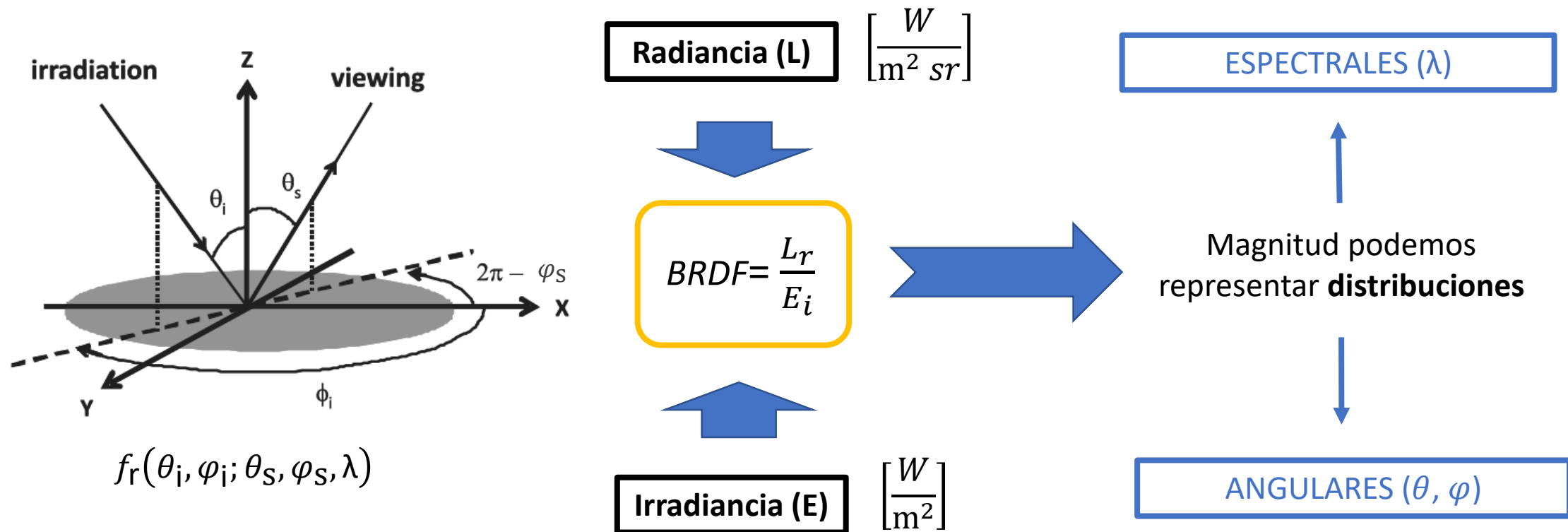


REALIZACIÓN DE UNA ESCALA DE REFLECTANCIA EN EL INFRAROJO CERCANO

Néstor Tejedor Sierra, Alejandro Ferrero Turrión, Pablo Santafé Gabarda, Joaquín Campos Acosta.

- Introducción
- Descripción del proceso de medición
- Resultados y discusión
- Conclusiones

Función de distribución de reflectancia bidireccional (BRDF)



Aplicaciones

Grado de humedad
de las plantas



Agricultura

Reconocimiento de
patrones a largas
distancias



Ciberseguridad

Dispersión de la radiación
por materiales en
construcciones



Impacto Medioambiental

Procedimiento

(Rapidez de medida)

1er PASO

Medida 0:45 de un patrón de reflectancia con fotodiodo IR (absoluta)

2º PASO

Medida multi-ángulo del mismo patrón con espectroradiómetro IR (relativa)

3er PASO

Procesado de las medidas multi-ángulo integrando las medidas 0:45º (absoluta)

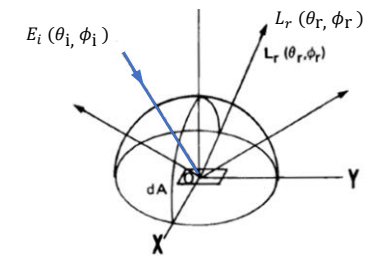
ESCALA DE REFLECTANCIA BIDIRECCIONAL

Patrón de reflectancia



- Materiales PTFE y **cerámicos**.
- Alrededor del 95% de reflectancia.
- Comportamiento casi **lambertiano (Rd)**.
- Químicamente inerte y térmicamente estable.

➤ **Reflectancia difusa**
Flujo reflejado en todas direcciones (no especular)



➤ **Lambertianeidad**
La radiancia es constante independientemente del ángulo de observación.

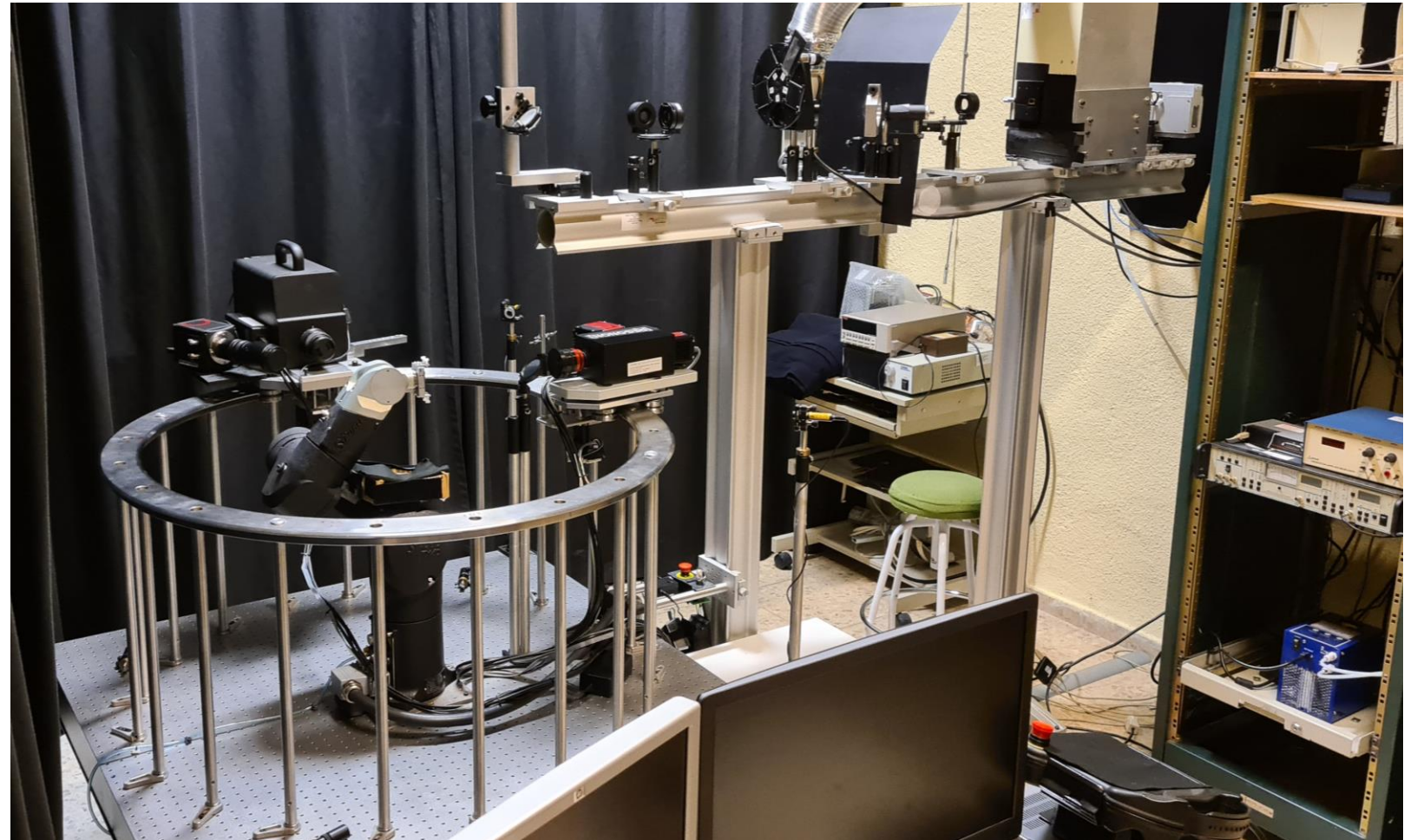
Comportamiento homogéneo

Descripción del proceso de medición

8

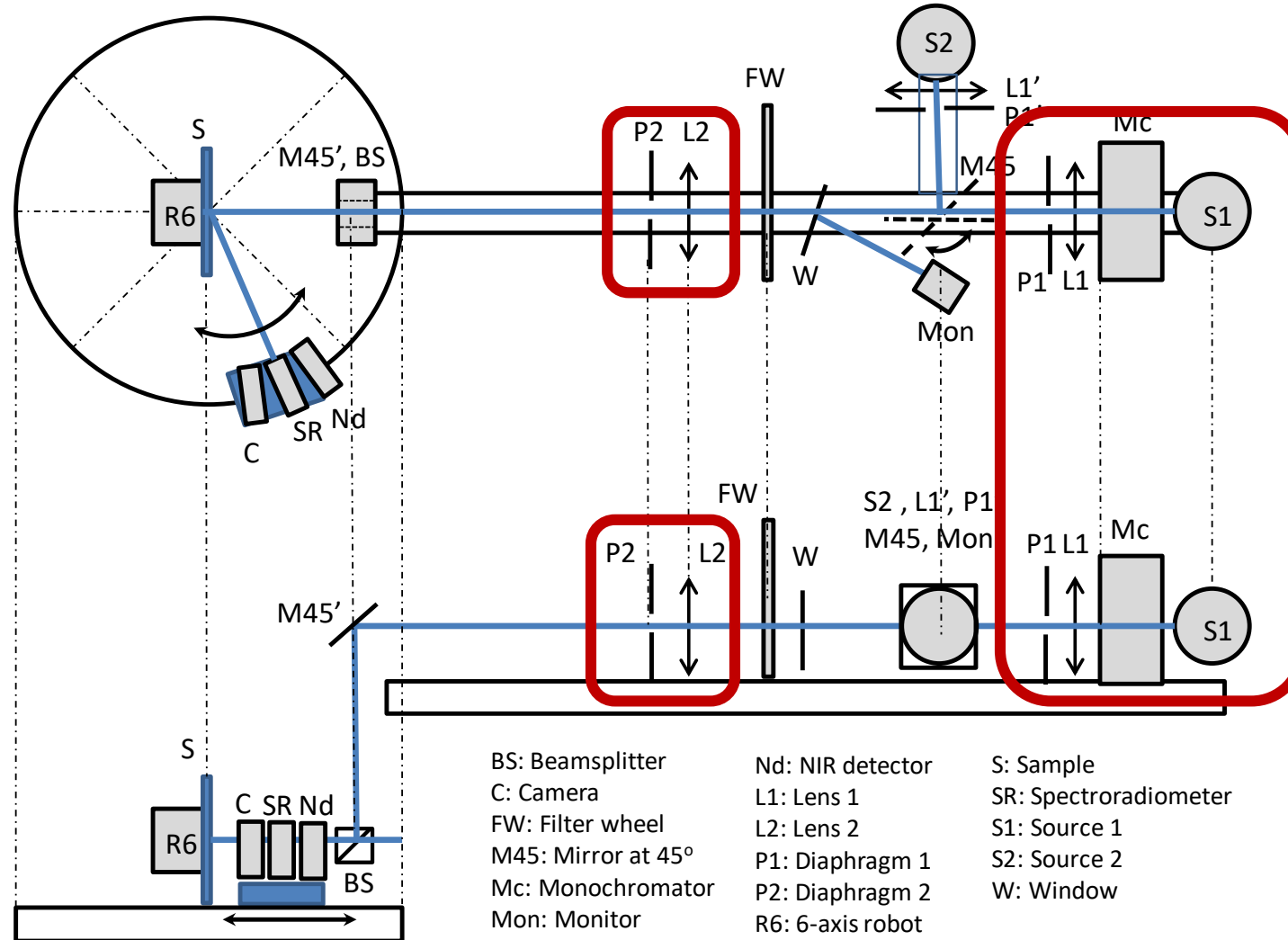
Descripción del sistema de medida:

**Gonio-
espectrofotómetro
Español (GEFE)**



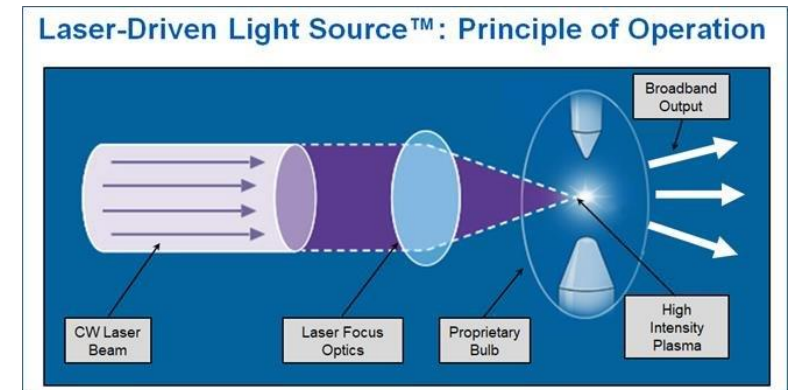
Descripción del proceso de medición

9



1. Grupo de irradiación

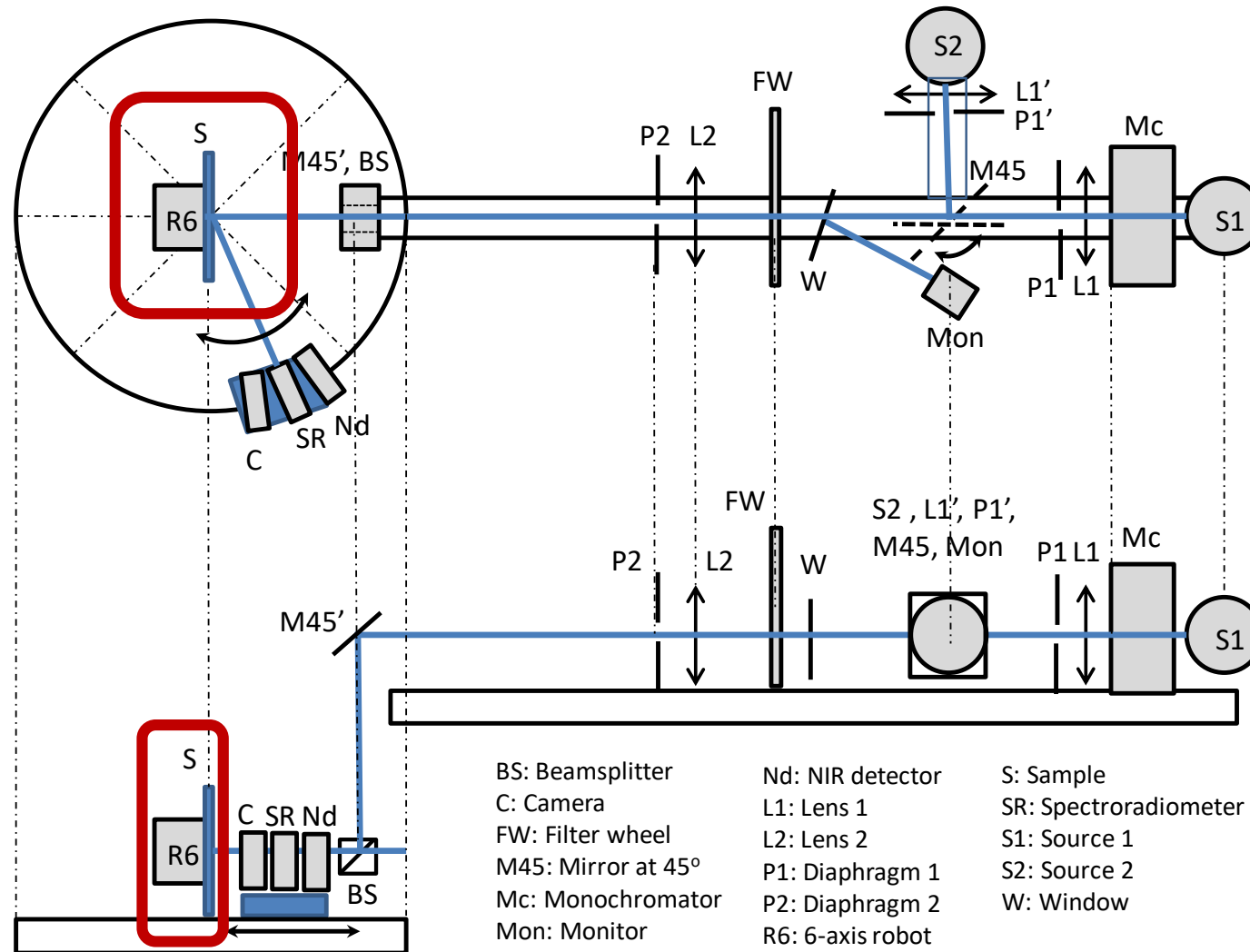
- Fuente “Light Driven Light Source” (LDLS): Energetiq EQ-77. (170-2500) nm
- Monocromador tipo Czerny-Turner: Bentham TMc300.
- Sistema óptico para formar imagen en el plano de incidencia.



Rango de medida empleado:
(800-1700) nm

Descripción del proceso de medición

12

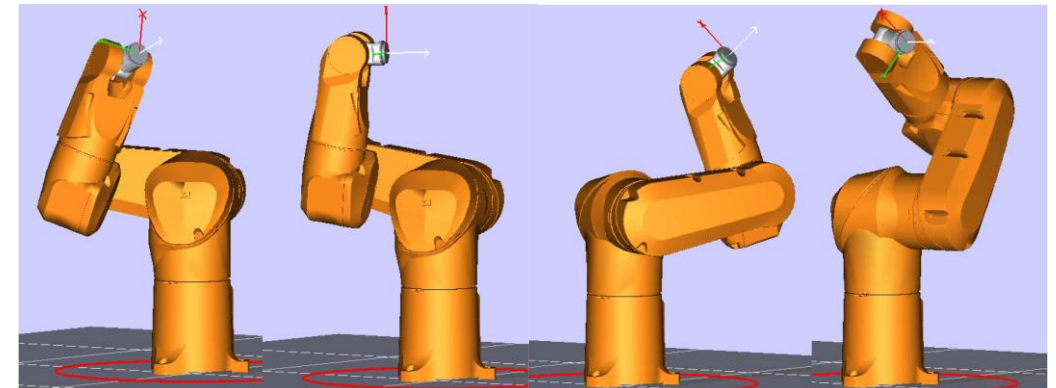


2. Grupo de posicionamiento de la muestra

- Plataforma rotatoria

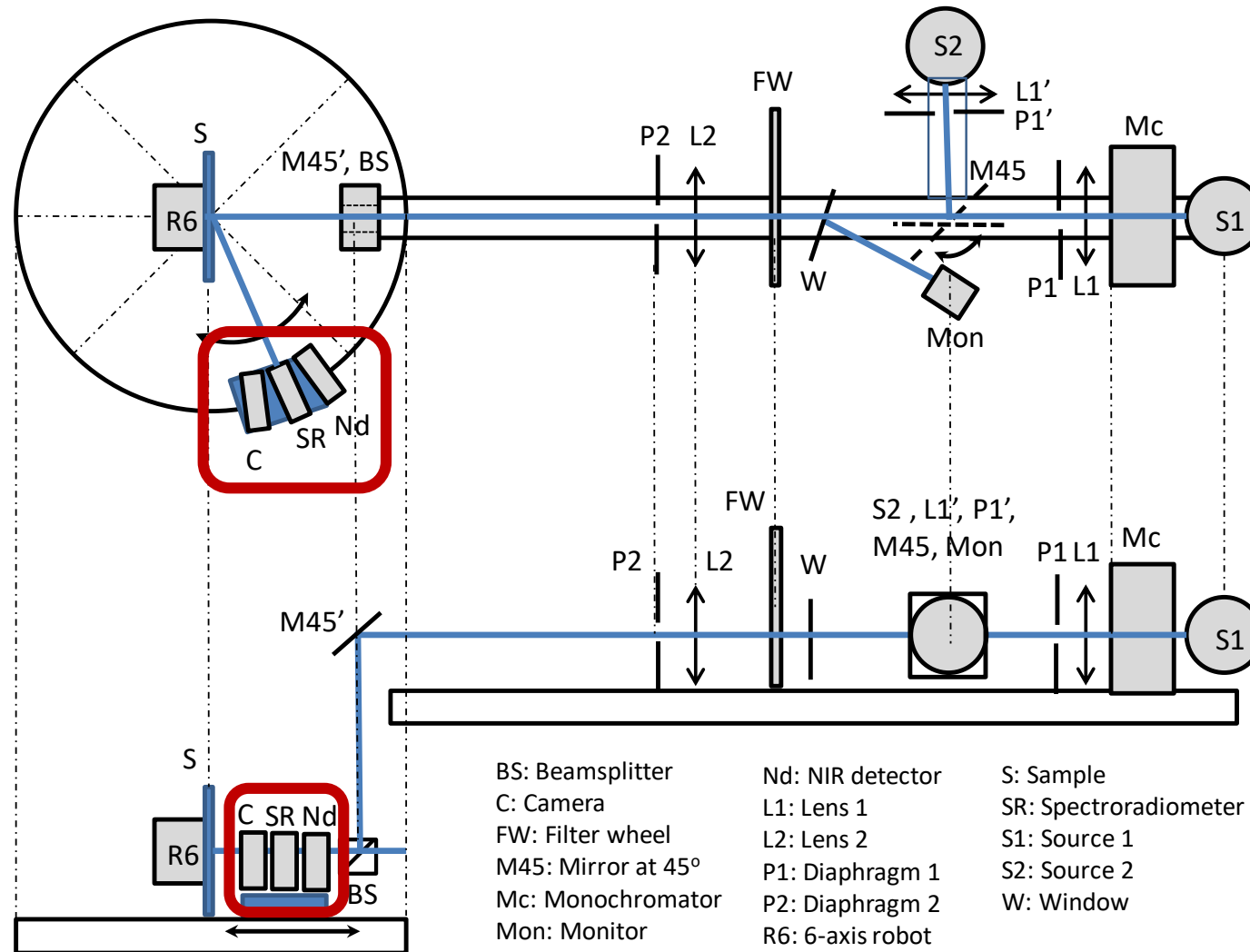
+

- Brazo robot con ajuste de 3 ejes y rotaciones en torno a cada eje.



Descripción del proceso de medición

15



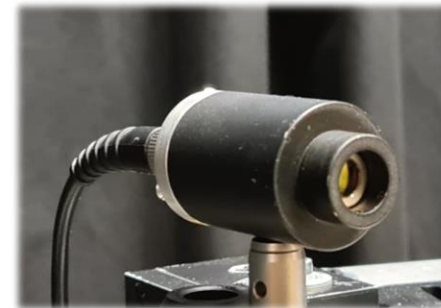
3. Grupo de detección

**Espectroradiómetro IR
Resonon Pika-NIR-640**
Medida multi-ángulo



&

Fotodiodo InGaAs



+

Picoamperímetro Keithley 6485

Fondo escala (2 nA a 2 mA)
Rango útil medida (200 pA a 2 mA)



Ecuación de medida

$$f_r(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r) = \frac{dL_r(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r; E_i)}{dE_i(\theta_i, \varphi_i)} = \frac{d\Phi_r(\theta_r, \varphi_r)}{d\Phi_i(\theta_i, \varphi_i)\omega_r \cos \theta_r}$$

Φ_i, Φ_r = flujo incidente y emergente.

ω_r = ángulo sólido de colección

θ_i, θ_r = ángulos polares de incidencia y colección.

φ_i, φ_r = ángulos azimutales de incidencia y colección.

S_d, S_r = señales directa y reflejada del fotodiodo.

$$f_r(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r) = \frac{S_r(\theta_r, \varphi_r)}{S_d(\theta_i, \varphi_i)} \left(\frac{1}{\omega_r \cos \theta_r} \right)$$

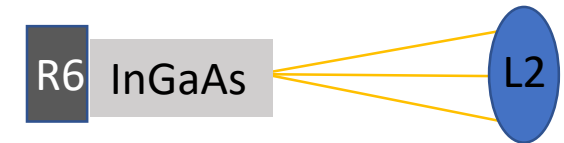
Posiciones de medida

$$f_r^s(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r) = \frac{S_r(\theta_r, \varphi_r)}{S_d(\theta_i, \varphi_i)} \left(\frac{1}{\omega_r \cos \theta_r} \right)$$

A. Señal directa (S_d):

Colocación del fotodiodo junto a una apertura de precisión en el plano de la muestra.

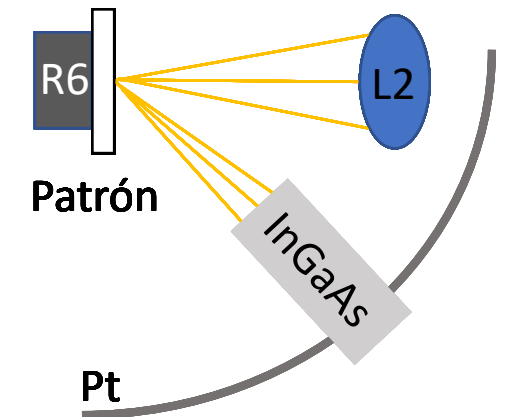
Toda la radiación dentro de la apertura.



B. Señal reflejada (S_r):

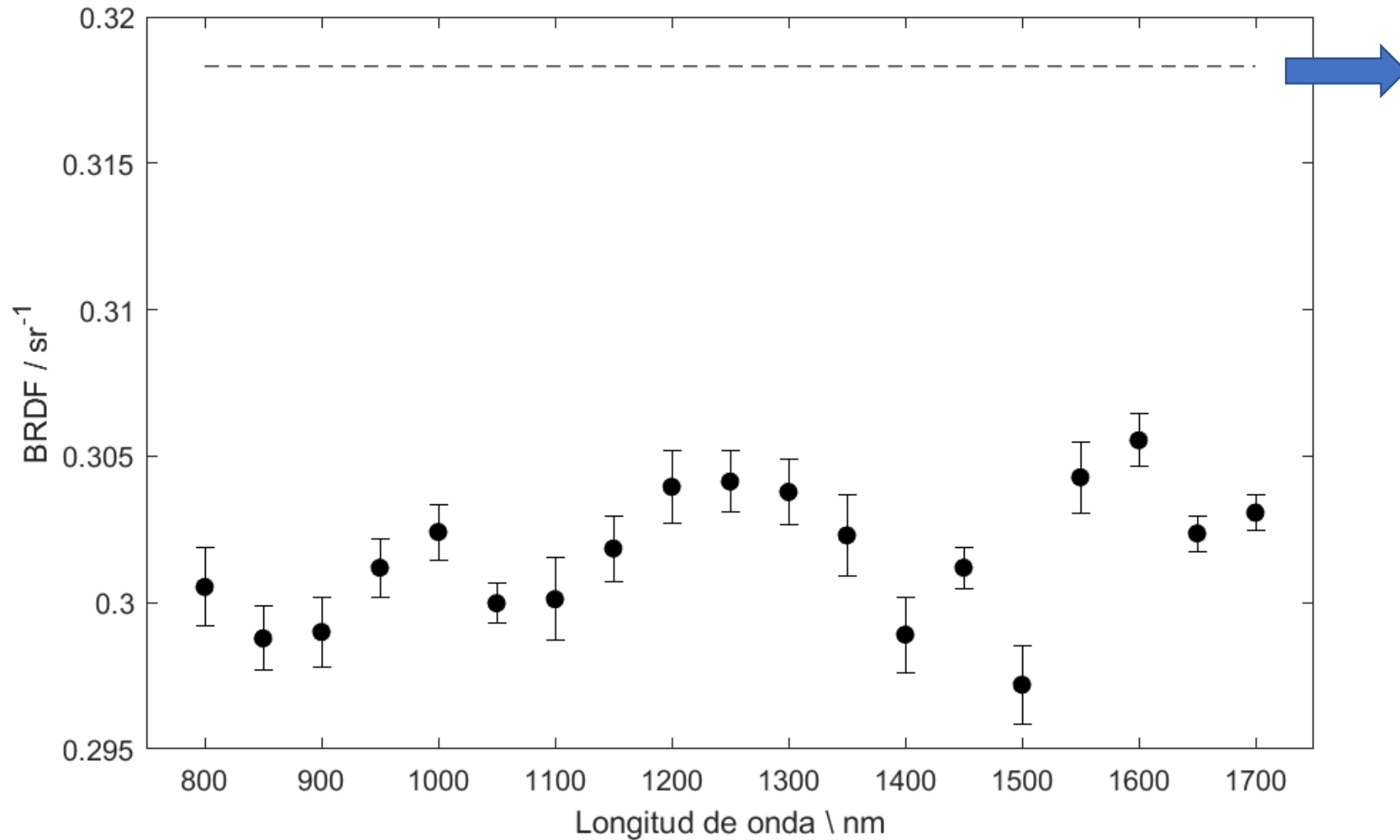
Colocación del fotodiodo en la plataforma rotatoria a 45° con respecto a la posición de incidencia.

Radiación correspondiente al ángulo sólido definido por la apertura del detector.



Resultados y discusión

21



PRD:
 $0,3183 \text{ sr}^{-1}$

Variable de entrada	Valor	Incertidumbre relativa expandida ($k = 2$)
ω_r	7.854×10^{-5} sr	4.4×10^{-4}
$\cos \theta_r$	0.7071	2.4×10^{-3}
S_d	2.1761×10^{-5} A	1.1×10^{-5}
S_r	3.5791×10^{-10} A	9.7×10^{-4}
$u_r f_r^S$		3.0×10^{-3}

$$u_r f_r(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r) = \sqrt{u_r^2(S_r) + u_r^2(S_d) + u_r^2(\omega_r) + u_r^2(\cos \theta_r)}$$

- Valores medidos son consistentes con los esperados.
- Estudio de los valores espectrales anómalos en la gráfica de la BRDF a $0:45^\circ$.
- Incertidumbre relativa expandida del 0.3%.
Limitación de la incertidumbre por la plataforma y theta r.
- Método y materiales son válidos para poder establecer escala de BRDF en el IR cercano.

GRACIAS POR SU
ATENCIÓN

