

## 62.03 Física II A

### Trabajo Práctico de Laboratorio Nº2 - Líneas de Campo Eléctrico

Albani, Francisco	84891
Lagos Aguirre, Alejandro	84395
Nieto Cid, Diego Martín	85880
Ríos, Martín Julián	84831

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos . . . . .	1
1.2. Resumen teórico . . . . .	1
<b>2. Método Experimental</b>	<b>2</b>
<b>3. Método Analítico</b>	<b>5</b>
3.1. Preguntas . . . . .	5
3.2. Dipolo . . . . .	6
3.3. Problema 2 . . . . .	7
<b>4. Método numérico</b>	<b>8</b>
<b>5. Conclusión</b>	<b>9</b>

# 1. Introducción

## 1.1. Objetivos

La experiencia en el laboratorio tiene por objetivo analizar el campo eléctrico generado por una distribución de carga en un entorno cuasi-plano. Para esto se sitúan dos electrodos en un recipiente con agua, conectados a una fuente proveedora de una diferencia de potencial constante. Se dispone de un voltímetro para realizar las mediciones.

Otro de los objetivos es interiorizarnos en el uso de superficies equipotenciales y líneas de campo como medio de representación de los efectos electrostáticos que produce en el espacio una determinada configuración de cargas eléctricas. Para esto se analizarán los datos obtenidos en el laboratorio, se confeccionarán gráficos a partir de los mismos y luego se compararán con resultados teóricos y simulados numéricamente.

## 1.2. Resumen teórico

Dada una configuración espacial de cargas eléctricas, para apreciar los efectos que la misma produce, a veces no es suficiente con contemplar fórmulas matemáticas y se recurre a la construcción de gráficos cualitativos. Es aquí donde las líneas de campo y las superficies equipotenciales entran en juego.

Las líneas de campo se definen como curvas que en todo punto del espacio son tangentes al campo eléctrico  $\vec{E}$ . Es importante destacar que una línea de campo **no** indica la trayectoria que seguiría una carga librada a los efectos del mismo. Lo más que se puede decir sobre la relación que hay con la trayectoria es que una carga libre con velocidad nula, inicialmente se desplazará en la dirección tangente a la línea de campo que por ese punto pase. A partir de la definición de línea de campo es inmediato que por un punto no puede pasar más de una pues esto supondría una contradicción. La cantidad de líneas de campo es infinita, pero en la práctica solo se dibuja una cantidad representativa. También se acostumbra a representar la intensidad del campo con el espaciado entre líneas. De esta forma, una zona con alta densidad de líneas será una zona de mayor intensidad.

Las superficies equipotenciales se definen como zonas bidimensionales del espacio a lo largo de las cuales el potencial eléctrico se mantiene constante. Debido a la naturaleza plana de nuestra experiencia, hablaremos de *líneas* equipotenciales que no serán más que la intersección de las superficies con nuestro plano.

## 2. Método Experimental

A continuación se detallan los pasos realizados en el laboratorio:

- Llenamos con aproximadamente  $1\text{cm}$  de altura de agua un recipiente plástico rectangular denominado *cuba*.
- Situamos en dos esquinas enfrentadas dos electrodos en contacto con el agua.
- Conectamos los electrodos a la fuente para obtener una diferencia de potencial de  $12\text{V}$  entre ellos.
- Conectamos el terminal negro del Voltímetro al borne negro de la fuente.
- Utilizando el terminal rojo del Voltímetro, realizamos mediciones del potencial a lo largo de toda la cuba con separaciones de  $1\text{cm}$ .

A continuación se muestran las mediciones obtenidas:

$y \backslash x$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	9,19	9,31	9,45	9,65	9,85	10,11	10,42	10,79	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
1	9,03	9,16	9,28	9,45	9,64	9,87	10,15	10,45	10,67	10,88	10,95	11,01	11,06	11,11	11,14	11,18	11,21	11,17	10,86
2	8,51	8,63	8,75	8,92	9,08	9,28	9,51	9,71	9,96	10,08	10,17	10,28	10,33	10,37	10,41	10,42	10,24	10,1	10,17
3	8,26	8,33	8,46	8,53	8,72	8,86	9	9,36	9,51	9,61	9,72	9,77	9,87	9,87	9,87	9,95	10	9,9	9,93
4	8,11	8,21	8,37	8,47	8,6	8,74	8,82	9,04	9,12	9,17	9,32	9,4	9,52	9,54	9,56	9,54	9,53	9,55	9,53
5	7,9	8,03	8,12	8,17	8,31	8,38	8,53	8,65	8,75	8,84	8,97	9	9,06	9,16	9,18	9,3	9,33	9,31	9,28
6	7,7	7,77	7,87	7,95	8,04	8,14	8,23	8,33	8,45	8,57	8,67	8,76	8,8	8,86	8,89	8,93	8,84	8,83	8,79
7	7,41	7,46	7,51	7,57	7,7	7,75	7,94	8,05	8,18	8,26	8,32	8,29	8,38	8,4	8,42	8,46	8,49	8,52	8,48
8	7,14	7,2	7,25	7,35	7,41	7,49	7,59	7,64	7,76	7,84	7,89	7,97	8,06	8,08	8,17	8,18	8,18	8,22	8,2
9	6,89	6,94	6,99	7,03	7,06	7,17	7,25	7,34	7,42	7,5	7,6	7,6	7,7	7,75	7,8	7,84	7,85	7,85	7,87
10	6,05	6,53	6,52	6,55	6,59	6,66	6,82	6,87	6,94	7,01	7,08	7,21	7,27	7,27	7,32	7,37	7,41	7,44	7,45
11	6,21	6,26	6,3	6,33	6,41	6,44	6,5	6,59	6,66	6,77	6,85	6,9	6,97	7,03	7,09	7,13	7,17	7,19	7,18
12	5,82	5,88	5,9	5,95	5,97	6,05	6,08	6,11	6,23	6,28	6,36	6,42	6,49	6,57	6,61	6,68	6,7	6,75	6,74
13	5,51	5,51	5,52	5,58	5,69	5,7	5,73	5,79	5,86	5,96	6,02	6,11	6,23	6,25	6,34	6,39	6,45	6,48	6,5
14	5,25	5,22	5,29	5,3	5,34	5,37	5,42	5,49	5,6	5,64	5,72	5,79	5,9	5,97	6,05	6,11	6,2	6,25	6,27
15	4,95	4,95	4,97	4,97	5,01	5,05	5,11	5,17	5,25	5,32	5,41	5,46	5,55	5,67	5,77	5,89	5,94	6	6,08
16	4,65	4,63	4,65	4,66	4,7	4,74	4,77	4,87	4,93	5,01	5,13	5,23	5,35	5,41	5,51	5,6	5,7	5,75	5,8
17	4,31	4,3	4,3	4,31	4,33	4,37	4,4	4,5	4,59	4,67	4,79	4,92	5,05	5,14	5,22	5,26	5,37	5,44	5,49
18	3,98	3,91	3,9	3,89	3,9	3,94	4	4,06	4,16	4,26	4,41	4,51	4,66	4,8	4,9	5	5,3	5,2	5,27
19	3,48	3,43	3,43	3,4	3,43	3,43	3,5	3,56	3,56	3,78	3,82	3,99	4,31	4,45	4,59	4,69	4,76	4,89	4,95
20	2,68	2,68	2,64	2,65	2,65	2,65	2,71	2,79	2,93	3,09	3,25	3,45	3,6	3,73	3,93	4,1	4,22	4,33	4,49
21	2,42	0	2,41	2,8	2,76	2,78	2,82	2,9	2,96	2,97	3,08	3,32	3,62	3,97	4,15	4,32	4,46	4,57	4,68
22	2,08	0	1,99	1,96	0	0	0	0	0	2,44	2,77	3,02	3,3	3,53	3,75	3,95	4,11	4,26	4,39
23	2,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	2,68	3,04	3,3	3,54	3,76	3,89	4,03	4,15
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9	3,17	3,4	3,63	3,81	3,95	4,06

Cuadro 1: Tabla de los valores

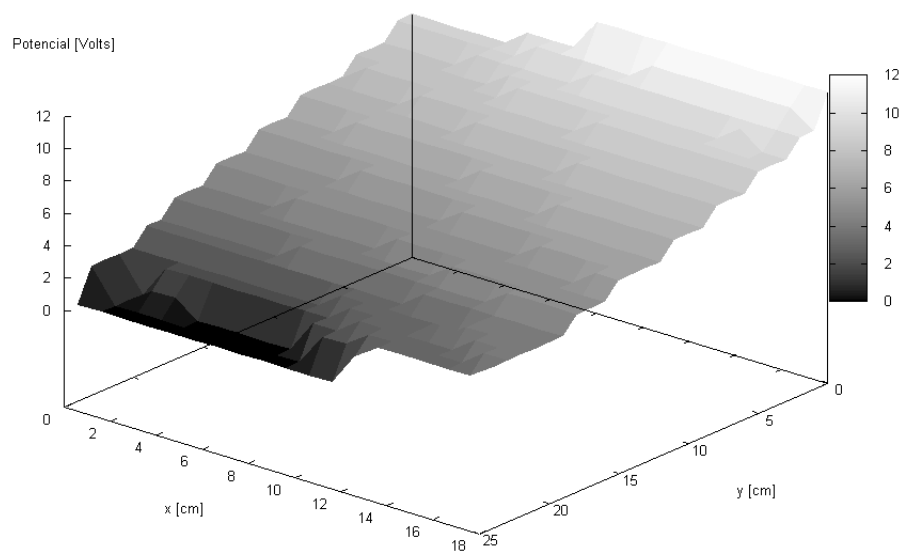


Figura 1: Gráfico generado a partir de las mediciones.

$y \backslash x$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	11	13	17	20	23	28,5	34	79	60,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	13,5	12,5	14,5	18	21	25,5	29	26	21,5	14	6,5	5,5	5	4	3,5	3,5	-0,5	-17,5	-44,5
2	12	12	14,5	16,5	18	21,5	21,5	22,5	18,5	10,5	10	8	4,5	4	2,5	-8,5	-16	-3,5	17,5
3	4	10	10	13	16,5	14	25	25,5	12,5	10,5	8	7,5	5	0	4	6,5	-2,5	-3,5	9,5
4	7	13	13	11,5	13,5	11	15	15	6,5	10	11,5	10	7	2	0	-1,5	0,5	0	-4
5	15	11	7	9,5	10,5	11	13,5	11	9,5	11	8	4,5	8	6	7	7,5	0,5	-2,5	-3,5
6	5,5	8,5	9	8,5	9,5	9,5	9,5	11	12	11	9,5	6,5	5	4,5	3,5	-2,5	-5	-2,5	-5,5
7	5	5	5,5	9,5	9	12	15	12	10,5	7	1,5	3	5,5	2	3	3,5	3	-0,5	-7,5
8	6,5	5,5	7,5	8	7	9	7,5	8,5	10	6,5	6,5	8,5	5,5	5,5	5	0,5	2	1	-5
9	5	5	4,5	3,5	7	9,5	8,5	8,5	8	9	5	5	7,5	5	4,5	2,5	0,5	1	3
10	72,5	23,5	1	3,5	5,5	11,5	10,5	6	7	7	10	9,5	3	2,5	5	4,5	3,5	2	0
11	5,5	4,5	3,5	5,5	5,5	4,5	7,5	8	9	9,5	6,5	6	6,5	6	5	4	3	0,5	-2,5
12	8	4	3,5	3,5	5	5,5	3	7,5	8,5	6,5	7	6,5	7,5	6	5,5	4,5	3,5	2	-4
13	-0,5	0,5	3,5	8,5	6	2	4,5	6,5	8,5	8	7,5	10,5	7	5,5	7	5,5	4,5	2,5	1,5
14	-8	2	4	2,5	3,5	4	6	9	7,5	6	7,5	9	9	7,5	7	7,5	7	3,5	0,5
15	-1	1	1	2	4	5	6	7	7,5	8	7	7	10,5	11	11	8,5	5,5	7	9
16	-4	0	1,5	2,5	4	3,5	6,5	8	7	10	11	11	9	8	9,5	9,5	7,5	5	5
17	-1,5	-0,5	0,5	1,5	3	3,5	6,5	9,5	8,5	10	12,5	13	11	8,5	6	7,5	9	6	4
18	-10	-4	-1	0	2,5	5	6	8	10	12,5	12,5	12,5	14,5	12	10	20	10	-1,5	15,5
19	-7,5	-2,5	-1,5	0	1,5	3,5	6,5	3	11	13	10,5	24,5	23	14	12	8,5	10	9,5	2,5
20	2	-2	-1,5	0,5	0	3	7	11	15	16	18	17,5	14	16,5	18,5	14,5	11,5	13,5	18,5
21	-483,5	-0,5	140	17,5	-1	3	6	7	3,5	6	17,5	27	32,5	26,5	17,5	15,5	12,5	11	11
22	-411,5	-4,5	98	-99,5	-98	0	0	0	122	138,5	29	26,5	25,5	22,5	21	18	15,5	14	12
23	-310,5	-103,5	0	0	0	0	0	0	0	115	134	37	31	25	23	17,5	13,5	13	11
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	158,5	25	23	20,5	16	12,5	9,5

Cuadro 2: Tabla de los valores de  $E_x(\frac{V}{m})$

$y \backslash x$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	-3610	-3660	-3711	-3783,5	-3859,5	-3954,5	-4068,5	-4194	-4432	-4480	-4498,5	-4516	-4528,5	-4540,5	-4548,5	-4557	-4554	-4539	-4480,5
1	-34	-34	-35	-36,5	-38,5	-41,5	-45,5	-54	-102	-96	-91,5	-86	-83,5	-81,5	-79,5	-79	-88	-95	-91,5
2	-38,5	-41,5	-41	-46	-46	-50,5	-57,5	-54,5	-58	-63,5	-61,5	-62	-59,5	-62	-63,5	-61,5	-60,5	-63,5	-46,5
3	-20	-21	-19	-22,5	-24	-27	-34,5	-33,5	-42	-45,5	-42,5	-44	-40,5	-41,5	-42,5	-44	-35,5	-27,5	-32
4	-18	-15	-17	-18	-20,5	-24	-23,5	-35,5	-38	-38,5	-37,5	-38,5	-40,5	-35,5	-34,5	-32,5	-33,5	-29,5	-32,5
5	-20,5	-22	-25	-26	-28	-30	-29,5	-35,5	-33,5	-30	-32,5	-32	-36	-34	-33,5	-30,5	-34,5	-36	-37
6	-24,5	-28,5	-30,5	-30	-30,5	-31,5	-29,5	-30	-28,5	-29	-32,5	-35,5	-34	-38	-38	-42	-42	-39,5	-40
7	-28	-28,5	-31	-30	-31,5	-32,5	-32	-34,5	-34,5	-36,5	-39	-39,5	-37	-39	-36	-37,5	-33	-30,5	-29,5
8	-26	-26	-26	-27	-32	-29	-34,5	-35,5	-38	-38	-36	-34,5	-34	-32,5	-31	-31	-32	-33,5	-30,5
9	-54,5	-33,5	-36,5	-40	-41	-41,5	-38,5	-38,5	-41	-41,5	-40,5	-38	-39,5	-40,5	-42,5	-40,5	-38,5	-39	-37,5
10	-34	-34	-34,5	-35	-32,5	-36,5	-37,5	-37,5	-38	-36,5	-37,5	-35	-36,5	-36	-35,5	-35,5	-34	-33	-34,5
11	-11,5	-32,5	-31	-30	-31	-30,5	-37	-38	-35,5	-36,5	-36	-39,5	-39	-35	-35,5	-34,5	-35,5	-34,5	-35,5
12	-35	-37,5	-39	-37,5	-36	-37	-38,5	-40	-40	-40,5	-41,5	-39,5	-37	-39	-37,5	-37	-36	-35,5	-34
13	-28,5	-33	-30,5	-32,5	-31,5	-34	-33	-31	-31,5	-32	-32	-31,5	-29,5	-30	-28	-28,5	-25	-25	-23,5
14	-28	-28	-27,5	-30,5	-34	-32,5	-31	-31	-30,5	-32	-30,5	-32,5	-34	-29	-28,5	-25	-25,5	-24	-21
15	-30	-29,5	-32	-32	-32	-31,5	-32,5	-31	-33,5	-31,5	-29,5	-28	-27,5	-28	-27	-25,5	-25	-25	-23,5
16	-32	-32,5	-33,5	-33	-34	-34	-35,5	-33,5	-33	-32,5	-31	-27	-25	-26,5	-27,5	-31,5	-28,5	-28	-29,5
17	-33,5	-36	-37,5	-38,5	-40	-40	-38,5	-40,5	-38,5	-37,5	-36	-36	-34,5	-30,5	-30,5	-30	-20	-27,5	-26,5
18	-41,5	-43,5	-43,5	-45,5	-45	-47	-45	-47	-51,5	-44,5	-48,5	-46,5	-37	-34,5	-31,5	-28,5	-30,5	-27,5	-27
19	-65	-61,5	-63	-62	-62,5	-64,5	-64,5	-63,5	-61,5	-58,5	-58	-53	-53	-53,5	-48,5	-45	-54	-43,5	-39
20	-53	-171,5	-51	-30	-33,5	-32,5	-34	-33	-30	-40,5	-37	-33,5	-34,5	-24	-22	-18,5	-15	-16	-13,5
21	-30	-134	-32,5	-34,5	-132,5	-132,5	-135,5	-139,5	-146,5	-32,5	-24	-21,5	-15	-10	-9	-7,5	-5,5	-3,5	-5
22	-17,5	0	-120,5	-140	-138	-139	-141	-145	-148	-148,5	-39	-32	-29	-33,5	-30,5	-28	-28,5	-27	-26,5
23	-104	0	-99,5	-98	0	0	0	0	0	-122	-138,5	-151	-20	-18	-17,5	-16	-15	-15,5	-16,5
24	-310	0	99,5	98	0	0	0	0	0	122	-321,5	-385	-8	-8	-10,5	-10	-1	-0,5	-1,5

Cuadro 3: Tabla de los valores de  $E_y(\frac{V}{m})$

### 3. Método Analítico

#### 3.1. Preguntas

1. **¿Las líneas de campo se pueden cortar entre sí? ¿Por qué?**

No, no pueden. Las líneas de campo son tangentes en cada punto al campo  $\vec{E}$ . Si dos líneas se cortasen en un punto, habría en este dos direcciones posibles para el campo  $\vec{E}$ .

2. **¿Por qué se usa agua en esta experiencia?**

Debido a que el voltímetro necesita hacer circular una corriente para medir la diferencia de potencial, es necesario que el medio sea conductor.

3. **¿Se podría medir la diferencia de potencial en el aire?**

No, no se podría medir utilizando un voltímetro como los del laboratorio, pero no descartamos otros métodos.

4. **¿Sería mejor o peor usar agua destilada?**

Sería peor, pues al no tener iones, no hubiese permitido realizar las mediciones.

5. **¿Qué es lo que produce el campo eléctrico que se quiere determinar en este caso?**

El campo eléctrico es producido por la distribución de cargas que la fuente hacen en los electrodos.

### 3.2. Dipolo

Se tiene un dipolo formado por dos cargas puntuales con  $|q| = 0,1nC$  y separados  $30cm$ . Hacer un esquema de las líneas equipotenciales en la región comprendida entre las cargas, indicando los valores de potencial en cada una de ellas. También dibujar líneas de campo eléctrico indicando el criterio usado para dibujarlas. Indicar orden de magnitud del campo eléctrico.

El potencial electrostático creado por ambas cargas en cualquier punto del espacio respecto del infinito está dado por:

$$V(\vec{r}) = kq \left[ \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_2|} - \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_1|} \right]$$

Donde

- $k$  es la constante de Coulomb
- $q$  es la carga
- $\vec{r}_1$  es la posición de la carga negativa
- $\vec{r}_2$  es la posición de la carga positiva

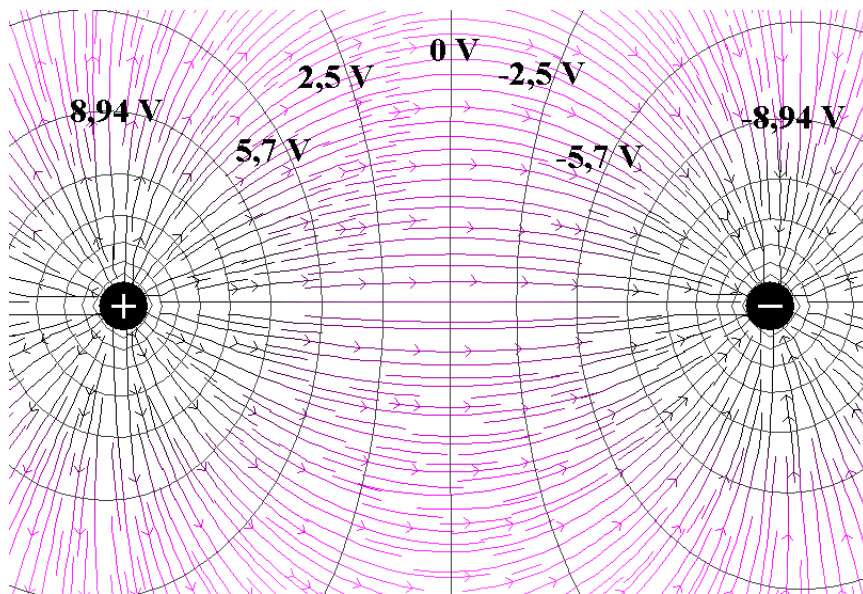


Figura 2: Esquema de líneas equipotenciales y líneas de campo eléctrico.



### 3.3. Problema 2

En la cuba, ¿cómo debe ser el vector campo eléctrico respecto de las líneas equipotenciales? ¿Cuánto vale el trabajo necesario para llevar un ión (cuasi estáticamente y debido sólo a fenómenos eléctricos) de  $Cl^-$  o de  $Na^+$  de un electrodo a otro? (carga de un electrón  $1,602177 \times 10^{-19}C$ , separación entre los electrodos  $30cm$ ). Considerar que la diferencia de potencial entre los electrodos es de  $12V$ .

El vector campo eléctrico debe ser perpendicular a las líneas equipotenciales. El trabajo necesario para llevar una carga  $q$  de un punto a otro con una diferencia de potencial  $\Delta V$ , viene dado por:

$$W = q\Delta V$$

Entonces,

$$W = 1,602177 \times 10^{-19}C \times 12V = 1,9226124 \times 10^{-18}J$$

## 4. Método numérico

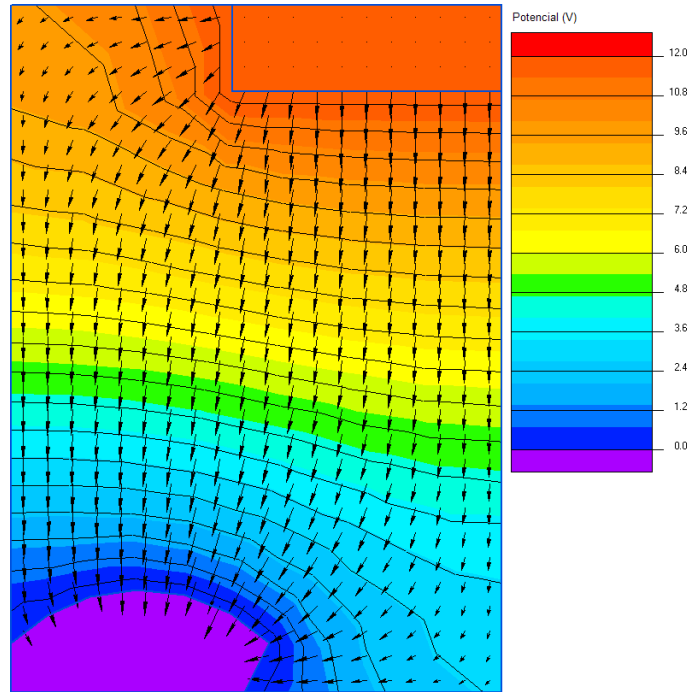


Figura 3: Potencial y campo electrostático calculado en Quickfield.

Punto		Experimental		Numérico	
$x$	$y$	$x$	$y$	$x$	$y$
3	5	9,5	-26	-13,6	-28,3
8	17	8,5	-38,5	-9,6	-52,3
13	3	0	-41,5	$-3,7 \times 10^{-8}$	$6,4 \times 10^{-8}$
15	9	2,5	-40,5	-4,1	-51,9

Cuadro 4: Comparación de valores numéricos y experimentales del campo eléctrico.

## 5. Conclusión

Tanto por medio del procesamiento de los datos experimentales como por medio de Q-Field podemos comprobar la distribución de las líneas de campo, el cruce ortogonal con las líneas equipotenciales, la intensidad del campo en la cercanía de los electrodos, y el carácter ortogonal de los vectores campo cerca de la superficie de los electrodos. El Q-Field, valiéndose del modelo cargado conforme a la experiencia, calcula el campo eléctrico y el potencial en todos los puntos de la cuba, utilizando para ello las formulas correspondientes. Observando el esquema realizado en la hoja milimetrada y los gráficos obtenidos mediante el uso de Q-Field, podemos apreciar las similitudes en la distribución del campo. Si bien no coincide perfectamente, la razón se debe a que la cantidad de valores medidos en el laboratorio fueron mucho menores a los puntos donde el programa hizo sus cálculos, y a que en la medición manual y en el procesamiento posterior hay más posibilidad de acumular errores. El Q-Field proporciona un gráfico coherente con el modelo planteado, con un margen de error mucho menor al presentado. Para concluir nos gustaría expresar la conformidad con los métodos aprendidos con el fin de evidenciar los conceptos teóricos adquiridos.