

Desafío PAYLOAD

CHASQUI-II

Universidad Nacional de Ingeniería

Lima, Perú

Resumen.- En el presente trabajo resolvimos las 4 preguntas propuestas por el desafío del PAYLOAD. Las 4 preguntas sirven para definir el gas de estudio y las propiedades del espectrómetro que comprende al módulo de una carga útil para una misión de un nanosatélite de una unidad (1u). La pregunta 1, 2 y 3 se presentan en este informe debidamente referenciado; sin embargo, la pregunta 4 se adjuntó a un archivo de Matlab. El desafío PAYLOAD nos permitió consolidar nuestros conocimientos básicos de óptica y aplicar algunos conceptos de misiones espaciales.

I. PREGUNTA 1: En función del tiempo de vida en la atmósfera y de la ERF, defina los especímenes de análisis que más evidencian la acción antrópica sobre el clima, según la tabla ICCP.

Respuesta:

En la era industrial, los humanos comenzaron la quema abundante de combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo[1]. Estas actividades industriales intensificaron el efecto invernadero natural del planeta, generando un calentamiento global. Actualmente, la concentración de los principales gases antropogénicos de efecto invernadero son 80% de dióxido de carbono (CO₂), 10% de metano (CH₄), 7% de óxido nitroso (N₂O) y gases fluorados componen el 3% restante[2]. El aumento anual de los gases CO₂, CH₄, N₂O y gases fluorados producen un forzamiento radiativo positivo que se traduce en el calentamiento global.

Los gases de efecto por su origen se clasifican en naturales y humanos. De los gases de efecto invernadero naturales, el vapor de agua es el más abundante en la atmósfera; pero su concentración está sujeta al clima y no se puede determinar con exactitud[3]. Por otro lado, los gases de efecto invernadero de origen humano son el CO₂, CH₄ y N₂O que aumentan periódicamente su concentración y forzamiento radiativo efectivo. En la tabla de resumen mostramos los parámetros de los principales gases antropogénicos de efecto invernadero con datos del 2019.

TABLA 1(Parámetros de las principales especies del efecto invernadero[4])

Especie	Tiempo de vida(años)	Eficiencia radiativa (w.m ⁻² .ppb ⁻¹)	Concentración
CO ₂	Múltiple	$1.33 \pm 0.16 \times 10^{-5}$	409.9 ± 0.4 ppm
CH ₄	11.8 ± 1.8	$5.7 \pm 1.4 \times 10^{-4}$	866.3 ± 3.3 ppb
N ₂ O	109 ± 10	$2.8 \pm 1.1 \times 10^{-3}$	332.1 ± 0.4 ppb

Reconocimos al CO₂, con los datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC[5], por sus siglas en inglés), como el principal espécimen antropogénico de los gases de efecto invernadero.

La concentración en la atmósfera del espécimen CO₂ se incrementó en los últimos años y es el principal gas antrópico de efecto invernadero que está generando el calentamiento global. La comunidad científica tiene registro histórico de los datos del CO₂ y actualmente es viable científicamente estudiar el CO₂ para entender cómo podemos reducir su crecimiento en los próximos años. Asimismo, es viable económicamente estudiar el CO₂ para conocer la emisiones de los sectores económicos como la producción de electricidad y calor, industria, agricultura, silvicultura, edificios y otros sectores; de esta manera concientizar de las emisiones a los sectores económicos. En resumen, reducir los niveles de CO₂ son importantes para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos en la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas[6].

II. PREGUNTA 2: Configurar los parámetros espectrales (rango y resolución) para detectar la especie de análisis. Limitar el rango del espectro solar, justificando la necesidad de observar una banda estrecha del espectro. ¿Hay otros especímenes que deban ser monitoreados para evitar ambigüedades en la línea espectral estudiada? ¿Qué diferencia hay en la medición si se elige una banda más ancha?

Respuesta:

La especie de más interés a analizar para el desafío del CubeDesing es el compuesto químico del CO₂. Un gas que es producido en grandes cantidades por la mano del hombre y que es uno de los principales gases que generan el efecto invernadero [7].

Para analizar dicho compuesto nos basaremos en la espectrometría de una intensidad de luz proveniente del sol (rayos solares) que chocarán con la superficie de la tierra y que atravesarán una columna de aire hasta el nanosatélite ubicado a una altura aproximadamente 557 km [8].

La técnica que usaremos para el estudio espectrométrico es la Differential Optical Absorption Spectroscopy (DOAS) que consiste en medir la absorción de gases en la atmósfera abierta[9]. Como ya se planteó al inicio, nuestro objeto de estudio es el compuesto del CO₂.

En la técnica DOAS se puede separar mediante un procedimiento de filtrado adecuado la contribución de los diferentes componentes de absorción/difusión que contribuyen a componer la intensidad final en una parte de banda estrecha D' y una banda ancha σ' , ambos parámetros depende de la longitud de onda absorbida

Como la intensidad de luz viaja a través de toda la columna de aire. Al final se obtendrá un espectro de muchos elementos que no queremos analizar o que no son parte de nuestro estudio por lo tanto se tiene que configurar ciertos parámetros espectrales (rango y resolución). Buscando en referencias se puede obtener como dato la longitud de onda que absorben algunos elementos, como en la tabla que se mostrará abajo.

TABLA 2(Longitud de onda de gases de efecto invernadero)

Elemento	Absorción de la longitud de onda
Dióxido de carbono	1240 nm, 1420 nm, 1570 nm, 1600 nm
Vapor de agua	900 nm, 1200 nm, 1400 nm
Monóxido de carbono	1630 nm
Metano	1660 nm
Oxígeno	1260 nm
(Jagpal, Quine, Chesser, & Abrarov, 2018).	

Con la tabla 2 ya descrita entonces podemos limitar el rango del espectro solar a analizar, podríamos considerar como ejemplo un rango de aproximadamente 1000 nm a 1700 nm en el espectrómetro. esta configuración ya se determinaría en la óptica del equipo modificando ya sea el tamaño de la rendija, el ángulo de incidencia, ancho del detector, etc

La resolución de nuestro detector está ligado a la longitud de onda min y max que hemos considerado en el rango espectral y también está ligado al número de píxeles en del detector .Por lo tanto si se desea una buena resolución, aproximadamente deberíamos tener 0.1 nm y así obtener una mejor gráfica del espectro a la hora de analizar.

Se puede concluir que hay otros elementos que también se deben tomar en cuenta en el análisis del DOAS ya que estos elementos estarían en el rango de estudio del Co₂. Esto supone que se podrían encontrar picos superpuestos o muy cercanos que no podrían identificar a mi elemento de estudio. Ahora, si escogemos una banda más ancha estaríamos aumentando el rango de análisis de la longitud de onda, esto

provocaría que en el espectro final que obtengamos se encuentren otros elementos que no queremos observar y por lo tanto dificulte el estudio que queremos hacer.

En resumen, dado el programa el cual permite hallar todos los parámetros establecidos, el método DOAS tendría una mayor resolución debido a la concentración que se tendría en una banda estrecha, esto es posible por las configuraciones de los parámetros. Esto es diferente a si se usara una banda más ancha, debido a que se tendría una mayor zona de detección, lo que llevaría a una menor calidad resolutive.[1]

III. PREGUNTA 3: Con la ayuda de la Figura 4.1 y el documento de referencia [DR2], desarrolle un script en MATLAB capaz de estimar los parámetros preliminares del instrumento (P3) con base en los objetivos de teledetección (rango y resolución espectral). Realice un script para facilitar la experiencia del usuario, con una interfaz intuitiva y opciones gráficas para el análisis de datos. (lo que se observará:

Respuesta:

Los principales parámetros preliminares que se deben de definir son:

1. Anchura de la rendija: Este parámetro es el más importante pues es el que permite el ingreso de luz en el espectrómetro. Por esta razón se recomienda tener una anchura mayor a 10 μ m.[10]
2. Distancia focales: Las distancias focales son necesarias para incidir la mayor parte de la luz que llega a la lente al objetivo[10]. Para un Cubesat se recomienda que esta medida no sea mayor a 33 mm.
3. Rejilla de difracción: Estas son muy efectivas para refractar la luz; pero no pueden conseguir una curva de enfoque [11]. Se tiene que tomar en cuenta la banda de longitud de onda en que se va a trabajar.
4. Dimensión de los píxeles del detector: La dimensión es muy importante pues este va a ser la apertura que va a recoger la información del fotón, está relacionado a la resolución del espectrómetro; pero este no debe de ser muy pequeño por el motivo que no va a tener la capacidad suficiente para recoger toda la información de la onda incidente [11].
5. Material de los pixeles: Los pixeles operan similarmente a una celda fotovoltaica. Sus materiales principales son silicio dopado tipo p, tipo n, óxido de silicio y un electrodo de metal. [11]

Después de todo lo mencionado, se tiene una visión más completa de cómo los parámetros del diseño del espectrómetro están relacionados al tipo de banda y su resolución que se va a estudiar, por último estos parámetros también determinan las dimensiones que puede tener el espectrómetro.

IV. REFERENCIAS

- [1] “The Warming Effects of the Industrial Revolution - Global Temperatures”. s/f. Consultado el 12 de noviembre de 2021. <https://www.climate-policy-watcher.org/global-temperatures/the-warming-effects-of-the-industrial-revolution.html>.
- [2] “Descripción general de los gases de efecto invernadero | EPA de EE. UU.” s/f. Consultado el 12 de noviembre de 2021. <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>.
- [3] “Greenhouse Gases | Monitoring References | National Centers for Environmental Information (NCEI)”. s/f. Consultado el 12 de noviembre de 2021. <https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/faq/greenhouse-gases.php#2o>.
- [4] “P54/WGI-14 - Changes to the underlying scientific-technical assessment to ensure consistency with the approved SPM”. s/f. Consultado el 12 de noviembre de 2021. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter_02.pdf.
- [5] “IPCC — Intergovernmental Panel on Climate Change”. s/f. Consultado el 12 de noviembre de 2021. <https://www.ipcc.ch/>.
- [6] Nations, United. s/f. “Naciones Unidas | Paz, dignidad e igualdad
en un planeta sano”. Consultado el 12 de noviembre de 2021. <https://www.un.org/es/>.
- [7] C.D, Reglamento PAYLOAD, 2da edición, 2021.
- [8] INPE, “Subsistema de Suministro de Energía (EPS),” pp. 1–26, 2021.
- [9] U.J, Differential Optical Absorption Spectroscopy, Springer
- [10] Ibsen Photonics. (2019). Spectrometer Design Guide. Ibsen Photonics, 1–5. Consultado el 12 de noviembre de 2021. <https://ibsen.com/wp-content/uploads/Spectrometer-design-guide.pdf>
- [11] Bo Marco Antonio Meneses Nava, Vo. s/f. “Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Optomecatrónica Desarrollo de un Sistema Raman para el Control de Calidad de Materias Primas”. Consultado el 12 de noviembre de 2021. <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/646/1/15604.pdf>.