

## Logística de Elecciones en Pandemia

### Reporte 1 - 25 de Septiembre, 2020

Susana Mondschein, Marcelo Olivares, Fernando Ordóñez, Andres Weintraub  
(Ingeniería Industrial, Universidad de Chile; ISCI)  
Cristian Aguayo (ISCI)  
Gianpiero Canessa (Kungliga Tekniska Högskolan)

**Resumen:** Utilizando modelos de simulación y estadística, analizamos el impacto de las distintas medidas sanitarias en los tiempos que demoran las personas en votar y en las aglomeraciones de personas, dentro y fuera de los locales de votación. 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 receptoras de sufragio (MRSs) 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 Servel, fijando un aforo igual al número de MRSs multiplicado por 10, requiere de un espacio considerable -- 15 personas en la fila de la MRS -- para mantener la transgresión bajo 30 minutos. Si se consideran MRSs 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 MRSs, 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 (iii), 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. Las medidas sanitarias apuntan a medidas de higiene -- higienización de manos con alcohol gel, sanitización de lápices si el elector no trae el propio, cámaras debidamente sanitizadas - y distanciamiento físico entre las personas de al menos 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 la aglomeración de personas esperando votar. Segundo, muchos locales tienen espacios cerrados limitados en donde las medidas de distanciamiento físico establecidas serán difícil de mantener.

En este reporte analizamos en detalle el impacto de las medidas sanitarias en la aglomeración de personas en los locales de votación, y evaluamos algunas estrategias que se han propuesto para controlarla. Estas aglomeraciones ya se producían en algunos locales de votación en elecciones anteriores, y ahora se verán agravadas 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 votación.
- Analizar el impacto de establecer aforos para los locales de votación, con el fin de controlar el número de personas que se aglomeran en las MRSs a la espera de sufragar.
- Evaluar el impacto de descongestionar el horario peak de llegadas al local (que ocurre, según Servel 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 exclusivos de votación, proveyendo información a los electores sobre el estado de los locales de votación, o transporte público gratis en horarios de baja afluencia).

## 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, por tanto, en el nivel de 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 de la cédula electoral, tiempo en la cámara secreta, depósito del voto en la urna, y devolución de la cédula de identidad). En condiciones normales, estimamos que un 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 el layout de la MRS 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 MRS con un elector recibiendo las cédulas.

## Efectividad del aforo del local de votación

Cada local de votación ya tiene determinado el número de MRSs que albergará y dada su configuración física (layout, interior o exterior, tamaño de salas, etc) hay un número máximo de personas que puede estar esperando en la cola de cada MRS sin transgredir el distanciamiento físico establecido por Minsal. Una forma directa de controlar el cumplimiento de estas medidas es monitorear directamente el número de votantes por MRS, bloqueando el acceso de los votantes a esa MRS 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 MRS y comunicar el estado de cada MRS a los electores esperando en el exterior del local, asegurando que quienes entren efectivamente se dirigen a una MRS que tiene capacidad para recibirlos.

Como alternativa, Servel decidió 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 simple 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?

La regla establecida en Acuerdo Consejo Directivo Servicio Electoral, publicado el 4 de septiembre de 2020 en el Diario Oficial, establece que el aforo de cada local es igual al número de MRSs del local multiplicado por 10.

Dado que las llegadas a las MRSs son variables, cuando el aforo del local se encuentra en su máximo, al interior puede haber MRSs con transgresión mientras que otras MRSs pueden tener pocos votantes. Más aún, es posible que aquellas MRSs con pocos votantes tengan electores que esperan afuera del local, aun cuando podrían perfectamente ingresar a su MRS sin transgredir el distanciamiento físico. Esto no sucede cuando el control de aglomeración se realiza a nivel de MRS (y no del local), razón por la cual el aforo a nivel de local es menos eficiente, si bien es más fácil de controlar.

A modo de ejemplo del proceso de votación, consideremos un local de votación que tiene  $M=10$  MRSs y que por sus características particulares puede albergar a  $Q=7$  personas en la cola de cada MRS manteniendo el debido distanciamiento físico, además de los 3 electores que se encuentran en distintas fases del proceso de votación.<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.

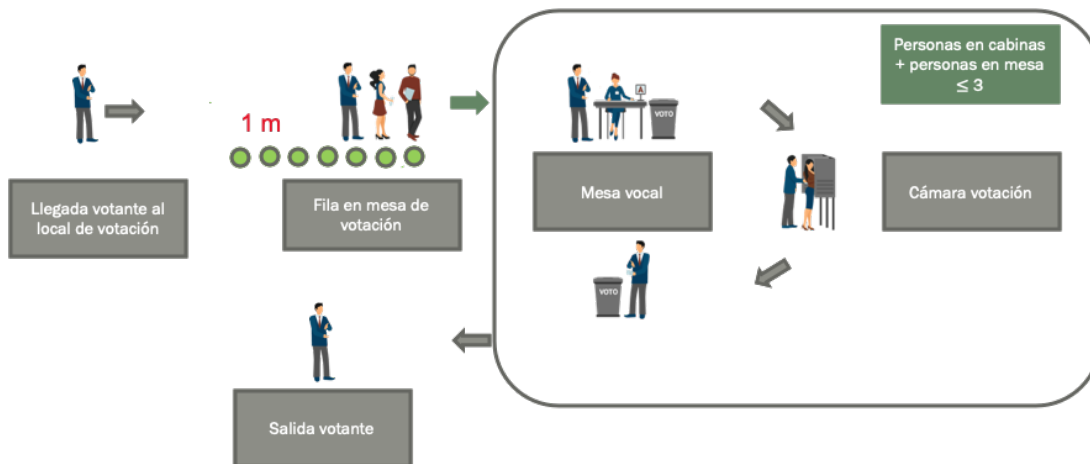


Figura 1: Mesa Receptora de Sufragio con capacidad máxima de espera de 7 personas.

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

Construimos un modelo de simulación computacional que replica el proceso de votación con parámetros realistas (ver Apéndice), considerando un tiempo de sufragio promedio de 2.5 minutos (optimista comparado a los 3 minutos que estimamos con la simulación física). Para este ejemplo ( $M=10$ ,  $Q=7$ ) utilizando el aforo propuesto por el Servel ( $10 \times 10 = 100$ ) la simulación arrojó lo siguiente:

- Adentro del local: Las MRSs estarán en transgresión, en promedio, durante 93 minutos, período en el cual se aglomeran en promedio 11.3 votantes en la fila de cada MRS, habiendo una capacidad para sólo 7 personas.
- Fuera del local: Alrededor de un 26% de los votantes tendrá que esperar más de 30 minutos afuera del local. En números absolutos, en este ejemplo implica que 637 electores deberán esperar más de 30 minutos para entrar al local, concentrados en la hora peak.

### ***Variación del número de mesas y del límite de personas en la cola de una MRS***

Realizamos un ejercicio similar para locales de votación que pueden tener otras características. En particular, varía el número de MRSs 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 MRSs del local.

<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: Análisis de tiempos de transgresión y espera fuera del local para locales con distinto número de MRSs ( $M$ ) y distinta capacidad de espera para votantes por MRS ( $Q$ ). Regla de aforo definida como 10 veces el número de MRSs.

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 MRSs con capacidad alta de  $Q=10$  personas. En este caso se observa alrededor de una hora<sup>2</sup> en donde hay más de 10 personas en cola, con alrededor de 13.8 personas en promedio esperando votar. Notar que 13,8 es un promedio, luego hay momentos en los que el límite de 10 personas es superado en una, dos, o más personas. Para MRSs con baja capacidad,  $Q=5$  personas, la simulación arroja transgresión del límite por un total de 2 horas.

### ***Trade off entre tiempo de espera afuera del local y transgresión en la capacidad de personas en la MRS***

¿Cuál es el efecto de disminuir el aforo? Intuitivamente, disminuir el aforo reduce la transgresión en las MRSs, 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  $M=10$  MRSs y  $Q=7$  personas en fila respetando distanciamiento. Al disminuir el aforo 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 de personas durante la transgresión), pero el porcentaje de votantes que espera más de 30 minutos aumenta de 26% a 30%.

Por lo tanto, al determinar el aforo, se debe considerar el *trade-off* entre transgresión de capacidad de personas en la MRS versus el tiempo de espera para entrar al local; este trade-off está ilustrado en la Figura 2 para este local hipotético (con  $M=10$  MRSs y con una capacidad de cola máxima de  $Q=7$ ).

---

<sup>2</sup> La hora no es necesariamente continua. La suma de todos los momentos en los que se produce la transgresión es de una hora.



Figura 2 - Trade-off entre tiempos de espera en la entrada del local versus tiempo de transgresión en las MRSs de votación, para un local de M=10 MRSs y una capacidad de hasta Q=7 personas en fila de la MRS. 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.

**Una regla simple para determinar el aforo de un local**

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:

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

en donde Q es la cola máxima tolerada en la cola de una MRS con el debido distanciamiento físico, M es el número de MRSs del local. La Tabla 2 reporta estos indicadores para simulaciones que consideran distintos valores de Q (entre 4 y 12) y M(10, 20 y 30). Además se consideran distintos factores que reducen o aumentan la regla de aforo propuesto ( $\alpha \times Aforo$ )

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

### ***Cambios en el perfil de distribución de la afluencia de electores durante la jornada***

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 a los límites de cola de las mesas. 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 reducir la concentración de electores en la hora peak y, en general, aplanar el perfil de distribución de la afluencia a lo largo del día. Algunas posibles medidas incluyen:

- Horarios preferenciales de votación basado en grupos etarios u otros en las horas de menor afluencia.
- Asegurar transporte gratuito a las horas de menor afluencia-- segmentando por zona geográfica.
- Asegurar que las MRSs se constituyan temprano el día, lo cual evita que los electores vayan tarde para evitar ser designados como vocales reemplazantes..
- Proveer información en tiempo real de la congestión en cada local de votación a los electores, para que los votantes asistan, en periodos de baja congestión.

## APÉNDICE

### Parámetros empleados en el modelo

Ciertamente, hay muchos factores que inciden en los tiempos de sufragio y en las aglomeraciones dentro y fuera de un local. El modelo empleado en la simulación considera:

- Tasa de llegada de electores según hora del día: No se cuenta con información precisa, se asumió un perfil de distribución en conjunto con Servel de acuerdo a experiencia previa. Este asume que el 10% de los electores llega entre 8-11am, 15% entre 11am-12pm, 50% de entre las 12-2pm, 10% entre 1-4pm y 5% después de las 6pm.
- Perfil etéreo de la mesa y del local: Se asumió un perfil similar para todas las mesas.
- Tasa de participación: Se asumió una tasa promedio de participación del 70%.
- Extensión de la jornada de votación: 10 horas, de 8 a 18.
- Número de MRSs (M): Se asumieron diferentes números de MRSs para el local.
- Capacidad en cola (Q): Capacidad máxima en cola de la MRS manteniendo distanciamiento físico de 1 metro (sugerido por Minsal). Se consideraron distintos valores para evaluar el nivel de transgresión.
- Número de cámaras secretas de votación por MRS: 2
- Tiempo de votación: En este informe se reportan los resultados para un tiempo de 2,5 minutos, medidos desde que el elector llega a la MRS hasta que se retira.
- Capacidad de atención de cada MRS: En este caso, dado que hay 2 cámaras de votación, se supuso que se puede atender a 3 personas en forma simultánea.
- La disposición de las MRSs, urna y cámara secreta: layout tradicional con algunas variantes, ilustrado en la Figura 1.

Otros supuestos:

- Número de entradas y salidas del local: una entrada y una salida.
- Ubicación de MRSs respecto de las entradas y salidas del local: se considera un tiempo despreciable desde que el elector entra al local hasta que llega a la cola de su MRS.
- El proceso de votación: El establecido en la legislación.

Las medidas extraordinarias que se agregan al proceso de votación: Las establecidas por Servel.

## GLOSARIO

- **Tiempo de votación:** este incluye el tiempo desde que el elector pasa a la MRS y entrega su cédula de identidad (CI) hasta que retira su CI.
- **Local de votación:** estos quedan definidos por el número de MRSs 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 MRS. Por ello, el local queda definido por dos parámetros: (1) número de MRSs y; (2) Número de personas que pueden esperar en la cola que asegura la posibilidad de mantener la distancia física de 1 metro.
- **Proceso de llegada de los electores:** distribución de electores durante la jornada 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.
- **Transgresión:** periodos en donde la cantidad de electores dentro del local esperando votar en su MRS excede el máximo establecido (Q). Durante este periodo se debe tomar alguna medida de control en la MRS para evitar que se viole el distanciamiento físico.
- **Tolerancia:** máximo tiempo que se permite tener transgresión.