

DETERMINACION DE LA ABSORCION DEL CO₂ A ALTA PRESION EN EL BOMBEO OPTICO CON LASER DE HF

C. F. Mosquera, P. A. Sorichetti*, P. Sorop* y C. A. Raffo

*Departamento de Física (Laboratorio Láser), Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires,
Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires*

Se determinó experimentalmente el coeficiente de absorción del CO₂ y mezclas de He y CO₂, para distintas líneas de un láser pulsado de HF, a presiones de hasta 10 atm.

INTRODUCCION

Los láseres de CO₂ de elevada presión (>10 atm.) son de gran interés como fuentes de radiación de alta potencia, sintonizables en forma continua en el intervalo de longitudes de onda de 9 a 12 micrometros¹. Debido al elevado ancho de banda de la ganancia, estos láseres pueden ser apropiados para la generación de pulsos ultracortos².

El bombeo óptico permite superar muchas de las dificultades y limitaciones asociadas con la excitación por descarga eléctrica de mezclas láser de alta densidad: formación de arcos, disociación de CO₂, limitación de la ganancia por desexcitación electrónica^{3,4} (a presiones totales de 10 atm. y presión parcial de CO₂ menor que 1 atm., la ganancia está limitada a menos de 0.05 cm⁻¹ y limitaciones en la elección de los componentes y proporciones de la mezcla gaseosa. Además el bombeo óptico permite prescindir del uso de N₂ en la mezcla láser, cuya presencia hace que una fracción apreciable de la energía entregada no contribuya oportunamente a la ganancia, de modo que gran parte de la energía del pulso láser aparezca en una larga cola ("postpulso").

En el caso de la excitación óptica, se estima que no se produce saturación de la temperatura vibracional del modo V₃⁽⁵⁾, por lo cual, utilizando una elevada presión parcial de CO₂ sería posible alcanzar coeficientes de ganancias mayores que 1 cm⁻¹, en esquemas donde la absorción de la radiación de bombeo sea importante⁶.

El láser de HF es una de las fuentes de radiación de bombeo ya utilizada⁶ para los siguientes procesos de excitación vibracional del CO₂, correspondientes a la banda de 2.7 micrometros:

(0 0 0) → (1 0° 1,0 2° 1)
(núm. de onda central de la transición: 3613 cm⁻¹)

(0 0 0) → (1 0° 1,0 2° 1)
(núm. de onda central de la transición: 3715 cm⁻¹)

Stenersen y Wang lograron -bombeando con la línea 1P (6) del láser de HF- pulsos láser con energía de 1 mJ y duración menor que 50 ns, utilizando una mezcla de CO₂ y He con presiones parciales de 1 y 9 atm. respectivamente. Estos autores presentan también una curva de absorción de dicha mezcla¹ obtenida a partir de un modelo teórico.

Nuestro trabajo consistió en medir el coeficiente de absorción, para distintas líneas del láser de HF, del CO₂ puro y de mezclas de CO₂ y He con presiones totales de hasta 10 atm., a temperatura ambiente, a fin de corroborar los valores calculados por Stenersen y Wang, y obtener además los coeficientes de absorción para otras mezclas, no calculadas por dichos autores.

No hemos encontrado en la bibliografía resultados experimentales de absorción en la banda de 2,7 μm del CO₂, en las condiciones de funcionamiento como láser de bombeo óptico: elevada presión del medio y excitación por medio de una fuente de radiación pulsada, de alta potencia, muy monocromática y de pulsos de muy corta duración (aprox. 200 ns).

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El láser de HF es pulsado, iniciado mediante una descarga eléctrica transversal rápida entre electrodos de grafito en una mezcla de 50 Torr de SF₆ y 4 Torr de C₃ H₈⁸. Opera monolínea mediante una red de difracción de 300 líneas/mm. con blazé a 2.8 μm dispuesta en montaje de autocolimación Littrow. Funciona en régimen multimodo, a causa de su elevada ganancia; la forma del pulso para la línea 1P (7) se muestra en la Fig. 4 La energía promedio por pulso es de 15 mJ. El espejo de acople, con diámetro útil de 1/2 pulgada, es de Ge plano-cóncavo, de modo que pueda servir simultáneamente como parte de la cavidad óptica de la cel-

* Becarios de la Universidad de Buenos Aires

da bombeada, en funcionamiento como láser. De este modo la medición de absorción se efectúa en las mismas condiciones en que la celda funciona como láser de CO_2 .

Las mezclas de CO_2 y He ensayadas se introducen en una celda de bronce de sección rectangular, con ventanas de ZnSe en ángulo de Brewster, en el cual se incluye asimismo un tubo de cuarzo, dispuesto según el eje de la celda, que soporta un resistor de calefacción y una termocupla para posteriores experiencias a temperaturas elevadas. (Figura 1).

La detección se realizó mediante dos detectores piroeléctricos (D_1 y D_2) acoplados a un osciloscopio digital. Mediante D_1 se monitorea una fracción de la energía incidente del pulso de HF, y mediante D_2 se detecta la radiación remanente del pulso a la salida de la celda.

Comparando las lecturas de D_1 y D_2 cuando la celda está cargada con la mezcla en estudio y cuando se ha hecho vacío en la misma, se obtiene la transmitancia de la mezcla, y de allí el coeficiente de absorción.

Una lámina de vidrio se coloca entre la celda y D_2 para evitar la detección por D_2 de la fluorescencia del CO_2 , la cual se incrementa notablemente con la adición de He (es decir, que el sistema es excitado por el bombeo a la condición necesaria para funcionamiento como láser)

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El bombeo se efectuó con tres líneas del láser de HF:

1P (7):	→	2,7441 μm	(3644 cm^{-1})
1P (8):	→	2,7826 μm	(3594 cm^{-1})
2P (4):	→	2,7604 μm	(3623 cm^{-1})

Los resultados para el coeficiente de absorción se resumen en las tablas I y II y en las figuras 2 y 3.

La comparación entre nuestros resultados y los dados por la curva de absorción calculada en la ref.1, para una mezcla de 1 atm. de CO_2 y 9 atm. de He se da en la tabla III. Mientras que para la línea 1P (8) la coincidencia es plena, existe un apartamiento en el caso de la línea 2P (4) y una ostensible discordancia en el caso de la línea 1P (7). Por esta razón las mediciones fueron repetidas varias veces, obteniéndose resultados concordantes. En toda la experiencia se tuvo especial cuidado en eliminar la fluorescencia del CO_2 y el ruido electromagnético.

Pese a que la medición sobre sólo tres líneas no es suficiente para extraer conclusiones definitivas sobre el modelo empleado por Stenersen et al.¹, puede atribuirse la discrepancia a las simplificaciones introducidas en el cálculo teórico. En el modelo mencionado se supone que el coeficiente de ab-

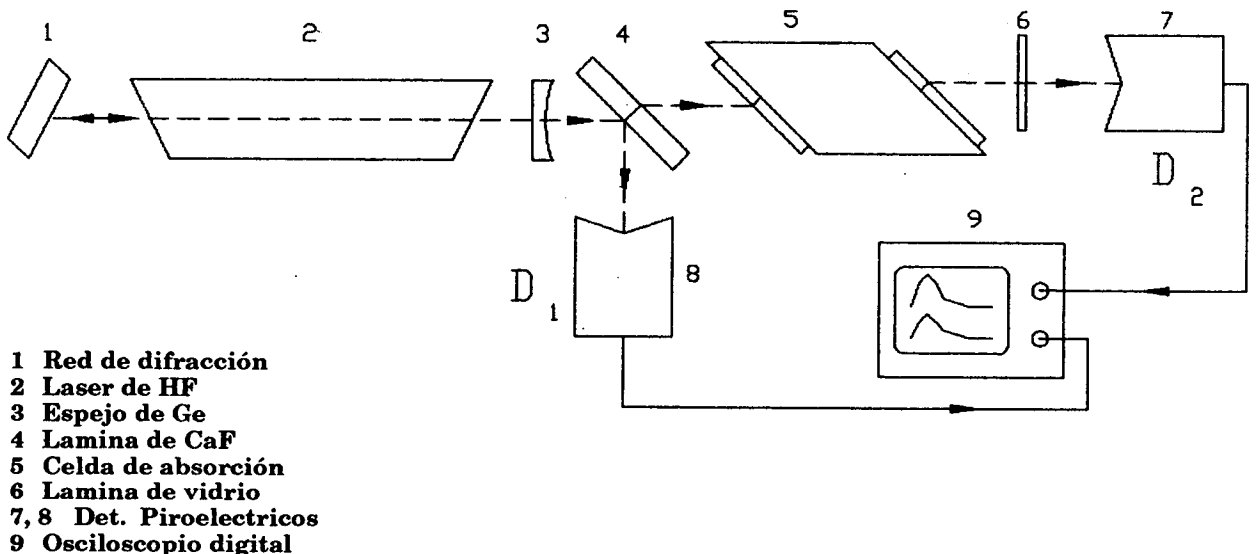


Figura 1: Dispositivo para la medición de la absorción en mezclas CO_2 - He en el bombeo óptico con pulsos del láser de HF.

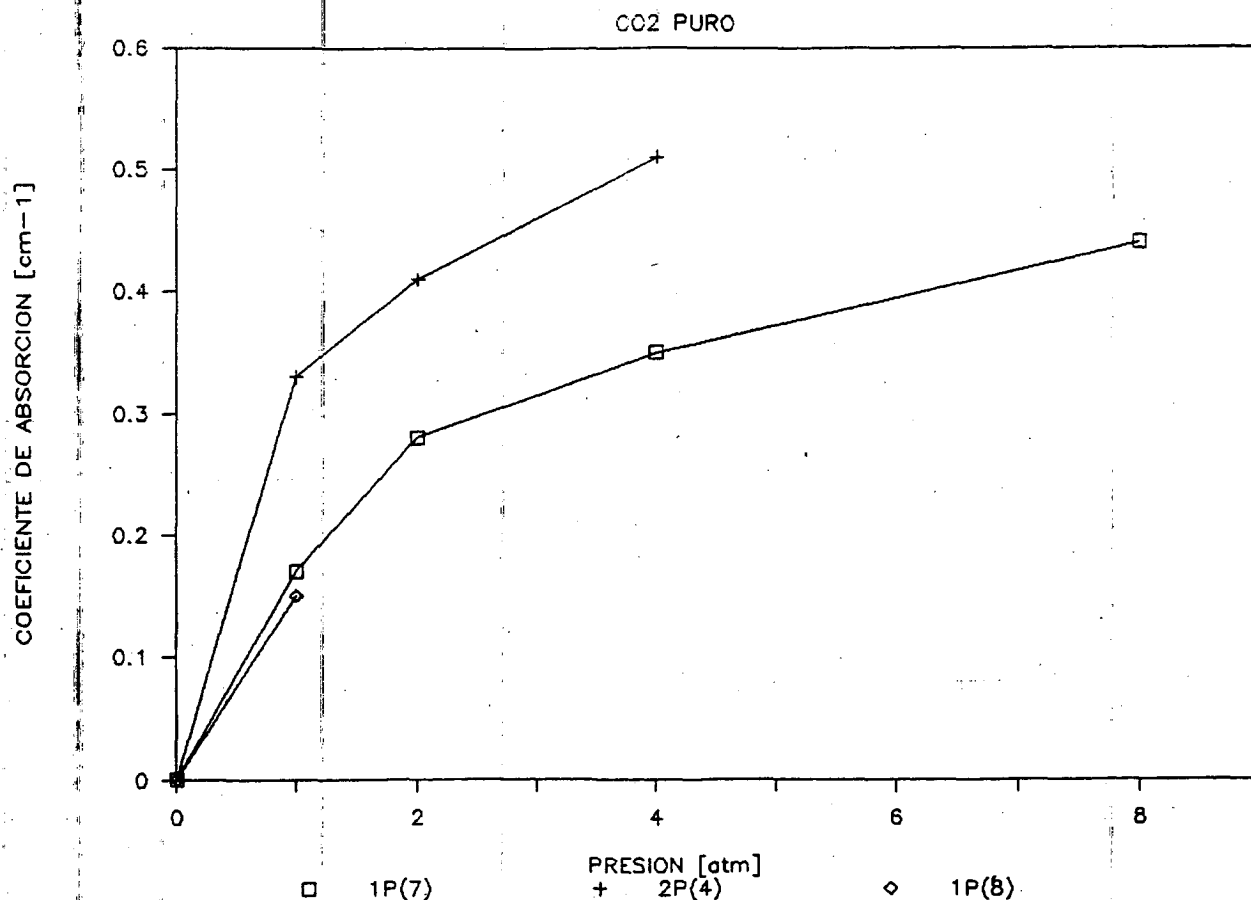


Figura 2: Absorción de líneas del láser de HF, CO₂ puro.

sorción, aún cuando las líneas de absorción se solapan, puede expresarse mediante una suma de funciones Lorentzianas. Ya otros investigadores^{8,9,10,11} mostraron, a partir de medidas en el infrarrojo y en las bandas de microondas en régimen de solapamiento de líneas, para CO₂ y otras moléculas, que la absorción es mayor que la predicha por decha teoría.

Nuestras mediciones verifican la fuerte absorción de líneas distintas de la 1P (6), con lo cual se está del lado seguro desde el punto de vista del empleo del láser de HF para el bombeo óptico de dispositivos de CO₂.

TABLA I - CO₂ PURO

COEFICIENTE DE ABSORCION [cm ⁻¹]			
PRESION [atm.]	1P (7)	2P (4)	1P (8)
1	0,17	0,33	0,15
2	0,28	0,41	
4	0,35	0,51	
8	0,44		

TABLA II - MEZCLA: CO₂ (1atm.) + Helio

COEFICIENTE DE ABSORCION [cm ⁻¹]			
PRESION He [atm.]	1P (7)	1P (8)	2P (4)
0	0,17	0,15	0,33
1	0,15	0,2	0,41
3	0,22	0,36	0,38
6	0,25	0,37	0,44
9	0,38	0,67	0,46

TABLA III - COMPARACION DE RESULTADOS PARA CO₂ 1 atm y He 9 atm

COEFICIENTE DE ABSORCION [cm ⁻¹]		
Línea láser HF	V. Calculado	V. Medido
1P (7)	0,05	0,38
1P (8)	0,47	0,47
2P (4)	0,65	0,46

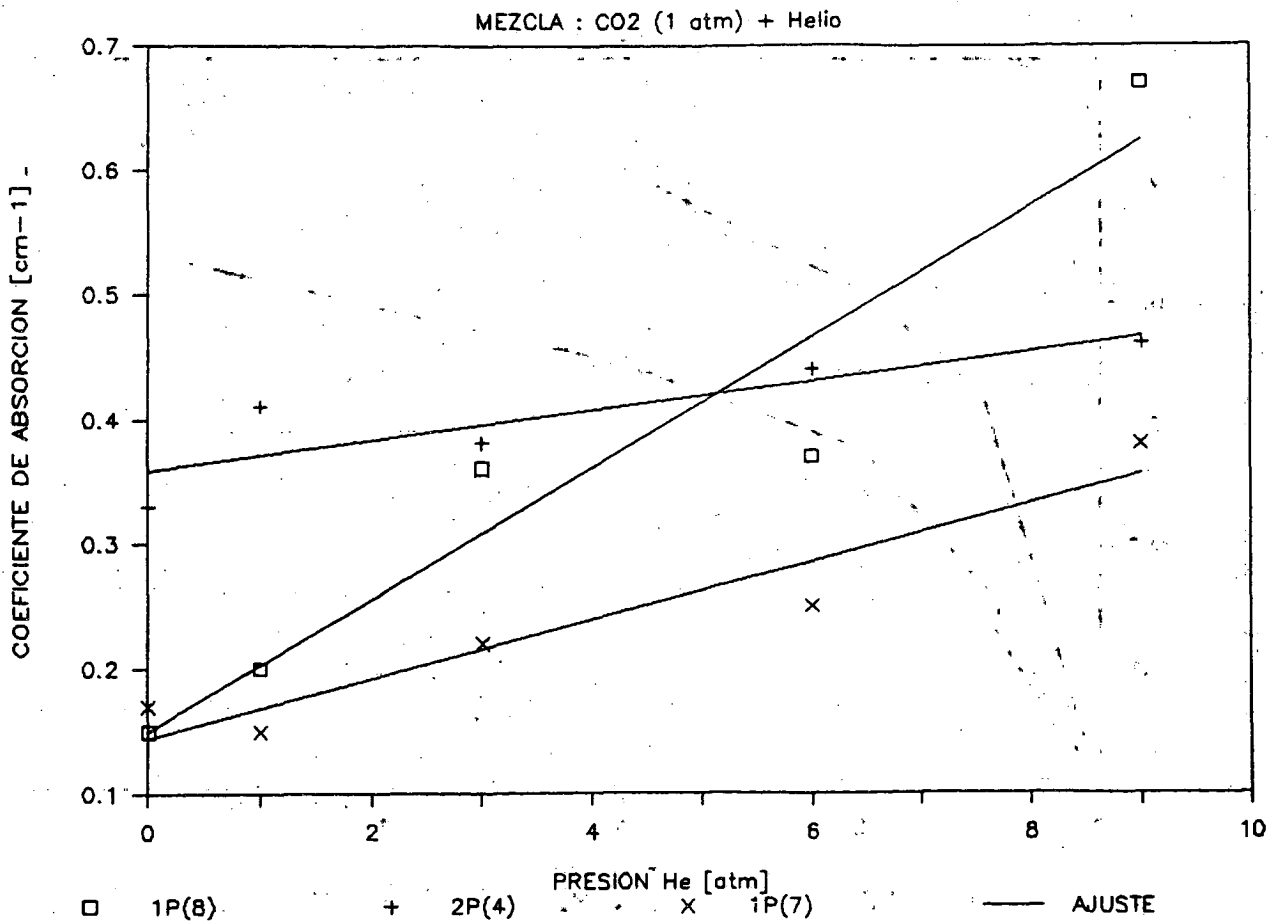


Figura 3: Absorción de líneas del láser de HF. Mezcla CO₂ (1atm.) + He.

REFERENCIAS

1. Stenersen, K. y Wang. G. IEEE Journal of Quantum Electronics. Vol. 25, p.147 (1989).
2. Corcum, P. B. IEEE Journal of Quantum Electronics. Vol. 16, p.216 (1985).
3. Dang, Reidy Garside IEEE Journal of Quantum Electronics. Vol. 16, p. 1097 (1980).
4. Dang, Reidy Garside IEEE Journal of Quantum Electronics. Vol. 19, p.755 (1983).
5. Auyeng R. y Reid, J. IEEE Journal of Quantum Electronics. Vol. 24, p.573 (1988).
6. Stenersen K. y Wang G. IEEE Journal of Quantum Electronics. Vol. 22, p.2236 (1986).
7. Raffo, C., Mosquera, C. Sorichetti, P. Rev. Scientific Instruments. Vol. 59, p.2090 (1988).
8. Miller J. L. y George E. V., Applied Physics Letters Vol. 27, p.665 (1975).
9. Christiansen W. H., Mullaney G. J. y Herzberg A., Applied Physics Letters, Vol. 18, p.385 (1971).
10. Rosenkrantz P. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 23, p. 498 (1975).
11. Gordon, R. G. y Mc Ginnis R. P. Journal of Chemical Physics Vol. 35, p.4898 (1971).

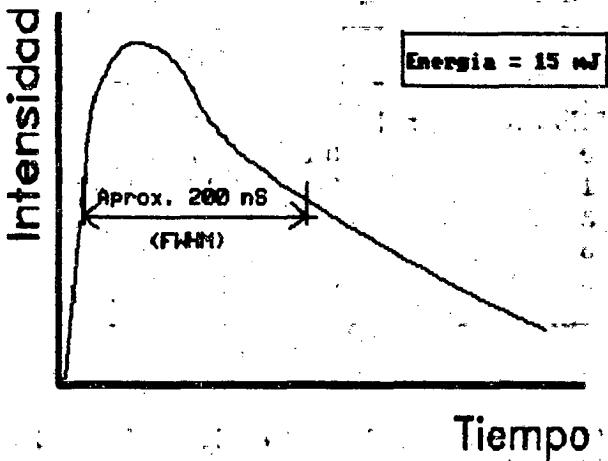


Figura 4: Esquema del pulso de bombeo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece muy especialmente la colaboración del Prof. Jos Furnari y del estudiante Darío Burgos en la realización de las mediciones.