

Journal of Intelligent & Robotic Systems

APLICACIÓN DE MODELOS PARA LOS ESFUERZOS DE CONTROL DE NUEVO CORONAVIRUS COVID-19, AYACUCHO-PERU

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:		
Full Title:	APLICACIÓN DE MODELOS PARA LOS ESFUERZOS DE CONTROL DE NUEVO CORONAVIRUS COVID-19, AYACUCHO-PERU	
Article Type:	Short Paper	
Keywords:	Covid-19; Coronavirus; Models of Control; Infection	
Corresponding Author:	jose luis huayanay villar, M. Universidade do Estado do Rio de Janeiro Faculdade de Enfermagem da UERJ rio de janeiro, BRAZIL	
Corresponding Author Secondary Information:		
Corresponding Author's Institution:	Universidade do Estado do Rio de Janeiro Faculdade de Enfermagem da UERJ	
Corresponding Author's Secondary Institution:		
First Author:	jose luis huayanay villar, M.	
First Author Secondary Information:		
Order of Authors:	jose luis huayanay villar, M.	
Order of Authors Secondary Information:		
Funding Information:	IEEE Foundation (ds)	Mr. jose luis huayanay villar
Abstract:	We present the dynamics of model analysis to try to curb the spread of the coronavirus by introducing strict quarantine measures, apparently having different effects in different countries: while the number of new cases reported has decreased in China and across Europe, it still exhibits a significant growth in America such as the Ayacucho-Peru region.	

APLICACIÓN DE MODELOS PARA LOS ESFUERZOS DE CONTROL DE NUEVO CORONAVIRUS COVID-19, AYACUCHO-PERU

Jose Luis H. Villar*, Emerson A. Rivera**, Marco C. Mancilla***

* Escuela Profesional Ciencias Físico Matemáticas-UNSCH
(villarjose348@gmail.com)

** Escuela Profesional Ciencias Físico Matemáticas-UNSCH
(Alfaro.emerson.01@gmail.com)

*** Escuela Profesional Ciencias Físico Matemáticas-UNSCH
(Markitocm2@gmail.com)

Abstract: We present the dynamics of model analysis to try to curb the spread of the coronavirus by introducing strict quarantine measures, apparently having different effects in different countries: while the number of new cases reported has decreased in China and across Europe, it still exhibits a significant growth in America such as the Ayacucho-Peru region.

In this research, we strive to evaluate the efficacy of quarantine measures by mathematical modeling and control. We analyzed the infection models, progression under the assumption that all infected individuals are isolated after the incubation period in such a way that they cannot infect other people

Keywords: Covid-19, Coronavirus, Models of Control, Infection.

Resumen: Presentamos la dinámica de análisis de modelos para intentar frenar la propagación del coronavirus mediante la introducción de estrictas medidas de cuarentena, aparentemente tienen diferentes efectos en diferentes países: mientras que el número de nuevos casos ha informado disminuyó en China y toda Europa, todavía exhibe un crecimiento significativo en américa como es la región Ayacucho-Perú.

En esta investigación, nos esforzamos por evaluar la eficacia de las medidas de cuarentena por modelados matemáticos e control. Analizamos los modelo de infección, progresión bajo el supuesto de que todos los individuos infectados están aislados después del período de incubación en de tal manera que no puedan infectar a otras personas.

Palabras-clave: Covid-19, Coronavirus, Modelos de Control, Infección.

1. INTRODUCCION

En diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, capital de la provincia de Hubei, en la república popular China, comenzaron a presentarse casos de un nuevo coronavirus SARS-CoV-2 que produce la enfermedad conocida como COVID-19, comenzó a extenderse rápidamente por toda China y desde enero de 2020 la OMS consideró como una pandemia (COVID-19)[1] [4].Ésta enfermedad ha provocado que los sistemas sanitarios de países desarrollados hayan colapsado ante el comportamiento exponencial de su transmisión y su alta letalidad. A la fecha han sido reportados casos en más de 212 países y ha provocado más de 3,5 millones de personas y más de 250.000 muertes a nivel mundial, principalmente en Europa y América, como es la región Ayacucho-Perú (**E. Rivera**).

El departamento de Ayacucho se encuentra ubicado en la zona sur – central de los andes peruanos, con un área total de 43 815 km², equivalente al 3,4 por ciento del territorio nacional [2]. Según las proyecciones poblacionales del INEI al 2019, Ayacucho albergaba una población de 718,408 habitantes, lo que representa el 2.20 por ciento de la población nacional [2].

El primer caso de COVID-19 en Ayacucho se reportó en Lucanas-Ayacucho el 29 de marzo del presente año, y hasta el momento ya se registró más de 254 casos confirmados. Por

ello la necesidad de la Aplicación de modelos para los esfuerzos de control del nuevo Coronavirus-Covid-19, región Ayacucho.

Existen varios modelos considerando el estado de salud de la población y sus individuos, partiendo de que ante el surgimiento de una nueva enfermedad contagiosa toda la población es Susceptible, y en el momento que un solo individuo adquiere la nueva enfermedad se vuelve Infectado e infectante. El modelo SIR permite determinar la condición crítica del desarrollo de la enfermedad en la población, independientemente del tamaño total de la población.

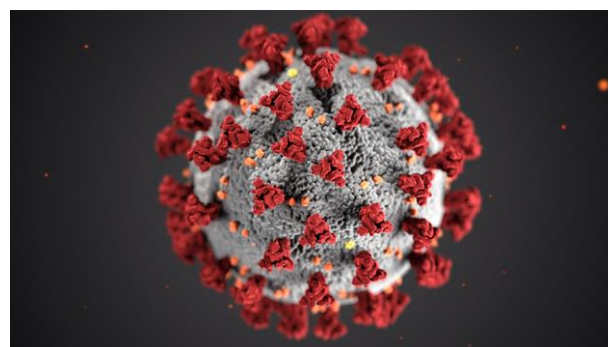


Figura 1: recopilada del Programa "Creative Europe" y las medidas para contener el corona virus.

2. METODOLOGIA

2.1 Modelo Matemático

Las medidas excepcionales adoptadas para la infección por coronavirus sugieren introducir otros modelos de infección. Consideramos la subpoblación de individuos con infección latente que ya están infectados pero no mostrar ningún síntoma durante el período de incubación. Cuando termina el período de incubación, la enfermedad se manifiesta a sí mismo con sus síntomas, y el individuo estará aislado en la cuarentena donde no puede infectar a los demás.

Bajo estos supuestos se tiene la siguiente ecuación diferencial ordinaria (EDO) [3].

$$\frac{dI}{dt} = ki(t)S(t) - ki(t - \tau)S(t - \tau) \quad (1)$$

Como antes, aproximamos $S(t) \approx S_0$, $S(t - \tau) \approx 0$ como τ no es grande, y reemplazar la ecuación (1) obteniéndose.

$$\frac{dI}{dt} = ki(t)S_0 - ki(t - \tau)S_0 \quad (2)$$

Donde:

i : Es la cantidad de infectados.

$S(t)$: Sub-poblaciones susceptibles o vulnerables.

t : Tiempo.

τ : Es el período de incubación.

k : Es un parámetro que depende de la movilidad humana y distanciamiento social por lo tanto puede cambiar.

En este caso, en lugar de la ecuación (2) usaremos un modelo con un espacio explícito, una ecuación diferencial parcial (PDEs), formulada por VITALY y MALAY el 16 de marzo del 2020, que esta expresada de la forma siguiente [3].

$$\frac{\partial i(x,t)}{\partial t} = \delta \frac{\partial^2 i(x,t)}{\partial x^2} + ki(x,t)S_0 - ki(x,t - \tau)S_0 \quad (3)$$

Donde i y S_0 ahora tienen el significado de las densidades correspondientes en lugar de tamaños y el término de difusión describe el movimiento aleatorio de los individuos con intensidad δ .

Asumimos que $k \approx S_0$, entonces $ki(x,t)S_0 \rightarrow 0$ y $ki(x,t - \tau)S_0 \rightarrow 0$ es decir que la movilidad humana y distanciamiento social tiende a cero donde obtendríamos la siguiente ecuación que la llamaremos “ecuación de villar” (Jose L. Villar)

$$\frac{\partial i(x,t)}{\partial t} = \delta \frac{\partial^2 i(x,t)}{\partial x^2} \quad (4)$$

Esta ecuación se asemeja a la ecuación de calor es un ejemplo prototipo de una ecuación diferencial en derivadas parciales del tipo parabólico.

2.1 Análisis de la infección

$i(x,t)$ Es la Infección como una función del espacio y del tiempo.

Aplicando a la EDP el método de sustitución de variables (MSV) para la ecuación (4) tomaremos (Marco C. Mancilla)

$$i(x,t) = X(x) \cdot T(t) \quad (5)$$

Entonces la razón de cambio de infección en un punto respecto del tiempo será;

$$\frac{\partial i(x,t)}{\partial t} = X \cdot T' \quad \text{Donde } T' = \frac{\partial T}{\partial t} \quad (6)$$

De la misma manera la derivada parcial respecto al espacio x

Será de la forma siguiente;

$$X'' = \frac{\partial^2 X}{\partial x^2} \quad \text{Se obtendrá } \delta \frac{\partial^2 i(x,t)}{\partial x^2} = \delta X'' \cdot T \quad (7)$$

Igualando las ecuaciones (6) y (7) se obtendrá $X \cdot T' = \delta X'' \cdot T$

$$\frac{T'}{T} = \frac{X''}{X} = \sigma, \text{ siendo } \sigma \text{ cte} \quad (8)$$

Entonces:

$$T' = \delta \sigma T \quad \text{y} \quad X'' = \sigma X \quad (9)$$

Por lo que resolviendo estas ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) se obtendrán las siguientes soluciones: $T(t) = Ae^{\delta \sigma t}$

$$X(x) = Be^{\sqrt{\sigma}x} + Ce^{-\sqrt{\sigma}x} \quad (10)$$

Por tanto la infección limitada de persona a persona cuando que la movilidad humana y distanciamiento social tiende a cero donde obtendríamos el siguiente comportamiento.

$$i(x,t) = Ae^{\delta \sigma t} \cdot (Be^{\sqrt{\sigma}x} + Ce^{-\sqrt{\sigma}x}) \quad (11)$$

Si hipotéticamente $B=C=0$

Observamos que $i(x,t) = Ae^{\delta \sigma t}$, la infección no dependería del espacio la infección seria exponencialmente indefinida con un caos completo (fig. 2).

La ecuación (11) es una solución genérica donde es dependiente del espacio y el tiempo (fig. 3). Por lo tanto Identificar y poner en cuarentena a estos pacientes en instituciones de salud donde se han producido brotes, junto con la implementación de un control de infección adecuada, y los constantes informes sobre los casos en diferentes países, ha sido eficaz para reducir la transmisión y contener brotes de la enfermedad[4].

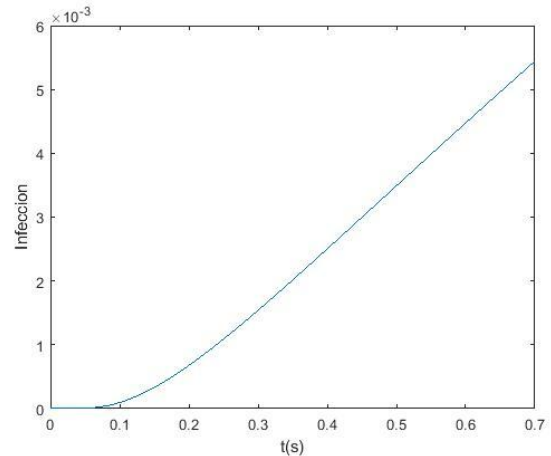


Figura 2: simulación en Matlab que representa la curva de infección respecto al tiempo.

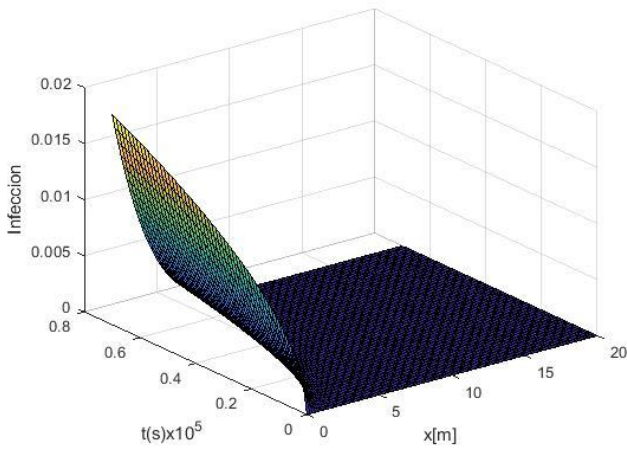


Figura 3: simulación en Matlab que representa la curva de infección respecto al tiempo y espacio.

2.1 Control mediante función de transferencia de la ecuación de villar considerando el flujo Horizontal

Siendo la propagación de la infección en la población consideremos un valor inicial de ecuación (4) como $i(x, 0)=0$.

La transformada de Laplace de $\frac{\partial i(x,t)}{\partial t}$ esta dada por:

$$L\left\{\frac{\partial i(x,t)}{\partial t}\right\} = sI(x,s) \quad (12)$$

Sustituyendo (7) en (4), se obtiene

$$\frac{\partial^2 I(x,s)}{\partial x^2} - \frac{s}{\delta} I(x,s) = 0 \quad (13)$$

Donde la solución estará dada por la nueva función de infección

$$I(x,s) = (Ae^{-kx\sqrt{s}} + Be^{-kx\sqrt{s}}) \quad (14)$$

En la cual $k=\frac{1}{\sqrt{\delta}}$ una de las condiciones de contorno consideradas para la infección en la población en un punto finito del espacio. Esto es representado por $i(\infty, t) = 0$ y $I(\infty, s) = 0$ por tanto $B=0$ entonces se tiene.

$$I(x,s) = (Ae^{-kx\sqrt{s}}) \quad (15)$$

Para el análisis de la infección en la población se considera $i_{en} = i(0,t)$ que es variable de entrada. La infección en la población a una determinada distancia L , $i_{sal} = i(L,t)$, es variable de salida.

$$I_{en}(s) = I(0,s) = A$$

$$I_{sal}(s) = I(L,s) = Ae^{-kL\sqrt{s}} \quad (16)$$

Estas condiciones de contorno son de tipo Dirichlet. Entonces tenemos la siguiente función de transferencia:

$$G(s) = \frac{I_{sal}(s)}{I_{en}(s)} = e^{-kL\sqrt{s}} \quad (17)$$

Esta es una función de transferencia de varios tipos de ingresos, otras formas pueden ser cuando se considera la densidad de flujo de infecciones incidentes como variables de entrada, donde serán para futuros estudios. En este caso la una de los primeros avances poder construir un controlador para la

controlar la infección en la población que por cierto ya conocemos la función de transferencia visto en la ecuación (17).

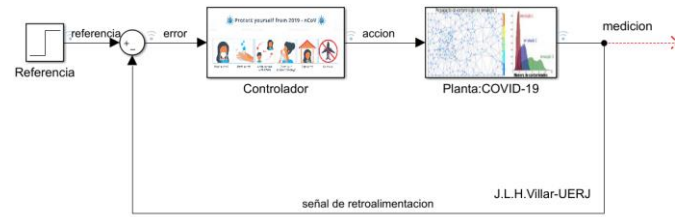


Figura 4: simulink que representa el control respecto al tiempo y espacio.

El diagrama de bloques del sistema de control, mostrando la realimentación respectiva, donde representaría diferentes tipos de controladores para aplanar la curva de infecciones del COVID 19 en la población. Que es específicamente un problema de control y muchos de estos casos representan el cierre de tiendas, restaurantes y gran cantidad de viajes cancelados, uso de mascarillas, remedios, etc.

4. CONCLUSION

Más importante tratado en este trabajo ha sido basado bajo el supuesto de que todos los individuos infectados están aislados después del período de incubación en de tal manera que no puedan infectar a otras personas.

Uno de los primeros resultados de la ecuación de villar basados en la ecuación de vitaly y malay, fue comprender las curvas de infección del COVID 19 mostradas en la figura (2) y (3) que a medida que el distanciamiento espacial respecto al tiempo es menor entonces la curva decae de lo contrario esta es creciente exponencial.

Como parte final, se encuentra una función de transferencia para construir un sistema de control, en este caso será dependiente de las políticas de seguridad y prevención de las instituciones puedan adoptar, de igual manera el estudio de control aún no es absoluto y debe ser estudiado rigurosamente por los diferentes investigadores.

5. AGRADECIMIENTOS

A Dios por haber sido mi pastor que nada me faltara en esté tiempos de Pandemia.

REFERÊNCIAS

- [1] OPS, "La OMS caracteriza a covid-19 como una pandemia," Broadcasting, IEEE Transactions on, 2020.
- [2] O. de Gestión de la Información y Estadística. Dirección General Parlamentaria, "Carpeta de geo referencial región Ayacucho Perú," Broadcasting, IEEE Transactions on, p. 5, 2019.
- [3] Vitaly Vol., Malay B. and S. Petrovskii, "On a quarantine model of coronavirus infection and data analysis," "Matemátic Modelling of Natural Phenomena, vol. 15, p. 24, 2020.
- [4] M. V. C. M. Palacios Cruz, E. Santos, "Covid-19, una emergencia de salud pública mundial," "Revista Clínica Española, p. S0014256520300928, 2020.

