

Informe Final Proyecto

Evaluación de la efectividad de las intervenciones preventivas en la accidentabilidad laboral (180-2015)

Pablo Marshall

Escuela de Administración
Pontificia Universidad Católica de Chile
(pmarshall@uc.cl)

Alejandro Hirmas

Escuela de Administración
Pontificia Universidad Católica de Chile
(abhirmas@uc.cl)

Este proyecto fue financiado por la Asociación Chilena de Seguridad,
a través de la Fundación Científica y Tecnológica en el Ciclo 2015 de proyectos de investigación

Julio, 2017

Índice

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1. Resumen..... | 3 |
| 2. Introducción..... | 4 |
| 3. Datos | 7 |
| 4. Metodología..... | 8 |
| 5. Resultados y conclusiones | 13 |
| 6. Cuadros y figuras | 19 |
| 7. Referencias bibliográficas | 26 |

1. Resumen

Los sistemas de mutualidades realizan intervenciones con el propósito de disminuir la accidentabilidad y siniestralidad laboral. En la mayoría de los casos no se dispone de una metodología que pueda medir el impacto de estas intervenciones. El objetivo del presente estudio es evaluar la efectividad de intervenciones preventivas realizadas por las empresas asociadas a la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). Se pretende establecer una metodología que permita hacer una evaluación de la efectividad de las intervenciones. La metodología propuesta en este estudio se basa en un modelo bayesiano que considera el número total de accidentes mediante un proceso de conteo Poisson con incidencias heterogéneas por empresa. El contrafactual se basa en una predicción en base a datos históricos en los cuales no se observan predicciones.

El estudio utiliza una base de datos de accidentes laborales de la ACHS con distintos tipos de intervenciones.

Los resultados de las estimaciones de los modelos propuestos en la base de datos de la ACHS muestran buenos indicadores de bondad de ajuste, lo cual significa que la especificación bayesiana del modelo es adecuada. Las estimaciones muestran también que para la incidencia de accidentes es preferible separar las estimaciones por sector de actividad económica (Marshall, Hirmas & Singer, 2017).

Los resultados de las estimaciones muestran resultados mixtos para el impacto de las intervenciones analizadas. Algunas intervenciones no tienen efectos estadísticamente significativos en la disminución de los accidentes mientras que otros sí tienen efectos significativos, aunque no de igual manera en todos los sectores de actividad económica.

Las intervenciones SPACHS no son estadísticamente significativas, ni en empresas grandes ni en empresas pequeñas. La aplicación Móvil APP, tampoco resulta significativa e incluso, en las empresas grandes, se observan aumentos en la accidentabilidad durante el período de intervención. Las intervenciones de capacitación PUSH tampoco tienen impacto en la accidentabilidad en términos globales aunque los resultados muestran efectos significativos en algunos sectores de actividad económica.

Las intervenciones Pre-Campaña y Campaña sí tienen efectos significativos en la accidentabilidad. La Pre-Campaña tiene efectos estadísticamente significativos, especialmente en empresas grandes y sus efectos perduran al menos 3 meses después de la intervención. Las intervenciones Campaña no tienen resultados estadísticamente significativos a nivel global aunque los órdenes de magnitud son significativos desde un punto de vista económico. La significancia estadística se hace presente en varios sectores de actividad económica. En aquellos sectores donde se muestra significativa esta intervención, sus efectos perduran en el tiempo.

A modo de conclusión, la metodología propuesta para estimar el impacto de las intervenciones para disminuir la accidentabilidad se ajusta a los datos. Las estimaciones que pueden obtenerse a nivel desagregado, respetando la naturaleza de los datos como un proceso de conteo, muestra resultados mixtos para el impacto de las intervenciones analizadas.

2. Introducción

El sistema chileno de mutualidades realiza distintos tipos de intervenciones en las organizaciones afiliadas con el propósito de disminuir la siniestralidad laboral. Acciones como una campaña de información a los trabajadores, la distribución de volantes informativos, las charlas motivadoras de los supervisores, los cursos de capacitación, etc., pretenden disminuir los accidentes laborales. En la mayoría de los casos, sin embargo, la efectividad de estas acciones es desconocida y las metodologías utilizadas no siguen un marco metodológico unificado o no permiten la cuantificación precisa de los efectos.

Un marco metodológico adecuado que mida la efectividad de acciones orientadas a prevenir la accidentabilidad permitiría fortalecer la acción del sistema a través de la identificación de cuáles medidas son en realidad las más efectivas. Esto último es algo esencial para aumentar el impacto y alcance del sistema de mutualidades.

Este estudio tiene como objetivo general evaluar la efectividad de intervenciones preventivas realizadas por las mutualidades para disminuir la ocurrencia de accidentes laborales y días perdidos. Los objetivos específicos son:

1. Establecer el marco teórico general para el problema de evaluación de la efectividad de una intervención: supuestos, interpretación y limitaciones.
2. Plantear metodologías que puedan realizar la evaluación de impacto dados los datos disponibles en el sistema de mutuales¹.
3. Aplicar las metodologías para la evaluación de las intervenciones seleccionadas en un sistema informático.
4. Comparar las metodologías en términos de resultados y confiabilidad.
5. Interpretar los resultados como mecanismo de evaluación de las diferentes acciones de prevención.

¹ Éstas serían de tipo econométrico, ya sea con modelos de panel o mediante series de tiempo. Los modelos de panel ya se han probado en Brahm & Singer (2013) y los de series de tiempo en Singer, Matamala y Rudolph (2015). En todos los casos se deberá contar con bases de datos susceptibles de análisis informático. Se incorpora el uso de modelos econométricos bayesianos, modelos de panel y modelos para variables de conteo que no suponen grandes números y modelos que incorporen la heterogeneidad de las condiciones de trabajo o de los trabajadores en el riesgo de accidente.

6. Generar recomendaciones metodológicas para la evaluación de la efectividad de las medidas preventivas para las mutuales que hayan otorgado información.
7. Diseñar algoritmo de predicción, que señale empresas con riesgos mayores a lo recomendado y que puedan establecer las mejores intervenciones al caso (dependiendo del rubro, tamaño, historia y otros factores).

Para abordar estos objetivos se usaron las metodologías de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (ETESA) que consisten en una evaluación multidimensional, que incluye costo, efectividad, equidad y aspectos éticos entre otros. En este proyecto, sólo se evalúa la efectividad, es decir, cuál es la probabilidad de reducir un cierto accidente o incidente luego de haber realizado una acción de intervención. No se consideran las otras dimensiones; por ejemplo, el costo, el beneficio de dicha acción en términos económicos o la dimensión ética de una intervención. Otra forma de medir el impacto de la accidentabilidad tiene que ver con los días laborales perdidos. Si bien en la propuesta inicial del proyecto se contemplaba esta medición, la no disponibilidad de datos impidió que este análisis pudiese hacerse.

Una de las metodologías usuales para evaluar una acción o intervención, en este caso preventiva de los accidentes laborales, es comparar el número de accidentes efectivos en un período de tiempo con una estimación de los accidentes que se pudieron haber producido si no se hubiese realizado la intervención. A esta estimación se le llama el contrafactual o control (Rubin, 1974; Varian, 2014). Para avanzar en este desafío, un estudio previo en Chile validó un modelo de evaluación de impacto en accidentes laborales (Singer, Matamala & Rudolph, 2015). En ese estudio se hacen predicciones en base a modelos ARIMA que suponen distribución Normal, un período de observación largo y datos agregados de varios sectores de actividad económica. En el presente estudio todos esos supuestos son relajados por lo cual se pueden obtener resultados a nivel de empresas o sectores de actividad económica desagregada. Adicionalmente, se considera el efecto dinámico de las intervenciones.

La metodología propuesta se basa en un modelo bayesiano conjugado (Bernardo y Smith, 1994; Lee, 2004). Este modelo considera el número total de accidentes mediante un proceso de conteo Poisson con incidencias heterogéneas por empresa de acuerdo a una distribución Gamma (Marcoulaki, Papazoglou & Konstandinidou, 2012). El enfoque bayesiano permite que cada empresa en la muestra tenga características específicas tanto en la incidencia de accidentes como en su severidad. Otra de las ventajas de los modelos de conteo, con formulación bayesiana, es que no se requiere un historial de datos muy significativo para poder estimar y proyectar el contrafactual. En modelos de conteo es suficiente disponer de una ventana de observación relativamente corta para poder estimar los parámetros del modelo. La manera como se construye el contrafactual o control en este estudio se basa en una predicción en base a datos históricos. Esto es, en base a datos previos sin intervención, se estiman los accidentes que debieron haber ocurrido durante el período con intervención; luego, la diferencia entre los accidentes observados durante la intervención y los esperados sin

intervención corresponden al impacto de la intervención. La metodología permite evaluar intervenciones aisladas, o varias intervenciones sobrepuestas. Para aislar las intervenciones individuales se utilizan modelos de regresión con variables binarias. Estos modelos permiten a su vez captar efectos dinámicos en las intervenciones.

Para estimar los modelos propuestos y medir la efectividad de acciones específicas, se utiliza una base de datos de accidentes laborales de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). La ACHS es una asociación de empresas y trabajadores en Chile que tiene como propósito central prevenir accidentes y enfermedades laborales, promoviendo una cultura que garantice la seguridad, salud y calidad de vida de los trabajadores. La base de datos disponible para este estudio cuenta con más de 50.000 unidades económicas observadas durante 18 meses. Las intervenciones impulsadas por la ACHS en diversas unidades económicas, y que serán consideradas en el análisis, son las siguientes: (i) el sistema preventivo ACHS, (ii) la Aplicación Móvil APP, (iii) la Capacitación PUSH, (iv) la Pre-Campaña y (v) la Campaña. Se explica cada una a continuación.

El Sistema Preventivo ACHS (SPACHS) es la forma en que la Asociación Chilena de Seguridad asesora a sus empresas asociadas, para que éstas realicen una buena gestión de seguridad y salud en el trabajo. El SPACHS es una metodología de trabajo estandarizada, a través del cual se sistematiza la gestión preventiva que realiza ACHS de cara a sus empresas asociadas, para generar en ellas la cultura preventiva, que les permita reducir sus accidentes y enfermedades profesionales. El SPACHS consta de las siguientes etapas: (i) análisis de situación de empresa y acuerdo de colaboración, (ii) evaluación de riesgos, (iii) construcción del plan de acción, (iv) ejecución del plan de acción y (v) verificación y control. El SPACHS se basa en la mejora continua y apunta al logro de objetivos específicos, medibles y alcanzables, orientados a resultados y con plazos definidos, asociados a las cuatro perspectivas de Seguridad y Salud en el Trabajo que considera el sistema. El SPACHS se aplica a toda empresa/sucursal no PyME, independiente de su tamaño, actividad económica, naturaleza de sus actividades, peligros y complejidad de las operaciones. Estas unidades económicas agrupan aproximadamente al 35%-40% del total de accidentes.

La aplicación móvil APP se asigna a las empresas y sucursales de cualquier segmento de clientes, pero catalogadas como no críticas en términos de accidentabilidad; esto implica que tienen menos accidentes y días perdidos pues tienden a ser empresas asociadas a servicios y presentan exposiciones menos complejas. Esta herramienta permite una gestión preventiva más ágil y simple, permitiendo cubrir un número mayor empresas y sucursales. Al aplicar el diagnóstico se genera un plan, el cual se entrega posteriormente al cliente y tiene una duración de un año.

La capacitación con propuesta Push corresponde a capacitaciones que siguen una directriz por tipo de accidente y por actividad económica, lo que permite dirigir centralizadamente los esfuerzos de capacitación en aquellos ámbitos que debieran

generar una mayor disminución en la cantidad y gravedad de los accidentes. Consiste en empujar aquellas capacitaciones que tienen incidencia directa en los factores gatilladores de accidentes, definidos a partir de los focos casuísticos de las empresas. Por lo tanto, los profesionales de prevención al asesorar a sus clientes sobre las capacitaciones deben obligatoriamente indicar aquellos cursos que contribuyan a la disminución de la accidentabilidad. Inicialmente, los expertos debían programar el 80% de las capacitaciones con foco "push" y el 20% restante se deja de libre disposición en las Agencias para que atiendan requerimientos específicos y pertinentes a su realidad local. Los cursos marcados como PUSH, son aquellos que tienen directa relación con los procesos productivos donde se generan los accidentes.

Finalmente, el estudio considera capacitaciones del tipo pre-campaña y campaña. Una campaña es la coordinación de una serie de acciones comunicacionales con la finalidad de impactar positivamente a un público específico durante un periodo determinado, respondiendo a un objetivo particular. De acuerdo al análisis de todos los accidentes ocurridos durante el año anterior, se define las temáticas, los perfiles-foco y los conceptos que ayuden a evidenciar los riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores, con el propósito de sensibilizarlos y contribuir a una cultura de seguridad. El estudio incorporó la campaña Golpes y Caídas (2016), que incluyó una etapa de pre-campaña. La pre-campaña tuvo como actividades: la visita a la empresa por experto, charlas, aplicación de listas de verificación (para golpes y caídas), y la emisión de informes técnicos. La campaña incluyó la entrega de kit (marketing directo), difusión en medios ACHS y redes sociales, difusión en medios de comunicación, gremios y empresas.

El resto de este manuscrito se organiza de la siguiente manera. En la **Sección 3. Datos** describimos la base de datos utilizada. En la **Sección 4. Metodología** mostramos las estimaciones de los modelos propuestos, y presentamos los test de la validez estadística y la interpretación económica. Finalmente, en la **Sección 5.** presentamos los resultados, las conclusiones y limitaciones de nuestro estudio.

3. Datos

Para la realización de este estudio se utiliza una base de datos de accidentes laborales de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS). Actualmente el número de instituciones afiliadas supera las 70 mil y el número de trabajadores afiliados supera los 2 millones.

La ACHS registra en sus bases de datos cada uno de los accidentes laborales ocurridos en las instituciones afiliadas. Para este estudio se dispone de los datos de las empresas afiliadas durante 18 meses correspondientes al período entre enero del 2013 y abril del 2015. La unidad de análisis corresponde a unidades económicas de empresas definidas como unidades de producción, operación, gestión o comercialización de las empresas afiliadas a la ACHS. Para cada una de las unidades se dispone de la siguiente información:

- Masa de trabajadores: Número de trabajadores de la sucursal en base a una estimación calculada por la ACHS prorrateando los trabajadores totales de la empresa en base a información que le entregan los expertos.
- Código CIIU: Clasificación de las empresas afiliadas según el código CIIU. Se utiliza la clasificación a 1 dígito de manera de que cada grupo tuviera una cantidad significativa de sucursales para ser analizadas.

En el Cuadro 1 se presentan estadísticas descriptivas de los datos según sector de actividad económica según la clasificación universal CIIU. Este cuadro reporta el número de sucursales o empresas en cada sector, el número promedio de trabajadores y el número de accidentes totales. La última columna del Cuadro 1 reporta la tasa de accidentabilidad promedio en cada sector. Esta tasa se calcula como el número de accidentes por el período de tiempo y por el número de trabajadores. Los sectores de actividad económica difieren considerablemente en el número de empresas; los más grandes corresponden a Actividades Inmobiliarias y a Comercio. Las tasas de siniestralidad promedio de todas las empresas llegan a 8,9% y difiere marcadamente entre sectores. El coeficiente de variación, desviación estándar respecto de la media, llega al 21%. Los sectores con mayores tasas de siniestralidad son Industria Manufacturera, Construcción y Hoteles y Restaurantes. En los tres casos mencionados la tasa supera el 10%. Como se esperaría, el número de accidentes graves y fatales es considerablemente menor al número de accidentes leves en todos los sectores de actividad económica.

4. Metodología

Modelo Poisson – Gamma

El modelo de Poisson, así como su extensión Poisson – Gamma, ha sido usado en distintos contextos en la literatura estadística para representar procesos de conteo. El modelo de regresión de Poisson ha sido aplicado en accidentes en el trabajo en la industria minera (Mallick and Mukherjee 1996) así como en otras industrias (Boyd and Radson 1999, Bailer et al. 1997, Richardson et al., 2004). El modelo Poisson también ha sido usado para medir el impacto en intervenciones para la seguridad en las condiciones laborales (Smitha et al. 2001; Wing et al. 1991; Frome et al. 1997; das Chagas Moura, 2016). En un contexto algo diferente, el modelo Poisson se ha usado para modelar accidentes en vehículos motorizados (Li et al, 2001; Lord et al. 2005 Yang et al, 2014; Gomes, Geedipally and Lord, 2012) y en procesos de conteo en otras disciplinas como es el caso del Marketing donde se ha utilizado para representar el número de compras de un consumidor o el número de exposiciones a una publicidad (Goodhardt, Ehrenberg and Chatfield, 1984; Danaher, 2007). En términos generales se supone que el modelo Poisson – Gamma es más flexible que el modelo Poisson y esta mayor flexibilidad no está acompañada de una complejidad excesiva (Marcoulaki, Papazoglou & Konstandinidou, 2012; das Chagas et al. 2016).

Cuadro 1: Estadísticas Descriptivas por Sector

| Sector | Empresas | Promedio Trabajadores | Total Accidentes | Tasa Accidentabilidad |
|----------------------------|----------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| Act. Inmobiliarias | 19.348 | 19 | 44.744 | 0.084 |
| Adm. Pública y Defensa | 3.730 | 58 | 24.467 | 0.081 |
| Agricultura, Ganadería | 8.229 | 25 | 35.656 | 0.086 |
| Comercio | 16.752 | 24 | 78.817 | 0.09 |
| Construcción | 5.604 | 22 | 19.663 | 0.101 |
| Enseñanza | 4.875 | 43 | 27.512 | 0.087 |
| Expl. De Minas y Canteras | 590 | 67 | 3.129 | 0.066 |
| Hogares Priv. y Serv. Dom. | 1.607 | 6 | 927 | 0.045 |
| Hoteles y Restaurantes | 4.997 | 26 | 22.113 | 0.118 |
| Industrias Manufactureras | 9.042 | 35 | 62.366 | 0.101 |
| Intermediación Financiera | 3.108 | 25 | 6.096 | 0.059 |
| Serv. Comunitarios | 6.415 | 24 | 22.746 | 0.092 |
| Pesca | 641 | 40 | 4.971 | 0.092 |
| Serv. Sociales y De Salud | 2.269 | 45 | 16.642 | 0.086 |
| Electricidad, Gas y Agua | 905 | 16 | 1.525 | 0.057 |
| Transporte y Com. | 7.010 | 23 | 24.799 | 0.091 |

El modelo Poisson – Gamma que se propone supone que el número de accidentes laborales totales en un intervalo de tiempo T tiene una distribución de frecuencias o probabilidades Poisson, lo cual es usual en muchos contextos en los cuales se analizan procesos de conteo y accidentes. Para una unidad de análisis, que podría ser una empresa, unidad económica, centro de trabajo o sucursal en un intervalo de tiempo y para un número N dado de trabajadores, la cantidad promedio de eventos por trabajador y unidad de tiempo tiene media igual a (λNT) , donde la componente λ representa la incidencia de accidentes por unidad de tiempo y trabajador y (NT) corresponde a un factor de escala definido como la multiplicación entre el intervalo de tiempo considerado, T , y el número de trabajadores en la empresa, N . La incidencia λ es específica a cada unidad de análisis y, debido a que eventualmente se tienen muestras pequeñas para cada empresa y un gran número de unidades de análisis, es mejor definirla como una componente aleatoria en un ambiente de estimación Bayesiano. Si la incidencia de cada empresa fuese un parámetro fijo e independiente de las otras incidencias, se requeriría una muestra relativamente grande de trabajadores y/o un período de tiempo extenso para alcanzar una estimación precisa y confiable. La ventaja de un ambiente bayesiano es que las distintas incidencias están relacionadas a través de una distribución de probabilidades de manera que la información proveniente de otras unidades de análisis también aporta a la estimación.

La distribución de probabilidades que determina las incidencias λ , por conveniencia en el análisis y por ser un modelo usual en modelación Bayesiana de procesos de conteo, se supone que sigue una distribución de probabilidades Gamma con parámetros r y s . Estos parámetros son considerados fijos aunque desconocidos. Así, la incidencia de accidentes promedio a través de las empresas es $E(\lambda) = (r/s)$ mientras que la dispersión a través de las empresas está representada por la varianza $V(\lambda) = (r/s^2)$. Incorporando la especificación Poisson, para el proceso de conteo, el modelo para el número de accidentes se denomina Poisson – Gamma o Binomial Negativo y se puede representar por

$$Y | \lambda \sim \text{Poisson}(\lambda N T)$$

$$\lambda \sim \text{Gamma}(r, s)$$

Esto es, la incidencia de accidentes laborales se distribuye a través de las empresas de acuerdo a una distribución Gamma mientras que, para una empresa particular, la distribución del número de accidentes dada la incidencia λ y el factor NT que representa un factor de escala en función del número de trabajadores y el intervalo de tiempo observado, tiene distribución Poisson con parámetro $(\lambda N T)$.

La probabilidad de que en un período de tiempo se observen y accidentes, en una empresa promedio, tiene una probabilidad igual a

$$P(Y = y) = \frac{\Gamma(r + y)}{\Gamma(r)\Gamma(y + 1)} \left(\frac{s}{s + N T}\right)^r \left(\frac{N T}{s + N T}\right)^y, \quad y = 0, 1, 2, \dots$$

Se demuestra a partir de este modelo que la media y la varianza en el número de accidentes de una unidad económica en un período de tiempo están dadas por

$$E(Y) = \frac{r}{s} N T \quad V(Y) = \frac{r}{s} N T \left(1 + \frac{N T}{s}\right)$$

Desde aquí se observa que la varianza en un proceso de conteo Poisson – Gamma tiene, respecto de la distribución Poisson, un factor de inflación determinado por el último término en la expresión de la varianza, y más específicamente, determinado por el factor de escala NT y el parámetro s . Mientras mayor es el coeficiente s en la distribución Gamma, menor es la varianza en el número de accidentes por empresas y por ende las incidencias de los accidentes de las distintas unidades económicas, tienden a ser similares. Por el contrario, un valor de s cercano a cero implica una alta dispersión o variabilidad en las incidencias de accidentes a través de unidades económicas.

Los parámetros del modelo Poisson – Gamma, r y s , deben ser estimados a partir de los datos. Es usual en aplicaciones a procesos de conteo que se utilice el método Bayesiano Empírico, en el cual los parámetros r y s son considerados constantes no

aleatorias que se estiman mediante el método de máxima verosimilitud (Bernardo y Smith 1994). Si bien el modelo especificado permite heterogeneidad en la accidentabilidad por unidad económica, una forma de hacer más flexible el modelo para que se ajuste a datos de empresas de distintos sectores económicos y distintas regiones geográficas, es definir parámetros específicos para tales categorías. En base a los análisis anteriores, se plantea la siguiente hipótesis respecto de la metodología econométrica apropiada para analizar y predecir procesos aleatorios de conteo de accidentes laborales.

Una de las cualidades de la especificación Gamma para modelar la tasa de incidencia de accidentes a través de las empresas es que, utilizando resultados estándar de teoría bayesiana, se puede establecer la distribución de probabilidades de una empresa particular a la cual se le han observado y accidentes en un período de tiempo T y para una dotación de trabajadores N . En efecto,

$$\lambda | y \sim \text{Gamma}(r + y, s + N T)$$

Esta distribución de probabilidades condicional o ajustada a la nueva información permite hacer predicción de la accidentabilidad en futuros períodos considerando toda la información disponible. Esta distribución de probabilidades contiene parámetros estimados con todas las unidades económicas: r , s y contiene características propias de la unidad económica: $y, N T$.

Estimación del Impacto

Para medir el impacto de las distintas intervenciones se estimaron los parámetros del modelo Poisson – Gamma para cada subsector de la economía según los 4 primeros dígitos de la clasificación CIIU. El estudio de Marshall, Hirmas y Singer (2017) muestra que los modelos de siniestralidad laboral Poisson – Gamma difieren por sector de actividad económica. Esto permite diferenciar entre distintas actividades económicas que pueden tener un proceso generador de datos distinto. Para la estimación de estos modelos se utilizaron todas las observaciones mensuales que tengan al menos 6 meses sin ningún tipo de intervención. De esta manera, los modelos estimados corresponden al escenario base sin intervención. La muestra disponible para estas estimaciones es de 1.346.159 observaciones mensuales. El número de observaciones promedio por subsector es de aproximadamente 24.539; siendo el rango de 15 a 66.077.

Luego de estimar los parámetros del modelo de cada sector de actividad económica, se actualizaron estos parámetros con la información de accidentes de cada unidad económica

$$r_i = r + y_i \quad s_i = s + N_i T_i$$

Donde y_i es el número de accidentes observados de la unidad económica i y $N_i T_i$ es la masa de trabajadores multiplicado por el tiempo de observación en número de meses

de la unidad i . Con estos parámetros se puede calcular el número esperado de accidentes y la varianza del número de accidentes en un período de tiempo sin intervención. La idea general para evaluar el impacto de las intervenciones es comparar las observaciones de accidentes durante los períodos con intervenciones con el valor esperado de accidentes en estos períodos si no se hubiesen realizado intervenciones.

En los periodos posteriores a la primera intervención no se actualizan los parámetros y se dejan constantes por el resto del intervalo de tiempo analizado. Con estos parámetros estimamos una versión estandarizada de los datos descrita por

$$z_i = \frac{y_i - E(y_i)}{\sqrt{V(y_i)}}$$

Donde z_i representa el valor estandarizado en el período de intervención. Si z_i es cercano a cero o positivo, eso significa que los accidentes de la sucursal i fueron iguales o mayores a los esperados para un período sin intervención y la intervención no sería efectiva. Si, por el contrario, el valor z_i es negativo, el número de accidentes en el período con intervención sería menor al esperado sin intervención y habría un impacto en la intervención. Los valores estandarizados z_i se pueden calcular para distintos períodos de tiempo de manera de poder medir también el impacto de las intervenciones a lo largo del tiempo.

Como las intervenciones no son excluyentes y una misma unidad económica puede enfrentarse a distintas intervenciones en el mismo período de tiempo, el impacto de las distintas intervenciones se estima mediante modelos de regresión donde los valores estandarizados z_i corresponden a la variable dependientes y las variables independientes corresponden a variables binarias para cada intervención y período de tiempo que toman variables 0 y 1 según si la intervención está activa o no. El modelo de regresión general para la estimación final del impacto tiene la siguiente forma

$$z_{it} = \alpha_{it} + \sum_{p=0}^3 \sum_k \beta_{k,p} D_{i,t-p}^k + \epsilon_{it}$$

$$\beta_{k,p} = \gamma_{0,k} + \gamma_{1,k}p + \gamma_{2,k}p^2$$

Donde z_{it} es el valor estandarizado para la unidad i en el tiempo t , $D_{i,t-p}^k$ representa una variable binaria con el valor de 1 si la sucursal i recibió el tratamiento k en el periodo $t-p$, ϵ_{it} es el residuo de la regresión y α_{it} $\beta_{k,p}$ son parámetros que miden el impacto de las intervenciones. La inclusión de las variables binarias con hasta tres rezagos permite medir el impacto temporal de las intervenciones. Un problema usual en este tipo de regresiones, con variables independientes rezagadas, es que se

presenta alta multicolinealidad, lo cual genera estimaciones de los efectos temporales poco precisas. Para efectos de evitar este fenómeno y tener estimaciones más precisas se supone que los parámetros que miden el impacto de las intervenciones siguen un polinomio de orden dos, dependiente del orden del rezago. Esta metodología permite corregir los problemas de alta correlación que puede haber entre los distintos rezagos.

$$\beta_{k,p} = \gamma_{0,k} + \gamma_{1,k}p + \gamma_{2,k}p^2$$

La muestra total para la estimación de este modelo de regresión es de 1.639.548 observaciones mensuales. El promedio de observaciones por subsector es de aproximadamente 29.901, con un rango de 18 a 80.298.

Es importante tener en cuenta la interpretación de los coeficientes $\beta_{k,p}$ que miden el impacto de las intervenciones. Como la variable dependiente en el modelo de regresión está estandarizada, los coeficientes $\beta_{k,p}$ miden el impacto en términos de desviaciones estándar. Esto es, cuando una intervención se activa en un mes, el impacto sobre el número de accidentes es el coeficiente correspondiente multiplicado por la desviación estándar en el número de accidentes. Por ejemplo, suponga que para una unidad económica el número esperado de accidentes en un mes cuando no hay intervención, y para una masa determinada, es igual a 10, con una desviación estándar igual a 4. Entonces, si el coeficiente de una intervención es igual a -0.25, el cambio en el número de accidentes es $-0,25 \times 4,0 = -1,0$. Esto es, se espera una disminución igual a 1,0 accidente al mes.

5. Resultados y Conclusiones

Los resultados de aplicar la metodología de estimación del impacto descrita en la sección anterior se obtuvieron a nivel de toda la muestra, a nivel de unidades económicas pequeñas, definidas como aquellas con menos de 50 trabajadores, y unidades grandes, definidas como aquellas con más de 50 trabajadores. El criterio de corte en 50 trabajadores se definió de manera de poder disponer de tamaños de muestra suficiente y porque, distintas simulaciones con los resultados, mostraron que en ese número de trabajadores se producían cambios significativos en algunos resultados. También se obtuvieron resultados por sector económico según la clasificación por CIIU a uno y dos dígitos. Dado que la muestra cuenta solamente con 18 meses de observaciones, y la estimación del escenario base incluyó sólo 6 meses sin intervenciones, las estimaciones pueden ser altamente volátiles. Los resultados del análisis muestran mayor consistencia y robustez a nivel más agregado y mayor volatilidad cuando se refieren a sectores de actividad económica específica.

Los resultados obtenidos serán presentados por tipo de intervención: SPACHS, Aplicación Móvil APP, Capacitación PUSH, Pre-Campaña y Campaña. Los resultados

muestran los efectos obtenidos de manera general y de manera específica para las distintas sub-muestras descritas.

Como se mencionó previamente, los impactos de las intervenciones se miden en términos de la variable número de accidentes estandarizada de manera de poder agregar unidades económicas con realidades muy diferentes. Así entonces, la variable que se quiere explicar en los modelos de medición de impacto tiene media cero y varianza 1, aproximadamente el 66% de la probabilidad o frecuencia se encuentra entre los valores -1 y 1 y aproximadamente el 95% de la probabilidad o frecuencia se encuentra entre los valores -2 y 2. Por ejemplo, una intervención que tiene impacto -1 significa que una empresa promedio en accidentabilidad la puede llevar a estar en el 33% de menor accidentabilidad y a una empresa que se encuentra en el 33% de menor accidentabilidad la puede llevar a estar en el 5% de menor accidentabilidad.

Intervención Basal SPACHS

La intervención SPACHS no tiene efectos significativos en la disminución de los accidentes laborales. En el primer panel del Cuadro 2 no se observan efectos significativos a nivel global, tampoco en la desagregación de empresas pequeñas y grandes y tampoco en la dinámica temporal. Si bien los efectos inmediatos muestran una disminución en los accidentes, ésta no alcanza a ser significativa desde un punto de vista estadístico. Tampoco es significativa en magnitud, en la escala de una variable estandarizada con media cero y varianza 1 la intervención apenas mueve la accidentabilidad en una magnitud -0.07. El Cuadro 3(a) presenta los efectos por sector de actividad económica. Los únicos sectores que presentan disminuciones en la accidentabilidad estadísticamente significativas son Servicios Sociales y de Salud y Suministro de Electricidad, Gas y Agua. El impacto de esta intervención en el primero de estos sectores es más del doble que el impacto en el segundo sector. En los otros 13 sectores evaluados no se observan efectos o éstos son positivos lo cual no corresponde al resultado esperado. Se aprecia en el Cuadro 3(a) una alta dispersión en los efectos de las intervenciones en distintos sectores de actividad económica.

En las estimaciones del impacto de esta intervención a 3 dígitos CIIU, en el Cuadro 4, el 66% de los subsectores tienen un impacto negativo inmediato, mientras que después de 3 meses la proporción de sectores donde se observa un impacto negativo es sólo el 53%. Si la intervención no fuese significativa se esperaría que aproximadamente el 50% de los sub-sectores tuviesen efectos negativos. Todos los sectores excepto "*Hogares Privados con Servicio Doméstico*" presentaron este tipo de intervención.

Intervención Basal: Aplicación Móvil APP

La intervención Aplicación Móvil APP no tiene efectos significativos en la disminución de los accidentes laborales e incluso en empresas grandes se observan aumentos en la accidentabilidad, lo cual es contrario a la intuición, pero podría obedecer a la ausencia de otras intervenciones no consideradas en este estudio. El Cuadro 3(b) presenta los

efectos por sector de actividad económica. Los únicos sectores que presentan disminuciones en la accidentabilidad estadísticamente significativas son Pesca, Administración Pública y Defensa y Suministro de Electricidad, Gas y Agua. En estos sectores los efectos se mantienen en el tiempo, al menos durante tres meses.

En las estimaciones del impacto de esta intervención a 3 dígitos CIIU, en el Cuadro 4, el 65% de los subsectores tienen un impacto negativo inmediato, mientras que después de 3 meses la proporción de sectores donde se observa un impacto negativo es de 66%. Esto es, la proporción se mantiene casi constante después de 3 meses. Se aprecia en el Cuadro 2(b) una alta dispersión en los efectos a través de los sectores de actividad económica.

Intervención Basal: Capacitación PUSH

La capacitación tipo PUSH tampoco tiene efectos mayormente significativos en la disminución de los accidentes laborales. Si bien a nivel agregado se observan algunos efectos significativos en el tercer panel del Cuadro 2, estos no parecen tener una significancia económica debido a que los efectos son muy menores. El efecto es mayor en empresas pequeñas y sólo aparece de manera instantánea. No hay efectos duraderos en esta intervención.

Si bien los efectos inmediatos muestran una disminución en los accidentes, ésta no alcanza a ser significativa. El Cuadro 3(c) presenta los efectos por sector de actividad económica. Los únicos sectores que presentan disminuciones en la accidentabilidad estadísticamente significativas son Pesca y Suministro de Electricidad, Gas y Agua. En ambos sectores se observa un impacto sólo instantáneo y no duradero.

En las estimaciones del impacto de esta intervención a 3 dígitos CIIU, en el Cuadro 4, el 42% de las subsectores tienen un impacto negativo inmediato mientras que después de 3 meses la proporción de sectores donde se observa un impacto negativo es sólo el 58%.

Intervención Basal: Pre-Campaña

La intervención tipo Pre-Campaña tiene efectos estadísticamente significativos y crecientes en el tiempo, especialmente en empresas pequeñas. En empresas grandes el efecto también es significativo desde el punto de vista estadístico pero la magnitud del impacto es menor. El impacto inicial, en el cuarto panel del Cuadro 2 es -0.10 en empresas pequeñas y después de tres meses el efecto llega a -0.40. Esto quiere decir que en la escala de una variable estandarizada con media cero y varianza 1, la intervención modifica el valor de la variable en -0.40. Esto quiere decir que si una empresa es promedio en accidentabilidad, la intervención la ubica en el 35% con menor accidentabilidad debido a la intervención. Para empresas grandes el efecto inicial es prácticamente igual a 0 pero después de 3 meses éste llega a -0.21.

En el Cuadro 3(d) se observan los impactos por sector de actividad económica a 2 dígitos CIIU. Los sectores que muestran efectos significativos son: (i) Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura, (ii) Enseñanza, (iii) Hoteles y Restaurantes, (iv) Intermediación Financiera y (v) Servicios Sociales y de Salud. Todos los sectores excepto "*Hogares Privados con Servicio Doméstico*" presentaron este tipo de intervención

En las estimaciones del impacto de esta intervención a 3 dígitos CIIU, en el Cuadro 4, el 69% de las subsectores tienen un impacto negativo inmediato mientras que después de 3 meses la proporción de sectores donde se observa un impacto negativo es sólo el 94%. Estos resultados muestran la dinámica creciente del efecto de esta intervención en tres meses de aplicación. La secuencia de efectos ordenados en el tiempo sugiere que esta intervención tiene efectos que van mucho más allá de los tres meses y la amplitud de sectores en los cuales se observan disminuciones en la accidentabilidad.

Intervención Basal: Campaña

La intervención tipo Campaña tiene efectos estadísticamente significativos y crecientes en el tiempo, especialmente en empresas grandes. En empresas pequeñas el efecto también es significativo desde el punto de vista estadístico. El impacto inicial es -0.09 desviaciones estándar y después de tres meses el efecto llega a -0.68 desviaciones estándar. Para empresas grandes el efecto inicial es similar al de empresas pequeñas pero después de 3 meses el impacto en empresas grandes es prácticamente el doble que en empresas pequeñas.

En el Cuadro 3(e) se observan los impactos por sector de actividad económica a 2 dígitos CIIU. Los sectores que muestran efectos significativos son: (i) Administración Pública y Defensa, (ii) Agricultura, (iii) Construcción, (iv) Educación, (v) Hoteles y Restaurantes, (vi) Industria Manufacturera, (vii) Intermediación Financiera, (viii) Pesca y (ix) Transporte, Almacenamiento y Comunicaciones.

Todos los sectores de actividad, excepto Hogares Privados con Servicio Doméstico presentaron este tipo de intervención

En las estimaciones del impacto de esta intervención a 3 dígitos CIIU, en el Cuadro 4, el 84% de las subsectores tienen un impacto negativo inmediato mientras que después de 3 meses la proporción de sectores donde se observa un impacto negativo es sólo el 90%. Estos resultados muestran una dinámica levemente creciente del efecto de esta intervención en tres meses de aplicación y la amplitud de sectores en los cuales se observan disminuciones en la accidentabilidad.

La Figura 1 muestra los efectos agregados de las distintas intervenciones y la Figura 2 muestra la proporción de unidades económicas con efectos a nivel de 3 dígitos CIIU.

Análisis de Robustez

Uno de los objetivos del estudio corresponde a hacer test de distintas formas como se pueden medir el impacto de las intervenciones. En esta sub-sección se mencionan algunos de los test realizados en este sentido.

El modelo Poisson – Gamma se ha usado extensamente en la literatura para modelar procesos de conteo como los accidentes laborales (ver sección 4). La aplicación de estos modelos a los accidentes registrados por las empresas de la ACHS muestran buenos indicadores de bondad de ajuste (Marshall, Hirmas & Singer, 2017). La estimación del impacto de las intervenciones, según se describe en la Sección 4, considera el número de accidentes durante la intervención estandarizado según la media y la varianza de un período previo sin intervención y mide el impacto mediante modelos de regresión con variables binarias y con rezagos para capturar la dinámica del impacto.

Dos variantes a esta metodología fueron consideradas para efectos de medir el impacto. En lugar de usar el valor estandarizado del número de accidentes durante la intervención, se utilizó la probabilidad acumulada de la observación correspondiente al período con intervención en base a la distribución en el período sin intervención o base. En base a esta metodología, si efectivamente la intervención produce efectos, deberían observarse un número de accidentes en la cola inferior de la distribución y por tanto valores significativamente menores a 0,5. Si no hubiese efectos en las intervenciones los valores esperados para estos valores de la probabilidad acumulada serían cercanos a 0,5. Los resultados en base a esta metodología resultaron ser similares a los reportados aunque los efectos aparecían menos claros.

La segunda variante a la metodología tiene que ver con la restricción de que los efectos rezagados en las estimaciones correspondan a un polinomio de grado dos. Las estimaciones de los modelos de regresión que se proponen en la Sección 4 también se estimaron sin imponer restricciones a los coeficientes. El resultado de este ejercicio fueron estimaciones menos precisas debido a la multicolinealidad.

Conclusiones

Los accidentes laborales se pueden modelar mediante un modelo Poisson – Gamma como se muestra en los numerosos estudios de la literatura. La metodología para medir la accidentabilidad laboral y el impacto de intervenciones se construye a partir de este modelo comparando los accidentes laborales efectivos durante el período de intervención con los accidentes que se esperarían en base a un período sin intervención. Esta metodología se basa en un modelo bayesiano que permite estimaciones a nivel muy desagregado y no requiere la disponibilidad de grandes períodos de datos.

La metodología propuesta para estimar el impacto de las intervenciones para disminuir la accidentabilidad se ajusta a los datos. Las estimaciones que pueden obtenerse a nivel desagregado, respetando la naturaleza de los datos como un proceso de conteo, muestra resultados mixtos para el impacto de las intervenciones analizadas. Para SPACHS, Aplicación Móvil APP y Capacitación PUSH los impactos no son significativos en la mayoría de los sectores de actividad económica, mientras que en las Pre-Campaña y Campaña se observan efectos significativos y duraderos en la gran mayoría de los sectores de actividad económica.

6. Cuadros y figuras

Cuadro 2: Impacto de Intervenciones Según Tipo de Intervención y Rezagos

| Intervención SPACHS | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| Unidades / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Todas | -0.07 | 0.04 | 0.07 | 0.02 |
| Pequeñas | -0.08 | 0.00 | 0.01 | -0.04 |
| Grandes | -0.06 | 0.07 | 0.11 | 0.07 |
| Intervención Aplicación Móvil APP | | | | |
| Unidades / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Todas | 0.04** | -0.02** | -0.01** | 0.08** |
| Pequeñas | 0.02** | -0.04** | -0.03** | 0.06** |
| Grandes | 0.18** | 0.19** | 0.22** | 0.27** |
| Intervención Capacitación PUSH | | | | |
| Unidades / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Todas | 0.07** | 0.02 | 0.00 | 0.01 |
| Pequeñas | 0.09* | 0.05 | 0.04 | 0.07 |
| Grandes | 0.05 | 0.01 | -0.02 | -0.01 |
| Intervención Pre-Campaña | | | | |
| Unidades / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Todas | -0.03** | -0.16** | -0.29** | -0.40** |
| Pequeñas | -0.10** | -0.18** | -0.30** | -0.47** |
| Grandes | 0.01** | -0.11** | -0.18** | -0.21** |
| Intervención Campaña | | | | |
| Unidades / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Todas | -0.09 | -0.34 | -0.54 | -0.68 |
| Pequeñas | -0.11* | -0.37 | -0.42 | -0.27 |
| Grandes | -0.11 | -0.24 | -0.39 | -0.55 |

(*) Estadísticamente significativo al 5%. (**) Estadísticamente significativo al 1%

Cuadro 3(a): Impacto de Intervención SPACH Según Sector de Actividad y Rezagos

| Sector / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Act. Inmobiliarias | 0.28 | 0.22 | 0.18 | 0.17 |
| Adm. Publica y Defensa | 0.12** | 0.40** | 0.60** | 0.71** |
| Agricultura, Ganadería | -0.26 | 0.01 | 0.09 | -0.03 |
| Comercio | -0.03 | -0.12 | -0.17 | -0.18 |
| Construcción | -0.09 | 0.05 | -0.01 | -0.27* |
| Enseñanza | -0.27 | 0.27 | 0.37** | 0.02 |
| Expl. De Minas y Canteras | 0.18 | -0.07 | -0.09 | 0.13 |
| Hogares Priv. y Serv. Dom. | | | | |
| Hoteles y Restaurantes | 0.05 | 0.27** | 0.13** | -0.36** |
| Industrias Manufactureras | -0.19* | -0.03 | 0.03 | 0.00 |
| Intermediación Financiera | -0.75** | -0.23 | 0.07 | 0.13 |
| Serv. Comunitarios | -0.01 | 0.44 | 0.49 | 0.14 |
| Pesca | 0.97 | -0.28 | -0.44** | 0.49 |
| Serv. Sociales y De Salud | -0.52** | -0.22** | 0.05** | 0.29** |
| Electricidad, Gas y Agua | -1.06** | -0.81** | -0.82** | -1.11** |
| Transporte y Com. | 0.04 | -0.14 | -0.21 | -0.16 |

(*) Estadísticamente significativo al 5%. (**) Estadísticamente significativo al 1%

Cuadro 3(b): Impacto de Intervención Aplicación Móvil APP Según Sector de Actividad y Rezagos

| Sector / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|---------|---------|---------|--------|
| Act. Inmobiliarias | -0.09 | -0.07 | -0.01 | 0.12 |
| Adm. Publica y Defensa | -0.38* | -0.29* | -0.32* | -0.47* |
| Agricultura, Ganadería | 0.12 | 0.16* | 0.14 | 0.05 |
| Comercio | 0.01 | -0.07 | -0.05 | 0.06 |
| Construcción | 0.03 | -0.08 | -0.06 | 0.11 |
| Enseñanza | -0.11 | 0.07 | 0.09 | -0.05 |
| Expl. De Minas y Canteras | -0.10 | -0.10 | -0.10 | -0.09 |
| Hogares Priv. y Serv. Dom. | -0.06 | -0.15 | -0.12 | 0.03 |
| Hoteles y Restaurantes | 0.02 | -0.04 | -0.04 | 0.00 |
| Industrias Manufactureras | -0.02 | -0.07 | -0.03 | 0.10 |
| Intermediación Financiera | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Serv. Comunitarios | 0.45 | 0.29 | 0.07 | -0.22* |
| Pesca | -0.55* | -0.93* | -0.78** | -0.10 |
| Serv. Sociales y De Salud | -0.02 | -0.01 | -0.04 | -0.11 |
| Electricidad, Gas y Agua | -0.15** | -0.11** | -0.06** | 0.00 |
| Transporte y Com. | 0.39 | 0.08 | 0.09 | 0.44** |

(*) Estadísticamente significativo al 5%. (**) Estadísticamente significativo al 1%

Cuadro 3(c): Impacto de Intervención Capacitación PUSH Según Sector de Actividad y Rezagos

| Sector / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|---------|---------|--------|---------|
| Act. Inmobiliarias | 0.16* | 0.11* | 0.01 | -0.15 |
| Adm. Publica y Defensa | 0.12** | 0.12** | 0.04** | -0.12** |
| Agricultura, Ganadería | 0.01 | -0.04 | -0.10* | -0.16** |
| Comercio | 0.08 | 0.02 | -0.03 | -0.07 |
| Construcción | 0.11 | 0.12** | 0.11** | 0.08 |
| Enseñanza | 0.04 | 0.06** | 0.18** | 0.38** |
| Expl. De Minas y Canteras | 0.15 | 0.11 | -0.12 | -0.55* |
| Hogares Priv. y Serv. Dom. | 0.01 | -0.01 | -0.01 | 0.02 |
| Hoteles y Restaurantes | 0.11 | -0.05 | 0.05 | 0.40 |
| Industrias Manufactureras | 0.05 | -0.05 | -0.02 | 0.12 |
| Intermediación Financiera | 0.39 | 0.13 | -0.02 | -0.04 |
| Serv. Comunitarios | 0.12 | -0.05 | -0.04 | 0.15 |
| Pesca | -0.22** | 0.01 | 0.27* | 0.55** |
| Serv. Sociales y De Salud | 0.09* | -0.18** | -0.20* | 0.03 |
| Electricidad, Gas y Agua | -0.25** | 0.16** | 0.26** | 0.04 |
| Transporte y Com. | -0.01 | 0.02 | -0.02 | -0.13** |

(*) Estadísticamente significativo al 5%. (**) Estadísticamente significativo al 1%

Cuadro 3(d): Impacto de Intervención Pre – Campaña Según Sector de Actividad y Rezagos

| Sector / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Act. Inmobiliarias | -0.12 | -0.11 | -0.25** | -0.55** |
| Adm. Publica y Defensa | -0.06* | -0.22** | -0.30** | -0.31** |
| Agricultura, Ganadería | -0.12** | -0.19** | -0.31** | -0.46** |
| Comercio | -0.08 | -0.18** | -0.29** | -0.42** |
| Construcción | 0.02 | -0.27** | -0.35** | -0.22* |
| Enseñanza | 0.20** | -0.08* | -0.20** | -0.17** |
| Expl. De Minas y Canteras | 0.50 | 0.40 | 0.09 | -0.43 |
| Hogares Priv. y Serv. Dom. | | | | |
| Hoteles y Restaurantes | -0.20** | -0.24** | -0.34** | -0.50** |
| Industrias Manufactureras | 0.08 | -0.15** | -0.29** | -0.34** |
| Intermediación Financiera | -0.37** | -0.41** | -0.41** | -0.36* |
| Serv. Comunitarios | 0.00 | -0.09 | -0.22** | -0.37** |
| Pesca | 0.13** | 0.39 | 0.35 | 0.00 |
| Serv. Sociales y De Salud | -0.02 | -0.24 | -0.34** | -0.33** |
| Electricidad, Gas y Agua | -0.45 | -0.06 | -0.19 | -0.86 |
| Transporte y Com. | 0.05 | -0.12** | -0.26** | -0.38** |

(*) Estadísticamente significativo al 5%. (**) Estadísticamente significativo al 1%

Cuadro 3(e): Impacto de Intervención Campaña Según Sector de Actividad y Rezagos

| Sector / Rezagos Mensuales | 0 | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Act. Inmobiliarias | -0.03 | -0.43** | -0.50** | -0.24 |
| Adm. Publica y Defensa | -0.06** | -0.27** | -0.49** | -0.73** |
| Agricultura, Ganadería | -0.18* | -0.33** | -0.57** | -0.91** |
| Comercio | -0.03 | -0.29** | -0.48** | -0.61** |
| Construcción | -0.16** | -0.31** | -0.52** | -0.81** |
| Enseñanza | -0.06* | -0.23** | -0.42** | -0.62** |
| Expl. De Minas y Canteras | -0.11 | -0.60 | -0.77* | -0.60 |
| Hogares Priv. y Serv. Dom. | | | | |
| Hoteles y Restaurantes | 0.01 | -0.31** | -0.49** | -0.51** |
| Industrias Manufactureras | -0.15* | -0.35** | -0.55** | -0.77** |
| Intermediación Financiera | -0.22* | -0.34 | -0.29 | -0.05 |
| Serv. Comunitarios | -0.09 | -0.46** | -0.67** | -0.71** |
| Pesca | -0.51** | -0.56** | -0.86** | -1.40** |
| Serv. Sociales y De Salud | -0.01 | 0.07 | -0.12 | -0.59* |
| Electricidad, Gas y Agua | 1.24 | -0.38 | -1.60* | -2.42 |
| Transporte y Com. | -0.25** | -0.39** | -0.50** | -0.58** |

(*) Estadísticamente significativo al 5%. (**) Estadísticamente significativo al 1%

Cuadro 4: Porcentaje de Sectores a 3 Dígitos con Impacto Negativo Según Intervención

| Rezago Mensual / Intervención | SPACH | Aplicación Móvil APP | Capacitación PUSH | Pre-Campaña | Campaña |
|-------------------------------|-------|----------------------|-------------------|-------------|---------|
| 0 | 66% | 65% | 42% | 69% | 84% |
| 1 | 33% | 48% | 57% | 86% | 94% |
| 2 | 35% | 58% | 64% | 96% | 95% |
| 3 | 53% | 66% | 58% | 94% | 90% |

Figura 1(a): Impacto Intervención SPACHS

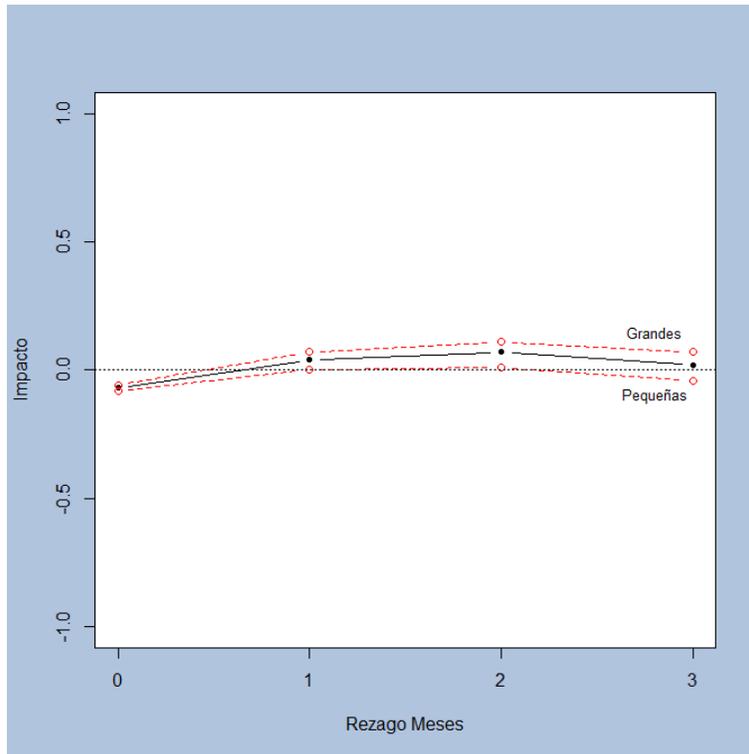


Figura 1(b): Impacto Intervención Aplicación Móvil APP

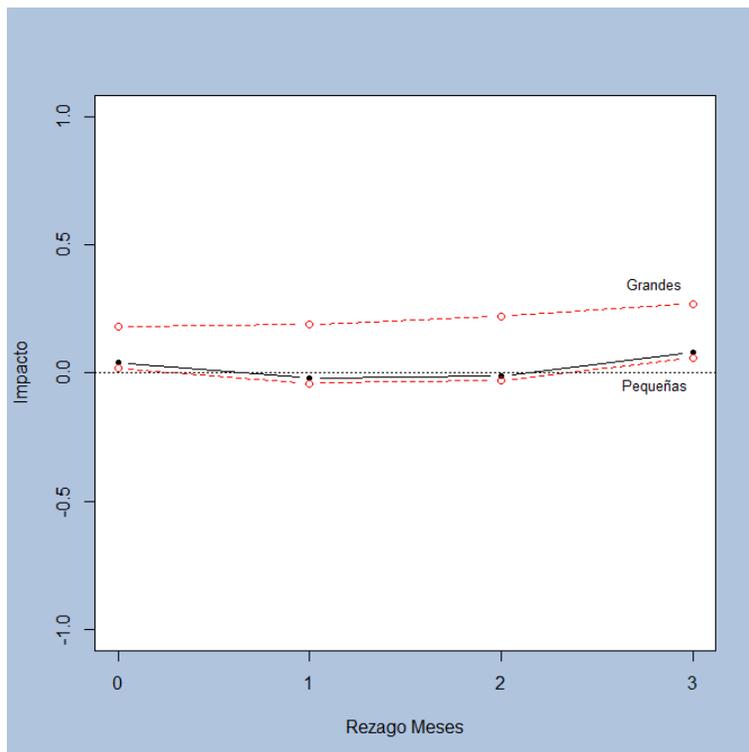


Figura 1(c): Impacto Intervención Capacitación PUSH

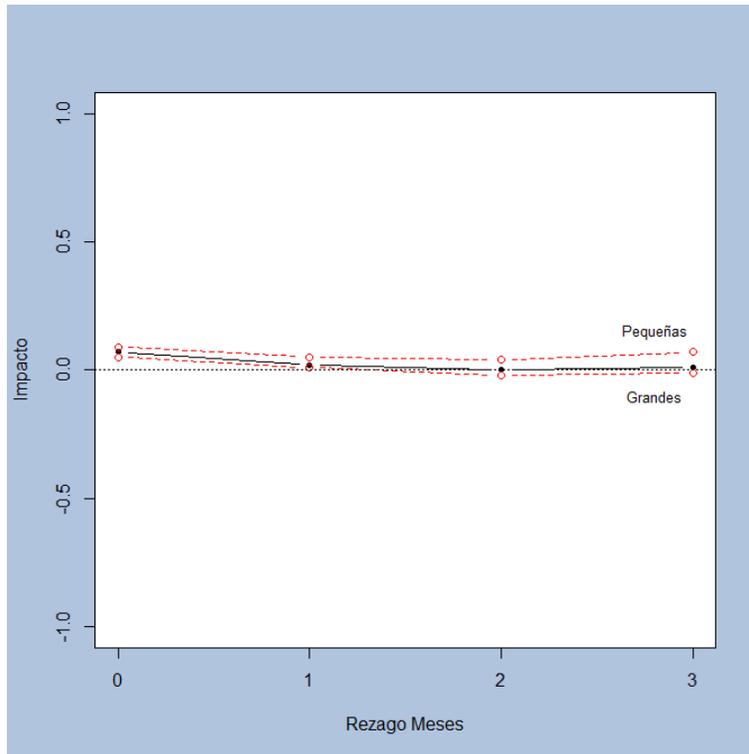


Figura 1(d): Impacto Intervención Pre-Campaña

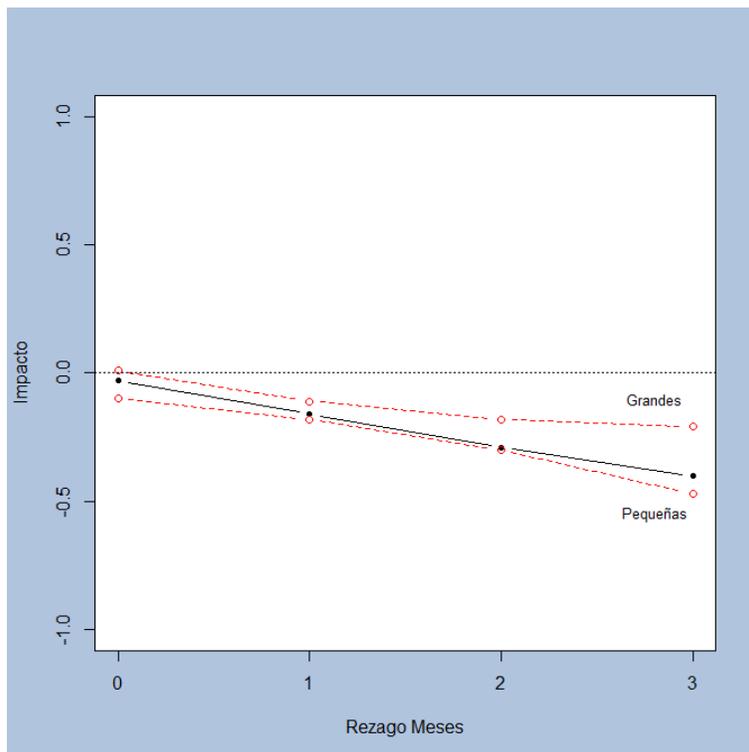


Figura 1(e): Impacto Intervención Campaña

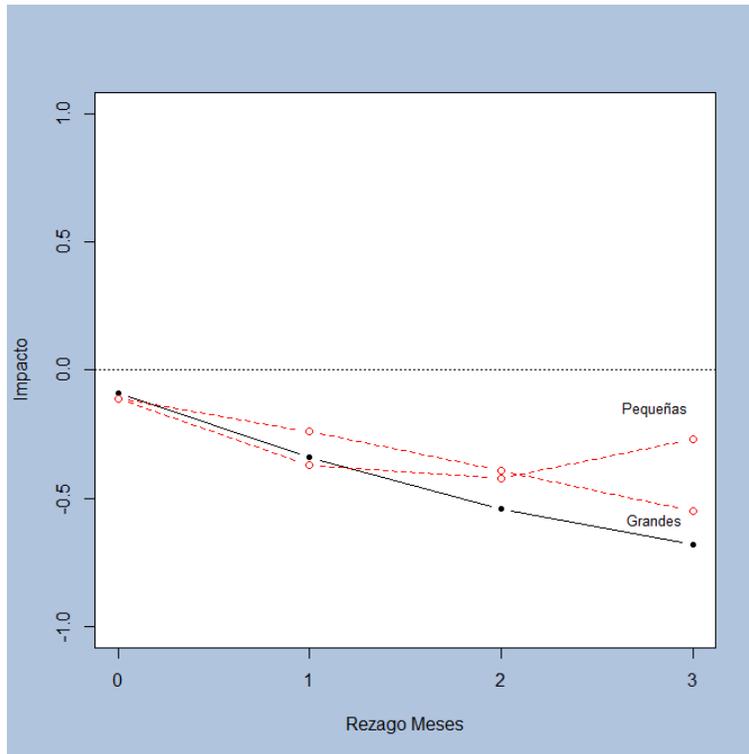
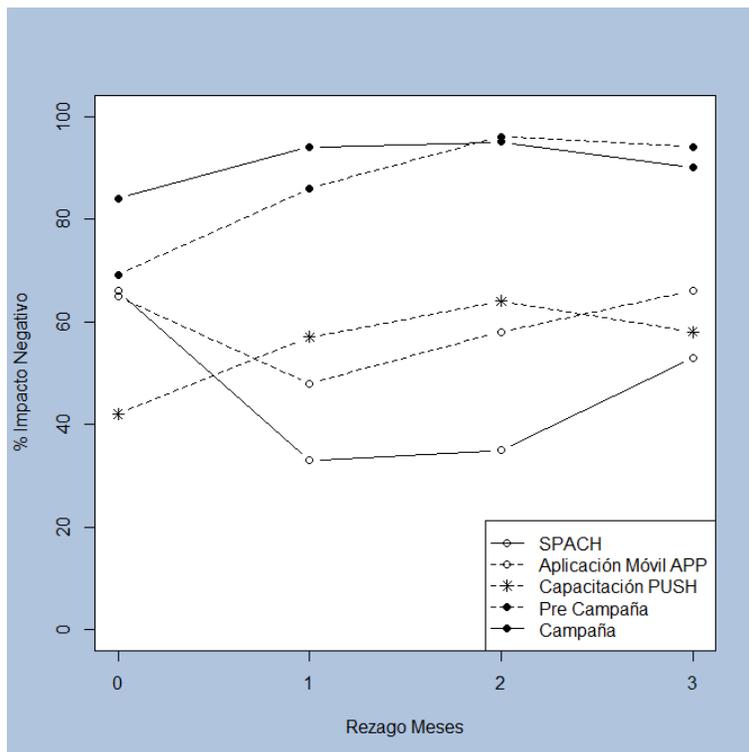


Figura 2: Porcentaje de Sectores con Impacto Negativo



7. Referencias bibliográficas

Bailer, A.J. Reed, L.D. & Stayner, L.T. (1997). Modeling fatal injury rates using poisson regression: A case study of workers in agriculture, forestry, and fishing. *Journal of Safety Research* 28(3): 177-86.

Bernardo, J.M. & A.F.M. Smith (1994) *Bayesian Theory*. Wiley.

Boyd, A., Radson, D. (1999). Statistical analysis of injury severity rates. *IIE Transactions* 31, 207–216.

Danaher, P. (2007) Modeling Page Views Across Multiple Websites With an Application to Internet Reach and Frequency Prediction. *Marketing Science* 26(3): 422-437.

das Chagas Moura, M., Azevedo, R. V., Droguett, E. L., Chaves, L. R., Lins, I. D., Vilela, R. F., & Sales Filho, R. (2016). Estimation of expected number of accidents and workforce unavailability through Bayesian population variability analysis and Markov-based model. *Reliability Engineering & System Safety*, 150, 136-146.

Frome EL, Cragle DL, Watkins JP, Wing S, Shy C, Tankersley WG, & West CM. (1997). A mortality study of employees of the nuclear industry in Oak Ridge, Tennessee. *Radiation Research* 148: 64-80.

Gomes S.V., S.R. Geedipally & D. L. (2012) Estimating the safety performance of urban intersections in Lisbon, Portugal *Safety Science*, 50 (9) (2012), pp. 1732–1739

Goodhardt G.J., A.S.C. Ehrenberg & C. Chatfield (1984) The Dirichlet: A Comprehensive Model of Buying Behaviour. *Journal of The Royal Statistical Society A*, Vol. 147, pp. 621-655.

Lee, P., 2004. *Bayesian Statistics. An Introduction*, third ed, John Wiley and Sons, New York.

Li, G., Shahpar, C., Grabowski, J.G., & Baker, S.P., (2001), Secular Trends of Motor Vehicle Mortality in the United States, 1910-1994, *Accident Analysis and Prevention*, 33, 423-432. Lawless JF. 1987. Negative binomial and mixed Poisson regression. *The Canadian Journal of Statistics* 15(3): 209-25.

Lord D, Washington SP, & Ivan NJ. (2005). Poisson, Poisson-gamma and zero inflated regression models of motor vehicle crashes: balancing statistical fit and theory. *Accident Analysis & Prevention* 37(1): 35-46.

Mallick S, & Mukherjee K. (1996). An Empirical Study for Mines Safety Management through Analysis on Potential for Accident Reduction. *Omega, The International Journal of Management Science*, 24(5): 539-50.

Marshall, P., A. Hirmas & M. Singer (2017) Heinrich's Pyramid and Occupational Safety: A Validation Methodology. Draft

Marcoulaki, E. C., Papazoglou, I. A., & Konstandinidou, M. (2012). Prediction of occupational accident statistics and work time loss distributions using Bayesian analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25(3), 467-477.

Richardson DB, Loomis D, Bena J, & Bailer AJ. (2004). Fatal occupational injury rates in southern and non-southern states, by race and Hispanic ethnicity. *American Journal of Public Health* 94: 1756-761.

Rubin DB (1974) Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *J Educ Psychol*. 66(5):688.

Singer, M. JA. Matamala & W. Rudolph (2015) Evaluación de Impacto de las Intervenciones de Prevención en Clientes. *Ciencia & Trabajo* 17(53):

Smitha, MW, Kirk KA, Oestenstad KR, Brown KC & Lee SD. (2001). Effect of state workplace safety laws on occupational injury rates. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 43(12): 1001-1010.

Varian HR. (2014) Big data: New tricks for econometrics. *J Econ Perspect*. 28(2):3-28

Wing S, Shy CM, Wood JL, Wolf S, Cragle DL, & Frome EL. (1991). Mortality among workers at Oak Ridge National Laboratory: Evidence of radiation effects in follow-up through 1984. *Journal of the American Medical Association* 265(11): 1397-1402.

Yang, H., O. Ozturk, K. Ozbay, & K. Xie, (2014). Work Zone Safety Analysis and Modeling: A State-of- the-Art Review. *Traffic Injury Prevention* (Earlier version presented at 93rd TRB Annual Meeting, 14 2014).