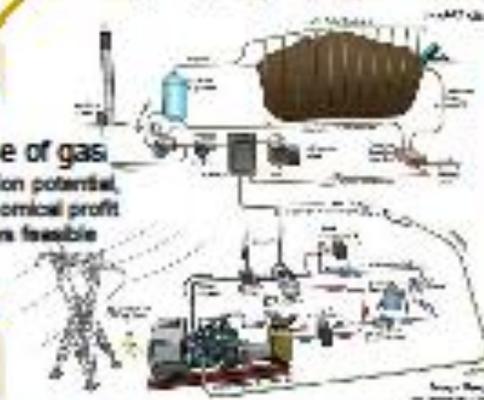
PTs & quality

Biogas main components capabilities  
 $CH_4, CO_2, N_2, O_2, H_2$



Test vehicle technology

Landfill use of gas  
Highest mitigation potential and good economical profit but not always feasible



CRMs

25 % clean energy

**Renewable**

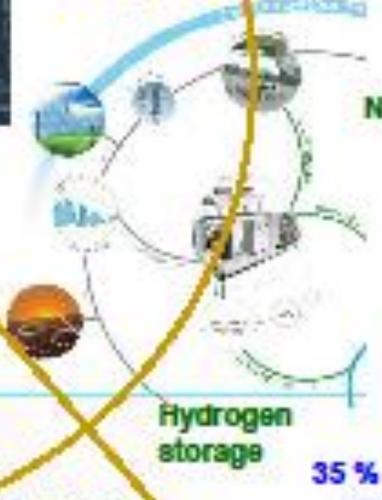
Machine learning algorithms

Hydrogen purity laboratory



Source: NPL

Power to gas as storage of renewables



Hydrogen storage

35 % clean energy

**HYDROGEN**

**QA/QC of Hydrogen:**  
ISO-14687-2

Substance	Value/ ( $\mu\text{mol/mol}$ )
$H_2O, O_2$	5
$CO_2, THC$	2
Formic acid	0.2
$CO, NH_3$	0.1
Total halogenated compounds	0.05
Formaldehyde	0.01
Total S	0.004
He	300
Ar, $N_2$	100
Particulates	1 mg/kg



Source: NPL

Europe as an example of metrology for renewables



CPC cylinder

LPG

**BIOMETHANE ENERGY**

NATURAL GAS  
**TODAY**  
2030

NATURAL GAS



**LIQUIFIED NATURAL GAS**

7 AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY



Ensure access to affordable reliable, sustainable and modern energy for all

Supplier → Customer transactions

**TODAY 2030**

**BIOGAS**

Purification

**BIOMETHANE**

# Perspectivas y desafíos Calidad del Aire y Cambio Climático

## 1 Calidad del Aire

- Aire ambiente
- Fuentes móviles
- Fuentes fijas o de área
- Transversales
- Sensores de bajo costo

## 2. Cambio Climático

- Gases de efecto invernadero
- Descarbonizar los ductos y las redes energéticas
  - Biogás
  - Biometano
  - Hidrógeno

## Perspectivas y desafíos Calidad del Aire y Cambio Climático

### Aire ambiente

- ✓ Regulaciones técnicas
  - ✓ Más mensurandos  
e. g. HAPs (ENCA) o ley aire limpio, por ejemplo benceno de los COV.
  - ✓ Métodos de referencia y equivalentes NOM-156-SEMARNAT.
    - ✓ NMX de métodos  $X_{CO}$ ,  $X_{NOx}$ ,  $X_{SO2}$
    - ✓  $X_{O3}$  cambios en sección transversal (ene 2025 a ene 2006)

### Fuentes Móviles

### Transversales

- ✓ Protocolo de trazabilidad mezclas calibración y auditoría y Programa verificación (NOM-047-SEMARNAT y otras)

### Fuentes Fijas o de área

- ✓ Incluir más MRC para trazabilidad, Ejemplo  $NH_3$  en aire ambiente

### Sensores bajo costo

Comparación APMP.QM-K3.2019 Emisiones vehiculares. En proceso medición en el CENAM

**MRC**  
emisiones  
vehículos  
en planta

“Certificación” de emisiones  
(vehículos nuevos en planta)

**VW scandal**  
**Dieseltgate**  
**31.3 Billones EUROS!**  
**Reuters.com 2020/03/17**

Inspección y  
Vigilancia del mercado

NOM-167-SEMARNAT-2017  
NOM-047-SEMARNAT-2017

**Metrología legal**  
**Analizador gases**

**CENAM**  
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA  
Código de Informe: CNM-1/400-04/2020  
23 de noviembre de 2020  
*Informe de Evaluación de la Conformidad*  
Evaluación de la conformidad de un analizador de gases comparado a un sistema de medición para la verificación de emisiones vehiculares del escape, conforme a las especificaciones que se establecen en la Norma NOM-047-SEMARNAT-2017, en los puntos 8.2, 8.4, 8.5.1, 8.5.2, 8.5.3, 8.5.4 y 8.5.5.

**MRC calibrante E. V.**

**CENAM** CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

*Certificado*  
*Material de Referencia*

Certificado número: CENAM-400-0006/2019 Número de unidad: 001  
CMR-6000571g  
Propano, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono y  
Óxido Nítrico en balance Nitrogeno

CMR-6000571g  
Material de referencia certificado

Análisis	Fración de cantidad de sustancia	Incertidumbre (%)	Unidades
Propano	596.4	± 2.7	g/mol/mol
Monóxido de carbono	2.0013	± 0.0011	cmol/mol
Dióxido de carbono	13.842	± 0.073	cmol/mol
Óxido Nítrico	1800.8	± 6.6	cmol/mol

Valores de cilindros: CC480253  
Fecha de certificación: 12/10/2018  
Número de servicio: 12/10/2018

**Aire Cero E. V.**

**CENAM** CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

*Certificado*  
*Material de Referencia*

Certificado número: CENAM-400-0014/2021 Número de unidad: 001  
CMR-6000626b  
Oxígeno en balance Nitrogeno  
Aire Cero para Emisiones Vehiculares

CMR-6000626b  
Material de Referencia Certificado

Análisis	Fración de cantidad de sustancia	Incertidumbre (%)	Unidades
Oxígeno	20.963	± 0.024	mol/mol

Valores de cilindros: CC501018 y CC121000  
Fecha de certificación: 12/10/2020  
Número de servicio: 12/10/2020

Análisis	Fración de cantidad de sustancia $\mu\text{mol/mol}$	Incertidumbre (U) $\mu\text{mol/mol}$
monóxido de carbono (CO)	1.284	0.067
hidrocarburos (CH <sub>x</sub> )	1.208	0.010
dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	199.93	0.69
óxido nítrico (NO)	1.184	0.071
dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )*	0.116	0.011

**CENAM** **MRC**  
*Certificado de Material de Referencia*

**CO<sub>2</sub>**  
Dióxido de carbono en balance nitrógeno

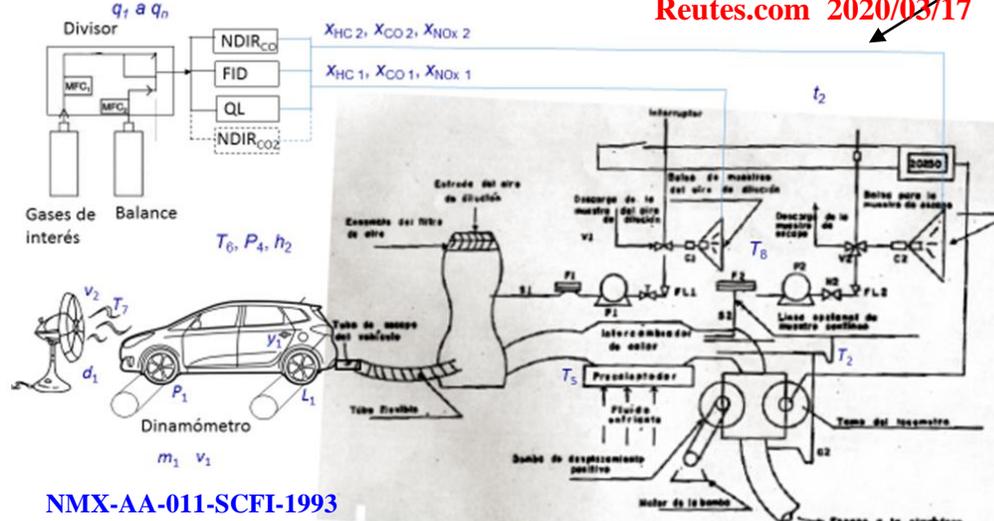
Material de referencia certificado  
Materiales: Caudales: Valor: Incertidumbre: Fecha de caducidad

**CENAM** **MRC**  
*Certificado de Material de Referencia*

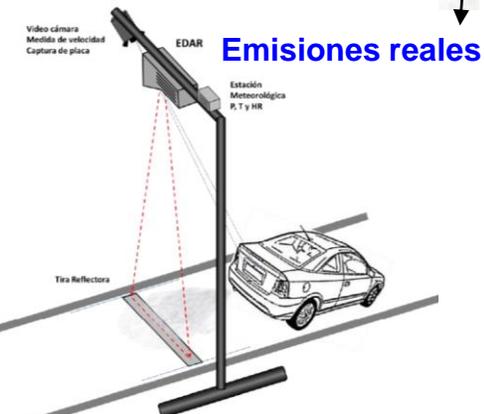
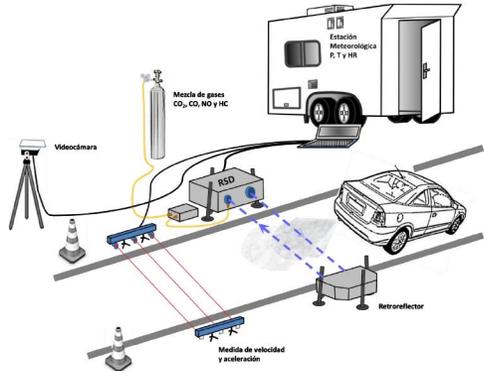
**NO**  
Óxido nítrico en balance nitrógeno

Material de referencia certificado  
Materiales: Caudales: Valor: Incertidumbre: Fecha de caducidad

**MRC para**  
mezclas sensor  
remoto



NMX-AA-011-SCFI-1993  
NOM-167-SEMARNAT-2017

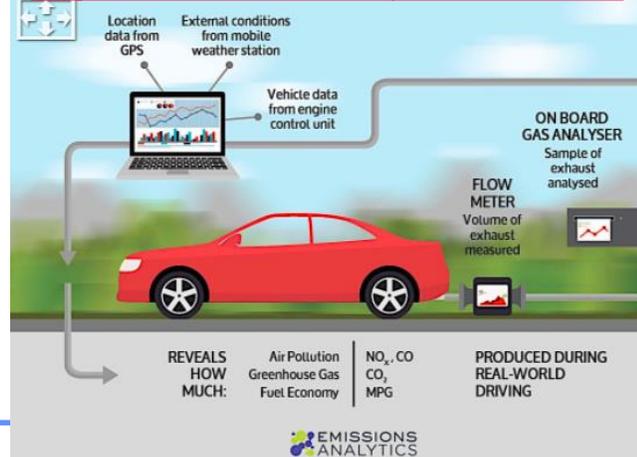


**Emisiones reales**



Fuente: <https://tolucalabellacrd.com/2020/07/23/edomex/>

Fuente: <https://www.autoevolution.com/news/how-portable-emissions-measurement-systems-work-127086.html>



**CENAM** **MRC**  
*Certificado de Material de Referencia*

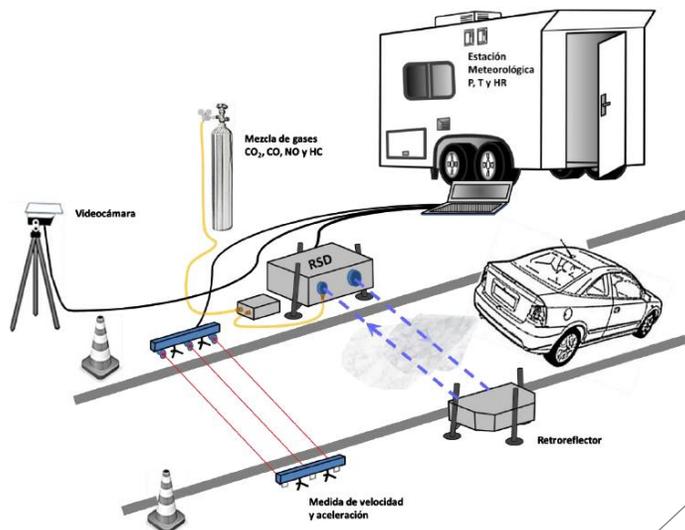
Propano, Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Óxido Nítrico en Nitrogeno

Análisis	Unidades	Fración de cantidad de sustancia	Incertidumbre (%)
Propano	g/mol/mol	593.8	± 1.7
Dióxido de carbono	cmol/mol	14.862	± 0.022
Monóxido de carbono	cmol/mol	0.5074	± 0.0015
Óxido Nítrico	g/mol/mol	3999.1	± 9.3

Número de cilindros: 7789541  
Fecha de certificación: 12/10/2020  
Número de servicio: 12/10/2020

Periodo de validez: 12/10/2020 - 12/10/2021  
Fecha de emisión: 12/10/2020  
Número de versión: 12/10/2020

# Perspectivas y desafíos Calidad del Aire y Cambio Climático



## Fuentes Móviles

**Sensor Remoto**  
(oct 2020- dic 2022)  
**CAMe - SEMARNAT**

- ✓ **Metrología legal sensor remoto**  
NOM-167-SEMARNAT-2017
- ✓ ¿Futuro de las PEMS?
- ✓ **NOM-047-SEMARNAT-2014**
- ✓ ¿Rol generador aire cero en emisiones vehiculares?
- ✓ ¿metrología legal como BAR?

**NOM-167-SEMARNAT-2017**

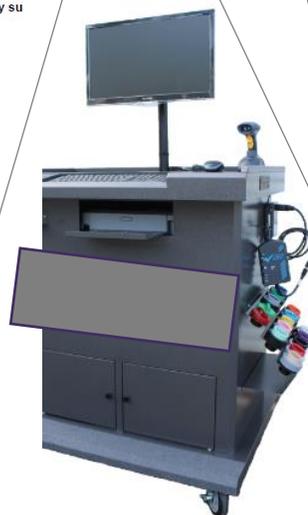
Anexo normativo II. ... **Sensor Remoto**

**1.4 Aspectos a considerar por las autoridades competentes para la identificación de vehículos ostensiblemente contaminantes**

**1.4.1** Cuando las autoridades competentes determinen como método para identificar vehículos ostensiblemente contaminantes circulando en vialidades a través de métodos o tecnologías distintas a la detección remota, podrán considerar que las **tecnologías alternativas** pueden constituir no sólo un instrumento de medición, sino **un grupo de instrumentos o sistemas de medición portátiles**, tales como analizadores de contaminantes para prueba estática, opacímetros, partículas, que son transportados por las autoridades competentes para aplicar dichos métodos o tecnologías en condiciones en las cuales se transporten, siempre que no afecten la confiabilidad de los resultados de la medición. ... **Segue.. y pide trazabilidad al SI y competencia del personal**



Lineamientos para la calibración del Dispositivo de Sensor Remoto y su evaluación de la conformidad.



**¿Generador aire cero?**  
**(2021)**



*Certificado de Material de Referencia*

Propano, Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Óxido Nítrico en Nitrógeno

Propano, Óxido Nítrico, Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono en balance Nitrógeno

Material de referencia primario

Análito	Unidades	Fración de cantidad de sustancia	Incertidumbre (U)
Propano	µmol/mol	503.8	1.7
Dióxido de carbono	cmol/mol	14.682	0.022
Monóxido de carbono	cmol/mol	0.5074	0.0015
Óxido Nítrico	µmol/mol	2999.1	9.3

Análito	Unidades	Fración de cantidad de sustancia	Incertidumbre (U)
Propano	µmol/mol	2010.7	6.9
Monóxido de Carbono	cmol/mol	2.7642	0.0081
Dióxido de Carbono	cmol/mol	13.147	0.060
Óxido Nítrico	µmol/mol	499.4	1.7

# Perspectivas y desafíos Calidad del Aire y Cambio Climático

**SATREPS (NMIJ-JICA)**  
**+ HORIBA STEC, Kyoto**

**EA CO**

nivel ambiental

**Economía verde (2018-2019)**

Piloto en calidad del aire

**LCS en AR**

**CENAM** CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA

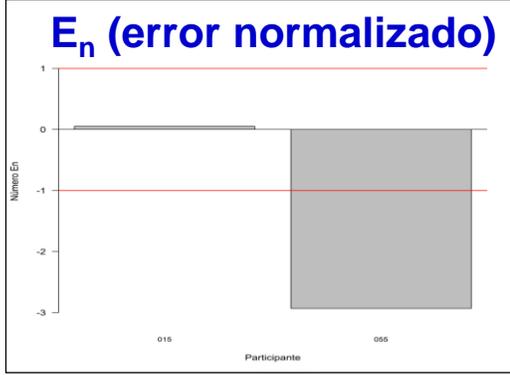


Fig. 3 PRAXIS monitor installed on the EPA Reference Air Quality Monitoring Station - APRa Córdoba

*Certificado*  
*Material de Referencia*

Certificado número: CNDM-MR-630-003/2019 Número de unidad: 001  
 CMR-6306300634a

**Monóxido de carbono en balance Nitrógeno**

**CMR-6300634a**  
**Material de referencia primario**

Análisis	Fración de cantidad de sustancia	Incertidumbre (C)	Unidades
monóxido de carbono	9.082	± 0.059	µmol/mol

<b>BTEX</b>	-	1 µmol/mol	-
<b>SO<sub>2</sub></b>	50 µmol/mol	5 µmol/mol	-
<b>NO</b>	50 µmol/mol	5 µmol/mol	-
<b>CO</b>	2500 µmol/mol	25 µmol/mol	9 µmol/mol
<b>X<sub>i</sub> en N<sub>2</sub></b>	De MX	SATREPS (NMIJ-JICA)	CO PTB



**Buenos Aires, AR**



**M4SET**



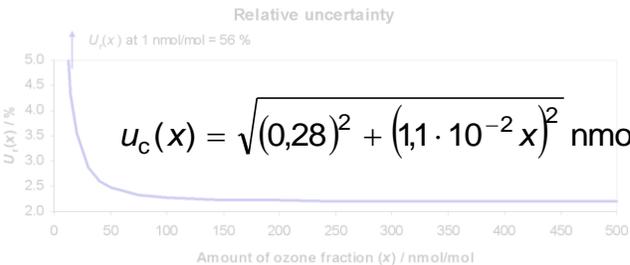
**CDMX, MX (2019)**



**M4SET**

**San José, CR (2018)**





# Fracción de cantidad de sustancia de ozono en aire ambiente

304.39 atm<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>  
 u = 0.94 atm<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>  
 a 0 °C y 1 atm

## RETOS

24 institutos, 22 países (oct, 2021)

**SRP-39**  
 Patrón nacional de ozono en aire ambiente  
 DOF 2009-09-08



## Ecuación

$$x_{O_3} = \frac{-1 \cdot k \cdot T}{\sigma \cdot L \cdot P} \cdot \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

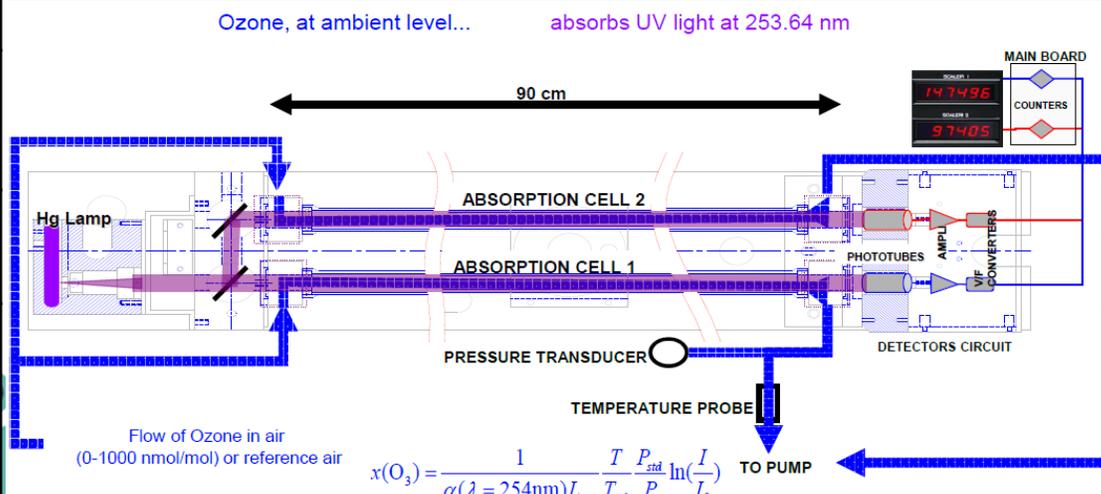
- Sección transversal de ozono
- Longitud de paso óptico
- Temperatura y presión del gas
- Constante de Boltzmann
- Absorbancia

- ✓ Implementación del cambio en la sección transversal de ozono. Empieza 1 enero 2025 al 1 enero 2026

<https://www.bipm.org/en/ozone>

- ✓ Actualizar NOM-036-SEMARNAT-1993 por cambio mundial en  $\sigma$ , con la NMX o lo aplicable de actualizar la NOM-156-SEMARNAT-2012

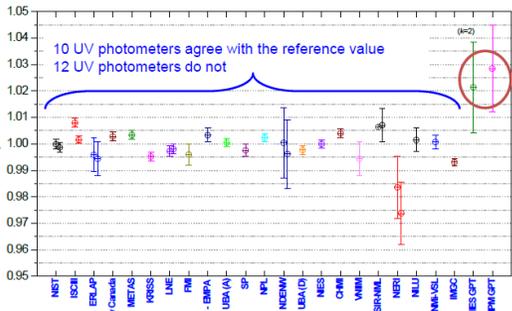
Magnitud (y)	Incertidumbre u(y)			Coeficiente de Sensibilidad $c_i = \partial x / \partial y$	Contribución a la $u(x)$ , $ c_i  \cdot u(y)$ / nmol · mol <sup>-1</sup>	
	Fuente	Distribución	Incertidumbre estándar			
Longitud de paso óptico L	Máquina de medición de coordenadas	Rectangular	0,0005 cm	0,5191 cm	-x/L	2,90 · 10 <sup>-3</sup> x
	Repetibilidad	Normal	0,0031 cm			
	Divergencia del haz	Rectangular	0,5190 cm			
Presión P	Sensor de presión	Rectangular	0,029 kPa	0,034 kPa	-x/P	3,35 · 10 <sup>-4</sup> x
	Diferencia de presión entre celdas	Rectangular	0,017 kPa			
Temperatura T	Sensor de temperatura	Rectangular	0,043 K	0,072 K	x/T	2,43 · 10 <sup>-4</sup> x
	Gradiente de temperatura	Rectangular	0,058 K			
Relación de intensidades D	Resolución de escalares	Rectangular	8 · 10 <sup>-6</sup>	1,4 · 10 <sup>-5</sup>	x[D · ln(D)]	0,28
	Repetibilidad	Triangular	1,1 · 10 <sup>-5</sup>			
Sección de absorción transversal $\sigma$	Valor de Hearn		1,22 · 10 <sup>-19</sup> cm <sup>2</sup> /molecul a	1,22 · 10 <sup>-19</sup> cm <sup>2</sup> /molecula	-x/σ	1,06 · 10 <sup>-2</sup> x



A 254 nm  
 308 ± 4  
 atm<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>  
 a 273 K (°C)  
 y a  
 101.325 kPa  
 (760 torr)

# Fracción de cantidad de sustancia de ozono en aire ambiente

**2002-2013:** improved comparability between institutes taking part in BIPM comparisons

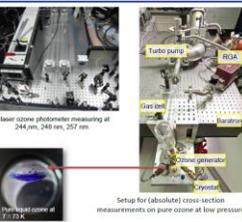


**about 2% biases between GPT and SRP**  
Gas Phase Titration (GPT) and Standard Reference Photometer (SRP)

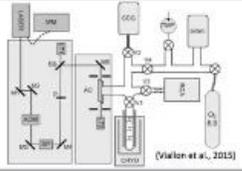


An issue that is important for both metrology and stakeholders' needs was identified

Measuring Ozone Cross-Section:



**accurate measurement of O<sub>3</sub> absorption cross-section with pure O<sub>3</sub>**

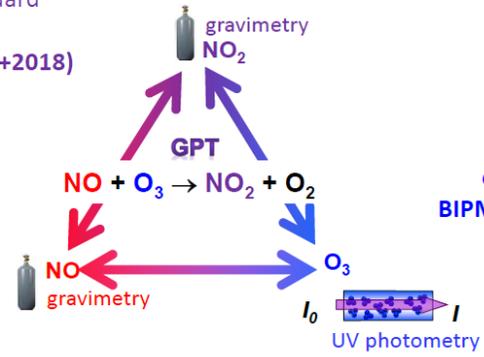


Advance metrology by conducting targeted researches

**Strong evidence for revising the conventional O<sub>3</sub> abs. cross-section**

Dynamic gas standard generation  
CCQM-K74.2010 (+2018)

NO analyzers under repeatability conditions  
CCQM-P73 (2006) / CCQM-K137 (2017)



2006

2021

**CCQM-GAWG TG for the implementation**  
; TG members from stakeholders (for active engagement)

Further enhance stakeholders' engagement in CCQM-GAWG activity (some stakeholders lead TG team activities)



2020

**Workshop by inviting relevant stakeholders**  
; explaining about the new value

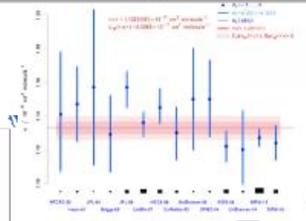
Enhance stakeholders' engagement



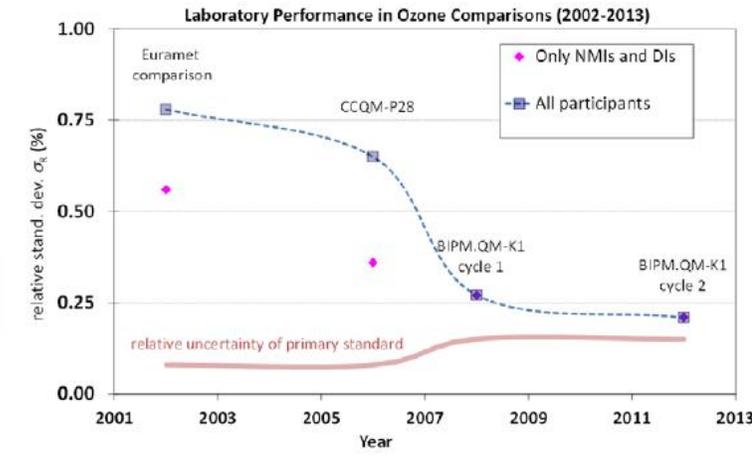
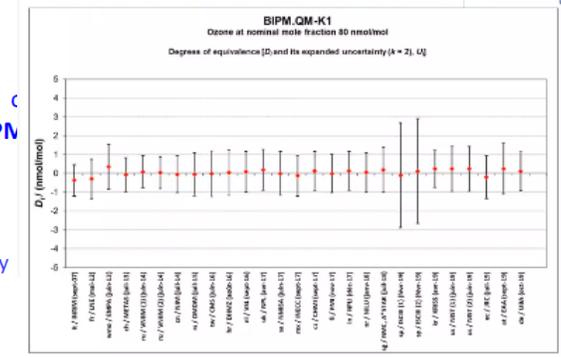
2019

**CCQM-GAWG TG for recommendation of a new value based on a thorough literature review**

Initiate stakeholders' engagement

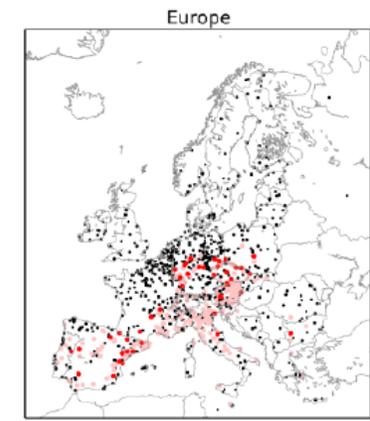
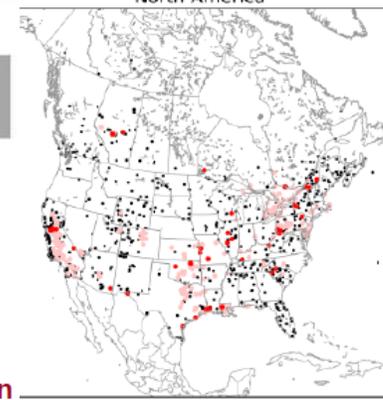


**BIPM O<sub>3</sub> X-Section measurements mean that O<sub>3</sub> values are 1.8% higher than historically reported**



**Lead to actions for improved air quality\* for the World's Population**

Sofen, E. D., Evans, M. J., and Lewis, A. C.: Updated ozone absorption cross section will reduce air quality compliance, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 15, 19537-19551, doi:10.5194/acpd-15-19537-2015, 2015.



••• Newly noncompliant under Viallon et al. [2015] only  
•• Noncompliance under Hearn [1961] and Viallon et al. [2015]  
••• Other sites (compliant/missing data)

Autores: Joelle Viallon, R. Wielgosz, Sangil Lee, Joseph Hodges, E. Flores, et al



# Perspectivas y desafíos Calidad del Aire

## Sensores bajo costo (LCS)

APMP  
quiere  
avanzar



Varios INM europeos siguen avanzando

SEMARNAT  
solicita  
evaluación  
LCS

EPA construir un lenguaje común en métricas

En proceso  
normas CEN

EPA ¿no certificar?

Academia sigue interesado en LCS

Normas  
de Especificación  
certificación técnica  
CEN de LCS

2018

Intención

2019

2021

2023

2024

Postura  
WMO

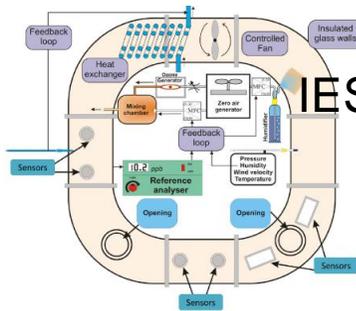
avanzar  
Fondos SE  
mcE<sup>2</sup> + WRI

Productores LCS piden al CENAM evaluar

Posturas de variadas organizaciones

### Retos

- ✓ ¿Certificación voluntaria?
- ✓ Metrología digital
- ✓ ¿Ilegada calibraciones remotas?
- ✓ Seguir con incertidumbres y logro de trazabilidad en LCS



IES-JRC-EU



## Sensores bajo costo

2008/50/CE Directiva calidad del aire ambiente ...

CEN/TS 17660-1:2021 Air quality - Performance evaluation of air quality sensor systems – Part 1: Gaseous pollutants in ambient air

	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> y NO <sub>x</sub> y CO	Benceno	Partículas (PM <sub>10</sub> /PM <sub>2,5</sub> ) y Pb	O <sub>3</sub> y NO y NO <sub>2</sub> correspon- dientes
<b>Mediciones <u>fijas</u> (1)</b>				
<b>Incertidumbre</b>	15 %	25 %	25 %	15 %
Recogida mínima de datos	90 %	90 %	90 %	90 % en verano 75 % en invierno
Cobertura mínima temporal:				
— fondo urbano y de tráfico,	—	35 % (2)	—	—
— emplazamientos industriales	—	90 %	—	—
<b>Mediciones <u>indicativas</u></b>				
<b>Incertidumbre</b>	25 %	30 %	50 %	30 %
Recogida mínima de datos	90 %	90 %	90 %	90 %
Cobertura mínima temporal	14 % (3)	14 % (4)	14 % (3)	> 10 % en verano
<b>Incertidumbre de <u>modelos</u></b>				
Diaria	50 %	—	—	50 %
Medias octohorarias	50 %	—	—	50 %
Medias diarias	50 %	—	aún no definida	—
Medias anuales	30 %	50 %	50 %	—
<b>Estimación <u>objetiva</u></b>				
<b>Incertidumbre</b>	75 %	100 %	100 %	75 %

Clasifica- ción	Incertidumbre (NO <sub>2</sub> , CO y SO <sub>2</sub> )	Incertidumbre (O <sub>3</sub> )	Incertidumbre (benceno)
--------------------	--	------------------------------------	----------------------------

<b>Clase 1 <u>Indicativas</u></b>	< 25 %	< 30 %	< 30 %
---------------------------------------	--------	--------	--------

<b>Clase 2 <u>Estimación objetiva</u></b>	< 75 %	< 75 %	< 100 %
<b>Clase 3</b>	< 200 %	< 200 %	< 200 %

✓ U de mediciones aún pendiente y los tipos por regular

## Perspectivas y desafíos Cambio Climático

- ✓ Descarbonizar los ductos y las redes energéticas

### Gases de efecto invernadero

- ✓ Factores de emisión trazables
- ✓ Escalas de CO<sub>2</sub>
  - ✓ Relación isotópica

### Hidrógeno verde

- ✓ Impurezas
- ✓ Evaluar más LCSs

### Biogás

### Biometano

### Hidrógeno azul

- ✓ CCUS

### Almacenar energía

Gas natural con H<sub>2</sub> u otros gases

## **Perspectivas y desafíos Cambio Climático**

**Gases de efecto invernadero**

## METROLOGÍA

# Gases de efecto invernadero (GEI) con trazabilidad metrológica

### Participantes



### OBJETIVOS

Las mediciones de GEI deben ser confiables y certeras en su cuantificación, tanto cuando se llevan a cabo para inventarios de emisiones, proyectos de mitigación o el desarrollo de los factores de emisión de cada país.

Este subproyecto apoya el aseguramiento de la trazabilidad metrológica demostrable y la estimación de incertidumbre de los resultados de proyectos de mitigación e inventarios de emisiones de GEI.

Los reguladores, verificadores, validadores, y quienes trabajan en investigación atmosférica y de mediciones de GEI, se benefician al tener confianza en el cumplimiento de las metas de reducción de GEI, las cuales han sido propuestas en las contribuciones nacionales y se reportan en las comunicaciones de cada nación.



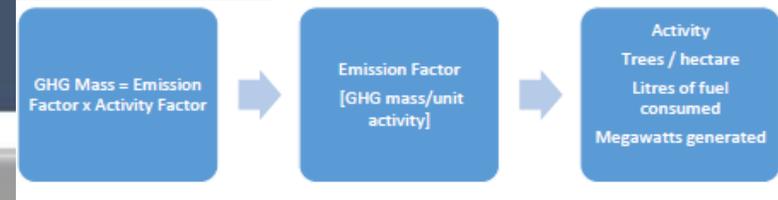
### PARTICIPANTES

México, Argentina, Brasil, Costa Rica, Uruguay.



CO<sub>2</sub>  
 CH<sub>4</sub>  
 N<sub>2</sub>O  
 SF<sub>6</sub>  
 HFCs/PFCs  
 NF<sub>3</sub>  
 ... CCVC

# Report of activities during the Demand Workshop: “Quality Infrastructure for Traceable Measurements of Greenhouse Gases to Support their Measurement, Report and Verification Strategies”



INDCs for the country participants were presented as follows:

Argentina's Goal: 15% in 2030 vs BAU 2030.  
 Conditional Goal: 30% by 2030 vs BAU 2030

Brazil 43% in 2025 vs 2005  
 Subsequent Goal 30%

Costa Rica Carbon Neutrality by 2021 and 25% of GHG reduction vs 2012

Mexico commitment: 20% by 2030  
 Conditional Goal 30% by 2030

Bolivia does not include commitment goals in the document delivered to UNFCCC.

Uruguay has no general Goals, instead they express their commitment to the reduction Gas by Gas

February 24th to 25th, Mexico City



Need to identify priorities for the generation of reference materials (eg. waste, industry -steel and mining-).

# Capacidades en servicios nuevos implementados

(caso CENAM)

Aplicación	Inmisiones (urbanas y de fondo)		Emisiones		Servicios
Sustancia	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	MRC 2º / MGC sobre muestras o patrones de transferencia de clientes, servicios analíticos (valores EA, etc.)
Matriz	aire		N <sub>2</sub>	aire	
Intervalo	(390 - 790) µmol/mol	(1.8 – 3.5) µmol/mol	(0.5 – 20) cmol/mol	(1 – 100) µmol/mol	
U <sub>r</sub> (k=2)	(0.42 a 0.22) % (a)	(0.38 a 0.10) % (b)	(0.47 a 0.19) % (c)	(1.5 a 0.40) % (d)	
Valor	-		0.2 cmol/mol	-	
U <sub>r</sub> (k=2)	-		2.7 % (e)	-	
Fuente de trazabilidad	NIST *		CENAM o VSL	CENAM o VSL	



## Comparaciones en proceso

SIM-QM-S14 Bióxido de carbono en nitrógeno y SIM.QM-S15 metano en aire



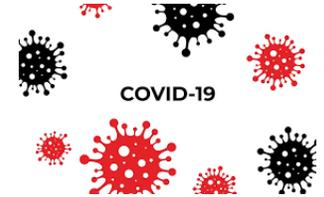
CMCs



Enlace a:

[CCQM-K82 metano](#)

[CCQM-K120b bióxido de carbono](#)



✓ Impurezas ISO-19229

# Estancia CENAM en BIPM para CO<sub>2</sub> + FT-IR

✓ Relación isotópica

Para este y otros proyectos + CBKT (BIPM) + otros fondos





## Certificate of Completion

This is to certify that

**Manuel De Jesús Avila Salas**  
CENAM (Mexico)

has successfully completed a

### Skills Broadening Secondment on FTIR Measurements in the BIPM Chemistry Department

1 June-30 November 2016

under the auspices of the

### BIPM Metrology for Clean Air Capacity Building & Knowledge Transfer programme



Dr Martin J.T. Milton, Director of the BIPM



www.bipm.org



Date/s	Subject/s
01-30 June 2016	1. Introduction to FTIR spectroscopy; Lit. review (Books FTIR), Compendium of Methods for the determination of toxic Organic Compounds in ambient air Method TO-16 and EPA-320; Training 2. Operation of Nicolet Nexus and Omnic software;
01-29 July 2016	1. Operation of MALT software both for manual processing and automated processing of spectra using both synthetic calibration and gas standard calibration, reading and review papers/ Training, Operation. 2. Uncertainty analysis of FTIR measurements, reading and review Papers 3. Operation of BIPM's P-MALT automated spectral analysis software and system requirements for its installation on other FTIRs Nicolet system and HCHO, reading and review Man. / Training, Operation.
01-31 August 2016	1. Undertake training on operation of magnetic suspension permeation systems for generation of NO <sub>2</sub> and HNO <sub>3</sub> dynamic standards, 2. Including low level water measurements and assembly of auto-samplers for multiple gas standard measurements (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )
01-31 September 2016	1. Analyse gravimetric standards of NO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> with FTIR and assign mole fraction values and uncertainties to NO <sub>2</sub> , HNO <sub>3</sub> mole fractions and other impurities detected, reading and review papers/Train. 2. Measurement of traces of formaldehyde in the facility of generation of formaldehyde.
01-31 October 2016	1. Three-cylinder measurement of nitric acid of VSL Analysis of data and allocation of value and uncertainty. 2. Reading and review papers of CO <sub>2</sub> with FTIR and assign mole fraction values and isotope ratios.
01-31 November 2016	Write a report and give a presentation summarizing experimental results, development activities, and the recommended calibration methods with the associated uncertainty budgets.

### Metrology & FTIR

BIPM's B-FOS Software being operated by:

  
 (2016)

  
 (2017)

  
 (2017)

  
 (2018)

  
 (2018)

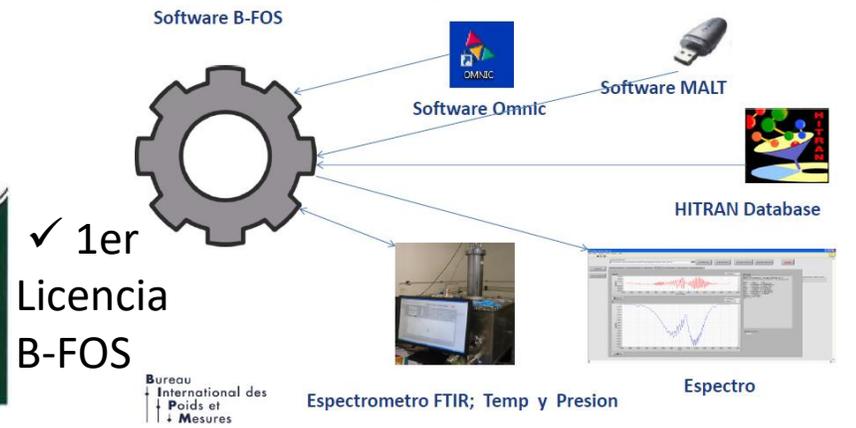
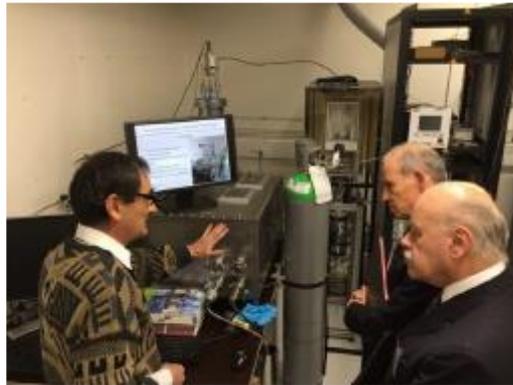
  
 (2018)

  
 (2018)

  
 (2019)

  
 (2019)

  
 (2019)



En el laboratorio de Análisis y Certificación de Gases se cuenta con un sistema de análisis de gases con un principio de medición infrarrojo de transformadas de Fourier. Fue realizado en cooperación BIPM- CENAM y apoyado en virtud de la cooperación con el PTB. En la foto: Diana Gabriela Ramirez Flores, Metrologa - Especialidad de Análisis de Gases Puros. © PTB/Ulises Bravo Olivera

## El contexto y la estrategia nacional

### Emisiones 2015 de GEI por sector

* Sector (nivel Tier)	Emisiones (Mt CO <sub>2</sub> e)	Incertidumbre std. rel. %
Energía (CO <sub>2</sub> : T2, N <sub>2</sub> O CH <sub>4</sub> T1)	481	2.26
Ganado (69% T1, 31% T1/T2)	71	4.78
Procesos industriales y uso de productos (96% T1, 4% T1/T2)	54	13.32
Residuos (75% T1, 25% T1/T2)	46	101.48
Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO <sub>2</sub> de la tierra (89% T1, CH <sub>4</sub> quema biomasa cultivos T2)	31	63.19
<b>Total (sin tierra)</b>	<b>683</b>	<b>7.68</b>
Tierra	-148	19.46
<b>Total (con tierra)</b>	<b>535</b>	<b>11.19</b>

Tabla 6 Incertidumbres debidas a factores de emisión y datos de actividad (IPCC, 1996, análisis de 1992).

Gas.	Sector.	Factor de Emisión (%)	Dato de Actividad (%)	Incertidumbre global U (%)
CO <sub>2</sub>	Energía	7	7	10
	Procesos industriales	7	7	10
	Cambio y uso de suelo y silvicultura	33	50	60
CH <sub>4</sub>	Quema de Biomasa	50	50	100
	Petróleo y gas natural	55	20	60
	Minería del carbón y sus actividades de manejo	55	20	60
	Cultivo de arroz *	3/4	1/4	1
	Desechos *	2/3	1/3	1
	Animales	25	10	25
	Desechos de animales	20	10	20

Nota.- Las incertidumbres individuales que parecen ser mayores al ± 60 % no se muestran.

\* (asterisco agregado por el autor de este trabajo para clarificación).- En lugar de juzgar se muestra la importancia relativa de las incertidumbres de los factores de emisión y datos de actividad en forma de fracciones que suman uno.

Valores de fault IPCC, 1996

### Fuentes de emisión y emisión neta de GEI (6a comunicación)

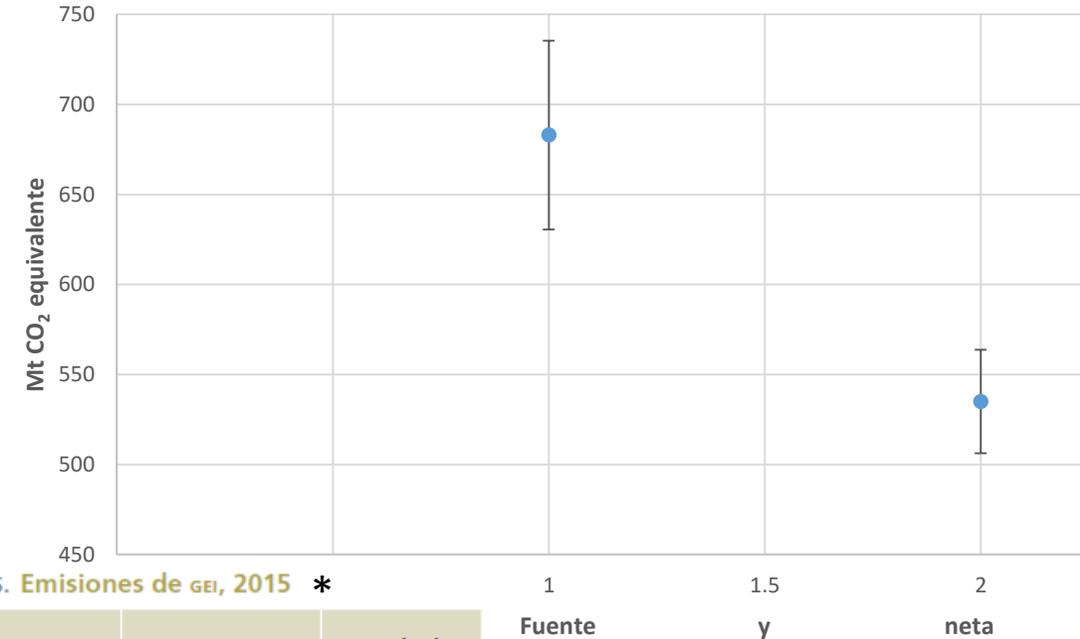


Tabla 2.5. Emisiones de GEI, 2015 \*

**Reto: mejorar U de Inventarios en casos específicos**

\* © INECC, en 2022 ya en SEMARNAT. De este inventario hubo corrección a 700 Mt netas de CO<sub>2</sub> equivalente

# ”Construyamos la infraestructura de la calidad que cada aplicación requiere”





¿PREGUNTAS?

[jkoellik@cenam.mx](mailto:jkoellik@cenam.mx)



**ECONOMÍA**  
SECRETARÍA DE ECONOMÍA



**CENAM**  
CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA