



Ciudad Universitaria, 22 de abril de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
COORDINACIÓN DE FÍSICA BIOMÉDICA  
COMITÉ ACADÉMICO DE TITULACIÓN  
PRESENTE

Por medio de la presente, comunico a ustedes el plan de actividades de la alumna Dana Larissa Luna González, con número de cuenta 421122680, para iniciar el trámite de titulación en la modalidad de tesis. La alumna desarrollará el proyecto titulado “Cálculo numérico de propiedades ópticas de eritrocitos sanos y enfermos” bajo mi asesoría, en el grupo de Nanoplasmónica del Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM.

El estudio de las propiedades ópticas de las células biológicas como los osteoblastos [1], los linfocitos [2], y los eritrocitos [3], es de importancia para el área médica por sus potenciales aplicaciones en el diagnóstico y la detección temprana de enfermedades. En particular, se ha reportado que los eritrocitos presentan alteraciones en su composición y morfología ante diversas formas de anemia [3], lo que afecta directamente su respuesta óptica [4, 5].

La respuesta óptica de los eritrocitos se modifica por factores como el hematocrito, la concentración de hemoglobina y el nivel de saturación de oxígeno, los cuales modifican su función dieléctrica y geometría, cambiando a su vez sus mecanismos de absorción y esparcimiento de luz. Por lo tanto, el objetivo principal de la tesis de licenciatura de la alumna es caracterizar las propiedades ópticas de eritrocitos tanto sanos como enfermos, considerando variaciones en su función dieléctrica y morfología. Para ello, se propone cuantificar la respuesta espectral de los eritrocitos mediante el cálculo de las secciones transversales de extinción, esparcimiento y absorción, empleando el método de elemento finito (FEM, por sus siglas en inglés) y comparar los resultados obtenidos con los reportados en la literatura, derivados de otras metodologías [4, 6].

Durante el desarrollo del trabajo, la alumna abordará tres ejes temáticos principales. En el primer eje ahondará en las patologías más comunes que afectan a los eritrocitos. En el segundo, estudiará la solución analítica de teoría de Mie, así como las relaciones de Kramers-Kronig [7] para determinar la respuesta espectral de los eritrocitos considerados. Finalmente, empleará el FEM implementado en COMSOL Multiphysics<sup>™</sup>, en conjunto con el software SolidWorks con el que diseñará las geometrías de los eritrocitos. Ambos programas, cuyas licencias ya están en uso por el grupo de Nanoplasmónica, permitirán simular distintos escenarios patológicos mediante la variación de la función dieléctrica y la morfología celular. Para cumplir con el objetivo y con lo abordado en los ejes temáticos, el cronograma de actividades es

- 
- **Abril – mayo:** Revisión de la literatura sobre las propiedades ópticas de eritrocitos sanos y enfermos, así como la clasificación de sus principales alteraciones morfológicas y fisiológicas.
  - **Junio – julio:** Estudio del FEM y familiarización con los programas COMSOL Multiphysics y SolidWorks. Paralelamente, se iniciará la redacción de los capítulos introductorios de la tesis escrita.
  - **Agosto – septiembre:** Validación del modelo numérico mediante su comparación con casos analíticos mediante teoría de Mie. Además, se emplearán las relaciones de Kramers-Kronig para determinar la respuesta espectral de los eritrocitos.
  - **Septiembre – octubre:** Cálculo de las secciones transversales de absorción, extinción y esparcimiento para eritrocitos sanos y para al menos dos casos de eritrocitos patológicos. Análisis y contraste de los resultados obtenidos.
  - **Octubre – diciembre:** Redacción del análisis de resultados y de las conclusiones finales de la tesis escrita.

Para el trabajo escrito, se propone el siguiente índice

- Agradecimientos
- Resumen
- Introducción: Justificación y antecedentes del trabajo
  1. Esparcimiento de ondas electromagnéticas
    - 1.1 Fundamentos
    - 1.2 Método de elemento finito
    - 1.3 Relaciones de Kramers-Kronig
  2. Eritrocitos y sus patologías
    - 2.1 Funciones dieléctricas
  3. Resultados
    - 3.1 Convergencia numérica
    - 3.2 Comparación del método analítico y el método numérico
    - 3.3 Propiedades ópticas de un eritrocito sano
    - 3.4 Contraste de las propiedades ópticas de eritrocitos sanos con eritrocitos enfermos
  4. Conclusiones
  5. Trabajo a futuro
- Apéndice

---

Atentamente,



---

**Dana Larissa Luna González**

Estudiante de Física Biomédica

No. de cuenta: 421122680

Tel.: 776 101 4262

dana.larissalg@ciencias.unam.mx

---

**Dr. Alejandro Reyes Coronado**

Profesor Titular C de Tiempo Completo

Departamento de Física, Facultad de Ciencias, UNAM

Tel.: (55) 5622 4968

coronado@ciencias.unam.mx

## Referencias

- [1] A. Antunes, J. H. Pontes, A. F. G. Monte, A. Barbosa y N. M. F. Ferreira. Optical Properties on Bone Analysis: An Approach to Biomaterials. *Proceedings*, **27**(1):36, 2019. DOI: [10.3390/proceedings2019027036](https://doi.org/10.3390/proceedings2019027036).
- [2] J. Yoon, Y. Jo, M.-h. Kim, K. Kim, S. Lee, S.-J. Kang e Y. Park. Identification of non-activated lymphocytes using three-dimensional refractive index tomography and machine learning. *Scientific Reports*, **7**(1):6654, 2017. DOI: [10.1038/s41598-017-06311-y](https://doi.org/10.1038/s41598-017-06311-y).
- [3] N. Bosschaart, G. J. Edelman, M. C. G. Aalders, T. G. van Leeuwen y D. J. Faber. A literature review and novel theoretical approach on the optical properties of whole blood. *Lasers in Medical Science*, **29**(2):453-479, 2014. DOI: [10.1007/s10103-013-1446-7](https://doi.org/10.1007/s10103-013-1446-7).
- [4] T. Wriedt, J. Hellmers, E. Eremina y R. Schuh. Light scattering by single erythrocyte: Comparison of different methods. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, **100**(1):444-456, 2006. DOI: [10.1016/j.jqsrt.2005.11.057](https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2005.11.057).
- [5] M. Meinke, G. Müller, J. Helfmann y M. Friebe. Optical properties of platelets and blood plasma and their influence on the optical behavior of whole blood in the visible to near infrared wavelength range. *Journal of Biomedical Optics*, **12**(1):014024, 2007. DOI: [10.1117/1.2435177](https://doi.org/10.1117/1.2435177).
- [6] O. Ergül, A. Arslan-Ergül y L. Gürel. Computational study of scattering from healthy and diseased red blood cells. *Journal of Biomedical Optics*, **15**(4):045004, 2010. DOI: [10.1117/1.3467493](https://doi.org/10.1117/1.3467493).
- [7] V. Lucarini, K.-E. Peiponen, J. Saarinen y E. Vartiainen. *Kramers-Kronig Relations in Optical Materials Research*. Springer, Berlín, Alemania, 2005.