



Ciudad Universitaria, 22 de abril de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS
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 quien desarrollará el proyecto titulado “Cálculo numérico de propiedades ópticas de eritrocitos sanos y enfermos” bajo mi asesoría en el grupo de Nanoplasmónica adscrito al 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 un cambio en su composición y estado morfológico ante distintas formas de anemia [3]. En este contexto, los eritrocitos, los principales responsables de las propiedades ópticas de la sangre, juegan un papel clave.

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 directamente los mecanismos de absorción y esparcimiento de la luz de los eritrocitos [3], al modificar tanto su índice de refracción como su morfología celular. Por ello, el objetivo de esta tesis de licenciatura es caracterizar las propiedades ópticas de eritrocitos tanto sanos como enfermos, considerando variaciones en su índice de refracción y morfología, para cuantificar la respuesta espectral de los eritrocitos mediante el cálculo de las secciones transversales de extinción, esparcimiento y absorción. Para el cálculo de las secciones transversales, se propone utilizar el método de elemento finito (FEM, por sus siglas en inglés) y comparar los resultados obtenidos con los obtenidos con otras metodologías [4, 5].

Durante el desarrollo de la tesis, la alumna incursionará en temas de interés médico sobre eritrocitos, en teorías analíticas de esparcimiento de luz y métodos numéricos para la solución de la ecuación de Helmholtz. En el primer rubro se estudiarán las enfermedades más comunes que afectan eritrocitos. En el segundo, la solución analítica de teoría de Mie, y el uso de las relaciones de Kramers Kronig [6] para determinar la respuesta óptica de los eritrocitos considerados. Finalmente, la alumna se familiarizará con el FEM implementado en el software comercial COMSOL Multiphysics con el fin de analizar casos con diferentes índices de refracción asociados a diversas patologías y en la construcción de geometrías complejas mediante SolidWorks para realizar los cálculos de eritrocitos. Ambos softwares requieren de una licencia ya en uso por el grupo de Nanoplasmónica.

Con base en las etapas mencionadas, se propone el siguiente cronograma de actividades:

- **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 método de elementos finitos 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 comparación con casos analíticos conocidos, como la teoría de Mie.
- **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 EM
 - a) Fundamentos
 - b) FEM
 - c) Kramers-Kronig
2. Eritrocitos y enfermedades sanguíneas
 - a) Funciones dieléctricas
3. Resultados
 - a) Convergencia
 - b) Propiedades de un eritrocito sano
 - c) Contraste 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] 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).
- [5] 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).
- [6] V. Lucarini, K.-E. Peiponen, J. Saarinen y E. Vartiainen. *Kramers-Kronig Relations in Optical Materials Research*, volumen 110. Springer-Verlag, 2005. DOI: [10.1007/b138913](https://doi.org/10.1007/b138913).