



UNIVERSIDAD DE ANTOFAGASTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



# Examen

# Cálculo Numérico

**Eliel Pizarro Ponce**

Profesor a cargo: Eliseo Martínez Herrera

Ingeniería Ejecución en Minas

05 de Abril de 2020

## 1. Obtención de datos

De la red internet usted deberá obtener la evolución diaria de los contagiados por el virus COVID-19 del país asignado que aparece asociado a su nombre en la lista de alumnos en la página web de la asignatura. Sus datos deben ser rescatados en un archivo EXCEL.

### **Información**

País asignado: Brasil, el cual se analizará la evolución diaria de los contagiados por el virus COVID-19, desde el día 26 de febrero del año 2020(primer caso conocido) hasta la fecha 01 de abril del año 2020. Por lo que me encuentro con la cantidad de 36 días hasta la fecha, en que Brasil ha sido afectada por COVID-19.

Adicionalmente, Brasil actualmente es el país con más casos de personas contagiados por COVID-19 en Sudamérica.

Es interesante conocer cómo va creciendo exponencialmente la cantidad de casos de personas contagiadas, para el diagnóstico de la situación a nivel país y la hora de tomar decisiones más severas.

**Datos Extraídos de página web dada en el video instructivo.**

[https://www.eldiario.es/sociedad/mapa-evolucion-coronavirus-expansion-Espana-1-abril\\_0\\_1005099739.html](https://www.eldiario.es/sociedad/mapa-evolucion-coronavirus-expansion-Espana-1-abril_0_1005099739.html)

**Ver Excel para mayor información de datos recaudados.**

A continuación daré a conocer la evolución diaria de los contagiados por el virus COVID-19 en Brasil:

Fecha	Día	Casos
26/02/2020	1	1
27/02/2020	2	2
28/02/2020	3	2
29/02/2020	4	2
01/03/2020	5	2
02/03/2020	6	2
03/03/2020	7	2
04/03/2020	8	4
05/03/2020	9	4
06/03/2020	10	13
07/03/2020	11	13
08/03/2020	12	20
09/03/2020	13	25
10/03/2020	14	31
11/03/2020	15	38
12/03/2020	16	77
13/03/2020	17	151
14/03/2020	18	151
15/03/2020	19	162
16/03/2020	20	200
17/03/2020	21	321
18/03/2020	22	372
19/03/2020	23	621
20/03/2020	24	793
21/03/2020	25	1021
22/03/2020	26	1593
23/03/2020	27	1924
24/03/2020	28	2247
25/03/2020	29	2554
26/03/2020	30	2985
27/03/2020	31	3417
28/03/2020	32	3904
29/03/2020	33	4256
30/03/2020	34	4579
31/03/2020	35	5717
01/04/2020	36	5812

(Tabla - 1) Tabla de Datos de casos detectados con COVID-19 en Brasil.

## 2. Construcción de modelo exponencial discreto

Conforme a estos datos usted deberá ajustar un modelo exponencial discreto de la forma

$$N(k + 1) = N(k) + \lambda * N(k)$$

donde  $k$  son los días, y  $N(0)$  es el número de contagiados en el día 0 (que con seguridad será  $N(0) = 1$ ).

Usted debiera comparar los datos reales de contagiados detectados con su modelo discreto. Y en este último caso debe estimar el mejor parámetro  $\lambda$  que, según usted, se ajusta a los datos reales.

### Metodología

Se buscó un buen lambda, he estimado el mejor parámetro para Lambda (tasa de contagio) cuando es igual 0,28, ajustándose de la mejor manera a los datos reales, ósea las curvas se asemejan respecto del modelo discreto a los datos reales. Esto se confirmará respecto a los casos de la curva resultante y vemos que la representa de buena forma. Hay una técnica matemática para buscar los parámetros que mejor se pueden ocupar, pero con una buena representación gráfica que se acerca a los casos reales detectados nos bastaría.

También para un mejor ajuste de datos utilicé el cálculo diferencia significativa entre casos reales detectados por COVID-19 y modelo exponencial discreto con la elección del mejor ajuste.

**Ver Excel para mayor información de datos recaudados.**

A continuación daré a conocer la tabla de datos con ajuste del modelo exponencial discreto:

Fecha	Día	Casos	modexp N(k)
26/02/2020	1	1	1
27/02/2020	2	2	1
28/02/2020	3	2	2
29/02/2020	4	2	2
01/03/2020	5	2	3
02/03/2020	6	2	3
03/03/2020	7	2	4
04/03/2020	8	4	6
05/03/2020	9	4	7
06/03/2020	10	13	9
07/03/2020	11	13	12
08/03/2020	12	20	15
09/03/2020	13	25	19
10/03/2020	14	31	25
11/03/2020	15	38	32
12/03/2020	16	77	41
13/03/2020	17	151	52
14/03/2020	18	151	66
15/03/2020	19	162	85
16/03/2020	20	200	109
17/03/2020	21	321	139
18/03/2020	22	372	178
19/03/2020	23	621	228
20/03/2020	24	793	292
21/03/2020	25	1021	374
22/03/2020	26	1593	479
23/03/2020	27	1924	613
24/03/2020	28	2247	785
25/03/2020	29	2554	1004
26/03/2020	30	2985	1286
27/03/2020	31	3417	1646
28/03/2020	32	3904	2106
29/03/2020	33	4256	2696
30/03/2020	34	4579	3451
31/03/2020	35	5717	4417
01/04/2020	36	5812	5654
Diferencia total entre casos reales y modelo Exp.		158	

(Tabla - 2) Tabla de datos con ajuste del modelo exponencial discreto en relación a los casos detectados en Brasil.

## Modelo Exponencial Discreto

$$N(k + 1) = N(k) + \lambda * N(k)$$

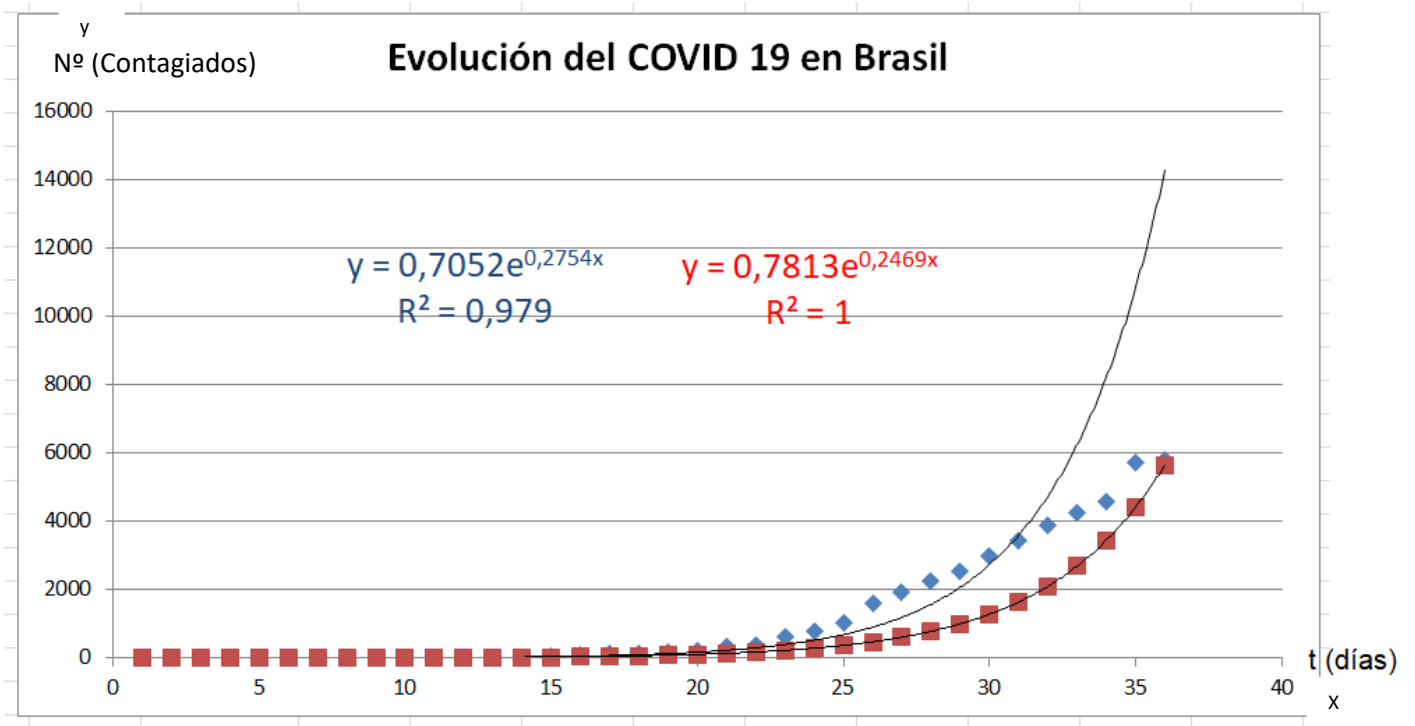
### Lambda

$$\lambda = 0,28$$

### Ejes:

x: Tiempo, medido en días

y: Número de contagiados por COVID-19



(Fig. - 1) Gráfica evolutiva del COVID-19 en Brasil.

Color	DATOS
AZUL	Asociado a los casos detectados
ROJO	Asociado al modelo exponencial discreto

Con la buena elección de los ajustes empleados  $\lambda$  (Tasa de contagio), puedo llegar a valores muy cercanos en relación a los datos reales de la situación del COVID-19 en Brasil. Según la gráfica podemos ver que la línea de tendencia de los contagiados reales, se dispara mucho más, en relación a la del modelo exponencial por fórmula. Aun teniendo datos muy cercanos según tabla entre sí. Con un  $R^2$  de la función, indicado la variabilidad real de los puntos, por lo que puedo decir que es un buen ajuste. Finalmente, podemos ver que el modelo exponencial discreto, pasa directamente por los puntos señalados, por lo que está representado el 100% de la variabilidad de los datos.

### 3. Construcción de un modelo exponencial continuo

Para cada uno de los datos discretos debe ajustar, esta vez, un modelo exponencial continuo del tipo  $n(t) = a * e^{b*t}$ , y evaluar este modelo en los días considerados y compararlos con la evolución discreta, es decir calcular en otra columna los valores de  $n(k)$  para compararlos con  $N(k)$ .

#### Metodología

Ya teniendo el modelo exponencial discreto, habiendo estimado un parámetro  $\lambda$ , y sabiendo la ecuación a utilizar y las variables a ocupar, podemos llegar a la construcción de un modelo exponencial continuo, el cual haré la comparación de ellos en relación a la Evolución del COVID-19 en Brasil, por medio de la creación de una nueva columna.

Mirando la fórmula vemos variables conocidas como el tiempo "t", "n" el número de contagiados, por lo que puedo hacerme una idea la relación que hay entre modelos exponenciales.

También hice el cálculo de una diferencia significativa entre totales de casos por modelos exponenciales discreto y continuo. La diferencia entre ambos modelos exponenciales las he hecho en sistema Excel, para mayor información comparativa.

#### Datos:

t = tiempo

$\lambda$  = Tasa de contagio

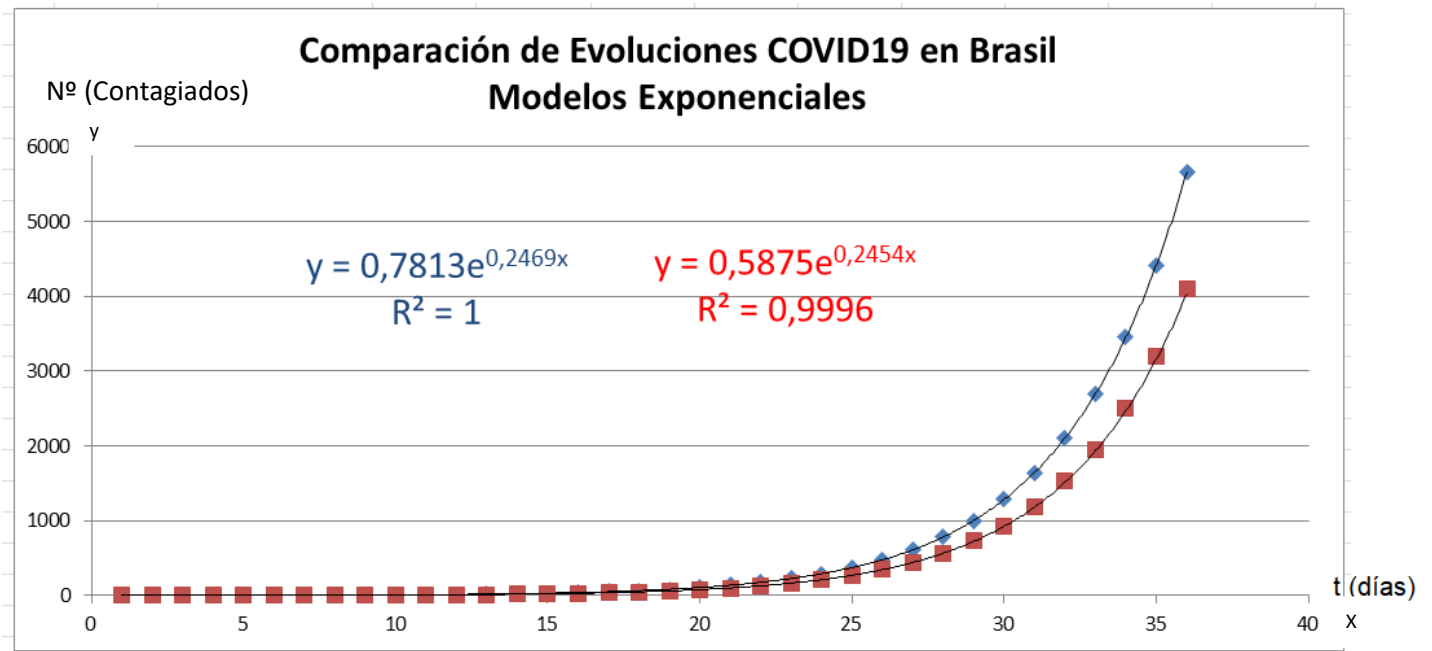
Modelo Exponencial Discreto	Modelo exponencial continuo	Lambda
$n(k + 1) = n(k) + \lambda * n(k)$	$n(t) = a * e^{b*t}$	$\lambda = 0,28$

A continuación daré a conocer tabla comparativa de modelos exponenciales solicitados:

Fecha	Día	Casos	modexp N(k)	modexpcont n(k)
26/02/2020	1	1	1	1
27/02/2020	2	2	1	1
28/02/2020	3	2	2	1
29/02/2020	4	2	2	2
01/03/2020	5	2	3	2
02/03/2020	6	2	3	2
03/03/2020	7	2	4	3
04/03/2020	8	4	6	4
05/03/2020	9	4	7	5
06/03/2020	10	13	9	7
07/03/2020	11	13	12	9
08/03/2020	12	20	15	11
09/03/2020	13	25	19	14
10/03/2020	14	31	25	18
11/03/2020	15	38	32	23
12/03/2020	16	77	41	29
13/03/2020	17	151	52	38
14/03/2020	18	151	66	48
15/03/2020	19	162	85	62
16/03/2020	20	200	109	79
17/03/2020	21	321	139	101
18/03/2020	22	372	178	129
19/03/2020	23	621	228	166
20/03/2020	24	793	292	212
21/03/2020	25	1021	374	271
22/03/2020	26	1593	479	348
23/03/2020	27	1924	613	445
24/03/2020	28	2247	785	569
25/03/2020	29	2554	1004	729
26/03/2020	30	2985	1286	933
27/03/2020	31	3417	1646	1194
28/03/2020	32	3904	2106	1528
29/03/2020	33	4256	2696	1956
30/03/2020	34	4579	3451	2504
31/03/2020	35	5717	4417	3205
01/04/2020	36	5812	5654	4103
Diferencia totales de casos entre modelos Exp.			1551	

(Tabla - 3) Tabla comparativa de modelos exponenciales en relación a la evolución de COVID-19 en Brasil.





(Fig. 2) Gráfica comparativa de modelos exponenciales en relación a la evolución del COVID-19 en Brasil.

Color	DATOS
AZUL	Modelo Exponencial Discreto $N(k)$
ROJO	Modelo exponencial continuo $n(k)$

Utilizando la tasa de contagiados como un valor constante, tenemos una diferencia significativa de 1551 casos en comparación a los datos totales por ambos modelos exponenciales.

De acuerdo a la tabla Excel podemos ver la similitud que hay entre ambos modelos exponenciales, por lo que es importante identificar bien los datos a utilizar para una buena representación de ello.

## 4. Construcción del modelo chino

Grafique la evolución diaria de los contagiados en China.

### Análisis

China, país en el que se originó la pandemia, la cual está afectando a la mayoría de países a nivel mundial

Guiándome con los datos de la web del video instructivo anterior también.

Podemos ver en la gráfica, que a partir de los 35.000 casos de personas contagiados por COVID-19 (tabla de casos contagiados reales), los números se disparan. Existe un salto en la curva (Explosión de casos detectados por COVID-19), en la cual puedo decir, que fue el momento en el que hubo una diferencia de datos más notoria, en relación a todos los datos anteriores, viendo un crecimiento exponencial enorme. Tiene relación con los puntos de inflexión que luego se encontrarán por medio de los modelos logísticos y la velocidad de crecimiento exponencial.

Finalmente llegamos a un punto en que la cantidad de casos detectados diarios por COVID-19, ha ido perdiendo su crecimiento exponencial, debido a que empezó muy fuerte de golpe y se fue debilitando debido a que se tomaron muchas precauciones acerca de los casos, por lo que la gráfica de momento va avanzando de a muy poco, casi no viendo un crecimiento exponencial muy notorio

Según la fuente que nombre al principio del trabajo, he tomado la cantidad 71 días desde el origen del brote por COVID-19, en el cual trabajaré con días y número de casos detectados por COVID-19 en China.

### Modelo Logístico Discreto

$$N(k + 1) = N(k) + (\lambda - a * N(k)) * N(k)$$

### Modelo Logístico Continuo

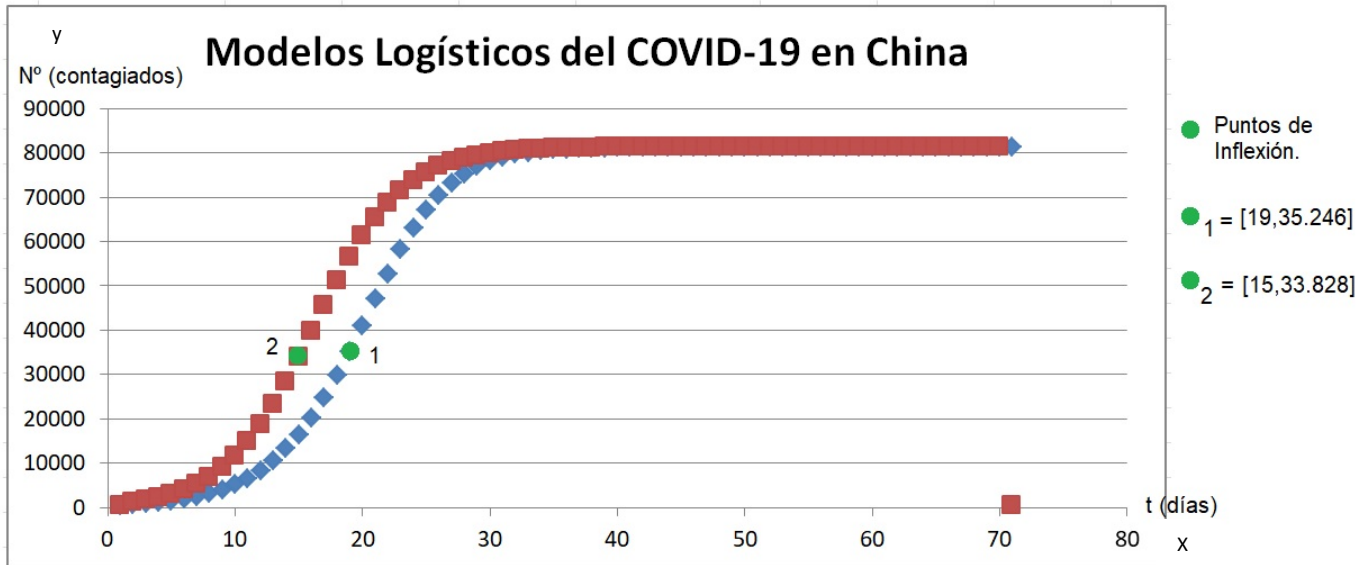
$$N(t, \lambda, a, k) := \frac{\frac{k \cdot \lambda}{a}}{k + \left( \frac{\lambda}{a} - k \right) \cdot e^{-\lambda \cdot t}} \cdot \text{CHI}(\theta, t, \omega)$$

$N(0)$  = Número de contagiados iniciales.

$\lambda$  = Tasa de contagio.

$a$  = Tasa para poder disminuir la tasa de contagio.

**Ver Excel para mayor información de datos recaudados.**



(Fig. 3) Gráfica evolutiva diaria de los modelos logísticos de contagiados en China por COVID-19.

Color	Datos
Azul	<b>Modelo logístico discreta</b>
Rojo	<b>Modelo Logístico continuo</b>

La gráfica nos dice que hay crecimiento lento exponencial, también hay unos puntos de inflexión estimados, que nos dice que la velocidad de crecimiento no es tan fuerte y que en algún momento deberá estabilizarse, cuando tengamos arriba de 80.000 contagiados por COVID-19, lo que coincide de buena manera con la realidad, con la estimación de parámetros ajustados teóricamente.

La curva seguirá creciendo exponencialmente y también su cantidad de número de casos de contagiados, pero desde la cantidad indicada y la cual está más cerca de su fecha real en que se estabiliza podemos dar lo anterior.

La estimación de parámetros con respecto al número de casos de personas contagiadas por COVID-19, por modelos logísticos discretos y continuos coinciden en la fecha del 20/03/2020, viendo las dos columnas de la tabla Excel, por lo que está bastante cerca de los datos reales indicados en la tabla. Con lo que finalmente podemos ver la semejanza de los modelos logísticos al final de la gráfica. Y con respecto al modelo logístico continuo podemos ver que este irá decreciendo hasta llegar nuevamente al inicio por teoría.