

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY



Modelación computacional de sistemas eléctricos (Gpo 202)

Reporte final del reto

Alumno:

Alvaro Eduardo Lozano Medina	A00837585 25%
Ricardo Antonio Hernandez	A00837337 25%
Rene Miguel Macias Olivar	A00836714 25%
Saul Roberto Orozco Villanazul	A00831554 25%

Docente:

Mateo Arango Ramírez

Planteamiento del problema

En la situación problema se nos informa sobre el método de detección de la malaria que utiliza las interacciones de los glóbulos rojos con los campos electromagnéticos. Se utiliza un campo eléctrico no uniforme por el cual se hacen viajar a los glóbulos rojos, entre los que vendrán los infectados. Al estar infectadas las células sanguíneas cambian sus propiedades electromagnéticas, por esto son detectables bajo el campo electromagnético no uniforme. Se observa el flujo y las células que se separan por la diferencia de fuerzas, se consideran enfermas por lo que se confirma el diagnóstico y en base a la gravedad se da un tratamiento. La ventaja de este método es que permite la detección temprana con una certeza bastante significativa.

Justificación

Es importante combatir la malaria pues es una de las enfermedades más mortales para el ser humano y es precisamente la que le da el puesto al animal más peligroso en el planeta al mosquito, al causar un estimado de 627,000 muertes solo en el año 2020.

La malaria es una enfermedad originaria de África transmitida por un parásito que transmite el mosquito a través de la sangre. Existen vacunas sin embargo no ha sido posible hacerlas llegar a todo el mundo, en especial a los sectores más vulnerables como lo son las áreas tropicales, costeras y de vegetación espesa.

Objetivo general del trabajo

El objetivo general del proyecto es modelar computacionalmente dos placas cargadas con cargas opuestas y graficar sus campos eléctricos representándolos con vectores en un plano. Esto para obtener una simulación de un sistema similar al utilizado en la dielectroforesis y darnos una idea de cómo funciona, y de qué modo ayuda a detectar la malaria. Para todo aquel interesado en el área biomédica este proyecto le puede resultar especialmente interesante.

Antecedentes

Antes de la aplicación de la dielectroforesis, existían otros métodos de detección, sin embargo carecían de la misma precisión o era necesario desarrollar la enfermedad a una etapa más madura para poder diagnosticarla. Podías solo esperar a que aparecieran los síntomas hasta tener suficientes indicios que apunten a malaria o hacer pruebas sanguíneas para detectar el parásito que la transmite en la sangre. Actualmente se experimenta con otros métodos menos convencionales, siendo el más destacado el uso de perros entrenados para detectar con el olfato la enfermedad, consiguiendo en etapas iniciales un 73% de fiabilidad en 175 muestras.

Dielectroforesis

Es el movimiento de partículas que causa un campo eléctrico no uniforme. La fuerza que genera el movimiento no requiere que la partícula tenga una carga. Cualquier partícula puede tener movimiento en presencia de un campo eléctrico. Sin embargo la fuerza que recibe cada partícula varía, depende de sus propiedades eléctricas, forma y tamaño al igual que la frecuencia del campo eléctrico. En el contexto de la detección de malaria se puede identificar las células sanas e infectadas ya que se observa un comportamiento diferente de las células en los campos eléctricos.

Conceptos teóricos

El campo eléctrico es una región del espacio donde existen cargas electrostáticas, descrito como campo vectorial. Se mide usando Newtons sobre Coulombs (N/C), y se calcula utilizando la fórmula de

$$F = qE$$

(F = fuerza, q = carga, E = intensidad de campo eléctrico)

La fuerza y la intensidad de campo eléctrico se tratan de unidades vectoriales, por lo que tendrán dirección y magnitud.

A partir de esta fórmula podemos avanzar a la siguiente, que incorpora la ley de Coulomb

$$E = K (q_1 * q_2 / r^2) \hat{r}_{12}$$

(K = constante de Coulomb, r = distancia, \hat{r} = vector unitario de dirección entre carga 1 y 2)

Es importante fijarse en los signos entre las cargas pues esto definirá si habrá atracción o repulsión. En el caso de cargas iguales (positivo y positivo, negativo y negativo) las cargas se repelen y por lo tanto, el resultado será positivo; en el caso contrario teniendo cargas diferentes (positivo y negativo) el resultado será una atracción por lo que la fuerza será negativo

Simulación en Matlab:

Código:

```
k = 8.98e9; % Constante de la ley de Coulomb
nc = app.NumerodecargasEditField.Value;
mp = app.MagnituddecargaspositivasEditField.Value;
mn = app.MagnituddecargasnegativasEditField.Value;
dcp = app.DistanciaentrecargaspositivasEditField.Value;
dcn = app.DistanciaentrecargasnegativasEditField.Value;
pxp = app.PosicionenxdecargaspositivasEditField_2.Value;
pxn = app.PosicionenxdecargasnegativasEditField_2.Value;
```

```
C = zeros(nc*2, 3); % Matrices de cargas positivas y negativas
```

```
% Magnitud y posiciones de cargas
```

```
for i = 1:nc
```

```
    C(i, 1) = mp;
```

```
    C(i, 2) = pxp;
```

```
    C(i, 3) = (-nc .* (dcp ./ 2)) + (dcp .* (i - 1)) + (dcp/2);
```

```
    C(i+nc, 1) = mn;
```

```
    C(i+nc, 2) = pxn;
```

```
    C(i+nc, 3) = (-nc .* (dcn ./ 2)) + (dcn .* (i - 1)) + (dcn/2);
```

```
end
```

```
% Puntos del grid
```

```
x = linspace(-30, 30);
```

```
y = linspace(-30, 30);
```

```
[X, Y] = meshgrid(x, y);
```

```
% Campo eléctrico en cada punto
```

```
Ex = zeros(size(X));
```

```
Ey = zeros(size(Y));
```

```
%Calcula campo
```

```
for i = 1:nc
```

```
    % Calcular distancia y vector entre todas las cargas positivas y todos los puntos
```

```
    rp = sqrt((X - C(i, 2)).^2 + (Y - C(i, 3)).^2);
```

```
    vxp = (X - C(i, 2)) ./ rp;
```

```
    vyp = (Y - C(i, 3)) ./ rp;
```

```
    % Calcular distancia y vector entre todas las cargas negativas y todos los puntos
```

```
    rn = sqrt((X - C(i+nc, 2)).^2 + (Y - C(i+nc, 3)).^2);
```

```
    vxn = (X - C(i+nc, 2)) ./ rn;
```

```
    vyn = (Y - C(i+nc, 3)) ./ rn;
```

```
    % Calcular campo por cargas positivas en todos los puntos
```

```
    Ex = Ex + k .* C(i, 1) .* vxp ./ (rp.^2);
```

```
    Ey = Ey + k .* C(i, 1) .* vyp ./ (rp.^2);
```

```
    % Calcular campo por cargas negativas en todos los puntos
```

```
    Ex = Ex + k .* C(i+nc, 1) .* vxn ./ (rn.^2);
```

```
    Ey = Ey + k .* C(i+nc, 1) .* vyn ./ (rn.^2);
```

```
end
```

```
ax = app.UIAxes;
```

```
cla(ax, "reset")
```

```
ax.XLim = [-30, 30];
```

```
ax.YLim = [-30, 30];
```

```
hold(ax,"on")
streamslice(ax,X,Y,Ex,Ey);
```

% Graficar los círculos para cada carga

```
t = 0:0.1:2*pi;
for i = 1:nc
    r2 = abs(mp./4);
    x2c = C(i,2) + r2*cos(t);
    y2c = C(i,3) + r2*sin(t);
    r1 = abs(mn./4);
    x1c = C(i+nc,2) + r1*cos(t);
    y1c = C(i+nc,3) + r1*sin(t);
    c = fill(ax,x2c,y2c,'r',x1c,y1c,'b','EdgeColor','none');
    c.Visible;
end
```

Métodos:

Se creó una interfaz para facilitar graficar distintos números de cargas y distancias entre las cargas, en la UI se puede ingresar el número de cargas, la distancia entre las cargas, la posición en x de las cargas y la magnitud de las cargas; estos parámetros son diferentes para cargas positivas y negativas.

Después con un ciclo for se genera una matriz de 3 columnas que almacena para cada una de las cargas la magnitud, posición en X y Y en cada columna, el número de filas de la matriz depende de cuantas cargas se crean.

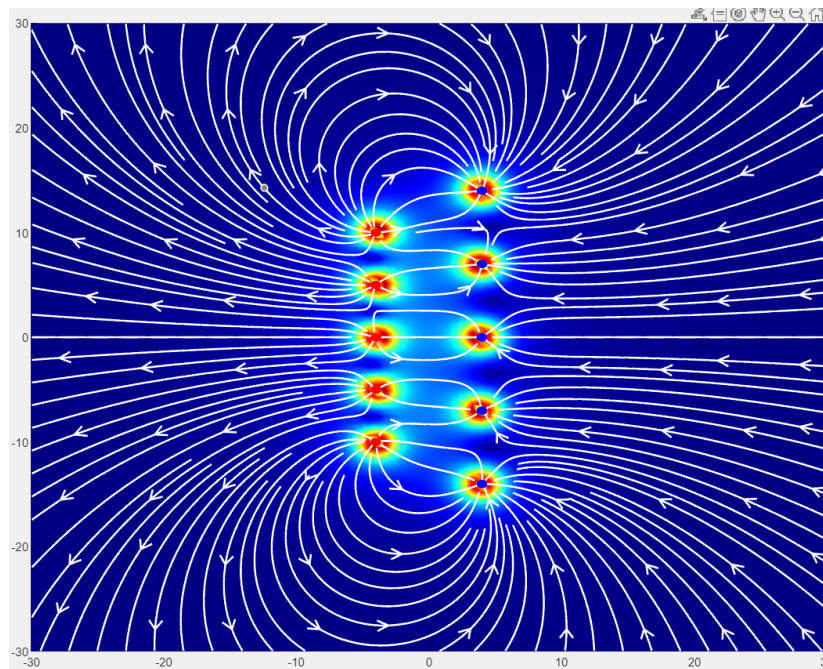
Se crea un grid para calcular el campo generado por las cargas en cada punto del plano que está delimitado en x y y entre (-30, 30).

El cálculo del campo se hace en un ciclo for en el que primero se calcula la distancia y vector entre cada punto y cada carga, ya que el vector es necesario para el cálculo, el cálculo del campo realizado se guarda en las variables Ex y Ey las cuales contienen la fuerza generada en x y y por todas las cargas.

Se utiliza la función streamslice para graficar el campo, recibe como argumentos los puntos de x y y en los cuales se grafica y los vectores en Ex y Ey.

Por ultimo se grafican círculos de color rojo o azul dependiendo de la polaridad de cada carga.

Figura 1.1

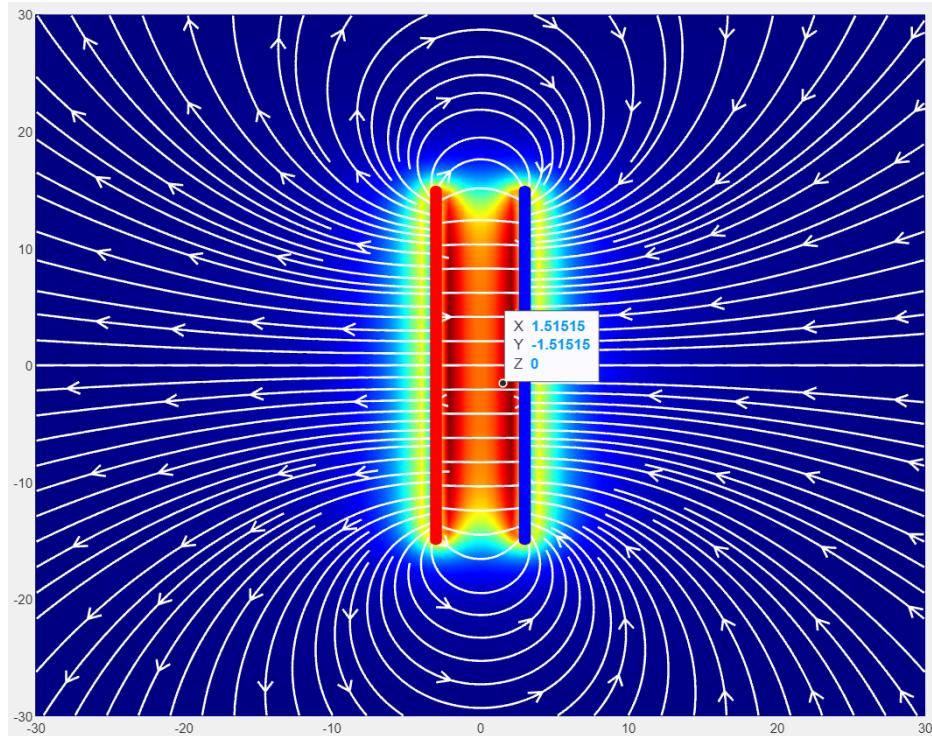


5 cargas positivas y 5 cargas negativas agrupadas frente a frente verticalmente
Las cargas positivas son rojas y las negativas azules

Con el trabajo realizado podemos modelar y observar cómo funcionan las cargas y cómo interactúan sus vectores de campo. Por medio del programa obtenemos una simulación de las interacciones electromagnéticas, ayudándonos a plantear situaciones y analizarlas visualmente. En la simulación se señalan las direcciones de los flujos con la punta de las flechas y con el color, la intensidad o magnitud.

Como se observa, al ser el lado positivo mas compacto se crea un pequeño campo no homogéneo que puede servir para hacer el método de dielectroforesis, sin embargo la distancia entre las cargas y el poco número altera las interacciones de los campos y podría no ser lo más efectivo al tratar de separar los glóbulos sanos de los enfermos.

Figura 1.2

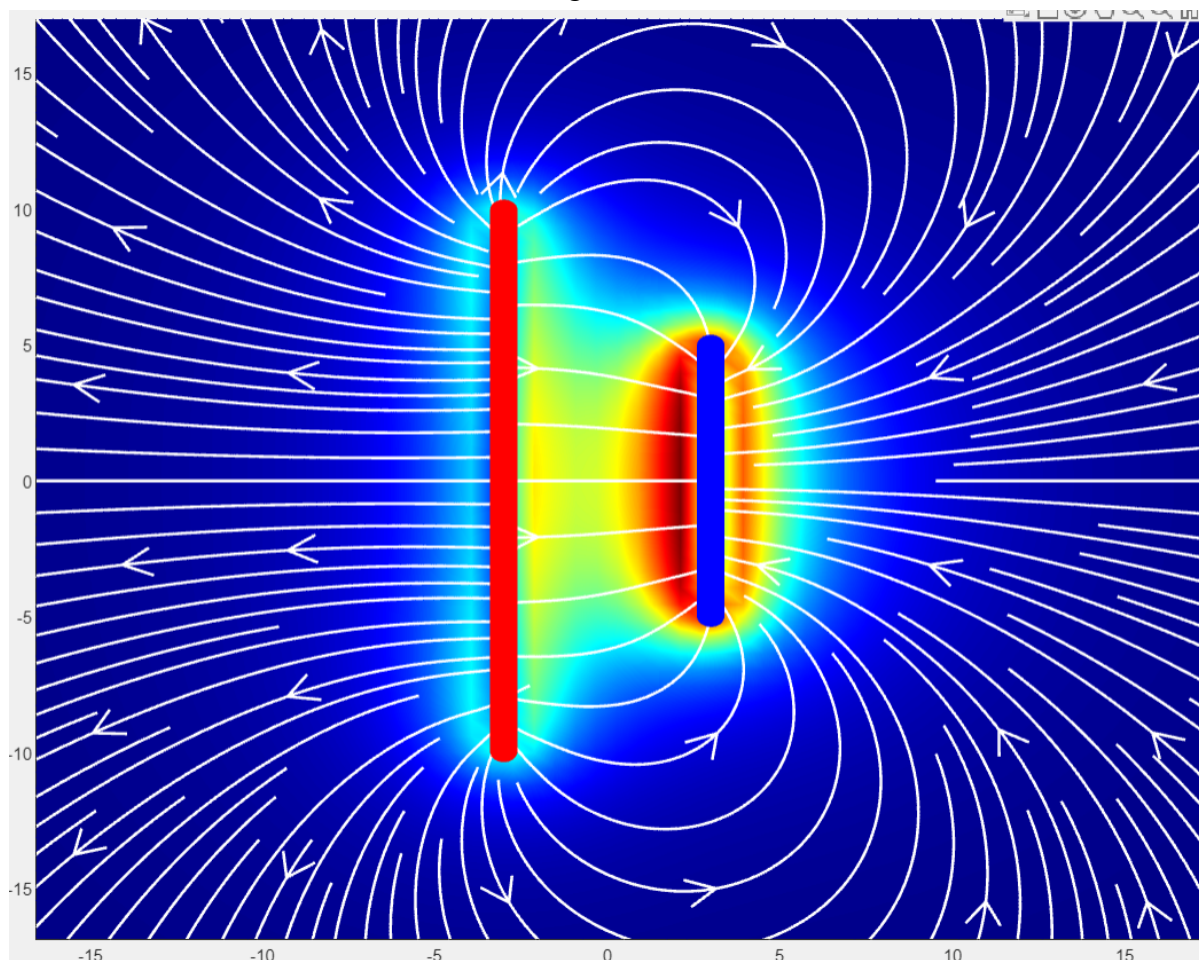


Simulación de barras usando cargas puntuales. Al estar agrupadas tan cerca, funcionan como una barra. Las cargas positivas son rojas y las negativas azules

Para graficar dos placas planas se ingresa un número alto de cargas con distancias entre ellas muy pequeñas, de esta forma se pueden simular dos placas, en esta imagen se pueden ver dos placas del mismo tamaño y carga pero de diferente polaridad, esto genera un campo eléctrico uniforme en la mayor parte. En el centro entre las dos placas se observa una magnitud de campo sumamente intensa, esto se debe a que es en esta area donde ocurre la mayor interacción electromagnetica pues se encuentran los campos positivo y negativo, creando así un flujo de electrones

El campo eléctrico uniforme no nos sirve en el problema de detección de la malaria ya que no genera una fuerza en las células que se ingresaron para separar las sanas de las enfermas, solo atravesaron el campo sin experimentar ninguna interacción que nos ayude a diferenciarlas.

Figura 1.3



Barras de cargas de tamaños diferentes. Las cargas positivas son rojas y las negativas azules. Como en la figura 1.2, agrupamos múltiples cargas del mismo signo en muy poco espacio para hacer una simulación de una barra.

Para generar en la simulación un campo eléctrico funcional en la detección de la malaria se simulan dos placas de diferente tamaño, en este caso se utilizaron 2000 cargas puntuales para crear cada placa con cargas 3 y -3 respectivamente, para que tuvieran un tamaño diferente se definieron diferentes distancias entre cada carga de cada placa.

La diferencia de tamaño entre las dos placas genera un campo eléctrico no uniforme observable en los extremos superior e inferior, el cual es útil en la detección de malaria pues en este la sumatoria de las fuerzas no es 0 por lo que los glóbulos tendrán una interacción que será diferente dependiendo de sus propiedades.

La forma en que se usaría es que se ingresan por un lado los glóbulos para que atraviesen el campo y salgan del lado opuesto ya separadas según sus propiedades electromagnéticas, teniendo las enfermas segregadas y agrupadas para poder hacerles sus estudios correspondientes. Esta separación se da con el campo no uniforme de los extremos ya que es este el que altera las trayectorias de los glóbulos al exponerlos a un campo donde se les produce una aceleración, la cual será distinta dependiendo de las cargas y propiedades de las células tanto sanas como enfermas

Conclusiones

Al pasar por un campo no homogéneo los glóbulos rojos interactúan de forma diferente debido a que la suma de las fuerzas resultantes no es 0, lo cual significa que aceleran y cambian su trayectoria y posición. La región a utilizar para el diagnóstico de la malaria deberá ser el inicio o el fin de las placas debido a que ahí se encuentra el campo no homogéneo que puede inducir estos cambios.

La capacidad de los campos electromagnéticos para manipular células específicas se debe a las propiedades eléctricas de las células, las cuales dependen de su composición y estructura. Debido a que las células infectadas tienen diferentes propiedades eléctricas en comparación con las células sanas, es posible separarlas mediante la aplicación de un campo eléctrico no uniforme.

La simulación de la figura 1.3 muestra las agrupaciones de cargas más adecuadas para el uso de la dielectroforesis ya que se genera un campo no homogéneo en uno de los extremos, que es precisamente lo que necesitamos.

La intensidad de los campos electromagnéticos es más intensa en las proximidades circundantes de las barras, además del área entre las barras donde existe un campo homogéneo.

La dielectroforesis es un método prometedor que incorpora el uso de campos electromagnéticos en la detección y prevención de la malaria, una enfermedad que amenaza la vida en las áreas más vulnerables del mundo. Se esperan grandes resultados y avances en el desarrollo de esta tecnología para hacerla mas eficaz y poder combatir la enfermedad mas mortal del mundo, cambiando asi la vida de muchas personas del mundo.

Referencias

Programme, G. M. (2021). World malaria report 2021. *www.who.int*.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240040496>

Universidad politécnica de Madrid. (2020) About: Dielectroforesis

<https://es.dbpedia.org/page/Dielectroforesis>