

# Monitoreo de la evolución dinámica del Covid-19 en San Juan

Lo mostrado en esta página surge de los resultados de investigaciones científicas llevada adelante por el director del proyecto de investigación, Dr. Ing. H. Daniel Patiño, del INAUT de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ, en conjunto con investigadores y profesores del LIMAC de la UNC y del departamento en Informática de la Universidad de Ámsterdam. Es la respuesta al llamado, a principio de año, de la comunidad científica de la IFAC (International Federation of Automatic Control) y del *IEEE CSS (Corona Control Community Project)* de E.E.U.U para colaborar con las comunidades de epidemiología en el abordaje de este desafío global crítico y urgente de esta pandemia y para futuras pandemias desde el enfoque de la ingeniería de control y la inteligencia artificial. También es una respuesta al llamado de la OMS (Organización Mundial de la Salud), en julio, a redes internacionales de expertos para tratar y abordar temas como la generación de modelos matemáticos útiles para análisis y toma de decisiones.

Los resultados que se muestran emplean datos del parte diario oficial de Salud Pública de la provincia de San Juan y otras dos fuentes principales de *datos e indicadores propios*. Una de las fuentes de datos propias es a partir de la *movilidad poblacional* automática obtenidos de las bases de datos de Google y la otra fuente de datos es generada a través de indicadores obtenidos de los datos oficiales. El motivo de emplear principalmente estas dos fuentes de datos propias se debe principalmente a que San Juan, como en muchos otros lugares, no puede cumplir con ciertos estándares internacionales como son la tasa de positividad de los testeos diarios y la cantidad apropiada de testeos diarios. San Juan presenta un elevado porcentaje en la *tasa de positividad* de los test realizados, superior al 10% recomendado por la OMS y los estándares internacionales. El no poder realizar una cantidad de testeos suficiente, hace que la muestra obtenida sea sesgada y no sea capaz de capturar la dinámica temporal del virus, imposibilitando estimar apropiadamente la velocidad de expansión de la enfermedad. Generalmente es lo que ha sucedido y sucede en muchas regiones en las cuales el número de test diarios es insuficiente al recomendado, y por lo tanto, la cantidad de muestras tomadas presenta un intervalo de confianza muy bajo como para estimar y medir la dinámica de la velocidad de contagios diaria. La recomendación dada por la OMS, y de la comunidad científica, es que para poder controlar el brote del Covid-19 dicho índice debería estar por debajo del 10%, sugiriendo que sea del orden o menor al 5%. En dos gráficas al final de la página se muestran el índice de positividad diario y promedio semanal, y la cantidad de test diarios y su valor promedio semanal de San Juan, datos obtenidos a partir de los partes diarios de Salud Pública de San Juan.

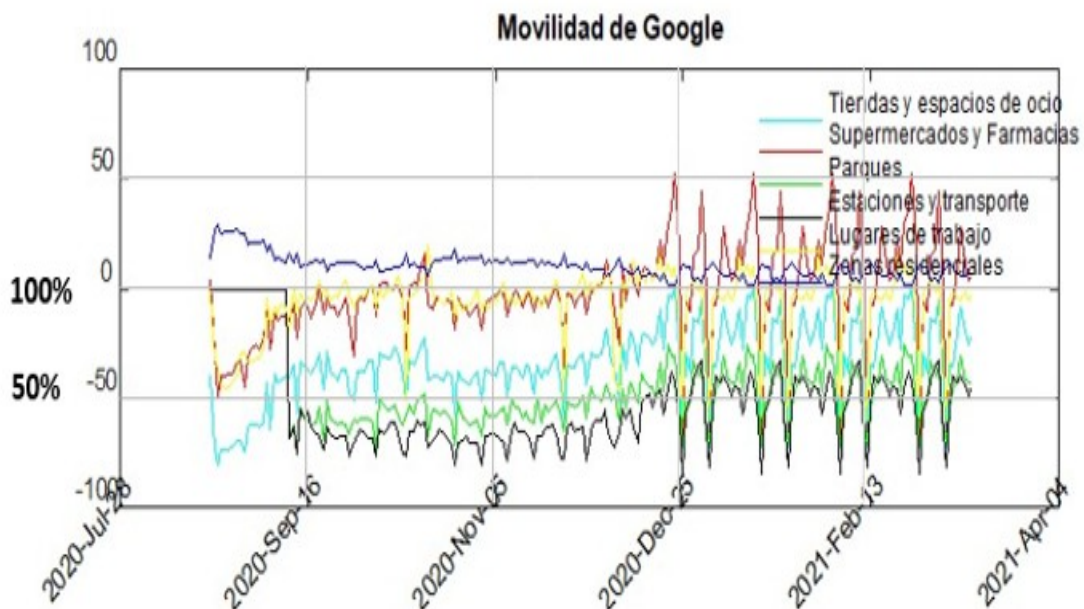
Este trabajo de investigación presenta a nuestro entender **varias contribuciones originales** en relación a cómo, a pesar de no poder muestrear apropiadamente, se puede continuar el monitoreo de la evolución de la pandemia y capturar la dinámica temporal del Sars-Cov2. Esto permitiría el diseño de estrategias y toma inteligente de acciones de mitigación no farmacológicas para controlar el brote, y así, la posibilidad de aplanar la curva de infectados.

Las estimaciones propias de la evolución dinámica del Covid-19 en San Juan que se muestran se han obtenido empleando modelos estadísticos, modelos de sistemas y procesos dinámicos,

algoritmos de Inteligencia Artificial e Ingeniería de Sistemas de Control, tomando y empleando publicaciones de los principales centros de investigación del mundo entero.

*Las estimaciones y proyecciones realizadas oportunamente estaban sujetas a cambios en el comportamiento poblacional y a cambios en las estrategias de mitigación no farmacológicas.*

## Movilidad generada por sistemas automáticos de Google

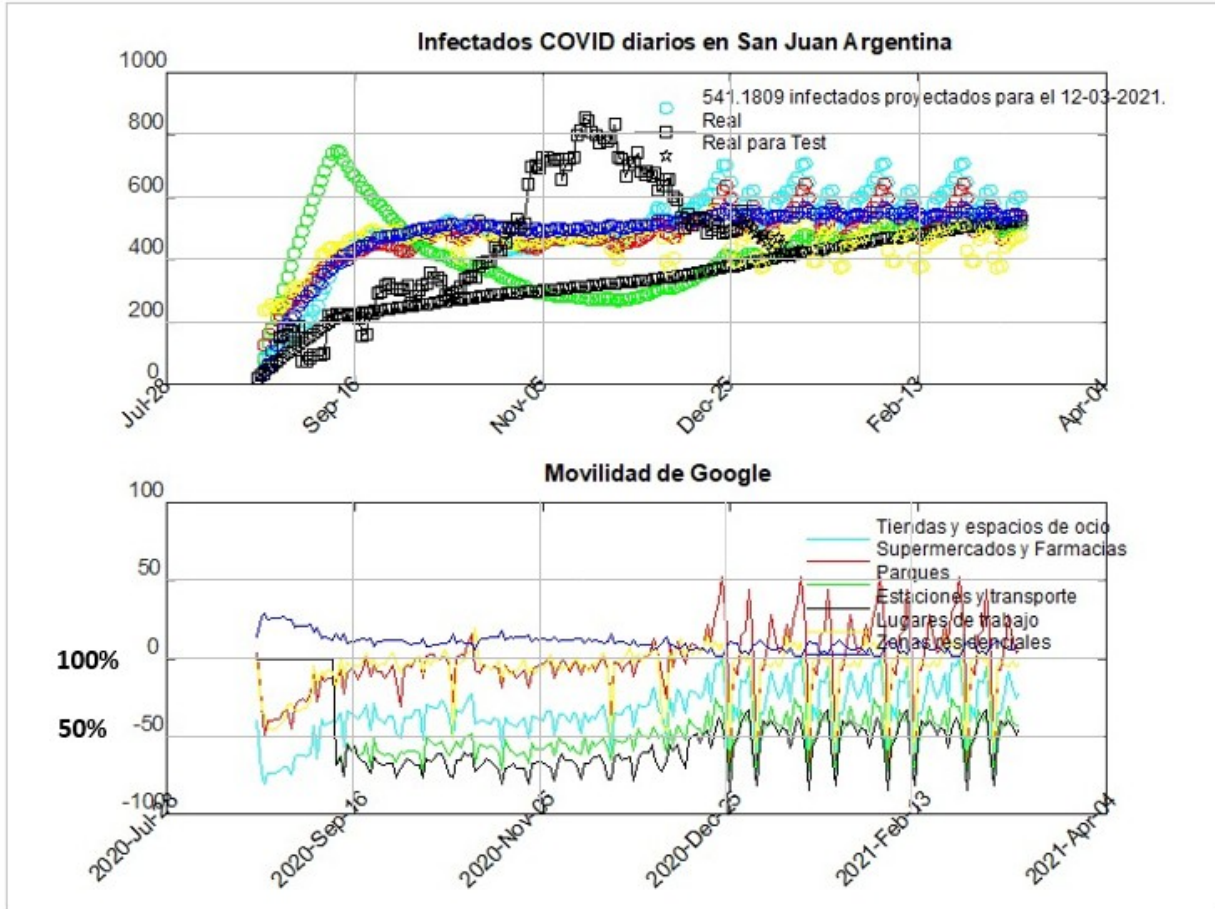


*Fuente de información de movilidad poblacional según base de dato de Google tomando como base febrero de 2020 (100% de movilidad poblacional).*

En la Figura se muestra la movilidad poblacional dada por la movilidad automática de Google para investigación, con un **promedio de movilidad del 83% para San Juan**.

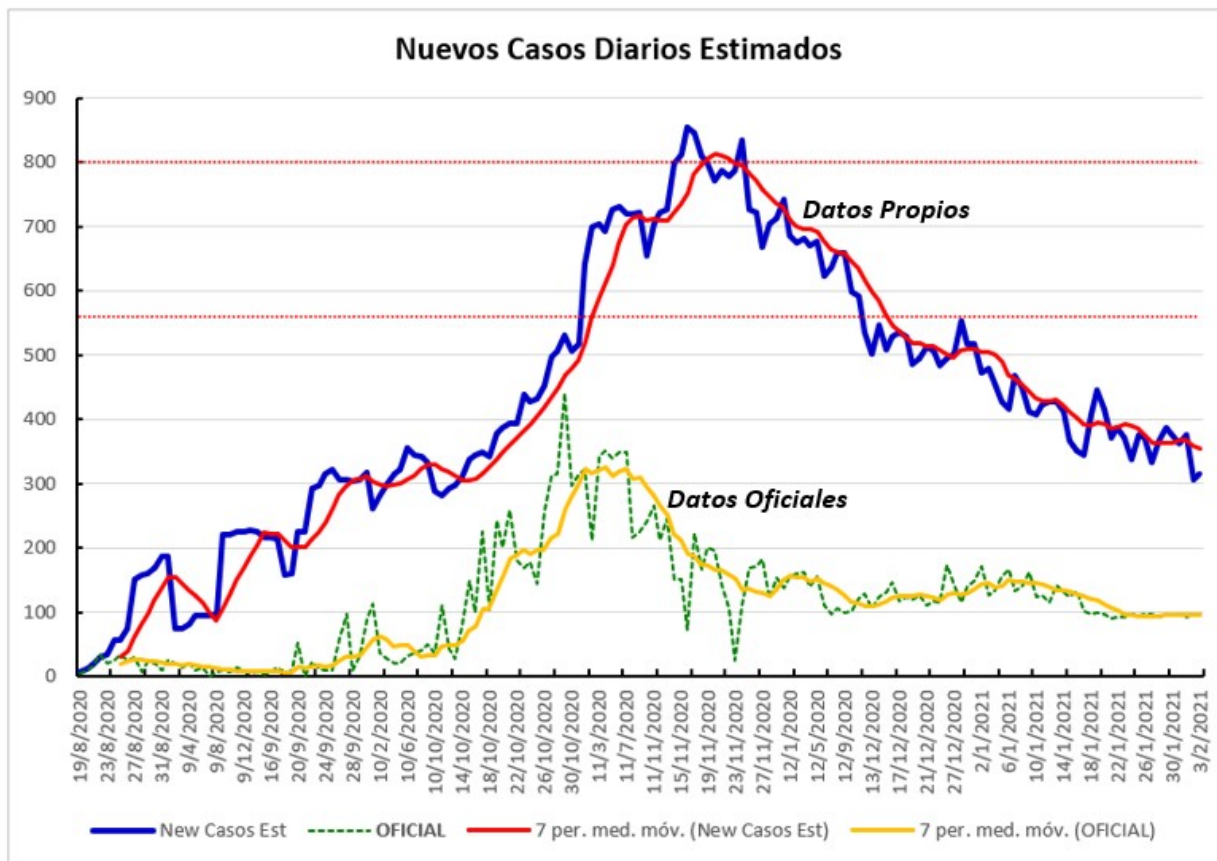
Se observa una movilidad en zonas *Residenciales* y *Supermercados y Farmacias* por arriba del 10% respecto a la movilidad en febrero de 2020, es decir de alrededor de un 110%; y un incremento de la movilidad también en el resto de las actividades *Lugares de Trabajo*; *Tiendas y Espacios de Ocio*; en *Parques y Estaciones de Transporte*.

# Estimaciones y proyecciones de infectados diarios

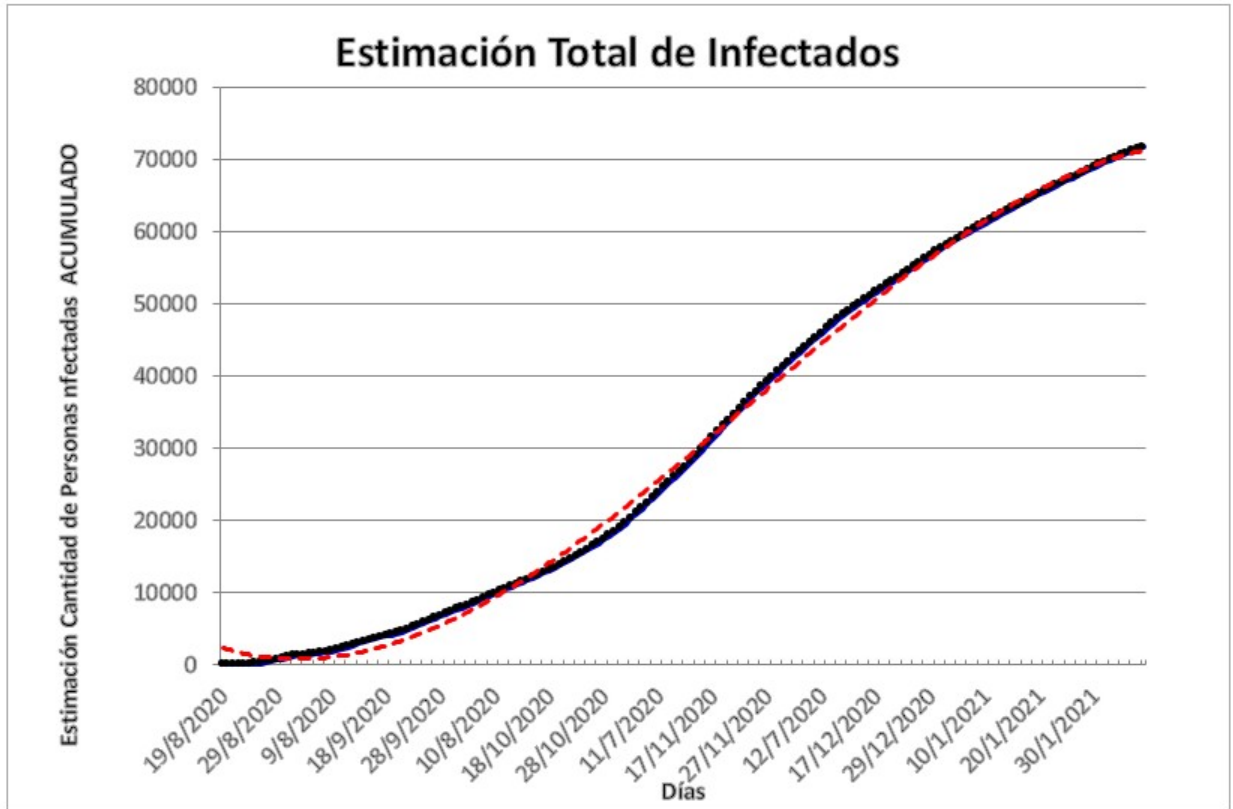


En la Figura (parte superior) se detalla la evolución de la estimación en la proyección de contagios diarios tomando en cuenta a la *movilidad poblacional* y la *serie temporal propia*, estabilizándose en un valor promedio de alrededor de unos 500 casos diarios.

# Estimaciones de infectados diarios con *indicadores construidos a partir de los partes diarios oficiales de San Juan*



**Curva estimada** de la evolución de los infectados diarios a partir de la construcción de *indicadores propios*, a partir del 19 de agosto de 2020, inicio del brote de Caucete.



Curva estimada de casos acumulados en San Juan con datos a partir de la construcción de indicadores propios que puedan estimar y capturar la dinámica de propagación del Covid-19 a partir del día 19/08/2020, inicio del brote en la Ciudad de Caucete de la provincia de San Juan.

Estimación de Infectados del día 4/2/2021: **285** *tendencia* ↓

Total Acumulados: **71.727**

La curva azul corresponde a la curva de nuevos casos diarios con los *indicadores propios*, la verde punteada es la correspondiente a los *datos oficiales*. Las líneas rojas punteadas horizontales indican la estimación de la capacidad del sistema de salud de San Juan, 70% y 100% respectivamente. Dichos límites fueron calculados y estimados en agosto del año pasado, teniendo en cuenta la capacidad de los sistemas de salud público y privado a partir de datos no oficiales, y empleando el trabajo de Giannakeas V., et. all, "Estimating the Maximum Capacity of COVID-19 Cases Manageable per Day Given a Health Care System's Constrained Resources". *American College of Physicians. Journal of Annals of Internal Medicine*, (2020).

Puede observarse una **diferencia significativa entre la curva oficial y la propia** en un factor de alrededor de cuatro, coincidente con muchos trabajos científicos, los cuales establecen que los datos oficiales de nuevos casos deberían ser ajustados multiplicándolos por lo menos por un factor de cuatro. Esto se debe principalmente debido a la baja cantidad de testeos diarios que

se realizan, que, como resultado da un índice de positividad por encima del 10% recomendado por la OMS y la comunidad científica.

Analizando la Figura 1, puede verse que el pico de contagios se produjo alrededor del 16-17 de noviembre del 2020, llegando a saturar la capacidad sanitaria de la provincia, pero durante un periodo corto. Luego se observa una disminución hasta el día 12 de diciembre, luego se produce un corto amesetamiento en unos 500 casos diarios hasta el día 2 de enero; para luego, continuar decreciendo a una velocidad menor el resto del mes de enero y principio de febrero, llegando a tener 285 casos diarios al día de la fecha.

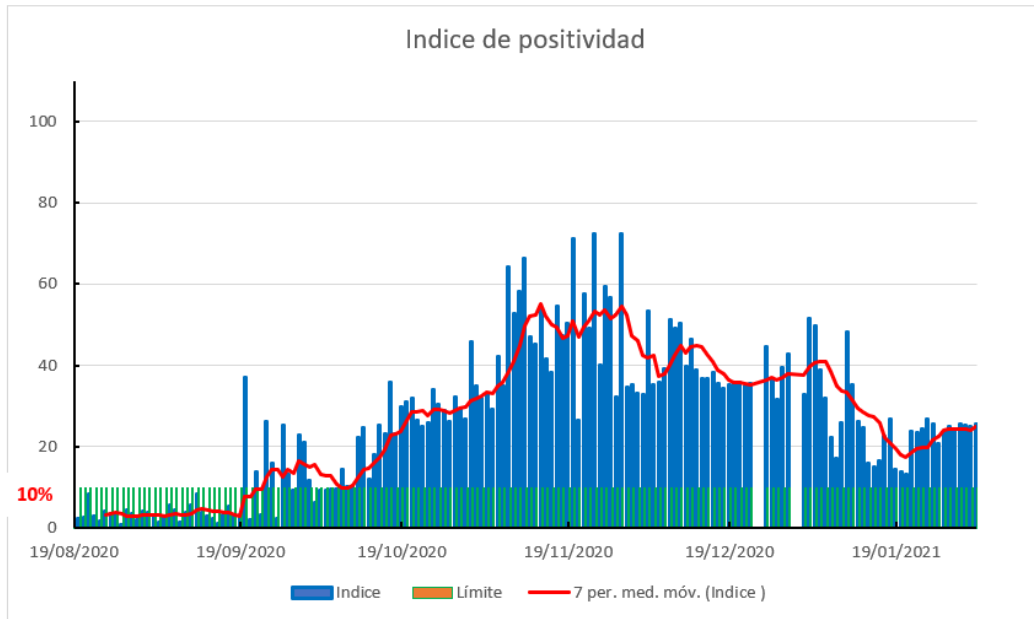
Como proyección en el corto plazo se puede establecer una tendencia a continuar disminuyendo lentamente con una tendencia a estabilizarse en alrededor de unos 300 a 350 nuevos casos diarios. Este amesetamiento o estabilización en la cantidad de casos nuevos se puede ver como un **punto de equilibrio** que se alcanza en función del *comportamiento del virus*, el *comportamiento de la población* y de las *políticas de mitigación impuestas por gobierno*. Es de notar que este punto de equilibrio es aún elevado en el sentido de que el virus continúa circulando, estresando el sistema sanitario en un 40% de su capacidad máxima estimada.

Se estima que **la cantidad de nuevos casos debería continuar bajando**, considerando el patrón de comportamiento que tuvo el virus en la misma estación del año el año pasado en el hemisferio norte. Sin embargo, debe **mantenerse la alerta** debido a que en algún momento podría haber un aumento en el número de casos diarios principalmente al ingreso y circulación de las nuevas cepas B-117 y P1, las cuales son más contagiosas, en un 50% más, y también más graves.

La tendencia a la baja de nuevos casos durante esta época del año coincide con el patrón de comportamiento del virus en la misma época del año en el hemisferio norte. Se puede deber principalmente a dos *factores principales*, *la estacionalidad* y *la influencia de los rayos*, como lo indican algunos trabajos científicos recientes.

## Índice de positividad de los testeos

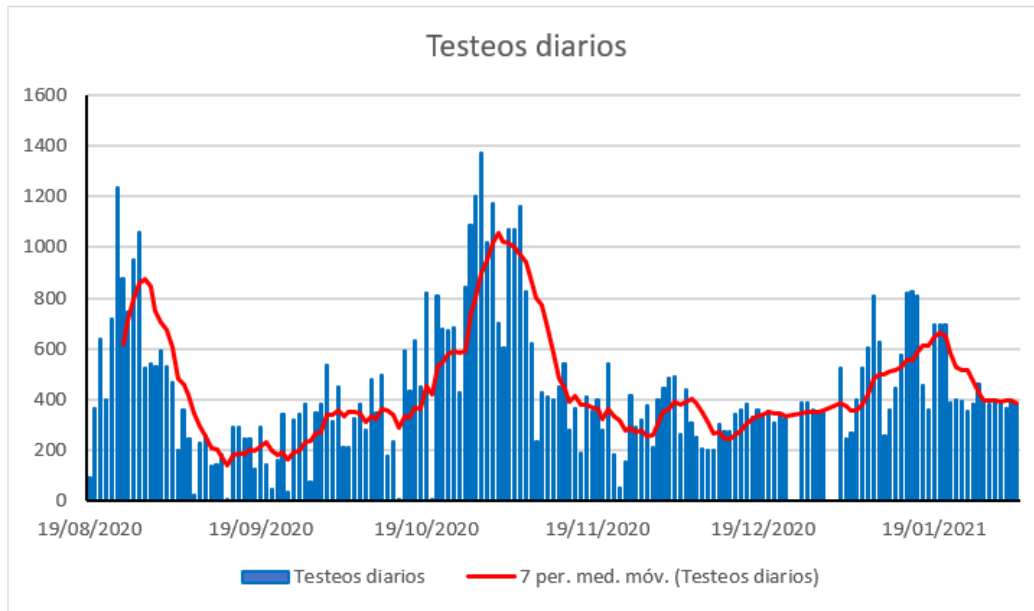
Índice de positividad de los testeos realizados por día y media móvil semanal obtenida con los datos del parte diario de Salud Pública. El umbral recomendado por la OMS y la comunidad científica es de un índice del 10% o menor, lo recomendable para ser empleado como mitigación de la pandemia del orden o menor al 5%. Superar ese límite implica que no se está testeando lo suficiente como para capturar la dinámica temporal de propagación del Covid-19.



Índice de positividad con datos obtenidos del parte diario de Salud Pública de San Juan.

## Testeos diarios realizados

Lo recomendado por la OMS y la comunidad científica es de realizar 10 test cada 1000 habitantes o lograr una cantidad de testeos diarios para alcanzar un índice de positividad menor al 10%. Los datos son tomados de los partes diarios de Salud Pública de San Juan.



Cantidad de testeos diarios realizados con datos obtenidos del parte diario de Salud Pública de San Juan.

## Fuentes de Datos Empleadas

Se emplean principalmente tres fuentes de datos. Una es la base de datos Our World in Data de la Universidad de Oxford, Londres, la cual registra datos de todos los países del mundo. La segunda fuente, es a partir de los datos oficiales dados por el Ministerio de Salud Pública de la provincia de San Juan. La tercera fuente de datos son la movilidad poblacional que brinda la base de datos de movilidad automática de Google para investigación, dividida en seis segmentos.

Existen estándares internacionales relacionados a la forma de obtención y registro de los datos para poder ser apropiadamente empleados en el registro estadístico, la construcción de modelos matemáticos y la toma de decisiones. Dos estándares importantes establecen el procedimiento apropiado para poder capturar y estimar la dinámica de expansión de la enfermedad del Covid-19 en una determinada población. Estos índices están vinculados al muestreo de la población, y son, el de positividad de los testeos y la cantidad de testeos diarios que se deben hacer en una determinada población para poder evaluar apropiadamente la expansión de la enfermedad. Las recomendaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud), y de la comunidad científica, es que se deben conseguir *índices de positividad bajos*, del orden o menor al 10%, y la realización de unos 10 test cada 1000 habitantes.



La tasa de positividad en el testeo es una relación entre la cantidad de casos positivos y el total de testeos realizados (suma de los test negativos y positivos):

$$\text{Índice de Positividad} = \frac{\text{Tests positivos}}{\text{Total de tests realizados (positivos + negativos)}}$$

También este índice se puede calcular como el promedio semanal.

Este índice es utilizado para evaluar si los casos positivos de infectados detectados reflejan la cantidad real de infectados de una población, es decir, si se está capturando la dinámica temporal de expansión de contagios de la enfermedad. Como se dijo, los estándares internacionales establecen que **índices superiores al 10% indica que no se está detectando la verdadera cantidad de infectados diarios**. Lo recomendado es que sea del orden del 5%, o menor, y entonces el testeo con aislamiento será una herramienta efectiva de mitigación no farmacológica contra la propagación del Covid-19. Esta herramienta de mitigación de este siglo permite detectar y poder aislar a los infectados, pero principalmente, a los asintomáticos o pre sintomáticos. **"Alcanzar un nivel de positividad de testeo por debajo del 5% permite flexibilizar actividades de forma segura"** (comerciales, escuelas, sociales, etc., estar en fases altas de distanciamiento poblacional). De esto no hay duda, y se ha podido probar en nuestros trabajos de investigación recientemente publicados. Además, los datos obtenidos siguiendo estos estándares garantizan el registro estadístico apropiado, la posibilidad de ser empleados en la construcción de modelos matemáticos, su empleo en la toma de decisiones y el desarrollo de estrategias de mitigación.

Para poner algunos ejemplos: en Estados Unidos, el índice de positividad es del 6.8 %; en India, del 8.1; en Brasil, del 28; en Rusia, del 2.4; en Colombia, del 22.3; en Chile, del 13.2; en Italia, del 2.8; en Reino Unido, del 2.2; en Francia, del 5.7; y en Suecia, del 5.8. **Argentina, del 37.6%**, es una de las tasas de positividad más altas de la región. **San Juan, con el 25%**, y un promedio mensual del orden del 47%.

El otro estándar internacional está vinculado a la cantidad apropiada y suficiente de testeos diarios como para poder alcanzar ese índice de positividad del 10% o menos. Para ello la recomendación es de realizar 10 test cada 1000 habitantes. Para el Dr. Conrado Estol, **"el testeo es especialmente importante para identificar personas asintomáticas que diseminan la enfermedad, pero no pueden ser identificadas si no se diagnostican con el testeo"**. En esto no hay duda en la comunidad científica.

Estos dos estándares internacionales, recomendaciones de la OMS y de la comunidad científica, **deben ser cumplidos para que los datos obtenidos de los testeos diarios puedan ser considerados** en los registros estadísticos de las bases de datos internacionales, para que la comunidad científica los emplee en la construcción de modelos matemáticos y para el desarrollo de estrategias de mitigación no farmacológicas contra el Covid-19.

## Análisis de la Provincia de San Juan

Empleando los partes diarios oficiales del Ministerio de Salud Pública de la provincia de San Juan, se observa que el *índice de positividad diaria es elevado* y está directamente relacionado con una *baja cantidad de testeos diarios* que se realizan. San Juan presenta un índice de positividad superior al 40%, habiendo llegado a superar más del 50%, y con un promedio mensual del orden del 47%. Actualmente la cantidad de test diarios promedios es del orden de los 400-. La evolución temporal de ambos índices puede verse en las gráficas de las Figuras 1 y 2. Las curvas mostradas son obtenidas a partir del 19 de agosto del presente año, inicio del brote de Caucete.

Esta situación, de tener índices de positividad elevados y baja cantidad de testeos, y guiados por las recomendaciones según los estándares internacionales, ocasiona que *los datos oficiales referidos a la detección de los nuevos casos no se consideren para los registros estadísticos ni para la construcción de modelos matemáticos. El elevado sesgo en esos datos llevaría a cometer errores significativos, tanto en los registros estadísticos como en los modelos.*

Todos los científicos y especialistas coinciden, en que mientras más casos se encuentren entre todas las personas que están infectadas, mayor será la posibilidad de aislarlos y seguir la trazabilidad de sus contactos estrechos, y así, posibilitar cortar la expansión del virus y su control. *"Por el contrario, si solo se detecta una pequeña proporción de los infectados, la mayoría seguirá circulando y contagiando al resto de los susceptibles. Entonces, el virus seguirá circulando y la pandemia continuará expandiéndose".*

Se proponen unos ejemplos para que se comprenda mejor estos dos importantes estándares internacionales que deberían cumplirse.

Con la realización de una cantidad baja de testeos se corre el riesgo de no poder saber a ciencia cierta lo que realmente está pasando, con qué velocidad se está expandiendo la enfermedad en la población. *Ejemplo.* Si se supone que hay por día unos 1000 infectados y se realizan sólo 200 testeos, suponiendo además un índice de positividad del 50%, se habrán detectado solo 100 nuevos casos, escapándose 900 casos sin detectar. Ahora, si solo se hacen 100 test diarios, con la misma tasa de positividad, se obtendrán 50 nuevos casos. Evidentemente, a medida que se testeé menos, más aplanada se verá la curva de infectados, conduciendo a un error cada vez mayor. Si la cantidad de test diarios continua con un promedio bajo, se observará una *curva amesetada irreal*. Un caso extremo, es que el día en que se realicen solo 10 test, habrá tan sólo detectados 5 nuevos casos. Y el día que no se realicen test, ese día habrá 0 casos y se declararía erróneamente que el SARS-Cov2 se ha erradicado en ese lugar.

Por el contrario, si existen 1000 infectados y se realizan 2000 testeos, con un índice de positividad del 50%, se habrán detectado posiblemente la mayoría de los 1000 infectados. Si la cantidad de testeos se aumenta, no sólo que se comenzará a capturar la real dinámica del virus, sino que el índice de positividad comenzaría a disminuir. Es lo deseable.

Este hecho que se presenta en San Juan, de tener índices de positividad elevados con bajas cantidad de testeos diarios realizados, se presenta en general en muchas regiones del país y del

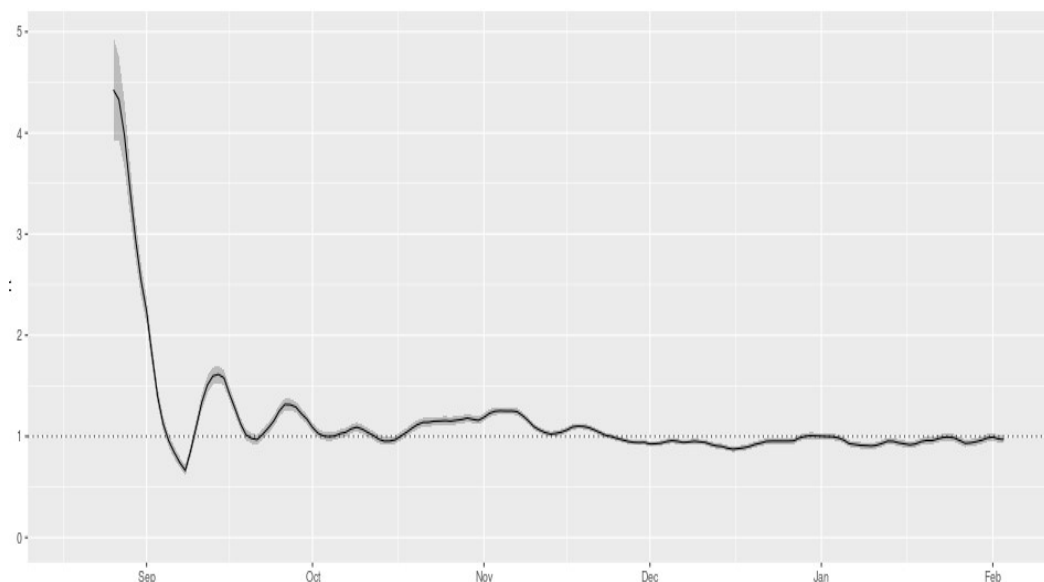
mundo entero. Muchas veces no es que no se desee realizar la cantidad de testeos apropiados, sino que muchas veces es por la falta de insumos, insuficiente capacidad de procesamiento de los laboratorios clínicos e insuficientes recursos económicos como para solventar y sostener esta acción durante todo el tiempo que llevará lidiar con esta pandemia.

Lo recomendable, para garantizar que lo que se está observando es próximo a la verdadera expansión de la enfermedad, es que en la provincia se deberían realizar al menos 1500 test diarios, o 7000 test semanales, para poder conseguir un índice de positividad menor al 10%. Desde el punto de vista práctico debería intentarse conseguir un índice de positividad menor al 10%. Esto permitiría observar con mayor precisión la evolución de contagios de la enfermedad y ayudar a la toma de decisiones para el control de la epidemia, como así también, *advertir a la población a exigirse y comprometerse más en el cuidado personal y el cumplimiento de los protocolos vigentes. De lo contrario se corre un riesgo grande de que el brote en algún momento pueda alcanzar verdaderamente una velocidad exponencial, estresando el sistema sanitario y teniendo una mayor proporción de la población infectada.* Un objetivo muy importante de hoy, no es sólo que no llegue a colapsar el sistema sanitario de salud, sino también se obtenga la menor cantidad de infectados. Recientes estudios, establecen que una gran parte de esa población infectada quedará con secuelas pulmonares, cardíacas y cerebrales.

### Tasa de Contagios Estimada, $R_0$

Respecto al  $R_0$ , tasa de contagios, con los *indicadores propios* se estima su valor medio en 0.99 con una desviación estándar de 0.02. Esto significa que ***está controlada la velocidad de contagios*** en la provincia. Es importante recordar que, si el número de reproducción es mayor a 1, la cantidad de casos aumenta en forma exponencial. La meta de todos los gobiernos en todo el mundo es tratar de forzar, con herramientas no farmacológicas, a que este número de reproducción este *por debajo de uno*, idealmente por debajo de 0.7. Por debajo de este valor se puede considerar que la enfermedad estaría prácticamente en vías de su erradicación en la población. Situación ésta que se debería confirmar cuando se logre la inmunidad de rebaño en la población a través de su vacunación.

En la Figura puede observarse la ***evolución de contagios,  $R_0$*** , en San Juan a partir del brote iniciado en la ciudad de Caucete a partir de los ***datos propios***.



**Evolución de contagios,  $R_o$** , en San Juan, con un intervalo de confianza del 95%, a partir de *datos propios*.

## Conclusiones y Observaciones

Se observa que **continúa la baja en los nuevos casos a una velocidad menor, pero sostenida, tendiendo a un amesetamiento**, o alcanzando un *punto de equilibrio*, en 300 a 350 nuevos casos diarios (considerando los *indicadores propios*). Este punto de equilibrio se alcanza en función del resultado total entre el *comportamiento del virus*, el *comportamiento de la población* y de las *políticas de mitigación del gobierno*. Si bien está controlada la propagación de la enfermedad, este punto de equilibrio es aún elevado en el sentido de que *el virus continúa circulando, estresando el sistema sanitario* en un 40% de su capacidad máxima estimada y con una cantidad promedio de 2 a 3 fallecidos por día. Según los *indicadores propios* la cantidad de casos acumulados es de 70.259, por lo que la cifra oficial se debería multiplicar por 3.7. Algunos expertos en trabajos científicos recomiendan en general multiplicar los casos detectados por un factor de 4.

El  $R_o$ , tasa de contagios con los *indicadores propios*, se estima en 0.99, **confirmándose que está controlada la velocidad de contagios en la provincia**.

Con los datos oficiales, San Juan tiene un índice de mortalidad por millón de habitantes de 545,3 (casi la mitad de la media nacional de 1.082) y un índice de letalidad de 2,2% (por debajo de la media nacional de 2,48%). Considerando los indicadores propios los índices dan 821 y 1% respectivamente.

**El índice de positividad ha mejorado**, alcanzando un 25.5% promedio a partir de mediados del mes de enero. Recordamos que se recomienda alcanzar un valor del 10% o menor, para así

poder capturar mejor la dinámica de la velocidad de contagios diarios. El número de testeos en promedio es de 400.

La movilidad poblacional dada por la movilidad automática de Google para investigación, con un **promedio de movilidad del 83% de San Juan**.

Se puede concluir que **la pandemia de Covid-19 esta controlada en la provincia de San Juan, con la expectativa de poder llegar a un  $R_0$ , velocidad de contagio, menor a 0.7 para el inicio de abril-mayo** que es cuando se espera la *segunda ola* con posiblemente las cepas nuevas del virus circulando.

Es recomendable hasta tanto se alcance la vacunación de más del 75-80% de la población continuar empleando las tres herramientas principales de mitigación no farmacológicas contra el Covid-19:

1) Distanciamiento social preventivo, como es el empleo de barbijos y mascarillas (bien colocados), la higiene personal con el lavado de manos y el empleo de alcohol en gel, el distanciamiento entre personas de al menos 2 metros de distancia y el evitar reuniones en lugares poco ventilados. Intensificar la higiene personal principalmente en el uso de baños públicos, recomendado por un estudio científico reciente.

2) Testeos masivos con aislamiento de sintomáticos, asintomáticos y pre sintomáticos y trazabilidad de los contactos estrechos, principalmente en la detección de algún brote. Esto permite operar en fases elevadas de distanciamiento poblacional y estar controlando efectivamente la velocidad de contagios del Covid-19.

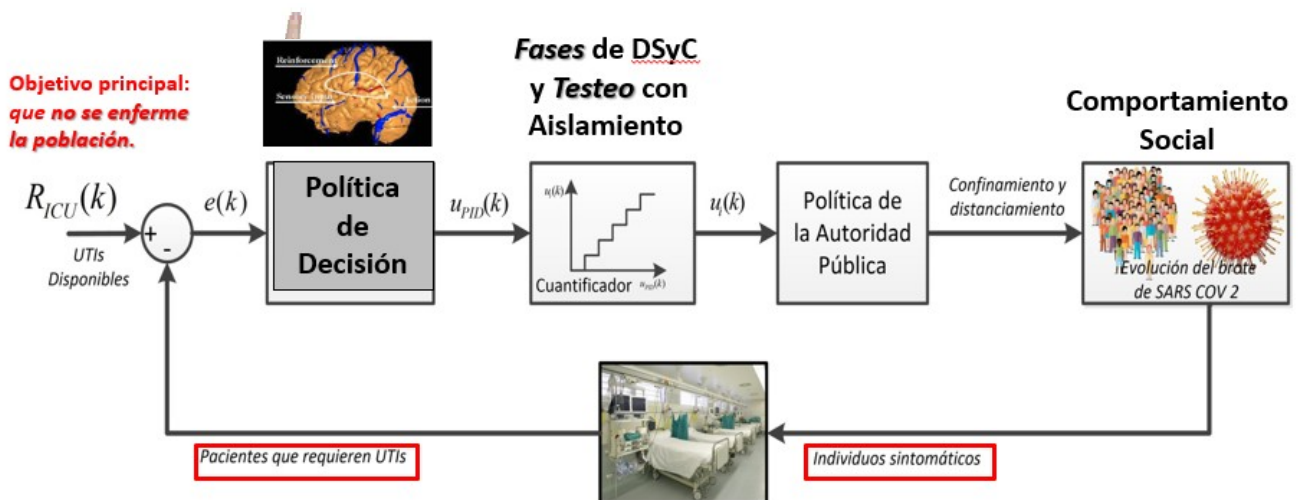
3) Cumplimiento rigurosamente de los protocolos acordados con cada una de las actividades sociales, educativas y económicas.

Si bien se observa que el factor estacional es determinante y contribuye significativamente en la disminución de la velocidad de contagio, existe intacta la elevada capacidad del SARS-Cov2 de transmisión y contagio, más aún si no se cumple estrictamente el distanciamiento preventivo y los protocolos asumidos para cada una de las actividades habilitadas como herramientas de mitigación.

Se continuará monitoreando atentamente la posibilidad de cualquier cambio detectado en las tendencias debido principalmente a la posibilidad de ingreso y circulación de las nuevas cepas en nuestra provincia y a la mayor movilidad que se espera a partir de los próximos meses con el inicio de las actividades escolares.

## Sistema de Control del Brote de COVID-19 Propuesto

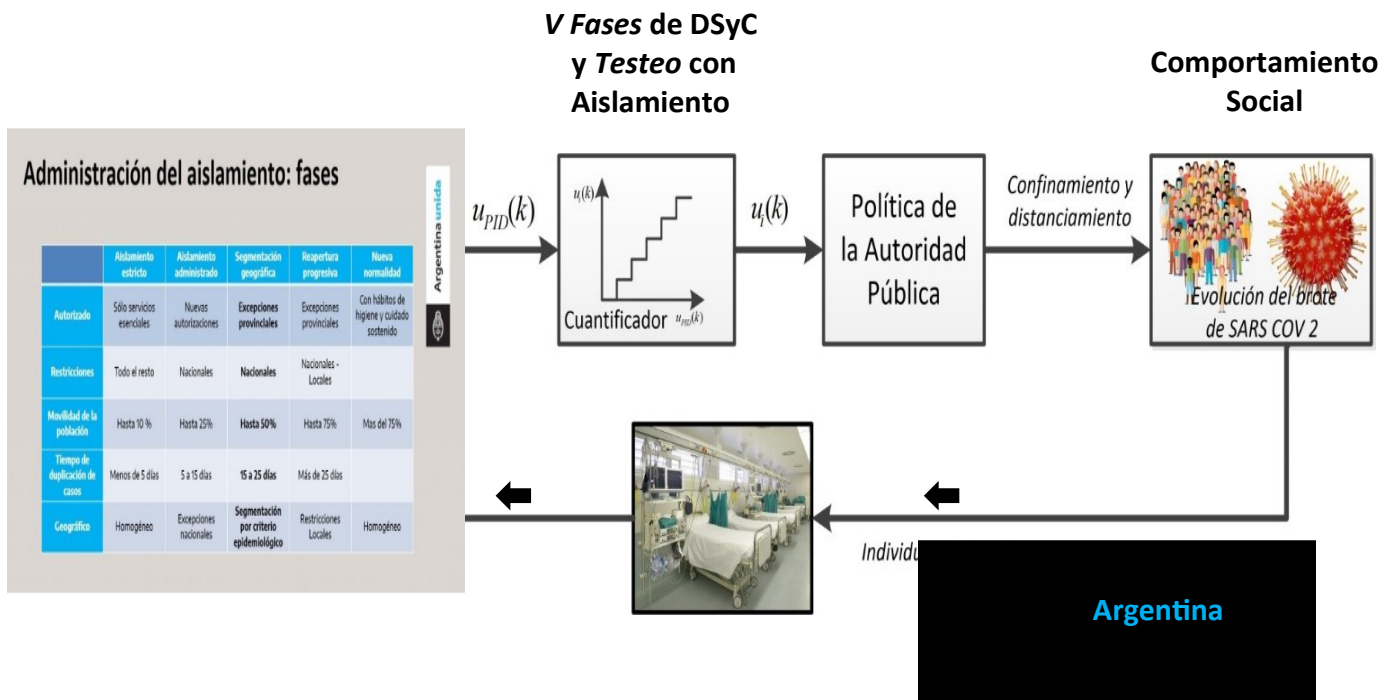
El tener una elevada tasa de positividad y una baja cantidad de testeos, hechos que han y ocurren en la mayoría de las regiones, inclusive en Europa, no permite capturar la dinámica temporal de propagación del Covid-19, y por lo tanto, la variable de *nuevos casos diarios*, o la duplicación de nuevos casos en días, no sería recomendable ni apropiada para ser empleada en la generación de estrategias de mitigación de distanciamiento poblacional ni en la toma de decisiones. A pesar de ello, se pueden construir otros indicadores que sí permitan capturar la dinámica de contagios para ser empleada en el diseño de estrategias de mitigación. Un esquema del sistema propuesto se muestra en la figura siguiente. Para más detalles puede accederse al trabajo “Control del Brote de COVID-19 para Prevención del Colapso del Sistema Sanitario y UTI basado en el Distanciamiento Social, Confinamiento y Testeo” que se presenta la semana próxima en el Congreso ARGENCON 2020 del IEEE.



Estructura de Control Inteligente para el control del brote de Covid-19 propuesta basada en las tres herramientas no farmacológicas de mitigación: distanciamiento social preventivo, confinamiento o Fases de distanciamiento social poblacional y testeos masivos con aislamiento de sintomáticos y pre sintomáticos.

# Sistema de Control del Brote de COVID-19 Propuesto por Argentina

Un diagrama de bloques del sistema de control del SARS-CoV-2 propuesto por Argentina, el cual define la administración de fases de distanciamiento poblacional en función de la duplicación de casos por días se muestra en la figura siguiente. La debilidad de esta estrategia de mitigación está en la señal de realimentación que considera la cantidad de nuevos casos diarios. Si la muestra es insuficiente, con un índice de positividad por debajo del 10%, no puede capturar y estimar la velocidad real de contagios. Para más detalles puede accederse al trabajo *Formulación de Estrategias para la Mitigación del Covid-19 basada en Inteligencia Artificial. Control del Brote de Covid-19 basado en el Distanciamiento Social, Confinamiento y Testeo con Aislamiento*. Aportes desde la Ing. de Sistemas de Control e Inteligencia Artificial. Centro de Estudios en Tecnologías Inteligentes Academia Nacional de Ciencias de Bs.As. PANEL DEBATE. Setiembre de (2020) y Video.



Estrategia Argentina para el control del brote de Covid-19 basada en la administración de FASES de distanciamiento poblacional.

# Administración del aislamiento: fases

	Aislamiento estricto	Aislamiento administrado	Segmentación geográfica	Reapertura progresiva	Nueva normalidad
Autorizado	Sólo servicios esenciales	Nuevas autorizaciones	Excepciones provinciales	Excepciones provinciales	Con hábitos de higiene y cuidado sostenido
Restricciones	Todo el resto	Nacionales	Nacionales	Nacionales - Locales	
Movilidad de la población	Hasta 10 %	Hasta 25%	Hasta 50%	Hasta 75%	Más del 75%
Tiempo de duplicación de casos	Menos de 5 días	5 a 15 días	15 a 25 días	Más de 25 días	
Geográfico	Homogéneo	Excepciones nacionales	Segmentación por criterio epidemiológico	Restricciones Locales	Homogéneo



Política Argentina de administración de Fases de distanciamiento poblacional en función del tiempo de duplicación de casos.

## Videos de conferencias y presentaciones:

- Control del brote de COVID-19 para Prevenir el Colapso de la Capacidad Sanitaria y Saturación de Camas de Terapia Intensiva. H. Daniel Patiño y Santiago Tosetti. *Seminario INAUT-CONICET*, UNSJ, Junio de 2020. Puede accederse a través de <https://conferencias.unsj.edu.ar/b/san-94p-kuh>
- Sistema de Control del Brote de COVID-19 para Prevención del Colapso de la Capacidad Sanitaria y Saturación de Camas de Terapia Intensiva. Una propuesta desde la Ingeniería de Sistemas de Control. H. Daniel Patiño y Santiago Tosetti. *Seminario INAUT-CONICET*, UNSJ, Junio de 2020. Puede accederse a través de <https://conferencias.unsj.edu.ar/b/san-94p-kuh>
- Control del brote de Covid-19 basado en el distanciamiento social, confinamiento y testeo con aislamiento. *Análisis de la estrategia y experiencia empleada por Argentina y otros países Un enfoque desde la Ingeniería de Sistemas de Control*. H. Daniel Patiño, Santiago Tosetti, Julián Pucheta UNC, Cristian Rodriguez Rivero (Universiteit van Amsterdam). *Seminario INAUT-CONICET*, UNSJ, Setiembre de 2020. Puede accederse a través de <https://conferencias.unsj.edu.ar/b/san-94p-kuh>
- Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires. Formulación de estrategias para la mitigación del Covid-19 basadas en Inteligencia Artificial. Centro de Estudios en Tecnologías Inteligentes Academia Nacional de Ciencias de Bs.As. PANEL DEBATE. Setiembre de 2020. Puede accederse <https://www.youtube.com/watch?v=h9lhV7p6Bqw>



- **La Matemática subyacente a la Pandemia: Certezas e incertidumbres.**  
[https://www.youtube.com/watch?v=L7oLtYbrLA&ab\\_channel=CICCSISala2](https://www.youtube.com/watch?v=L7oLtYbrLA&ab_channel=CICCSISala2)
- **Inmunidad Colectiva Parte 1** (1º video de la Lista de Reproducción)  
[https://www.youtube.com/watch?v=KmGtEmF0e7w&list=PLVBZ5QpEt37xdJOGmk1tuMIwYAZtvukSK&ab\\_channel=FranciscoLbannez](https://www.youtube.com/watch?v=KmGtEmF0e7w&list=PLVBZ5QpEt37xdJOGmk1tuMIwYAZtvukSK&ab_channel=FranciscoLbannez)

## Noticias sobre el Covid-19

- Celebraciones seguras. S.A.D.I. Sociedad Argentina de Infectología.  
<https://www.sadi.org.ar/novedades/item/1349-celebraciones-seguras>.
- La OMS pide que se use mascarillas en las reuniones familiares de Navidad en Europa.  
<https://www.telam.com.ar/notas/202012/538665-oms-mascarilla-reuniones-familiares-navidad-europa.html>
- Sitio Oficial de la **Organización Mundial de la Salud**. <https://www.who.int/es>
- **La OMS** dice que las vacunas no erradicarán la COVID y pide cautela, pues seguirá habiendo super contagios. <https://www.20minutos.es/noticia/4491755/0/oms-niega-vacunas-erradicaran-covid-pide-cautela-supercontagios/>
- **MIT Technology Review**. <https://www.technologyreview.es/s/12850/el-18-de-los-enfermos-de-covid-19-desarrolla-un-problema-mental>
- MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.es/s/12431/la-inmunidad-de-grupo-contr-el-coronavirus-podria-ser-imposible-de-lograr>
- MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.es/s/12424/estos-son-los-factores-de-mayor-riesgo-de-muerte-por-coronavirus>
- Coronavirus: qué dice el modelo matemático del **Imperial College de Londres** que cambió la estrategia de Reino Unido frente al covid-19. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51930745>
- Potential Long-Term Intervention Strategies for COVID-19. **Stanford University**. <https://covid-measures.stanford.edu/>
- Coronavirus: policy design for stable population recovery – IFAC Blog.  
<http://blog.ifac-control.org/control/coronavirus-policy-design-for-stable-populationrecovery/>
- No, Alemania no "está contando de menos" a sus muertos por coronavirus Algunas Referencias empleadas. [https://www.elconfidencial.com/mundo/europa/2020-03-17/no-alemania-no\\_2501511/](https://www.elconfidencial.com/mundo/europa/2020-03-17/no-alemania-no_2501511/)
- Covid-19. Muertos por millón: ¿por qué la Argentina está cuarta en el mundo?  
<https://www.lanacion.com.ar/sociedad/mortalidad-covid-por-que-pais-esta-primeros-nid2510779>
- Por qué razón Argentina fue excluida de las estadísticas mundiales sobre el coronavirus.  
<https://www.cronista.com/economiapolitica/Por-que-razon-Argentina-fue-excluida-de-las-estadisticas-mundiales-sobre-coronavirus-20201021-0041.html> Copyright © [www.cronista.com](http://www.cronista.com)
- Intervenciones globales no farmacológicas en la pandemia COVID-19.  
[http://www.fupremus.org.ar/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=284:covid-19-intervenciones-globales&Itemid=251](http://www.fupremus.org.ar/index.php?option=com_k2&view=item&id=284:covid-19-intervenciones-globales&Itemid=251)

## Referencias

"ur # orld in Data de la \$ni%ersidad de "&'ord. (tt)s\*+our , orldindata.org+corona%irus+  
T(e I-AC.CSS Corona Control Communit/ Prolect. (tt)s\*+co%id.ieeecss.org+  
Potential Long.Term Inter%ention Strategies 'or C" 1ID.23. Stan'ord \$ni%ersit/. (tt)s\*+co%id.measures.stan'ord.edu+

Co%id.23. Imperial College of London. (tt)s\*+, , , .im)erial.ac.u4+mrc.global.in'ectious.disease.  
anal/sis+co%id.23+

5. Daniel Pati6o7 S. Tosetti7 8. Puc(eta7 C. 9odrigue: 9i%eros. "Control del Brote de COVID-19 para  
Prevenci3n del Colapso del Sistema Sanitario y UTI basado en el Distanciamiento Social,  
Confinamiento y Testeo". Congreso A9 ; ENC " N 2 2 7 IEEE< 1 Congreso Bianual de la Secci3n  
Argentina del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers of \$SA!. Agosto de (2 2 !.

8uli>n Puc(eta7 C. Salas7 ? . 5errera7 5 . D. Pati6o / C. 9odrigue: 9i%eros. *Análisis y modelado de  
procesos dinámicos para medir el cambio de conducta social en el marco del COVID-19.* Congreso  
A9 ; ENC " N 2 2 7 IEEE< 1 Congreso Bianual de la Secci3n Argentina del IEEE (Institute of  
Electrical and Electronics Engineers of \$SA!. Agosto de (2 2 !.

5. Daniel Pati6o / 8uli>n Puc(eta. *Formulaci3n de Estrategias para la Mitigaci3n del Covid-19 basada  
en Inteligencia Artificial.* Control del Brote de Co%id.23 basado en el Distanciamiento Social7  
Con'inamiento / Testeo con Aislamiento. A)ortes desde la Ing. de Sistemas de Control e  
Inteligencia Arti'icial. Centro de Estudios en Tecnologías Inteligentes Academia Nacional de  
Ciencias de Bs.As. PANEL DEBATE. Setiembre de (2 2 !.

5. Daniel Pati6o. *Seguimiento de la Evoluci3n Temporal del Coronavirus en San Juan. Impacto de la  
Fase I durante 15 días de Distanciamiento Social Preventivo y Obligatorio en la provincia.* 9e)orte  
Interno INA\$T. @ de Setiembre de 2 2 . San 8uan. Argentina.

5. Daniel Pati6o. *Seguimiento de la Evoluci3n Temporal del Coronavirus en San Juan. Impacto de la  
Fase III durante el período del 05 al 29 de Setiembre y Análisis de la Administraci3n de las Fases  
propuesta por el Gobierno Nacional.* 9e)orte Interno INA\$T. A de Setiembre de 2 2 . San 8uan7  
Argentina.

5. Daniel Pati6o. " )ini3n de la " ? S de Euro)a 9es)ecto a las Cuarentenas como Estrategia B)incipi)alC  
de ? itigaci3n del Corona%irus E%oluci3n del Corona%irus en San 8uan. \$n en'oDue matem>tico de  
? itigaci3n. 9e)orte Interno INA\$T. " ctubre 2 2 .

5. Daniel Pati6o. *Seguimiento de la Evoluci3n Temporal del Coronavirus en San Juan Impacto de la  
Fase I durante 15 días de Distanciamiento Social Preventivo y Obligatorio en la provincia.* 9e%ista la  
\$ de la \$NS8. (2 2 !.

5. Daniel Pati6o7 and Santiago Tosetti< BControl of C " 1 ID.23 " utbrea4 'or Pre%enting Colla)se of  
5ealt(care Ca)acit/C. En re%ision en el Annual of Control 9e%ie ,7 International -ederation of  
Automatic Control (I-AC!) 8unio de (2 2 !.

Cristian 9odrigue: 9i%ero7 8uli>n Puc(eta7 5. Daniel Pati6o7 *Short-Term Rainfall Forecasting with E-  
LSTM Recurrent Neural Networks usin Small Dataset.* Springer7 " ct. (2 2 !.

A. 9ut(er'ord. ? at(ematical ? odelling Tec(niDues7 Ne , Eor4\* Do%er7 (233F!).

E. A. Bender. An Introduction to ? at(ematical ? odeling7 Ne , Eor4\* Do%er7 (2 !.

N. ; ers(en'eld. T(e Nature of ? at(ematical ? odeling7 Cambridge \$ni%ersit/ Press7 (233G!).

H. " gata. ? odern Control Engineering. @t( Ed. Prentice 5all7 (2 2 !.

Ben0amin Huo. Automatic Control S/stems. Prentice 5all7 3ed7 (2 2F!).

Norman S. Nise. Control S/system Engineering. It( Edition7 8o(n # ile/ J Sons7 (2 22!).

8. ? . Carcione7 8. Santos7 C. Bagaini7 and 8. Ba. A simulation of a C " 1 ID.23 e)idemic based on a  
deterministic SEI9 model. Submitted to -rontiers in Public 5ealt(7 A)ril 2 7 (2 2 !.

-red Brauer. Com)artmental ? odels in E)idemiolog/. C(a)ter in Lecture Notes in ? at(ematics .  
S)ringer. 1erlag7 A)ril (2 G!).

Parasitology. #115. Victor S. ; risales Díaz: " A. Prado. Rubio and . Mon Stoc. Insignificance into the dynamics and control of COVID-19 infection rates. Journal of Complex Networks and Artificial Intelligence Ltd. Pre. (2021).

9. Sameni. Mathematical Modeling of Epidemic Diseases: A Case Study of COVID-19. Corona Virus. Quantitative Biology Populations and Evolution. Cornell University (2021).

Neil Ferguson, David Linton, Nedjati Gilani et al. Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. Imperial College COVID-19 Response Team. Preprint (2021). doi.org/10.1101/2021.03.23.442214

; ; Iordano, -. Blanco, Bruno, Colaneri, A. Di Iorio, A. Di Matteo and . Colaneri. Modeling COVID-19 epidemic and implementation of population, and interventions in Italy. Nature Medicine Letters (April 2021). doi.org/10.1038/s41591-021-0832-2

C. Tsai, -. LeBaron, . A. Stadtler, . Baldea. Modeling state estimation and optimal control for COVID-19 outbreaks. In Review, (2021).

; . Steiner, H. Han, Eusden and ; . Dumont. COVID-19 policy design for stable population recovery: Singularity to maximize population recovery rate, (preprint) (arXiv preprint). IEEE Spectrum (April 2021). spectrum.ieee.org/biomedical/diagnostics/COVID-19-control-center

Haralabiu, M. and T. Sogglund. Advanced PID Control. International Society of Automation (2011).

Haralabiu, M. and T. Sogglund. Control PID Advanced. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics (2013).

8. Cohen. PID control of "PDT" plants, its dominant dead time based on the modulus optimum criterion in Automatic Control Sciences. (2021).

C. Wang and D. Li. Decentralized PID Controllers Based on Probabilistic Robustness (2021).

C. Hnos. PID Control. IEEE Control Systems Magazine (2011).

N. C. Citis. Introduction to SEIR models. Frontiers in Environmental and Infectious Diseases. Department of Epidemiology and Public Health Systems Research and Demographic Modeling Unit. (2021).

-. Brauer. Computer Mathematical Models in Epidemiology. Department of Mathematics, University of British Columbia (2021).

-. Brauer and C. Castillo-Chavez. Mathematical models in population biology and epidemiology. Springer (2021).

-. Diekmann, K. de Graaf, D. and T. Britton. Mathematical tools for understanding infectious disease dynamics. Princeton University Press (2021).

; . De la Sen, A. Ibeas, S. Alonso, Kuesada and G. Nistal. "In a new, epidemic model, its asymptomatic and dead-infective subpopulations, its feedback controls for Ebola disease. Discrete Dynamics in Nature and Society (2021). doi.org/10.1155/2021/2142322

Sara A. Al-Saidi. Modeling and Analysis of an SEIR Epidemic Model, its a Limited Resource for Treatment; Journal of Science Frontier Research (Mathematics and Decision Sciences) Volume 22 Issue 2F (2021).

B. Hucen and G. Carelli. Control Digital Directo. Universidad Nacional de San Juan (2021).

9. Isermann. Digital Control System. Springer (2021).

N. J. B. Directional stability of automatically steered bodies. C. S. C. "National Engineers' Journal". (2021). doi.org/10.1007/s12045-021-0832-2

; ianna4eas 1.7 B(atia D.7 # ar4entin ? . T.7 Bogoc( I.7 Stall N. ? .. Estimating t(e ? a&iimum Ca)acit/ o' C" 1 ID.23 Cases ? anageable )er Da/ ; i%en a 5 ealt( Care S/stem|s Constrained 9esources7 American College o' P(/sicians. 8ournal o' Annals o' Internal ? edicine. (tt)s\*+doi.org+2 .LA2I+ ? 2 .22I37 (2 2 !.

Arg(/a Das7 cAb(is(e4 D(ar7 Sras(ti ; o/al7 Anu)am Hindu. BCo%id.23\* anal/sis o' a modi'ied SEI9 model7 a com)arison o' di'ferent inter%ention strategies and )ro0ections 'or IndiaC. med9&i% )re)rint doi\* (tt)s\*+doi.org+2 .22 2+2 2 . I. F.2 222@G . 8une 2A7 2 2 .

Liu7 E.7 ; a/le7 A. A.7 # ilder.Smit(7 A.7 9oc4lo% 8. T(e re)roducti%e number o' C" 1 ID.23 is (ig(er com)ared to SA9S corona%irus7 8ournal o' Tra%el ? edicine 2L7 Issue 27 ? arc( 2 2 7 (tt)s\*+doi.org+ 2 .2 3A+0tm+taaa 22.

9uoran Li< Caitlin 9i%ers< Ki Tan< ? egan B. ? urra/< Eric Toner< ? arc Li)sitc(. Estimated Demand 'or \$S 5os)ital In)atient and Intensi%e Care \$nit Beds 'or Patients # it( C" 1 ID.23 Based on Com)arisons # it( # u(an and ; uang:(ou7 C(ina. 8A ? A Net , or4 " )en. 2 2 <A(!\*e2 G23L. doi\*2 .2 2+0amanet , or4o)en.2 2 .G23L.

D. Pati6o7 BNotas del Curso EE+CS ILI\* Neural In'ormation Processing S/stemsC7 Electrical and Com)uter Engineering De)artment7 Ste%ens Institute o' Tec(nolog/7 5obo4en7 Ne , 8erse/7 \$.S.A.7 233G.

D. Pati6o7 BNotas del Curso\* INTELI ; ENCIA A9TI-ICIAL APLICADA A LA IDENTI-ICACI " N E C" NT9 " LC7 INA \$T. Cursos de )osgrado en el doctorado de ingenieria de sistemas de control. (2 2 !.

S. 5a/4in7 BCogniti%e D/namic S/stemsC. Cambrige \$ni%ersit/ Press7 2 22.

-. Le , is7 and S. Sam. 9ein'orcement Learning and D/namic Programming \$sing -unction A))ro&imators. C9C Press7 2 2 .

D. P. Bertse4as. 9ein'orcement Learning and " )timal Control. At(ena Scienti'ic7 Belmont7 ? assac(usetts7 2 23.

Bertse4as D. P. and 8. N. Tsitsi4lis. Neuro.D/namic Programming. At(ena Scienti'ic7 Belmont7 ? assac(usetts7 233I.