

## Logística de Elecciones en Pandemia

### Reporte 1 - 25 de Septiembre, 2020

Susana Mondschein, Marcelo Olivares, Fernando Ordóñez, Andres Weintraub  
(Ingeniería Industrial, Universidad de Chile)  
Cristian Aguayo (Inst. Sistemas Complejos de Ingeniería)  
Gianpiero Canessa (Kungliga Tekniska Högskolan)

### Resumen Ejecutivo

El plebiscito del 25 de octubre implica importantes desafíos desde el punto de vista del control de contagios por COVID Utilizando modelos de simulación y estadística, analizamos el impacto de diferentes alternativas de medidas sanitarias y de mitigación en los tiempos de votación y en las aglomeraciones de personas en los locales de votación, junto con estrategias que permitan reducir la transgresión del distanciamiento físico. Nuestro análisis sugiere que:

- i. Las medidas de higiene aumentan a casi el doble el tiempo que demora una persona en votar.
- ii. El aforo máximo a nivel de local de votación es una herramienta útil para disminuir la aglomeración en las mesas de votación, pero a costa de aumentar el tiempo de espera afuera del local (donde hay más espacio para mantener el distanciamiento físico). La regla actual establecida por el Serval, fijando un aforo igual al número de mesas multiplicado por 10, requiere de un espacio considerable -- 15 personas en la fila de la mesa -- para mantener la transgresión bajo 30 minutos. Si se consideran mesas con menor espacio, hasta 7 personas en fila, el tiempo de transgresión sube a 90 minutos.
- iii. Los modelos desarrollados permiten evaluar niveles de aforo que permiten balancear adecuadamente las aglomeraciones dentro del local con los tiempos de espera fuera del local. Fijando un aforo de 5 veces el número de mesas, se logra reducir la transgresión a menos de 30 minutos incluso en espacios reducidos (hasta 7 personas en fila), aumentando marginalmente el número de personas que espera afuera.
- iv. Descongestionar el horario peak de llegadas al local (entre 12-2pm) es una medida muy efectiva para reducir las aglomeraciones y los tiempos de espera. Usando la misma regla de aforo presentada en el punto
- v. El tiempo de transgresión baja a 20 minutos y prácticamente se elimina la fila afuera del local.

Se recomienda estudiar mecanismos que incentiven a la población a adecuar su horario de votación para aplanar las llegadas al local, como por ejemplo horarios preferenciales y transporte gratuito en periodos de baja congestión.

## Contexto

El próximo 25 de octubre se realizará el plebiscito en que se aprobará o rechazará la elaboración de una nueva Constitución para Chile. Este proceso electoral se llevará a cabo en medio de la pandemia de Covid19, lo que representa un desafío mayor en términos de asegurar las condiciones sanitarias establecidas por el Minsal, de modo de minimizar la probabilidad de contagio durante el proceso electoral. En particular, las medidas sanitarias apuntan a proveer medidas de higiene -- disponibilidad de alcohol gel, lápices y cámaras debidamente sanitizadas -- y mantener el distanciamiento físico a un metro de distancia durante todo el proceso.

Estas medidas presentan dos desafíos importantes para la logística de la votación. Por un lado, las medidas de higiene aumentan los tiempos que un elector tarda en sufragar, lo cual disminuye la capacidad de atención y por ende aumenta los tiempos de espera y aglomeración de personas esperando votar. Segundo, muchos colegios tienen espacios cerrados limitados en donde esta aglomeración transgrede las medidas de distanciamiento físico establecidas.

En este reporte analizamos en detalle el impacto de las medidas sanitarias en la aglomeración de personas en los centros de votación, y evaluamos algunas estrategias que se han propuesto para controlar esta aglomeración. Estas aglomeraciones ya se producían en algunos locales de votación en elecciones anteriores, y se verán agravados ahora con la inclusión de estas nuevas medidas sanitarias.

Específicamente, utilizamos herramientas de simulación y análisis estadístico con el objetivo de:

- Evaluar el impacto de las medidas de higiene en los tiempos de sufragio.
- Analizar la efectividad de establecer un aforo máximo para los locales de votación, que apuntan a controlar el número de personas que se aglomeran en las mesas a la espera de sufragar.
- Evaluar el impacto de descongestionar el horario peak de llegadas al local (que ocurre entre 12-2pm) incentivando a los votantes a asistir en otros horarios de modo de aplanar la curva de llegadas (por ejemplo, a través de horarios preferenciales de votación, proveyendo información sobre el estado de los locales de votación, o transporte público gratis en horarios determinados).

## Impacto de medidas de higiene en tiempos de sufragio

Las medidas de sanitización que se deben adoptar para esta elección aumentan los tiempos de sufragio, lo cual tiene un efecto importante en los tiempos de espera y aglomeración de votantes. Utilizamos la siguiente metodología para medir este efecto:

- En colaboración con Televisión Nacional de Chile, analizamos videos de votaciones pasadas con características similares al plebiscito para medir los tiempos que demoran los electores en las distintas etapas del proceso de sufragio (firma, entrega del voto, tiempo en la cámara, depósito del voto en la urna, y devolución de la cédula de identidad). En condiciones normales, estimamos que un/a votante demora en promedio 1:44 minutos en votar, con una desviación estándar de 24 segundos.
- En colaboración con Servel, realizamos una simulación física que replica el proceso de votación del próximo plebiscito, incluyendo las medidas de higiene dispuestas con la participación de 21

votantes. En esta simulación, el tiempo promedio para sufragar aumenta a 3:01 minutos, un poco menos del doble que el tiempo regular estimado, con una desviación estándar de 33 segundos.

- Si bien las observaciones realizadas fueron pocas, la simulación física sugiere que se puede ahorrar 41 segundos en promedio en el proceso de votación:
  - Si un elector trae su propio lápiz, se demora 28 segundos menos en promedio.
  - Si se cambia la configuración de la mesa de modo que pueda haber, simultáneamente, un elector recibiendo las cédulas de votación y otro depositando éstas en la urna. Con esta modificación se puede lograr un ahorro de 13 segundos, que es lo que, en promedio un elector espera al salir de la cámara por estar ocupada la mesa con un elector recibiendo las cédulas.

### **Efectividad del control de aforo máximo del local de votación**

Cada local de votación ya tiene determinado el número de mesas que albergará y dado su configuración física (configuración interior o exterior, tamaño de salas, etc) tiene determinado un número máximo de personas que puede estar esperando en la cola sin transgredir el distanciamiento físico establecido por Minsal. Una forma directa de controlar el cumplimiento de estas medidas es monitorear el número de votantes por mesa, bloqueando el acceso de los votantes a esa mesa cuando ésta alcanza el máximo de personas permitidas. Sin embargo, esto requiere de una tecnología de monitoreo que permita reportar en tiempo real el número de personas en cada mesa.

Como alternativa, se propuso controlar el aforo *total* del local de votación, de modo que cuando se alcanza el nivel máximo, se bloquea temporalmente el ingreso de nuevos votantes al local (similar al proceso que hoy se realiza en supermercados y otros comercios). Esta estrategia es viable de implementar con una tecnología que permita llevar un conteo preciso de entradas y salidas al establecimiento de votación en los puntos de acceso.

¿Cómo determinar el aforo máximo que debiese tener un establecimiento?

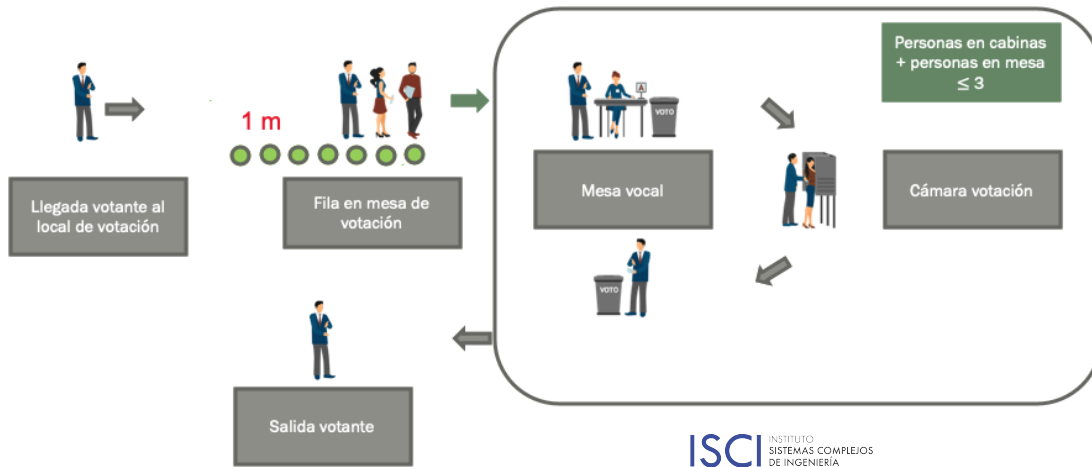
A modo de ejemplo, consideremos un local de votación que tiene  $M=10$  mesas y que por sus características particulares puede albergar a  $Q=7$  personas en la cola de cada mesa manteniendo el debido distanciamiento físico.<sup>1</sup> La Figura 1 muestra dicha configuración. En este ejemplo, se considera como **transgresión** cuando el número de personas en la fila de votación excede las 7 personas y, por lo tanto, no se puede respetar el distanciamiento físico recomendado.

Para establecer el aforo de un establecimiento, se debe considerar el número de mesas de un local y el máximo de personas permitidas por mesa. Consideremos la regla establecida en Acuerdo Consejo Directivo Servicio Electoral, publicado el 4 de septiembre de 2020 en el diario oficial, donde se establece que el aforo máximo es igual al número de mesas multiplicado por 10; esto es,  $10 \times 10 = 100$  en el ejemplo. Dado que las llegadas a las mesas son variables, cuando el aforo se encuentra en su máximo pueden haber mesas con transgresión mientras que otras mesas pueden tener pocos votantes. Más aún, es posible que aquellas mesas con pocos votantes tengan electores que esperan afuera del local, siendo que podrían perfectamente ingresar a su mesa sin transgredir el distanciamiento físico. Notar que esto no sucede cuando el control de

---

<sup>1</sup> Es decir, en cada mesa pueden haber a lo más 10 personas en total, considerando que pueden estar simultáneamente 3 personas en proceso de votación (mesa y dos cámaras).

aglomeración se realiza a nivel de mesa en tiempo real, ilustrando porque el aforo a nivel de local es menos eficiente.



**Figura 1:** Mesa de votación con capacidad máxima de espera de 7 personas.

Construimos un modelo de simulación computacional que replica el proceso de votación con parámetros realistas, considerando un tiempo de sufragio promedio de 2.5 minutos (optimista comparado a los 3 minutos que estimamos con la simulación física).<sup>2</sup> Para este ejemplo estimamos que:

- Las mesas estarán en transgresión, en promedio, durante 93 minutos, período en el cual se aglomeran en promedio 11 votantes en la fila de cada mesa, habiendo una capacidad para sólo 7 personas.
- Alrededor de un 26% de los votantes tendrá que esperar más de 30 minutos afuera del local.

Realizamos un ejercicio similar para locales de votación que pueden tener otras características. En particular, varía el número de mesas del local ( $M=10,20,30$ ) y la aglomeración máxima de votantes que pueden esperar manteniendo el distanciamiento ( $Q=5,7,10$ ), considerando que el tamaño de las salas es variable entre colegios. La Tabla 1 muestra los resultados de este análisis; en todos los escenarios se consideró un aforo máximo igual a 10 veces el número de mesas del local.

<sup>2</sup> Se consideran 350 votantes por mesa, con una participación de 70% del electorado (fuente: IPSOS, Cadem). Se asume que un 50% de los votantes asiste entre 12-2pm (estimaciones de Servel y en base a observaciones de grabaciones de televisión).

<i>Cola aceptable</i>	<i>Tamaño del local</i>		
	<b>M=10</b>	<b>M=20</b>	<b>M=30</b>
<b>Q=5</b>			
Espera afuera del local	26% espera mas de 30 mins		
Transgresion (minutos)	119.8	120.2	120.1
Transgresion (#personas)	9.8	9.9	9.9
<b>Q=7</b>			
Espera afuera del local	26% espera mas de 30 mins		
Transgresion (minutos)	92.8	92.9	93.2
Transgresion (#personas)	11.2	11.3	11.4
<b>Q=10</b>			
Espera afuera del local	26% espera mas de 30 mins		
Transgresion (minutos)	59.8	60.4	60.6
Transgresion (#personas)	13.8	13.8	13.8

**Tabla 1.** Tiempos de transgresión y espera fuera del local para locales con distinto número de mesas (M) y capacidad de espera para votantes por mesa (Q). Regla de aforo: 10 veces el número de mesas.

Los resultados de la Tabla 1 indican que el tiempo en que se observa transgresión del distanciamiento físico es considerable en todos los escenarios, incluso para mesas con capacidad alta de Q=10 personas. En este caso se observa alrededor de una hora en donde hay transgresión (mas de 10 personas en cola), con alrededor de 13.8 personas en promedio esperando votar durante esta hora de transgresión. Para mesas con baja capacidad, Q=5 personas, se estima que habrá transgresión del distanciamiento físico durante 2 horas.

¿Cuál es el efecto de disminuir el aforo máximo? Intuitivamente, disminuir el aforo reduce la transgresión en las mesas, pero a la vez aumenta los tiempos de espera para entrar al local. En la Figura 2 se cuantifican estos efectos para un local con M=10 mesas y hasta Q=7 personas en fila respetando distanciamiento. Al disminuir el aforo máximo de 100 a 80, el tiempo de transgresión disminuye de 93 a 68 minutos (y bajando de 11.2 a 10.4 personas en promedio aglomeradas durante la transgresión), pero el porcentaje de votantes que espera más de 30 minutos aumenta a 30%. Al determinar el aforo máximo, se debe considerar el *trade-off* entre transgresión (de distanciamiento físico en la mesa) versus el tiempo de espera para entrar al local; este trade-off está ilustrado en la Figura 2 para este local hipotético (con M=10 mesas y con una capacidad de cola máxima de de Q=7).

Analizamos distintos escenarios con el objetivo de evaluar una regla general de aforo para locales de votación con distintas características. La regla se define en base a la ecuación:

$$Aforo = \alpha \times (Q + 3) \times M$$



**Figura 2** - Trade-off entre tiempos de espera en la entrada del local versus tiempo de transgresión en las mesas de votación, para un local de M=10 mesas y una capacidad de hasta Q=7 personas en fila de la mesa. Cada punto en la curva se logra para distintos niveles de aforo; se marcan los niveles de aforo máximo de 40, 80 y 100 personas en el local.

en donde Q es la cola máxima tolerada en la cola de una mesa con el debido distanciamiento físico, M es el número de mesas del local y  $\alpha$  es un factor que permite balancear el tiempo de transgresión con el tiempo de espera fuera del local. La Tabla 2 reporta estos indicadores para distintos valores del factor  $\alpha$  para esta regla de aforo máximo.

$\alpha$	Rango para Transgresión (minutos)		Rango para % de votantes que esperan >30 mins	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
0.3	5	6	41%	69%
0.4	13	18	35%	59%
0.5	24	35	32%	47%
0.6	35	50	28%	42%
0.7	48	64	25%	39%
0.8	62	75	23%	37%
0.9	76	87	20%	35%
1	88	98	18%	33%
1.1	99	107	16%	31%
1.2	110	118	13%	30%

**Tabla 2.** Rangos de transgresión y porcentaje de votantes que esperan más de 30 minutos, para distintos valores de aforo definidos por regla  $Aforo = \alpha \times (Q + 3) \times M$ .

### Descongestionar horario peak de votación

Los análisis antes descritos asumen que un 50% de votantes asisten al local entre 12-2pm (en base a información anecdótica y análisis de videos de televisión), período en el cual se observa la mayor transgresión al distanciamiento físico. Replicamos los análisis anteriores asumiendo que en el periodo peak baja el número de votantes a 30%, repartiéndose la reducción de 20% en forma uniforme durante el resto del día. Este análisis, resumido en la Tabla 3 (comparable a la Tabla 2), sugiere que descongestionar el periodo peak combinado con la regla propuesta para el aforo es muy efectivo en reducir transgresión y la tolerancia a la espera. Fijando una regla de  $Aforo = 0.5 \times (Q + 3) \times M$ , resulta en menos de 25 minutos en transgresión y prácticamente eliminando la espera afuera del local.

$\alpha$	Rango para Transgresión (minutos)		Rango para % de votantes que esperan >30 mins	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
0.3	4	5	2%	36%
0.4	10	14	0%	13%
0.5	18	24	0%	2%
0.6	26	35	0%	0%
0.7	33	45	0%	0%
0.8	36	54	0%	0%
0.9	36	64	0%	0%
1	36	71	0%	0%
1.1	37	76	0%	0%
1.2	37	79	0%	0%

**Tabla 3 -** Rangos de transgresión y % de votantes que esperan más de 30 minutos, cuando se reduce las llegadas durante el horario peak (12-2pm) a un 30% de los votantes.

Dados estos resultados, debiese ser prioritario generar incentivos para coordinar la asistencia de electores a los establecimientos de votación. Algunas posibles medidas incluye:

- Horarios preferenciales de votación basado en grupos etarios.
- Coordinar el transporte hacia los establecimientos -- por ejemplo, ofreciendo transporte gratuito a ciertas horas del día-- segmentando por zona geográfica.
- Asegurar que las mesas se constituyan temprano el día, lo cual reduce incertidumbre en los electores para que lleguen temprano.
- Proveer información en tiempo real de la congestión en cada establecimiento, para que los votantes asistan a votar, de forma voluntaria, en periodos de baja congestión.

## GLOSARIO

- **Tiempo de votación:** este incluye el tiempo desde que el elector pasa a la mesa y entrega su cédula de identidad (CI) hasta que retira su CI.
- **Local de votación:** estos quedan definidos por el número de mesas de votación ya definidas y por el número de votantes que pueden estar en la cola de modo de mantener el distanciamiento físico de un metro recomendado por Minsal. De esta forma, el encargado de local debe **medir** y marcar en el piso cuántos votantes pueden permanecer esperando en cada mesa. Por ello, el local queda definido por dos parámetros: 1. número de mesas y 2. Número de personas que pueden esperar en la cola respetando medidas sanitarias.
- **Proceso de llegada de los electores:** distribución de electores durante el horario de votación.
- **Aforo:** máximo número de electores que puede estar dentro del local de votación en cualquier momento del día.
- **Aglomeración:** cuando en una cola NO es posible mantener la distancia física de 1 metro.
- **Tolerancia:** máximo tiempo que se permite tener aglomeración.