



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL /-/  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

**DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

<b>AÑO:</b> 2018 - 2019	<b>PERIODO:</b> PRIMER TÉRMINO
<b>MATERIA:</b> ECUACIONES DIFERENCIALES	<b>PROFESORES:</b> Jennifer Avilés, José Castro, C. Mario Celleri, Antonio Chong, David De Santis, Liliana Pérez, Eduardo Rivadeneira, Hernando Sánchez, Emilk Sempértegui.
<b>EVALUACIÓN:</b> PRIMERA	<b>FECHA:</b> 25 JUNIO 2018

**CRITERIOS DE CALIFICACION**

**Tema 1 (10 Puntos)**

**Complete las siguientes frases, para lo cual NO es necesario justificar sus respuestas.**

**“A continuación se muestran respuestas y posibles ejemplos”**

- Si una sucesión  $\{a_n\}_{n=1}^{\infty}$  satisface la condición  $\exists N, M \in \mathbb{R} [N \leq a_n \leq M]$  para todo  $n \in \mathbb{N}$  y satisface la condición  $\{ [a_n < a_{n+1}] \vee [a_n > a_{n+1}] \}$  desde algún  $n = k$ , tal que  $k \in \mathbb{N}$ , entonces la sucesión es convergente.
- La serie  $\sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j^{p+1}}$  diverge si  $p$  pertenece al intervalo  $(-1, 0]$ . También es válido:  $(-\infty, 0]$ .
- Si  $\sum_{m=3}^{\infty} |(-1)^m c_m|$  donde  $c_m > 0$  es divergente y  $\sum_{m=3}^{\infty} (-1)^m c_m$  es convergente, se dice que  $\sum_{m=3}^{\infty} (-1)^{m+3} c_m$  es condicionalmente convergente.
- El criterio de la raíz absoluta aplicada a una serie de la forma  $a_1 + a_2 + a_3 + \dots$  tal que  $a_i > 0$  donde  $i \in \mathbb{N}$  no es concluyente si  $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|} = 1$ . También válido:  $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a_n} = 1$ .
- Usando el símbolo de sumatoria, un ejemplo de una serie geométrica divergente con término inicial igual a 25 es  $\sum_{n=0}^{\infty} 25(2)^n$ .
- Sea  $\sum_{k=1}^{\infty} c_k$  una serie de términos positivos y negativos, si  $\lim_{m \rightarrow \infty} \left| \frac{c_{m+1}}{c_m} \right| = \frac{3}{2}$ , entonces se puede afirmar que la serie es divergente.
- La ecuación diferencial ordinaria de Bernoulli  $3y^2y' - ay^3 - (x+1)y = 0$  donde  $a > 1$  se convierte en una ecuación lineal al realizar el cambio de variable  $v = y^2$ .
- Una función  $Q(x, y)$  para que la ecuación  $(x+2y)dx + Q(x, y)dy = 0$  sea exacta es:  $Q(x, y) = 2x + 1$ .
- Un ejemplo de una ecuación diferencial homogénea de primer orden, es decir, una ecuación de la forma  $y' = f(y/x)$ , que además no sea lineal es  $y' = (y/x)^2$ .
- Las isóclinas para la ecuación  $xy' = y + 1$  están dadas por la expresión  $\frac{y+1}{x} = c, c \in \mathbb{R}$ .

CRITERIO DE CALIFICACION		PUNTAJE
EL ESTUDIANTE:		
Completa correctamente cada literal sin necesidad de proporcionar justificación alguna.		1.0 P cada literal
<b>TOTAL</b>		<b>10.0 P</b>

## Tema 2 (8 Puntos)

Califique cada una de las siguientes proposiciones como VERDADERA o FALSA, justificando correctamente sus respuestas.

### Literal a (4 Puntos)

El criterio de convergencia de la integral es aplicable a la serie  $\sum_{k=5}^{\infty} \frac{k^2}{e^k}$ , y a partir de dicho criterio se concluye que la serie es divergente.

Desarrollo:

Sea  $f(x) = \frac{x^2}{e^x}$ , en el intervalo  $[5, \infty)$ :

I.  $f(x) > 0 \equiv 1$ , dado que:  $x^2 > 0 \wedge e^x > 0$ .

II.  $f(x)$  es continua  $\equiv 1$ , dado que: la función del numerador y la del denominador son continuas y el *dom.*  $f(x) = \mathbb{R}$ .

III.  $f(x)$  es decreciente  $\equiv 1$ , dado que:

$$f'(x) = (2xe^x - x^2e^x)/e^{2x} = (2x - x^2)/e^x$$

$$f'(x) < 0 \text{ si } 2x - x^2 < 0$$

$$x(2 - x) < 0$$

$$f'(x): \begin{array}{c} | \quad | \quad | \\ \hline 0 \quad 2 \end{array}$$

Por lo tanto el criterio de la integral es aplicable:

$$\begin{aligned} \int_5^{\infty} f(x) dx &= \lim_{b \rightarrow \infty} \int_5^b \frac{x^2}{e^x} dx = \lim_{b \rightarrow \infty} [-x^2e^{-x} - 2xe^{-x} - 2e^{-x}]_5^b \\ &= \lim_{b \rightarrow \infty} [(-b^2e^{-b} - 2be^{-b} - 2e^{-b}) - (-25e^{-5} - 10e^{-5} - 2e^{-5})] \\ &= -\lim_{b \rightarrow \infty} \frac{b^2}{e^b} - 2 \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{b}{e^b} - 2 \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{1}{e^b} + 37e^{-5} \\ &\quad \text{tiende a cero} \\ &\text{Aplicando el teorema de L'hospital:} \\ &= -\lim_{b \rightarrow \infty} \frac{2b}{e^b} - 2 \lim_{b \rightarrow \infty} \frac{1}{e^b} + 37e^{-5} \\ &\quad \text{tiende a cero} \\ &\text{Aplicando el teorema de L'hospital:} \\ &= -\lim_{b \rightarrow \infty} \frac{2}{e^b} + 37e^{-5} = 37e^{-5}. \\ &\quad \text{tiende a cero} \end{aligned}$$

Entonces la integral es convergente y por lo tanto la serie también lo es. La proposición es FALSA.

$$\begin{aligned} \int x^2 e^{-x} dx &=? \quad u = x^2 \quad ; \quad dv = e^{-x} dx \\ &\quad du = 2x dx \quad ; \quad v = -e^{-x} \\ \int x^2 e^{-x} dx &= -x^2 e^{-x} + 2 \int e^{-x} x dx \\ &\quad u = x \quad ; \quad dv = e^{-x} dx \\ &\quad du = dx \quad ; \quad v = -e^{-x} \\ \int x^2 e^{-x} dx &= -x^2 e^{-x} + 2(-e^{-x} x + \int e^{-x} dx) \\ \int x^2 e^{-x} dx &= -x^2 e^{-x} - 2e^{-x} x - 2e^{-x} + c, c \in \mathbb{R} \end{aligned}$$

CRITERIO DE CALIFICACION	PUNTAJE
EL ESTUDIANTE:	
Muestra que el criterio de la integral es aplicable a la serie dada.	1.0 P
Aplica el criterio de la integral, concluyendo que la serie es convergente.	2.0 P
Concluye que la proposición es FALSA.	1.0 P
<b>TOTAL</b>	<b>4.0 P</b>

**Literal b (4 Puntos)**

Al reducir el orden la ecuación diferencial ordinaria  $2y'' - \csc^2(\beta x) = 0$ , donde  $\beta < 0$  se obtiene una ecuación diferencial de primer orden separable, y la respectiva familia 2-paramétrica de soluciones de la ecuación de segundo orden contiene los puntos de la forma  $\left(\frac{\pi}{2\beta}, \frac{\pi}{2\beta}c_1 + c_2\right)$  donde  $c_1$  y  $c_2$  son las constantes de integración.

Desarrollo:

$2y'' - \csc^2(\beta x) = 0$ Cambios de variables: $v = y' ; v' = y''$ Sustituyendo: $2v' - \csc^2(\beta x) = 0$ $\frac{dv}{dx} = \frac{1}{2} \csc^2(\beta x)$ : EDO separable $\int dv = \int \frac{1}{2} \csc^2(\beta x) dx$ $v = -\frac{1}{2\beta} \cot(\beta x) + c_1, c_1 \in \mathbb{R}$	Regresando a las variables originales: $\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{2\beta} \cot(\beta x) + c_1$ $\int dy = \int \left(-\frac{1}{2\beta} \cot(\beta x) + c_1\right) dx$ $y = \frac{1}{2\beta^2} \ln \csc(\beta x)  + c_1 x + c_2, c_1, c_2 \in \mathbb{R}$ Evaluando $\left(\frac{\pi}{2\beta}, \frac{\pi}{2\beta}c_1 + c_2\right)$ : $\frac{\pi}{2\beta}c_1 + c_2 = \frac{1}{2\beta^2} \ln \left  \csc\left(\frac{\pi}{2}\right) \right  + c_1 \frac{\pi}{2\beta} + c_2$ $\frac{\pi}{2\beta}c_1 + c_2 = 0 + \frac{\pi}{2\beta}c_1 + c_2$ Entonces la familia 2-paramétrica contiene a los puntos indicados.
--	---

Por lo que la proposición es VERDADERA.

CRITERIO DE CALIFICACION	PUNTAJE
EL ESTUDIANTE:	
Muestra que al reducir el orden de la ecuación dada se obtiene una ecuación de primer orden separable.	1.0 P
Muestra que la respectiva familia 2-paramétrica de soluciones de la ecuación de segundo orden contiene los puntos de la forma $\left(\frac{\pi}{2\beta}, \frac{\pi}{2\beta}c_1 + c_2\right)$ donde $c_1$ y $c_2$ son las constantes de integración.	2.0 P
Concluye que la proposición es VERDADERA.	1.0 P
<b>TOTAL</b>	<b>4.0 P</b>

### Tema 3 (8 Puntos)

A partir de la serie de potencias geométrica  $\sum_{n=0}^{\infty} x^n = \frac{1}{1-x}; |x| < 1$ , calcule la serie de Maclaurin de la función  $P(x) = \frac{x}{(1+x)^2}$ . Luego, halle el valor aproximado de  $\int_0^b \frac{x}{(1+x)^2} dx$  utilizando los 3 primeros términos de la serie calculada para  $P(x)$ , si el intervalo de convergencia de  $P(x)$  se considera de la forma  $(-2b, 2b)$ .

Desarrollo:

$$\text{Sea } f(x) = \frac{1}{1-x} = \sum_{n=0}^{\infty} x^n$$

Una forma de calcular la serie de Maclaurin que se pide es la siguiente:

Evaluando en  $-x$  se obtiene otra función:

$$g(x) = f(-x) = \frac{1}{1+x} = \sum_{n=0}^{\infty} (-x)^n = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^n$$

Derivando la función  $g(x)$ :

$$g'(x) = D_x \left( \frac{1}{1+x} \right) = D_x \left( \underbrace{\sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n x^n}_{1-x+x^2-\dots} \right)$$

$$g'(x) = -\frac{1}{(1+x)^2} = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n n x^{n-1}$$

Multiplicando por  $-x$  se obtiene:

$$P(x) = -xg'(x) = \frac{x}{(1+x)^2} = \underbrace{\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} n x^n}_{x-2x^2+3x^3-\dots}$$

Para obtener el intervalo de convergencia de la serie calculada es válido usar el criterio del cociente absoluto como sigue, donde  $a_n = (-1)^{n+1} n x^n$  suponiendo que  $x$  representa un número real diferente del centro de la serie:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{a_{n+1}}{a_n} \right| = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{(-1)^{n+2} (n+1) x^{n+1}}{(-1)^{n+1} n x^n} \right| = \lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{(n+1)x}{n} \right| = |x| \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+1}{n} = |x|$$

Entonces, el intervalo de convergencia (IC) está dado por:  $|x| < 1 \equiv -1 < x < 1$  tal que la convergencia de los extremos  $x = -1$  y  $x = 1$  aún no se ha verificado. Sin embargo, se puede afirmar que el radio de convergencia es  $R = 1$ . Dado que el enunciado indica que el IC se debe considerar de la forma  $(-2b, 2b)$ , entonces  $2b = 1$  y así  $b = \frac{1}{2}$ .

Se procede a hallar el valor aproximado de  $\int_0^b \frac{x}{(1+x)^2} dx$ , utilizando los 3 primeros términos de la serie calculada para  $P(x)$ :

$$\int_0^b \frac{x}{(1+x)^2} dx = \int_0^{\frac{1}{2}} P(x) dx = \int_0^{\frac{1}{2}} \left[ \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} n x^n \right] dx$$

Considerando  $n = \{1, 2, 3\}$ :

$$\int_0^b \frac{x}{(1+x)^2} dx = \int_0^{\frac{1}{2}} (x - 2x^2 + 3x^3) dx = \left[ \frac{x^2}{2} - \frac{2x^3}{3} + \frac{3x^4}{4} \right]_0^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12} + \frac{3}{64} = \frac{24 - 16 + 9}{192} = \frac{17}{192}$$

CRITERIO DE CALIFICACION	PUNTAJE
EL ESTUDIANTE:	
Calcula la serie de Maclaurin de la función $P(x) = \frac{x}{(1+x)^2}$ a partir de la serie de potencias geométrica $\sum_{n=0}^{\infty} x^n = \frac{1}{1-x};  x  < 1$ .	3.0 P
Obtiene el radio de convergencia de la serie de calculada para $P(x)$ , identificando el valor de la constante $b$ .	2.0 P
Halla el valor aproximado de $\int_0^b \frac{x}{(1+x)^2} dx$ utilizando los 3 primeros términos de la serie calculada para $P(x)$ .	3.0 P
<b>TOTAL</b>	<b>8.0 P</b>

#### Tema 4 (8 Puntos)

Determine la solución del problema de valor inicial:

$$\left(\frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{x} - y^2\right)dx + y\left(\frac{1}{x} - x\right)dy = 0 \quad ; \quad y\left(-\frac{5\pi}{6}\right) = 0$$

Desarrollo:

Una forma de resolución:

$$\text{Sean } M(x, y) = \frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{x} - y^2 \quad ; \quad N(x, y) = y\left(\frac{1}{x} - x\right)$$

$$\frac{\partial M}{\partial y} = -2y \quad ; \quad \frac{\partial N}{\partial x} = y\left(-\frac{1}{x^2} - 1\right) \rightarrow \frac{\partial M}{\partial y} \neq \frac{\partial N}{\partial x} \rightarrow \text{la EDO no es exacta.}$$

Se busca un factor integrante:

$$R(x) = e^{\int \frac{1}{N}\left(\frac{\partial M}{\partial y} - \frac{\partial N}{\partial x}\right)dx} = e^{\int \frac{1}{y\left(\frac{1-x^2}{x}\right)}\left(-2y - y\left(\frac{-1-x^2}{x^2}\right)\right)dx} = e^{\int \frac{x}{y(1-x^2)}\left(\frac{y-yx^2}{x^2}\right)dx} = e^{\int \frac{dx}{x}} = e^{\ln|x|} = |x|$$

Considerando  $R(x) = x$  y multiplicándolo por la EDO:

$$(\cos(x)\operatorname{sen}(x) - xy^2)dx + y(1-x^2)dy = 0$$

$$\text{Sean } M_1(x, y) = \cos(x)\operatorname{sen}(x) - xy^2 \quad ; \quad N_1(x, y) = y(1-x^2)$$

$$\frac{\partial M_1}{\partial y} = -2xy \quad ; \quad \frac{\partial N_1}{\partial x} = -2xy \rightarrow \frac{\partial M_1}{\partial y} = \frac{\partial N_1}{\partial x} \rightarrow \text{la EDO obtenida es exacta.}$$

Solución:  $u(x, y) = c, c \in \mathbb{R}$  tal que:

$$\text{I. } \frac{\partial u}{\partial x} = M_1(x, y)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \cos(x)\operatorname{sen}(x) - xy^2$$

$$u(x, y) = \int \left(\frac{1}{2}\operatorname{sen}(2x) - xy^2\right)dx$$

$$u(x, y) = -\frac{\cos(2x)}{4} - \frac{x^2}{2}y^2 + h(y)$$

$$\text{II. } \frac{\partial u}{\partial y} = N_1(x, y)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = y(1-x^2)$$

Sustituyendo lo obtenido en I.

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(-\frac{\cos(2x)}{4} - \frac{x^2y^2}{2} + h(y)\right) = y(1-x^2)$$

$$-x^2y + h'(y) = y - yx^2$$

$$h(y) = \int ydy = \frac{y^2}{2} + k, \quad k \in \mathbb{R}.$$

Sustituyendo  $h(y)$  en I:

(No es necesario considerar la constante  $k$  de  $h(y)$  puesto que  $k$  se agruparía con la constante  $c$  de la solución planteada, dando como resultado la familia mono-paramétrica buscada).

$$u(x, y) = -\frac{\cos(2x)}{4} - \frac{x^2y^2}{2} + \frac{y^2}{2}$$

Así la solución de la EDO es:

$$-\frac{\cos(2x)}{4} - \frac{x^2y^2}{2} + \frac{y^2}{2} = c, \quad c \in \mathbb{R}$$

$$-\frac{\cos(2x)}{4} + \frac{(1-x^2)y^2}{2} = c, \quad c \in \mathbb{R}$$

Sustituyendo la condición inicial  $y\left(-\frac{5\pi}{6}\right) = 0$ :

$$-\frac{\cos\left(2\left(-\frac{5\pi}{6}\right)\right)}{4} + \left(1 - \left(-\frac{5\pi}{6}\right)^2\right)\frac{0^2}{2} = c \rightarrow -\frac{\cos\left(\frac{5\pi}{3}\right)}{4} = c \rightarrow c = -\frac{1}{8}$$

Por lo tanto, la solución particular del problema de valor inicial está dada por:

$$-\frac{\cos(2x)}{4} + \frac{(1-x^2)y^2}{2} = -\frac{1}{8}$$

CRITERIO DE CALIFICACION (PARA ESTA FORMA DE RESOLUCION) EL ESTUDIANTE:	PUNTAJE
Verifica que la EDO no es exacta y calcula un factor integrante.	2.0 P
Plantea la forma de la solución y las condiciones que debe satisfacer.	1.0 P
Integra una de las condiciones, sustituye la respuesta obtenida en la otra condición, obteniendo así la solución de la ecuación diferencial.	3.0 P
Evalúa la condición inicial para hallar el valor de la constante de integración, obteniendo así la solución del problema de valor inicial.	2.0 P
<b>TOTAL</b>	<b>8.0 P</b>

Otra forma de resolución:

$$\left(\frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x) - y^2}{x}\right)dx + y\left(\frac{1}{x} - x\right)dy = 0 \quad ; \quad y\left(-\frac{5\pi}{6}\right) = 0$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y^2 - \frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{x}}{y\left(\frac{1}{x} - x\right)}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y}{\frac{(1-x^2)}{x}} - \frac{\frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{x}}{y\frac{(1-x^2)}{x}}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{1-x^2}y - \frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{(1-x^2)}y^{-1}$$

$$\frac{dy}{dx} - \frac{x}{1-x^2}y = -\frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{(1-x^2)}y^{-1}; \text{ EDO de Bernoulli}$$

Multiplicando por "y":

$$y\frac{dy}{dx} - \frac{x}{1-x^2}y^2 = -\frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{(1-x^2)}$$

$$\text{Cambio de variable: } v = y^2 \rightarrow \frac{dv}{dx} = 2y\frac{dy}{dx} \rightarrow \frac{1}{2}\frac{dv}{dx} = y\frac{dy}{dx}$$

Sustituyendo en la EDO:

$$\frac{1}{2}\frac{dv}{dx} - \frac{x}{1-x^2}v = -\frac{\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{(1-x^2)}$$

$$\frac{dv}{dx} - \frac{2x}{1-x^2}v = -\frac{2\cos(x)\operatorname{sen}(x)}{(1-x^2)}; \text{ EDO lineal de forma canónica}$$

$$\text{Factor integrante: } u(x) = e^{\int p(x)dx} = e^{\int \frac{-2x}{1-x^2}dx} = e^{\ln|1-x^2|} = |1-x^2|$$

Considerando  $u(x) = 1-x^2$  y multiplicándolo por la EDO:

$$(1-x^2)\frac{dv}{dx} - 2xv = -\operatorname{sen}(2x)$$

$$\frac{d}{dx}((1-x^2)v) = -\operatorname{sen}(2x)$$

$$\int d((1-x^2)v) = \int -\operatorname{sen}(2x)dx$$

$$(1-x^2)v = \frac{\cos(2x)}{2} + c, \quad c \in \mathbb{R}$$

Regresando a las variables originales

$$(1-x^2)y^2 = \frac{\cos(2x)}{2} + c, \quad c \in \mathbb{R}$$

$$-\frac{\cos(2x)}{4} + \frac{(1-x^2)y^2}{2} = c, \quad c \in \mathbb{R}$$

Sustituyendo la condición inicial  $y\left(-\frac{5\pi}{6}\right) = 0$ :

$$-\frac{\cos\left(2\left(-\frac{5\pi}{6}\right)\right)}{4} + \left(1 - \left(-\frac{5\pi}{6}\right)^2\right)\frac{0^2}{2} = c \quad \rightarrow \quad -\frac{\cos\left(\frac{5\pi}{3}\right)}{4} = c \quad \rightarrow \quad c = -\frac{1}{8}$$

Por lo tanto, la solución particular del problema de valor inicial está dada por:

$$-\frac{\cos(2x)}{4} + \frac{(1-x^2)y^2}{2} = -\frac{1}{8}$$

CRITERIO DE CALIFICACION (PARA ESTA FORMA DE RESOLUCION) EL ESTUDIANTE:	PUNTAJE
Muestra que la ecuación diferencial es de Bernoulli y aplica un cambio de variable para transformarla en lineal.	3.0 P
Resuelve la ecuación diferencial lineal obtenida.	2.0 P
Usa el cambio de variable antes planteado para regresar a las variables originales del problema.	1.0 P
Evalúa la condición inicial para hallar el valor de la constante de integración, obteniendo así la solución del problema de valor inicial.	2.0 P
<b>TOTAL</b>	<b>8.0 P</b>

### Tema 5 (8 Puntos)

Para un circuito en serie Resistor-Capacitor alimentado por una fuente de voltaje descrita por  $E(t) = 10\text{sen}(5t)[V]$ , halle la función que describe la carga de capacitor a los  $t$  segundos, si el resistor es de 2 ohmios, el capacitor es de 0.1 faradios, y la carga inicial del capacitor es de 1 Coulomb.

Desarrollo:

De acuerdo a la ley de Kirchhoff:  $E(t) = Ri(t) + \frac{q(t)}{C}$ , donde:

$E(t)$ : voltaje entregado por la fuente a los  $t$  segundos [V] ;  $R$ : resistencia [ $\Omega$ ]

$i(t)$ : intensidad de corriente a los  $t$  segundos [A] ;  $C$ : capacitancia [F]

$q(t)$ : carga del capacitor a los  $t$  segundos [Coulombs] ;  $i(t) = \frac{dq}{dt}$

Entonces, sustituyendo los datos se tiene el problema de valor inicial:

$$10\text{sen}(5t) = 2\frac{dq}{dt} + \frac{q}{0.1} ; q(0) = 1 \text{ [Coulombs]}$$

Forma canónica de la EDO lineal obtenida:  $\frac{dq}{dt} + \underbrace{5}_{p(t)}q = \underbrace{5\text{sen}(5t)}_{g(t)}$

Factor integrante:  $R(t) = e^{\int p(t)dt} = e^{\int 5dt} = e^{5t}$

Multiplicando por  $R(t)$ :

$$e^{5t}\frac{dq}{dt} + 5e^{5t}q = 5e^{5t}\text{sen}(5t)$$

$$\frac{d}{dt}(e^{5t}q) = 5e^{5t}\text{sen}(5t)$$

$$\int d(e^{5t}q) = \int 5e^{5t}\text{sen}(5t)dt$$

$$e^{5t}q = 5 \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt$$

$$q(t) = 5e^{-5t} \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt$$

$$\begin{aligned} \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt &=? \\ u &= e^{5t} ; dv = \text{sen}(5t)dt \\ du &= 5e^{5t}dt ; v = -\frac{\cos(5t)}{5} \\ \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt &= -\frac{e^{5t}\cos(5t)}{5} + \int \frac{\cos(5t)}{5}5e^{5t}dt \\ \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt &= -\frac{e^{5t}\cos(5t)}{5} + \int e^{5t}\cos(5t)dt \\ u &= e^{5t} ; dv = \cos(5t)dt \\ du &= 5e^{5t}dt ; v = \frac{\text{sen}(5t)}{5} \\ \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt &= -\frac{e^{5t}\cos(5t)}{5} + \frac{e^{5t}}{5}\text{sen}(5t) - \int \frac{\text{sen}(5t)}{5}5e^{5t}dt \\ \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt &= -\frac{e^{5t}\cos(5t)}{5} + \frac{e^{5t}}{5}\text{sen}(5t) - \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt \\ \int e^{5t}\text{sen}(5t)dt &= -\frac{e^{5t}\cos(5t)}{10} + \frac{e^{5t}\text{sen}(5t)}{10} + c, c \in \mathbb{R} \end{aligned}$$

Entonces,

$$q(t) = 5e^{-5t} \left[ \frac{e^{5t}\text{sen}(5t)}{10} - \frac{e^{5t}\cos(5t)}{10} + c \right], c \in \mathbb{R}$$

$$q(t) = \frac{1}{2}\text{sen}(5t) - \frac{1}{2}\cos(5t) + 5ce^{-5t} \text{ [Coulombs]}$$

Sustituyendo la condición inicial  $q(0) = 1$ :

$$-\frac{1}{2}\overbrace{\cos(0)}^1 + \frac{1}{2}\overbrace{\text{sen}(0)}^0 + 5ce^0 = 1 \quad \rightarrow \quad -\frac{1}{2} + 5c = 1 \quad \rightarrow \quad c = \frac{3}{10}$$

$$q(t) = \frac{1}{2}\text{sen}(5t) - \frac{1}{2}\cos(5t) + \frac{3}{2}e^{-5t} \text{ [Coulombs]}$$

CRITERIO DE CALIFICACION	PUNTAJE
EL ESTUDIANTE:	
Usando la ley de Kirchhoff, plantea el problema de valor inicial que describe la carga del capacitor.	2.0 P
Resuelve la ecuación diferencial asociada al problema de valor inicial planteado.	4.0 P
Evalúa la condición inicial para hallar el valor de la constante de integración, obteniendo así la solución del problema de valor inicial.	2.0 P
<b>TOTAL</b>	<b>8.0 P</b>

## Tema 6 (8 Puntos)

Obtenga la solución de la ecuación diferencial ordinaria:

$$x^2 y''(x) + 2xy'(x) - 6y(x) = \frac{50}{x}; \quad x \in (0, +\infty)$$

Desarrollo:

**Se halla la solución complementaria,  $y_c(x)$ , resolviendo la EDO homogénea correspondiente:**

$$x^2 y''(x) + 2xy'(x) - 6y(x) = 0$$

Esta ecuación es una EDO de Cauchy-Euler, la cual se transforma en una EDO de coeficientes constantes al realizar el cambio de variable:  $x = e^t$ . Así,  $t = \ln(x) \rightarrow \frac{dt}{dx} = \frac{1}{x} = e^{-t}$ .

Además, se deduce las expresiones que van a sustituir a  $\frac{dy}{dx}$  y  $\frac{d^2y}{dx^2}$  como sigue:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx} \frac{dt}{dt} = \frac{dy}{dt} \frac{dt}{dx} = e^{-t} \frac{dy}{dt}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{d\left(\frac{dy}{dx}\right)}{dx} = \frac{d\left(\frac{dy}{dx}\right)}{dx} \frac{dt}{dt} = \frac{d\left(\frac{dy}{dx}\right)}{dt} \frac{dt}{dx} = \frac{d\left(e^{-t} \frac{dy}{dt}\right)}{dt} e^{-t} = \left(-e^{-t} \frac{dy}{dt} + e^{-t} \frac{d^2y}{dt^2}\right) e^{-t} = e^{-2t} \left(\frac{d^2y}{dt^2} - \frac{dy}{dt}\right)$$

Sustituyendo las expresiones para  $x$ ,  $\frac{dy}{dx}$ ,  $\frac{d^2y}{dx^2}$  en la EDO se obtiene:

$$e^{2t} e^{-2t} \left(\frac{d^2y}{dt^2} - \frac{dy}{dt}\right) + 2e^t e^{-t} \frac{dy}{dt} - 6y = 0 \rightarrow \left(\frac{d^2y}{dt^2} - \frac{dy}{dt}\right) + 2 \frac{dy}{dt} - 6y = 0 \rightarrow \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} - 6y = 0.$$

Se plantea la solución  $y(t) = e^{rt}$  donde  $r$  es una constante que debe ser hallada. Además,  $\frac{dy}{dt} = r e^{rt}$  y

$$\frac{d^2y}{dt^2} = r^2 e^{rt}.$$

Sustituyendo la solución planteada y sus derivadas en la ecuación se obtiene:

$$r^2 e^{rt} + r e^{rt} - 6e^{rt} = 0 \rightarrow e^{rt} (r^2 + r - 6) = 0 \rightarrow (r + 3)(r - 2) = 0 \rightarrow r_1 = -3 \text{ y } r_2 = 2.$$

Así, para el caso de soluciones reales diferentes para  $r$  se puede verificar que las dos soluciones obtenidas son linealmente independientes, es decir, las soluciones:  $y_1(t) = e^{-3t}$  y  $y_2(t) = e^{2t}$ .

La solución general está dada por la combinación lineal:  $y_c(t) = c_1 y_1(t) + c_2 y_2(t)$ ,  $c_1, c_2 \in \mathbb{R}$

$$y_c(t) = c_1 e^{-3t} + c_2 e^{2t}, \quad c_1, c_2 \in \mathbb{R}$$

Expresando esta solución en términos de  $x$  se obtiene:  $y_c(x) = c_1 x^{-3} + c_2 x^2$ ,  $c_1, c_2 \in \mathbb{R}$ .

**Se halla una solución particular,  $y_p(x)$ , para la EDO no homogénea:**

**Primera forma para hallar  $y_p(x)$  en este ejercicio:**

$$\text{EDO no homogénea: } x^2 y''(x) + 2xy'(x) - 6y(x) = \frac{50}{x}$$

Usando el cambio de variable  $x = e^t$ , la EDO obtenida es:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} - 6y = 50e^{-t}$$

Las soluciones linealmente independientes de la solución complementaria para la EDO homogénea correspondiente  $\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} - 6y = 0$ , halladas arriba, son:

$$y_1(t) = e^{-3t}; \quad y_2(t) = e^{2t}$$

Entonces la solución particular, usando el método de los coeficientes indeterminados, se la plantea de la forma:  $y_p(t) = A e^{-t} t^S$ .

Si  $S = 0$ :  $y_p(t) = A e^{-t}$  es linealmente independiente tanto a  $y_1 = e^{-3t}$  como a  $y_2 = e^{2t}$ , entonces se utiliza  $S = 0$ .

Derivando la solución particular planteada:  $y'_p(t) = -A e^{-t} \rightarrow y''_p(t) = A e^{-t}$ .

Sustituyendo en la EDO no homogénea  $\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} - 6y = 50e^{-t}$ :

$$A e^{-t} - A e^{-t} - 6A e^{-t} = 50e^{-t} \rightarrow -6A e^{-t} = 50e^{-t} \rightarrow A = -\frac{25}{3}.$$

Por lo tanto la solución particular es:  $y_p(t) = -\frac{25}{3} e^{-t}$

Escribiendo la solución en términos de la variable original:  $y_p(x) = -\frac{25}{3} x^{-1}$ .

Finalmente la solución general está dada por:  $y(x) = y_c(x) + y_p(x)$

$$y(x) = c_1 x^{-3} + c_2 x^2 - \frac{25}{3} x^{-1}, \quad c_1, c_2 \in \mathbb{R}$$



**Segunda forma para hallar  $y_p(x)$  en este ejercicio:**

EDO no homogénea de forma canónica:

$$y''(x) + \frac{2}{x}y'(x) - \frac{6}{x^2}y(x) = 50x^{-3}, \text{ de donde se define la función } g(x) = 50x^{-3}.$$

La solución particular, usando el método de variación de parámetros, se plantea de la forma:

$y_p(x) = v_1y_1(x) + v_2y_2(x)$ , donde  $y_1(x)$  y  $y_2(x)$  son las soluciones de la EDO homogénea correspondiente, es decir,  $y_p(x) = v_1x^{-3} + v_2x^2$ , y tal que se satisfaga el sistema de ecuaciones:

$$\begin{bmatrix} y_1 & y_2 \\ y_1' & y_2' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1' \\ v_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ g(x) \end{bmatrix}, \text{ esto es: } \begin{bmatrix} x^{-3} & x^2 \\ -3x^{-4} & 2x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1' \\ v_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 50x^{-3} \end{bmatrix}.$$

El Wronskiano,  $W(y_1, y_2)$ , está dado por  $\begin{vmatrix} x^{-3} & x^2 \\ -3x^{-4} & 2x \end{vmatrix} = 2x^{-2} + 3x^{-2} = 5x^{-2}$ .

Las soluciones del sistema son:

$$v_1' = \frac{\begin{vmatrix} 0 & x^2 \\ 50x^{-3} & 2x \end{vmatrix}}{W(y_1, y_2)} = -\frac{50x^{-1}}{5x^{-2}} = -10x \quad \rightarrow \quad v_1 = \int -10x dx = -5x^2$$

$$v_2' = \frac{\begin{vmatrix} x^{-3} & 0 \\ -3x^{-4} & 50x^{-3} \end{vmatrix}}{W(y_1, y_2)} = \frac{50x^{-6}}{5x^{-2}} = 10x^{-4} \quad \rightarrow \quad v_2 = \int 10x^{-4} dx = -10\frac{x^{-3}}{3}$$

Con los resultados obtenidos:

$$y_p(x) = (-5x^2)x^{-3} + \left(-10\frac{x^{-3}}{3}\right)x^2 = -5x^{-1} - \frac{10}{3}x^{-1} = -\frac{25}{3}x^{-1}.$$

<b>CRITERIO DE CALIFICACION</b>	<b>PUNTAJE</b>
<b>EL ESTUDIANTE:</b>	
Halla la solución complementaria, resolviendo la ecuación homogénea correspondiente. Para esto, transforma la ecuación de Cauchy-Euler analizada en una ecuación de coeficientes constantes usando alguna sustitución válida (debe mostrar los pasos para la transformación).	3.0 P
Halla una solución particular para la ecuación no homogénea, mostrando la forma de la solución a encontrar y las condiciones que ésta debe satisfacer.	4.0 P
Obtiene la solución general de la ecuación diferencial ordinaria dada, superponiendo la solución complementaria y una solución particular de la misma.	1.0 P
<b>TOTAL</b>	<b>8.0 P</b>