

**IGAC**  
INSTITUTO GEOGRÁFICO  
AGUSTÍN CODAZZI



Sistema de Gestión  
Integrado  
**MIPG**



**IGAC**  
INSTITUTO GEOGRÁFICO  
AGUSTÍN CODAZZI



Sistema de Gestión  
Integrado  
**MIPG**



Instructivo

**Captura de Firmas Espectrales en Laboratorio**

**Código:** IN-IIA-PC02-02

**Versión:** 1

**Vigente desde:** 09/08/2024

## 1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para la medición precisa y consistente de la radiación electromagnética en entornos controlados, para su aplicación en sinergia con técnicas de observación de la tierra.

## 2. ALCANCE

Este instructivo se encuentra asociado al "Procedimiento de Captura y Procesamiento de Firmas Espectrales". Va dirigido a funcionarios y contratistas del subproceso de Investigación e Innovación aplicada – laboratorio Nacional de Espectroradiometría. Inicia con la planificación de la captura de los datos, toma de las firmas espectrales en el laboratorio y finaliza con la descarga y entrega de la información para el procesamiento, análisis y almacenamiento.

## 3. DEFINICIONES

- **Biodiversidad:** Variedad de vida en todas sus formas y niveles de organización. K. J. Gaston. "Biodiversity and Conservation." Chapman & Hall, 1996.
- **Calibración:** Ajuste y verificación de la precisión de los instrumentos de medición. J. R. Taylor. "An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements." University Science Books, 1997.
- **Detección Remota:** Obtención de información sobre un objeto sin estar en contacto directo con él. S. J. Wang. "Introduction to Remote Sensing." CRC Press, 2012.
- **Distribución Espectral:** Distribución de la intensidad de la radiación electromagnética en función de la longitud de onda. G. Wyszecki, W. S. Stiles. "Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae." John Wiley & Sons, 1982.
- **Ecosistemas:** Comunidad de organismos vivos y su entorno físico en interacción. H. A. Mooney, R. J. Hobbs. "Remote Sensing of Terrestrial Ecosystem Functioning." Global Ecology and Biogeography 10.5 (2001): 485-492.
- **Eficiente:** Lograr un resultado deseado con el menor gasto de recursos posible. J. P. Burt, et al. "Energy Efficiency: Concepts and Calculations." Springer, 2011.
- **Energía Radiante:** Energía transportada por la radiación electromagnética. R. H. Stolen, et al. "Stimulated Raman Phonon Echoes in Optical Fibers." Journal of the Optical Society of America B 1.2 (1984): 217-227.
- **Entorno Natural:** Área o ambiente no modificado significativamente por la actividad humana. P. H. Raven, et al. "Biology of Plants." W. H. Freeman, 2005.
- **Espectroradiometría:** Medición de la radiación electromagnética en función de la longitud de onda. R. D. Brown. "Introduction to Spectroradiometry." Radiation Measurements 25.5-6 (1995): 641-651.
- **Espectroradiometría del Laboratorio:** La espectro-radiometría del Laboratorio permite la medición de la firma espectral de las superficies o materiales terrestres con alta resolución espectral y un amplio abanico en la selección de la geometría de observación y de iluminación. Estas firmas espectrales facilitan un mayor conocimiento de la relación entre los procesos biofísicos y bioquímicos y su respuesta espectral, y dan un gran soporte para la calibración, análisis y validación de las imágenes de teledetección desde plataformas espaciales o aéreas. ([https://www.inta.es/INTA/en/servicios/AtmosferaEspacioGrupoInvestigacion\\_DesarrolloTecnologicoTeledeteccion\\_Atmosfera\\_SGSE-22/](https://www.inta.es/INTA/en/servicios/AtmosferaEspacioGrupoInvestigacion_DesarrolloTecnologicoTeledeteccion_Atmosfera_SGSE-22/) )
- **Evaluación:** Proceso de determinar o estimar el valor, la cantidad o la calidad de algo. P. V. Sukhatme, et al. "Statistical Methods for Practice and Research: A Guide to Data Analysis Using SPSS." SAGE Publications, 2014.
- **Fiabilidad:** Capacidad de un resultado para ser repetido bajo las mismas condiciones y producir el mismo resultado. J. C. Nunnally, et al. "Psychometric Theory." McGraw-Hill, 1967.

- **Fiabilidad de los Datos:** Confianza en la exactitud y consistencia de los datos recolectados. G. J. McDougall, et al. "Data Reliability in Ecological Research." *Journal of Ecology* 65.1 (1977): 207-220.
- **Firmas estándar Tipo:** La firma espectral es una representación gráfica que muestra la variación de la reflectancia o emisión de un material en función de la longitud de onda. Cada material tiene una firma espectral única que puede ser utilizada para identificarlo y diferenciarlo de otros materiales en imágenes de detección remota.
- **Logística:** Planificación y coordinación de actividades para garantizar la eficiencia y efectividad. B. Blanchard. "Logistics Engineering & Management." Pearson, 2010.
- **Longitud de Onda:** Distancia entre dos crestas sucesivas de una onda electromagnética. W. L. Barnes, et al. "Surface Plasmon Subwavelength Optics." *Nature* 424.6950 (2003): 824-830.
- **Medición Precisa:** Obtención de valores exactos y confiables utilizando instrumentos de medición. L. R. Rabiner, et al. "Measurement of Precise Spectral Parameters Using Infrared Fourier Transform Spectrometry." *Applied Optics* 18.2 (1979): 148-153.
- **Metodologías:** Conjunto de métodos y procedimientos utilizados para realizar una tarea o alcanzar un objetivo. D. S. Yadav, et al. "Methodology for Assessing the Environmental Impact of Development Projects." *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 17.2 (2010): 154-160.
- **Monitorización Ambiental:** Seguimiento continuo de los parámetros ambientales para evaluar su estado y cambios. C. R. Goldman, et al. "American Fisheries Society: Fisheries Management: Applications of Remote Sensing in Fisheries and Aquatic Ecology." *Fisheries* 17.1 (1992): 12-16.
- **Precisión:** Cercanía entre el valor medido y el valor verdadero o aceptado. T. H. Oosterkamp, et al. "Quantitative Comparison of Experimental Images in Scanning Probe Microscopy." *Review of Scientific Instruments* 68.8 (1997): 3127-3133.
- **Proceso de Verificación:** Acción de confirmar la precisión y validez de los datos. T. F. Hockley, et al. "Verification of Numerical Models in Fluid Mechanics." *Journal of Fluid Mechanics* 103 (1981): 441-463.
- **Radiación Electromagnética:** Energía que se propaga en forma de ondas electromagnéticas. H. Zewail. "Femtochemistry: Atomic-Scale Dynamics of the Chemical Bond." *Journal of Physical Chemistry A* 104.24 (2000): 5660-5694.
- **Satelitales:** Relativo a los satélites artificiales en órbita alrededor de la Tierra u otros cuerpos celestes. C. Elachi. "Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing." Wiley, 1987.
- **Seguridad:** Condiciones y medidas para proteger a las personas y los equipos contra daños. J. H. Moxnes. "Safety Management: A Comprehensive Approach to Developing a Sustainable System." CRC Press, 2017.
- **Validación de Datos:** Proceso de confirmar la precisión y fiabilidad de los datos recopilados. J. P. Bard. "Validation and Verification of Analytical Methods in the Clinical Laboratory." *Clinical Biochemistry Reviews* 29. Suppl 1 (2008): S3-S6.

## 4. DESARROLLO

### 4.1. INTRODUCCIÓN

La Espectroradiometría del Laboratorio es una herramienta fundamental en la investigación ambiental, permitiendo la medición precisa de la radiación electromagnética en diferentes longitudes de onda de los elementos que se encuentran en la superficie terrestre, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Estableciendo los diferentes factores ambientales y geometría de la observación que afectan la calidad de las firmas.
- Definiendo los protocolos de calidad durante el proceso de captura de firmas espectrales y de integridad de los datos espectrales.

- Determinando el procedimiento de captura de firmas y su almacenamiento de forma sistemática.
- Definiendo los criterios estandarizados para la entrega de la información del Laboratorio.

#### **4.2. GENERALIDADES**

- Los participantes de la medición deben de tener todos los elementos de protección personal para garantizar la medición de los datos.
- Todo equipo técnico que requiera utilizarse fuera de las instalaciones del IGAC, debe tener el permiso respectivo de salida y estar debidamente asegurado como se registra en el formato del laboratorio denominado Formato de préstamo de equipos y/o elementos devolutivos – Vigente.
- Los equipos del IGAC utilizados en el Laboratorio deben permanecer bajo custodia de los funcionarios.
- Se prohíbe ingerir alcohol y sustancias psicoactivas o alucinógenas durante el trabajo del Laboratorio y oficina.

#### **4.3. INICIO**

- Respecto al inicio de las actividades de toma de muestra de Espectroradiometría es necesario contemplar que el director de la Dirección de Investigación y Prospectiva es el indicado de recibir la solicitud en el formato denominado solicitud de captura de firmas espectrales, en el cual se deben de cumplir los estándares que se establezcan en el formato.
- Impactos físicos: Condiciones como fuertes vientos o vibraciones pueden causar daños físicos al equipo, afectando su alineación y capacidad para realizar mediciones precisas.
- Si se identifica en la verificación periódica de los equipos una de estas situaciones se tiene que informar inmediatamente al líder de laboratorio responsable de los equipos, el cual reporta la novedad para no disponer en el Laboratorio e incluirlo en plan de mantenimiento y verificación de equipos programada, adicionalmente se debe rotular con la advertencia de No Uso hasta tanto no sea revisado/repuesto por un laboratorio certificado.

##### **4.3.1. INSUMOS Y EQUIPOS**

###### **4.3.1.1. ALISTAMIENTO DE EQUIPOS.**

Este proceso garantiza que los instrumentos estén en óptimas condiciones para asegurar la fiabilidad y precisión de los datos obtenidos. El formato estándar denominado préstamo de equipos y/o elementos devolutivos es la herramienta para el alistamiento de equipos, el cual debe diligenciar para registrar la fecha de salida e ingreso, así como las condiciones físicas y de funcionamiento del equipo. Igualmente describe el seguimiento adecuado y una evaluación precisa de los equipos antes y después de su uso en el Laboratorio, optimizando así la calidad de los datos recopilados y la eficacia de la campaña de medición.

###### **4.3.1.2. EQUIPOS A UTILIZAR**

Para la medición en el Laboratorio se utilizan dispositivos denominados espectroradiómetros que produce señales eléctricas que corresponden a la energía de flujo radiante que cae sobre sus detectores durante una serie de intervalos de longitudes de ondas.

A continuación, se hace una breve descripción de los diferentes modelos de los espectroradiómetros existentes en el laboratorio.

Tabla 1. Equipos en el laboratorio

Espectroradiómetro	Características principales
 <p>REDTIDE USB650</p>	<p>Rango de detección: 200-1100 nm Resolución óptica: 2.0 nm FWHM Tiempo de integración según el fabricante: 10 microsegundos a &gt;60 segundos Sistemas operativos compatibles: Windows 98/Me/2000/XP, Mac OS X, and Linux o versiones más recientes de estos sistemas operativos</p>
 <p>FLAME W-S</p>	<p>Rango de detección: 190-1100nm Resolución óptica: 0.1-10.0 nm FWHM Tiempo de integración según el fabricante: 1 ms – 65 segundos Sistemas operativos compatibles: Windows XP hasta la más moderna, Mac OS X, and Linux</p>
 <p>ASD Fieldscope 4</p>	<p>Las características de este equipo se encuentran detalladas en el Instructivo de uso del Espectroradiómetro ASD</p>

Fuente: *Dirección de Investigación y Prospectiva –IGAC.*

Al utilizar un espectrómetro portátil las medidas de referencia se toman con un cable de fibra óptica, este cable produce un el Laboratorio de visión de 25° y la energía luminosa reflejada dentro de esta vista contribuirá a la medición espectral. Es importante tener en cuenta el alinear cuidadosamente el cable de fibra óptica con el objetivo de reflectancia.

Previo a la captura de las firmas espectrales realice la verificación y calibración de los equipos como se describe más adelante de este instructivo.

**4.3.1.3. VERIFICAR FIRMA ESPECTRAL CON BLANCO DE REFERENCIA.**

Tenga en cuenta el instructivo de Verificación de equipos de Espectroradiometría.

**4.3.1.4. VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DE LOS ESPECTRO RADIÓMETROS**

Para la verificación de calibración de los equipos se debe tener en cuenta:

- Verifique que el sistema de calibración se halla realizado por parte de la entidad la cual debe suministrar copia del certificado de calibración y/o verificación del equipo que se llevara a la campaña de medición.
- Tenga en cuenta que la verificación de los equipos no debe superar más de un Año calendario.
- El equipo debe estar etiquetado con su respectiva fecha de caducidad de la calibración.

**4.3.2. CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE:**

Corrobore la instalación del software teniendo en cuenta el equipo a utilizar y cumpliendo los lineamientos del instructivo de operación del equipo, adicionalmente, el uso y manejo de cada una de las interfaces que se consignan en los documentos.

**4.3.3. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN:**

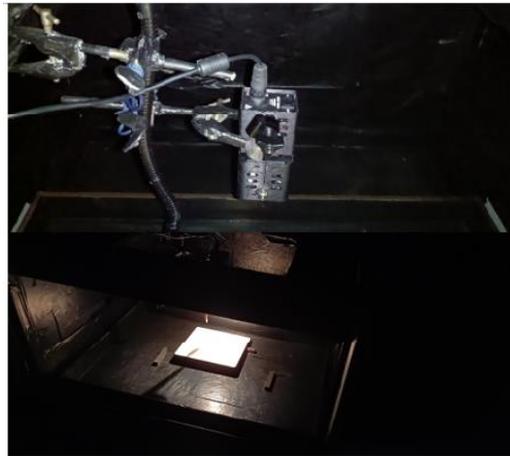
Dentro del proceso de medición se tienen cuenta los siguientes pasos:

**4.3.3.1. CALIBRACIÓN**

- **Preparación del Equipo:**

- Antes de iniciar el proceso de calibración en Espectroradiometría, verifique el estado y funcionamiento del espectroradiómetro, asegúrese de que no haya daños visibles en la óptica, los detectores u otros componentes clave. Además, compruebe que todos los accesorios necesarios estén debidamente instalados y conectados al instrumento, como las fibras ópticas o los filtros necesarios para las mediciones específicas a realizar durante la calibración. Preste atención a los elementos que pueden influir en la precisión de las mediciones, como la limpieza de las lentes y la estabilidad de las conexiones.

Ilustración 1. Montaje de trabajo en el laboratorio



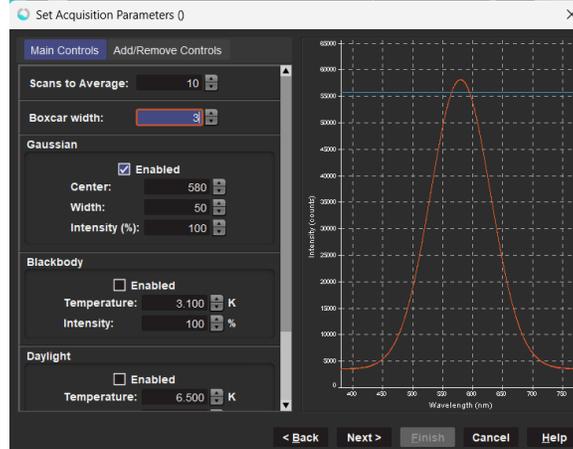
Fuente: Laboratorio de Espectroradiometría

**Nota:** Especifique el tiempo de integración del espectroradiómetro, que es análogo a la velocidad de obturación de una cámara. Cuanto mayor sea el tiempo de integración, más tiempo el detector monitorea los fotones entrantes. Si la intensidad de la vista rápida es demasiado baja, aumente este valor. Si la intensidad es demasiado alta, disminuya este valor.

Ajuste el tiempo de integración de manera que la mayor cantidad de luz que anticipa, para que su aplicación genere una señal de aproximadamente el 85% de la capacidad del espectrómetro (por ejemplo, 3500 para espectrómetros con un total de 4096 cuentas, 14000 cuentas para espectrómetros con un total de 16384 cuentas, 50000 para espectrómetros con un total de 65535 cuentas). La línea azul horizontal establecida en 85%. Mientras se observa la traza del gráfico, ajuste el tiempo de integración hasta que el nivel de intensidad de la señal sea apropiado para el dispositivo.

- De clic en Automático, se ajusta el tiempo de integración al 85% del rango dinámico del espectrómetro.

Ilustración 2. Calibración de Tiempos de Integración



Fuente: Laboratorio de Espectroradiometría

◦ **Calibración con el Estándar del Blanco:**

Utilice el estándar del blanco, que consiste en una superficie con una reflectancia conocida y alta. Esta superficie se posiciona frente al espectroradiómetro, asegurando que la fuente de luz estándar ilumine uniformemente la superficie blanca. Se realizan mediciones en diferentes longitudes de onda para establecer la relación entre la salida del espectroradiómetro y la radiación incidente en cada longitud de onda. Estas mediciones se utilizan posteriormente como referencia para calibrar el instrumento y garantizar mediciones precisas y confiables.

De Clic En el Bombillo Blanco.

Ilustración 3. Calibración de blancos



Fuente: Laboratorio de espectroradiometría

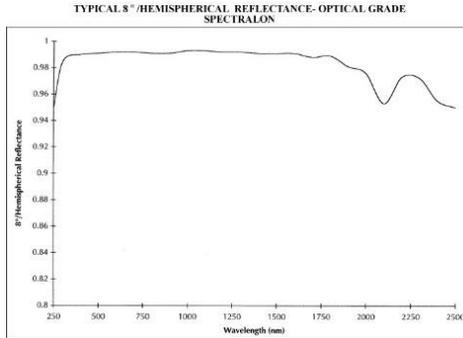
**Nota:** Estándar de referencia (espectralón).

A continuación, se describe las características técnicas básicas del blanco de referencia para tener en cuenta en la calibración:

Los paneles de referencia (espectralón) del Laboratorio se utilizan para estandarizar las mediciones del flujo radiante objetivo con el fin de derivar una reflectancia bajo el supuesto de que el flujo

reflejado desde el panel se puede usar como un sustituto de la irradiancia global incidente. El espectralón ofrece una reflectancia casi perfecta lambertiana (98-99%) con un comportamiento estable entre los 250-2500 nm, pero con una pequeña zona de absorbancia del 6% cerca de 2150 nm y una disminución de reflectancia en las longitudes de onda más largas del espectro.

Ilustración 4. Curva de Calibración Tipo



Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Curva-de-reflectividad-hemisferica-del-blanco-de-referencia-Spectralon-fuente\\_fig3\\_329641227](https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Curva-de-reflectividad-hemisferica-del-blanco-de-referencia-Spectralon-fuente_fig3_329641227)

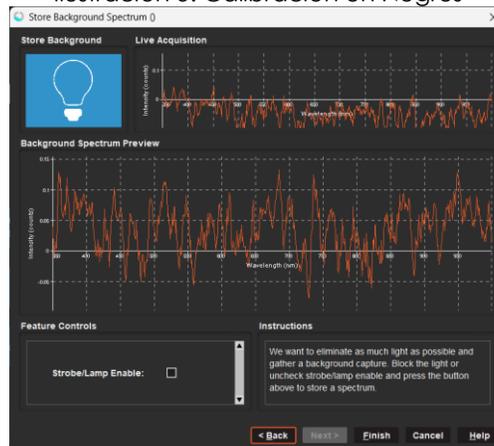
El panel Espectralón de referencia debe estar en una posición nivelada, sobre un trípode evitando sombras proyectadas sobre su superficie. Si se observan sombras aumente o disminuya la distancia entre la óptica del sensor y el panel. La superficie del espectralón se debe mantener limpia y no se debe tocar durante la calibración.

◦ **Calibración con el Estándar del Negro:**

Después de la calibración de blancos en el Laboratorio es muy difícil poder realizar la medición de una superficie con reflectancia de 3% o menos por lo que es recomendable cubrir la sonda de medición con algún material de tonalidad oscura la cual no pueda salir ni entrar luz a la sonda esto permite que el negro sea calibrado en su totalidad.

De Clic En el Bombillo Negro.

Ilustración 5. Calibración en Negros



Fuente: Laboratorio de espectroradiometría

**Nota:** Tenga en cuenta que el valor del negro en la gráfica anteriormente descrita debe estar en los valores de 0 a 4 en amplitud y en lo menos posible tener datos en los valores negativos.

◦ **Verificación de la Calibración:**

Verifique la precisión de la calibración, una vez completados los pasos de calibración con el estándar del blanco y del negro. Realice mediciones adicionales con fuentes de luz conocidas o superficies de referencia estándar. Estas mediciones adicionales se comparan con los valores esperados o conocidos para evaluar la exactitud de la calibración.

Si se identifican desviaciones significativas, realice ajustes en la calibración según sea necesario para garantizar mediciones precisas y consistentes.

◦ **Documentación:**

Registre meticulosamente todos los aspectos relevantes, incluyendo los valores medidos, las condiciones ambientales, los ajustes realizados en el instrumento y cualquier otra información relevante.

Esta documentación detallada es fundamental para la trazabilidad de las mediciones y para garantizar la reproducibilidad de los resultados en el futuro.

◦ **Recalibración:**

Si las condiciones ambientales han cambiado entorno a la radiación solar es necesario volver a establecer el proceso de calibración en el numeral 4.3.3.1 ítem calibración.

#### 4.3.3.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Tome las condiciones atmosféricas (humedad relativa, temperatura indoor y outdoor, temperatura infrarroja) del laboratorio, para el diligenciamiento de los datos en el metadato.

#### 4.3.3.3. TOMA DE DATOS

◦ **Posicionamiento de la Muestra:**

- Posicione la muestra frente al espectroradiómetro y la fuente de luz de manera que esté adecuadamente alineada con el instrumento. Ajuste la distancia y el ángulo entre la muestra y el instrumento según sea necesario para optimizar la recopilación de datos, asegúrese que toda la muestra esté dentro del el Laboratorio de visión del espectroradiómetro.
- Ubique la lampara en posición vertical en donde la mayor parte de radiación se establezca una reflectancia del 95%.
- Mantenga el sensor orientando en la misma posición respecto al sol, excepto cuando se desee estudiar la influencia del azimut solar.
- Tome los datos y diligencia el formato del metadato.

◦ **Inicio de la Medición:**

Utilice el software de control correspondiente iniciando la adquisición de datos en el espectroradiómetro, establezca los parámetros de medición como la integración temporal y el número de escaneos promediados, para obtener resultados precisos y consistentes.

Ajuste el lente de captura del espectroradiómetro a una altura del sensor en función del el Laboratorio de visión, debido a que podría ser demasiado pequeño. Realice una geometría de observación igual a la calibración en donde el objetivo de muestra se encuentre a la misma distancia que fue tomado el estándar del blanco.

Tabla 1. Field of View – Alturas respecto ángulos

Field of View (FOV)			
Altura (cm)	d 1 grado (cm)	d 8 grados (cm)	d 25 grados (cm)
5	0.1	2.3	2.5
10	0.2	1.4	4.7
15	0.3	2.1	7
20	0.4	2.8	9.3
25	0.4	3.5	11.7
30	0.5	4.2	14
35	0.6	4.9	16.3
40	0.7	5.6	18.6
50	0.9	7	23.3
75	1.31	10.5	34.9
100	1.8	14.1	46.6
110	1.9	15.5	51.3
150	2.6	21.1	70
200	3.5	28.1	96.3
250	4.4	35.1	116.5
300	5.2	42.4	139.9
350	6.1	49.2	163.2
400	6.9	56.2	186.5
500	8.7	70.3	233.2

Fuente: Laboratorio de Espectroradiometría

### Geometría de la observación

La altura de la fibra sobre el objetivo de observación dependerá del área que se quiere cubrir o el Laboratorio de visión de terreno (GFOV), en función del tamaño de la muestra o por factores de comparación con imágenes satelitales como el tamaño del píxel. El ángulo sólido a través del cual la luz ingresa a la óptica del sistema del detector en el campo de visión (FOV- Field of view). Los datos se recopilarán con el sensor montado verticalmente sobre la superficie (vista nadir) (Robinson y Biehl 1979, Silva 1978, Rollin et al 2000, Baumgardner et al 1985, Milton et al 1995). El área de terreno desde la cual se registran los espectros, o el Laboratorio de visión de terreno (GFOV), está determinado por el FOV angular de la lente unida a la fibra óptica y la altura (H) que separa al instrumento del objetivo. El FOV debe ser apropiado para integrar y representar las características geométricas del objetivo.

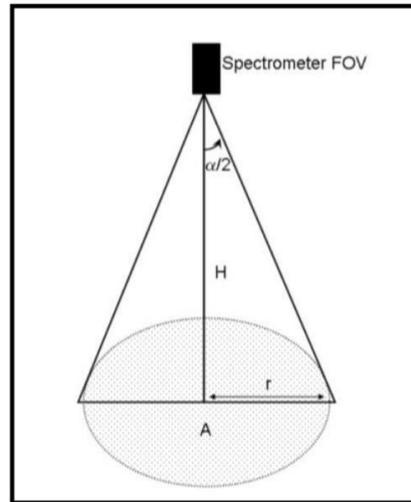
$$GFOV = \pi r^2$$

$$r = \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)H$$

donde r = es igual al radio del FOV con un área A y H representa la Altura del Espectroradiómetro sobre la superficie del blanco.

Asegúrese que se está abarcando todo el tamaño de la muestra que se va a evaluar si la fibra está muy alta se podría estar evaluando otra cobertura en los bordes de la superficie de interés (Muestras heterogéneas y no puras). Además, factores como el viento sobre las hojas podrían hacer que este factor se presente en la firma espectral.

Ilustración 6. Geometría de la observación



Fuente: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/10700/13289>

◦ **Adquisición de Datos:**

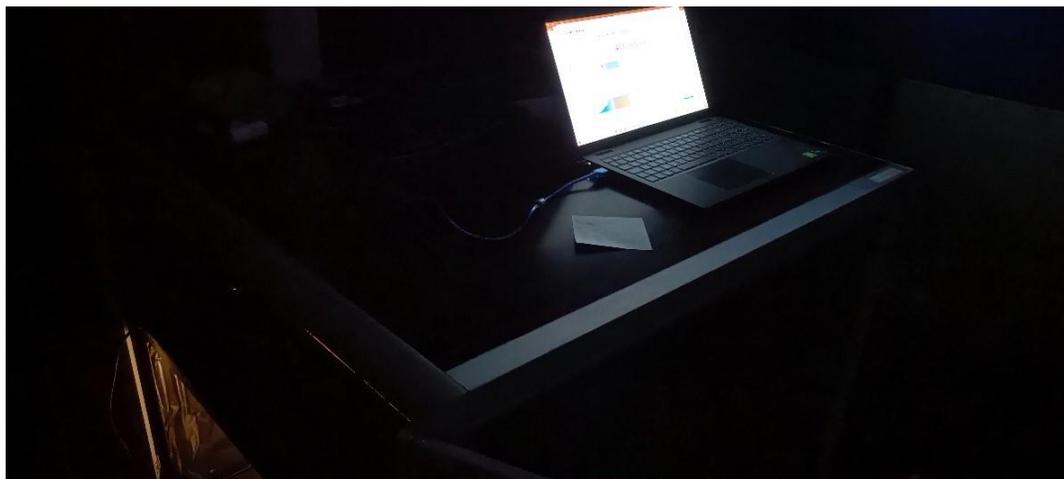
Realice las mediciones de radiación electromagnética reflejada o transmitida por la muestra en las longitudes de onda de interés. Guardé los valores de radiación medida en cada longitud de onda, y si es necesario, efectué múltiples mediciones en diferentes puntos de la muestra para tener en cuenta posibles variaciones espaciales en las propiedades espectrales.

**4.3.3.4. BUENAS PRÁCTICAS DE MEDICIÓN**

◦ **Ropa Oscura:**

Use ropa oscura durante las mediciones, ya que minimiza la posibilidad de reflejar luz adicional hacia la muestra. Esto ayuda a reducir la interferencia en las mediciones, especialmente en entornos con condiciones de iluminación variables.

Ilustración 7. Montaje para medición en el laboratorio



Fuente: Laboratorio de espectroradiometría

- **Distancia del observador:**  
Determine una distancia medible del medidor de la muestra hasta la misma para ser lo menos participe en el momento de la medición, asimismo, procure que el utensilio que sirva de extensor sea de tonalidades oscuras y mates.
- **Material No Reflectante:**  
Opte por prendas fabricadas con materiales no reflectantes, como algodón o poliéster opaco. Evita telas brillantes o satinadas que puedan reflejar la luz y afectar las mediciones.
- **Mangas Largas y Pantalones:**  
Cubra la mayor parte de la piel expuesta y minimizar la posibilidad de reflejos, es recomendable usar mangas largas y pantalones. Esto también ayuda a reducir la contaminación de la muestra con luz ambiental no deseada.
- **Guantes y Protección para el Cabello:**  
Use guantes y protección para el cabello, como un gorro o una cofia, para evitar la contaminación de la muestra con residuos de piel y cabello, se recomienda.
- **Calzado Cerrado:**  
utilice calzado cerrado y cómodo para proteger tus pies durante las mediciones. Esto también ayuda a prevenir accidentes en entornos de laboratorio.

#### 4.3.4. DOCUMENTACIÓN Y REPORTE:

Documente detalladamente los resultados de la medición y se prepare el informe técnico o científico que resuma los hallazgos y conclusiones. Asegura la validez y veracidad de los resultados a través de la validación y verificación según los estándares de calidad aplicables.

##### 4.3.4.1. METADATO:

- **Estructura del metadato**  
Utilice la estructura adoptada por el grupo de trabajo para establecer la sintaxis apropiada para el metadato, en donde establezca parámetros generales y específicos de cada una de las mediciones como se establece en el formato para metadato, adicionalmente a esto haga uso del desarrollo tecnológico respectivo para el diligenciamiento de estos datos.

##### 4.3.4.2. ENTREGABLES

- **Metadatos**  
Diligencie y revise en el Laboratorio dado a que en temas de reducción de tiempos y cumplir con las fechas determinadas para cada uno de los proyectos es un proceso arduo y con dificultades analíticas, Por lo que debe como buena práctica:
  - Almacenar medición a medición los datos en los diferentes repositorios web del laboratorio generando una copia de seguridad de la información obtenida.
  - Revisar el metadato generado en donde se estén llenando todos los campos obligatorios o demandantes por cada uno de los proyectos contratados.
- **Firmas Espectrales**  
Respecto a las firmas espectrales tomadas en el Laboratorio es necesario tener una metrología estandarizada para cada una de las tomas de datos, es decir, según cada uno de los proyectos establecer una nomenclatura del Base name que se colocara en cada uno de ellos.

Guarde día a día en un repositorio una copia de seguridad en la cual se puedan monitorear por parte del líder de investigación lo referente al muestreo que se está realizando.

#### 4.4. BIBLIOGRAFÍA

- Brown, R. D. "Introduction to Spectroradiometry." \*Radiation Measurements\* 25.5-6 (1995): 641-651.
- Zewail, A. H. "Femtochemistry: Atomic-Scale Dynamics of the Chemical Bond." \*Journal of Physical Chemistry A\* 104.24 (2000): 5660-5694.
- Raven, P. H., et al. "Biology of Plants." \*W. H. Freeman, 2005. \*
- Wyszecski, G., Stiles, W. S. "Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae." \*John Wiley & Sons, 1982. \*
- Mooney, H. A., Hobbs, R. J. "Remote Sensing of Terrestrial Ecosystem Functioning." \*Global Ecology and Biogeography\* 10.5 (2001): 485-492.
- Taylor, J. R. "An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements." \*University Science Books, 1997. \*
- Bard, J. P. "Validation and Verification of Analytical Methods in the Clinical Laboratory." \*Clinical Biochemistry Reviews\* 29. Suppl 1 (2008): S3-S6.
- Goldman, C. R., et al. "American Fisheries Society: Fisheries Management: Applications of Remote Sensing in Fisheries and Aquatic Ecology." \*Fisheries\* 17.1 (1992): 12-16.
- Leeman, M. D., Key, R. M. "Introduction to Earth Science." \*W.H. Freeman, 2002. \*
- Livingston, J. D. "Interactions of Radiation with Matter." \*Reviews of Modern Physics\* 31.4 (1959): 729-738.
- Wang, S. J. "Introduction to Remote Sensing." \*CRC Press, 2012. \*
- Marshak, S. "Earth: Portrait of a Planet." \*W.W. Norton & Company, 2011. \*
- Barnes, W. L., et al. "Surface Plasmon Subwavelength Optics." \*Nature\* 424.6950 (2003): 824-830.
- Elachi, C. "Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing." \*Wiley, 1987. \*
- Sukhatme, P. V., et al. "Statistical Methods for Practice and Research: A Guide to Data Analysis Using SPSS." \*SAGE Publications, 2014. \*
- Gaston, K. J. "Biodiversity and Conservation." \*Chapman & Hall, 1996. \*
- Yadav, D. S., et al. "Methodology for Assessing the Environmental Impact of Development Projects." \*International Journal of Sustainable Development & World Ecology\* 17.2 (2010): 154-160.
- Rabiner, L. R., et al. "Measurement of Precise Spectral Parameters Using Infrared Fourier Transform Spectrometry." \*Applied Optics\* 18.2 (1979): 148-153.
- Burt, J. P., et al. "Energy Efficiency: Concepts and Calculations." \*Springer, 2011. \*
- Blanchard, B. "Logistics Engineering & Management." \*Pearson, 2010. \*
- Moxnes, J. H. "Safety Management: A Comprehensive Approach to Developing a Sustainable System." \*CRC Press, 2017. \*
- Nunnally, J. C., et al. "Psychometric Theory." \*McGraw-Hill, 1967. \*
- McDougall, G. J., et al. "Data Reliability in Ecological Research." \*Journal of Ecology\* 65.1 (1977): 207-220.
- Hockley, T. F., et al. "Verification of Numerical Models in Fluid Mechanics." \*Journal of Fluid Mechanics\* 103 (1981): 441-463.
- Milton, E. Principles of field spectroscopy. Int. J. Remote Sens. 1987, 8, 1807-1827.
- Milton, E. Does the use of two radiometers correct for irradiance changes during measurements. Photogramm. Eng. Remote Sens. 1981, 47,

- 1223–1225.
- Pfitzner, K., Bollhöfer, A., & Carr, G. A standard design for collecting vegetation reference spectra: Implementation and implications for data sharing. 2006. Journal of Spatial Science, 51, 79–92.
- Pfitzner, K., R. Bartolo., G. Carr., Esparon A. y A Bollhöfer. Standards for reflectance spectral measurement of temporal vegetation plots. Department of Sustainability, 2011. Environment, Water, Population and Communities Supervising Scientist. 110 p.
- Rundquist, D., Perk, R., Leavitt, B., Keydan, G., & Gitelson, A. (2004). Collecting spectral data over cropland vegetation using machine-positioning versus hand- positioning of the sensor. Computers and Electronics in Agriculture, 43(2), 173-178. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2003.11.002>
- Salisbury, J.W. 1988. Spectral Measurements Field Guide. Published by the Defense

## 5. CONTROL DE CAMBIOS

FECHA	CAMBIO	VERSIÓN
09/08/2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Se adopta como versión 1 por corresponder a la creación del documento. Emisión Inicial Oficial.</li> <li>◦ Hace parte del proceso de <b>Gestión del Conocimiento Aplicado</b>, del subproceso de <b>Investigación e Innovación Aplicada</b> – Laboratorio de Espectroradiometría.</li> <li>◦ Se crea el instructivo "Captura de Firmas Espectrales en Laboratorio", código <b>IN-IIA-PC02-02</b>, versión 1.</li> <li>◦ Se encuentra asociado al procedimiento "Captura y Procesamiento de Firmas Espectrales", código <b>PC-IIA-02</b>.</li> </ul>	1

ELABORÓ Y/O ACTUALIZÓ	REVISÓ TÉCNICAMENTE	REVISÓ METODOLÓGICAMENTE	APROBÓ
<p><b>Nombre:</b> Manuel García Lancheros.</p> <p><b>Cargo:</b> Contratista. Dirección de Investigación y Prospectiva.</p>	<p><b>Nombre:</b> Dayana Patricia Beltrán Fonseca.</p> <p><b>Cargo:</b> Profesional Especializado. Dirección de Investigación y Prospectiva.</p>	<p><b>Nombre:</b> Martha Patricia Ramírez Suarez.</p> <p><b>Cargo:</b> Profesional Especializado. Dirección de Investigación y Prospectiva.</p> <p><b>Nombre:</b> Cesar Augusto Buitrago López.</p> <p><b>Cargo:</b> Contratista. Oficina Asesora de Planeación.</p>	<p><b>Nombre:</b> Alexander Páez Lancheros</p> <p><b>Cargo:</b> Director (E) Dirección de Investigación y Prospectiva.</p>