



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ESTRATEGIA PARA UNA MUTUAL DE SEGURIDAD EN LA PREVENCIÓN DE
ACCIDENTES PYME**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

RAÚL IGNACIO CORNEJO GONZÁLEZ

PROFESOR GUÍA:

RODOLFO URRUTIA URIBE.

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

PATRICIO CONCA KHEL

FERNANDO CONTARDO DÍAZ-MUÑOZ

SANTIAGO DE CHILE

MARZO 2016

ESTRATEGIA PARA UNA MUTUAL DE SEGURIDAD EN LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES PYME

Las mutuales de seguridad del accidente de Chile son las instituciones privadas sin fines de lucro creadas en la década de 1960. Encargadas de las acciones de prevención de riesgos y de los servicios y tratamiento de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. La tasa de accidentabilidad en nuestro país ha disminuido de un 30% a un 5% en promedio luego de la creación de éstas.

La mutual de Seguridad de la Cámara chilena de la Construcción posee un 40% del total del *market share*¹ de estas empresas. A fines del año 2014 poseía 1.845.054 trabajadores afiliados, de los cuales 600.000 pertenecen a empresas PYME con activos de MM\$456.034.

El presente proyecto de título tuvo como objetivo aportar en el proceso de prevención de accidentes que se les realiza a las empresas PYME asociadas a la Mutual de Seguridad, el que consta de tres partes: modelamiento de la criticidad que tendrán las empresas PYME, clasificación de estas empresas (rojas, amarillas y verdes) de acuerdo a su criticidad y acciones de prevención a las empresas PYME de acuerdo a su clasificación.

Anualmente Mutual de Seguridad C.Ch.C. incurre en MM\$2.500 para la prevención de accidentes de empresas PYME. El 2014 los gastos por Prestaciones Económicas y en Gastos Médicos llegó a MM\$29.159. Al crear un proceso de prevención más focalizado, se obtiene una disminución en la tasa de accidentes y por lo tanto una reducción de gastos para la Mutual, disminución en el porcentaje de cotización de las empresas y reducción en los días perdidos por los empleados en sus trabajos.

El objetivo general del trabajo es disminuir la tasa de accidentabilidad de los trabajadores pertenecientes a empresas PYME y que están asociados a la Mutual de Seguridad, sujeto al presupuesto asignado en prevención por parte de la Mutual.

Se propone analizar por separado a empresas con menos de 25 trabajadores y a empresas con más de 25 empleados. Para las empresas con más de 25 trabajadores se utilizan modelos regresores dependiendo de la actividad económica y se predice la cantidad de accidentes que tendrán, mientras que para empresas con menos de 25 trabajadores se utiliza Support Vector Machine para clasificarlas en sí tendrán o no accidentes.

Se obtiene como resultado que la prevención de accidentes tiene una reducción del 25% en la tasa de accidentabilidad semestral de la PYME, además utilizando la propuesta planteada, Mutual de Seguridad se ahorraría MM\$42 anuales sólo utilizando el ranking propuesto por el memorista en cada semestre, gracias a un mayor poder predictivo.

¹ Trabajadores Afiliados

Agradecimientos

A mis amigos, compañeros de Universidad, familia, mis tíos, empresas donde hice mis prácticas, a la Mutual de Seguridad, profesores y Universidad.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1 Mutuales de Seguridad en Chile	3
2.2. Tasas de accidentabilidad y fatalidad	5
2.3. Mutua de Seguridad C.Ch.C.	6
2.4. Empresas PYME en Chile	6
2.5. PYME en Mutua de Seguridad C.Ch.C.	7
2.6. Descripción del Proyecto	9
2.7. Justificación	10
2.8. Objetivos	11
2.8.1. Objetivo General	11
2.8.2. Objetivos Específicos	11
2.9. Metodología	12
2.10. Alcances	12
3. Proceso Actual de Prevención	14
3.1. Descripción Proceso Prevención	14
a) Criticidad	14
b) Ranking y Clasificación	17
c) Acciones	17
3.2. Análisis Proceso Prevención Actual.....	21
a) Criticidad	21
4. Marco Teórico.....	25
5. Tratamiento y Análisis de la Data	30
5.1. Ingresos y gastos empresas PYME.....	31
5.2. Accidentes en empresas PYME	33
5.3. Accidentes por sector económico.....	35
5.4. Distribución de cantidad y tasas de accidentes.....	43
5.5. Comportamiento de accidentes en empresas	49
5.6. Cambio de Accidentes en Empresas.....	50
6. Impacto de protocolos de prevención en accidentes	56

7. Modelos de Predicción y Clasificación	62
7.1. Criterios selección modelos.	64
7.2. Clasificación Empresas (<25 trabajadores).....	65
7.3. Predicción Accidentes (>25 trabajadores).....	70
7.4. Clasificación Empresas (>25 trabajadores).....	72
7.5. Contraste con modelo predictivo actual	74
8. Propuesta y Beneficios Económicos	76
8.1. Propuesta.....	76
8.2. Beneficios económicos	77
9. Conclusiones.....	82
10. Bibliografía.....	84
11. Anexo y Apéndices.....	85

Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación empresas en Chile de acuerdo a montos de ventas y n° de empleados (Ministerio economía).	7
Tabla 2: Distribución Empresas en Chile año 2014 (Ministerio Economía).	7
Tabla 3: Variables utilizadas en modelo de criticidad.....	14
Tabla 4: Grupo de actividad económica con código respectivo.....	15
Tabla 5: Ponderación de las variables en el modelo de criticidad.	16
Tabla 6: Ejemplo de variables y puntajes para la empresa “Ejemplo Ltda.” Modelo criticidad.	16
Tabla 7: Rangos de criticidad y clasificación de empresas para segundo semestre 2014.	17
Tabla 8: Asesorías entregadas a las distintas clasificaciones de empresas.	18
Tabla 9: Variables modelo criticidad actual y sus ponderadores respectivos.....	21
Tabla 10: Resultado análisis correlación de <i>covariables</i> del modelo de criticidad con el número de accidentes de empresas PYME. Año 2014 y primer semestre 2015.....	22
Tabla 11: Tabla de Correlaciones entre variables explicativas modelo de criticidad actual.....	22
Tabla 12: Estudio magnitud de ponderación de variables explicativas en modelo de criticidad.	23
Tabla 13: Errores en el ranking de empresas.....	24
Tabla 14: Relación Accidentes No Fatales con Accidentes Fatales (Semestres).	35
Tabla 15: Matriz de transición (cantidad) de la clasificación de empresas PYME entre semestres.....	51
Tabla 16: Matriz de transición (probabilidad) clasificación de empresas PYME.....	51
Tabla 17: Matriz de transición promedio ponderada. Cinco semestres, enero-2013 a junio-2015.....	51
Tabla 18: Comparación entre tasas reales versus predicciones. 13 empresas intervenidas a fines de 2014.....	60
Tabla 19: Actividades económicas y tasas de accidentabilidad.	62
Tabla 20: Nueva clasificación de sectores económicos	63
Tabla 21: Matriz de confusión, modelos clasificación empresas.	64

Tabla 22: Performance Support Vector Machine Clasiffication. Clasificación accidentes empresas, nueva segmentación.....	66
Tabla 23: Performance Random Forest Classification. Clasificación accidentes empresas, nueva segmentación.....	66
Tabla 24: Support Vector Machine Classification. Antigua segmentación.....	67
Tabla 25: Random Forest Classification. Antigua segmentación.	67
Tabla 26: Support Vector Machine Clasiffication. Antigua Clasificación y data filtrada. .	68
Tabla 27: Random Forest Clasiffication. Antigua Clasificación y data filtrada.	68
Tabla 28: Medidas de precisión. Antigua segmentación, data filtrada y modificada con empresas sin accidentes. Random Forest Classification y Support Vector Machine.	69
Tabla 29: Medidas de rendimiento, predicción de accidentes empresas mayor a 25 trabajadores. Support Vector Machine, Random Forest y Poisson Regression. Primer semestre 2015 testeo.....	71
Tabla 30: Acierto de modelos en 672 empresas con más accidentes primer semestre 2015.	71
Tabla 31: <i>Accuracy</i> para clasificación de empresas. Empresas sin accidentes, empresas con 1 a 3 accidentes y empresas con más de 3 accidentes. Modelos para PYME con más de 25 trabajadores.....	73
Tabla 32: Comparación de modelos propuestos y modelo de criticidad Mutal de Seguridad C.Ch.C.	74
Tabla 33: N° Accidentes cubiertos si se considera el 1% de las empresas con más accidentes para cada modelo de ranking.	75
Tabla 34: Nueva Clasificación de empresas con descripción de cada una de ellas.....	76

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Market Share Mutuales privadas (2014)	3
Ilustración 2: Evolución tasa de accidentabilidad en el país.....	5
Ilustración 3: Evolución tasa fatalidad en Chile	6
Ilustración 4: Evolución trabajadores empresas PYME asociados a Mutual de Seguridad.....	8
Ilustración 5: Adhesión y salida de empresas PYME en la Mutual de Seguridad CChC. .	9
Ilustración 6: Evolución accidentes empresas asociadas a Mutual de Seguridad C.Ch.C.	31
Ilustración 7: Gastos Mutual Seguridad año 2013. Empresas PYME.....	32
Ilustración 8: Gastos Mutual Seguridad año 2014. Empresas PYME.....	32
Ilustración 9: Ingresos y Gastos por sector económico, Año 2013.....	33
Ilustración 10: Evolución de accidentes y trabajadores en empresas PYME	34
Ilustración 11: Evolución Accidentes Empresas PYME.....	34
Ilustración 12: Empresas con y sin accidentes clasificadas por rubro. Enero 2013 a Junio 2015.....	36
Ilustración 13: Número de accidentes por sector económico	37
Ilustración 14: Evolución Trabajadores PYME Afiliados a Mutual de Seguridad C.Ch.C.	38
Ilustración 15: Evolución tasa accidentabilidad Agricultura. Años 2013, 2014 y 2015. ..	39
Ilustración 16: Evolución tasa accidentabilidad Minería. Años 2013, 2014 y 2015.....	39
Ilustración 17: Evolución tasa accidentabilidad Industria Manufactura. Años 2013, 2014 y 2015.....	40
Ilustración 18: Evolución tasa accidentabilidad Electricidad, Agua y Luz. Años 2013, 2014 y 2015.....	40
Ilustración 19: Evolución tasa accidentabilidad Construcción. Años 2013, 2014 y 2015	41
Ilustración 20: Evolución tasa accidentabilidad Comercio. Años 2013, 2014 y 2015	41
Ilustración 21: Evolución tasa accidentabilidad Agricultura. Años 2013, 2014 y 2015 ...	42
Ilustración 22: Evolución tasa accidentabilidad Servicios Financieros. Años 2013, 2014 y 2015.	42

Ilustración 23: Evolución tasa accidentabilidad Servicios Profesionales. Años 2013, 2014 y 2015.....	43
Ilustración 24: Histograma de accidentes. Cinco semestres distintos	44
Ilustración 25: Histograma de Accidentes. 5 semestres a evaluar. No se contemplan “0” accidentes	44
Ilustración 26: Accidentes para empresas PYME con más de 25 trabajadores.	45
Ilustración 27: Distribución Accidentes para empresas con menos de 25 trabajadores .	46
Ilustración 28: Histograma tasa de accidentes empresas PYME (semestres).	47
Ilustración 29: Histograma tasa de accidentes. Empresas PYME con más de un accidente en período a evaluar (semestre).	47
Ilustración 30: Histograma tasa de accidentes. Empresas PYME con más de 25 trabajadores por período a evaluar (semestre).	48
Ilustración 31: Histograma tasa de accidentes. Empresas PYME con menos de 25 trabajadores por período a evaluar (semestre).	49
Ilustración 32: N° Adherente 154454, 102 accidentes.....	50
Ilustración 33: N° Adherente 154381, 80 accidentes.....	50
Ilustración 34: Modelamiento transiciones entre etiquetas (Cadena de Markov).	52
Ilustración 35: Relación de empresas con y sin variación en clasificación planteada en 5.6.b (cinco períodos).....	54
Ilustración 36: Empresas sin variación de categoría en los cinco períodos. Desagregadas en “empresas cero” y el resto de las categorías.	54
Ilustración 37: Evolución tasa accidentabilidad mensual, empresas a evaluar impacto de prevención.....	58
Ilustración 38: Evolución tasa accidentabilidad mensual. Empresas a evaluar.	59
Ilustración 39: Cambio en tasa de accidentabilidad luego de prevención para empresas críticas.....	60
Ilustración 40: Comparación conjunto de empresas respecto a tasa de accidentes.	61
Ilustración 41: Beneficio económico utilizando modelo de predicción planteado. Primer Semestre 2015.	78
Ilustración 42: Beneficios y costos en la reducción de accidentes. Empresas con más de 25 trabajadores.	79
Ilustración 43: Beneficios para PYME en prevención de accidentes.....	81

1. Introducción

Las Mutuales de Seguridad son instituciones relevantes para nuestro país desde su creación en la década de 1960. En particular, la Mutual de Seguridad C.Ch.C. es la segunda más grande en cuanto a cantidad de trabajadores afiliados de trata, detrás de la ACHS (Asociación Chilena de Seguridad).

El trabajo de título que se presenta tiene como principal objetivo disminuir la tasa de accidentabilidad en empresas PYME asociadas a la Mutual de Seguridad C.Ch.C., a través de la modificación del proceso de prevención que se posee actualmente. Los trabajadores pertenecientes a empresas PYME y asociados a la Mutual representan aproximadamente un 33% del total de trabajadores adheridos, además de esto las PYME explican el 31²% de los ingresos obtenidos por cotización por parte de la Mutual.

El proceso de prevención que realiza actualmente la Mutual de Seguridad a Empresas PYME se realiza todos los semestres y consta de tres partes: en primer lugar se define la criticidad de cada una de las empresas PYME, la que representa el impacto que tienen los accidentes de estas empresas en la tasa total de accidentabilidad de las PYME. Luego de definir la criticidad, se clasifican las empresas de acuerdo a un criterio formulado dentro de la empresa, las empresas pueden ser rotuladas como rojas, amarillas o verdes según su índice de criticidad. Finalmente se aplican protocolos de prevención de accidentes para las empresas dependiendo del color que se le haya asignado a cada una de ellas.

Mutual de Seguridad incurrió en MM\$2.500 en prevención de accidentes para empresas PYME el año 2014, año en el que ocurrieron 36.649 accidentes de trabajo. Además de esto es necesario señalar que el modelamiento de criticidad utilizado actualmente aparentemente no tiene un fundamento empírico y matemático, por lo tanto aplicando algunos métodos se podría llegar a obtener una apreciable mejora. Dado lo anterior es que el proyecto a realizar es una buena herramienta para la empresa, además de esto puede ser replicable en otros Macrosegmentos de empresas, tales como Corporaciones, Instituciones y F-500³.

La metodología a utilizar se resume en los siguientes pasos:

- Analizar en profundidad proceso actual de prevención de accidentes para empresas PYME. Enfocándose en el modelo de criticidad.
- Revisión de literatura respecto a modelos de clasificación y predicción, definiendo cuales son las variables relevantes para el modelo.
- Elección modelos de predicción y clasificación de accidentes, testeándolo con datos existentes.
- Definición nueva clasificación de empresas.

² Año 2014

³ Empresas con trabajadores entre 200 y 500.

- Definir y evaluar los beneficios de la propuesta.

2. Antecedentes

En el presente capítulo se presenta el contexto en donde se realiza el proyecto de memoria, describiendo en primera parte el sistema actual de las mutuales en Chile, luego analizando a la Mutual de Seguridad C.Ch.C., después se ve el comportamiento de las empresas PYME afiliadas a ésta compañía y finalmente se da a conocer la propuesta generada con la justificación y alcances permitentes.

2.1 Mutuales de Seguridad en Chile

Las mutuales de seguridad del accidente de Chile son las instituciones privadas sin fines de lucro encargadas de las acciones de prevención de riesgos y de los servicios y tratamiento de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Éstas fueron creadas por la Ley N° 16.744 sobre Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales el 1 de febrero de 1968.

En Chile, existen tres mutuales de seguridad (privadas), ellas son:

- Instituto de Seguridad del Trabajo (IST): Primera mutual en nuestro país, creada por la Asociación de Industriales de Valparaíso y Aconcagua (ASIVA).
- Asociación Chilena de Seguridad (ACHS): Corporación privada asociada a la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA).
- Mutual de Seguridad de la Cámara Chilena de la Construcción (MSCCHC): Empresa creada por la Cámara Chilena de la Construcción.

Las mutuales privadas tienen el siguiente *Market Share*:

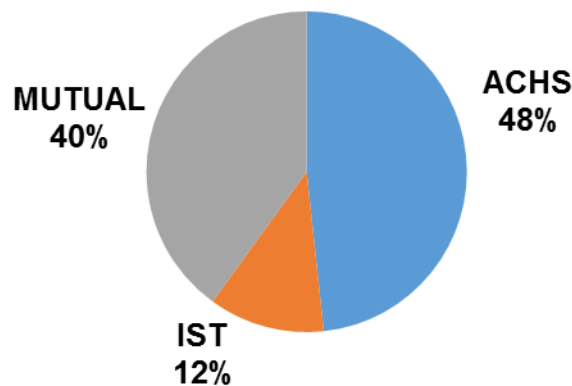


Ilustración 1: Market Share Mutuales privadas (2014).

Donde se puede observar que la Mutual de Seguridad es la segunda más grande en lo que respecta a participación de mercado, compartiéndolo prácticamente todo con la

ACHS. Además de las mutuales privadas, existe el ISL (Instituto de Salud Laboral), la que es una institución pública.

Las mutuales están regidas por la Ley N°16.744, la que establece el “Seguro Social Obligatorio contra Riesgos de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales”. Esta ley establece principios para cuando suceda cualquiera de los siguientes hechos:

- a) Accidentes de trabajo: Lesión que sufre una persona a causa del trabajo en el cual está contratada, y que le produce incapacidad o muerte. También se considera los accidentes sufridos por dirigentes a causa de su actividad gremial y accidentes sufridos por trabajadores en capacitaciones.
- b) Accidentes de trayecto: Lesión ocurrida en el trayecto directo entre la habitación y el lugar del trabajo. Se considera un intervalo de tiempo de una hora entre el hogar y el trabajo para ser considerado como accidente de trayecto.
- c) Enfermedad profesional: Lesión causada de una manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realiza la persona y que le produce incapacidad parcial o total, o muerte.

En nuestro país, todas las empresas deben estar afiliadas a alguna mutual de seguridad, dado que ellas son las que velan por los accidentes de sus empleados. Si una empresa no se afilia voluntariamente a una mutual, se le asigna por defecto el Instituto de Seguridad Laboral (ISL), única mutual pública. Las empresas son las encargadas de pagar las cotizaciones de sus trabajadores, el equivalente al 1.62% de la remuneración de cada uno de ellos, mientras que los trabajadores independientes deben cotizar un 0.95% de sus ingresos. Además del porcentaje de cotización fija que deben hacer las empresas por sus trabajadores, existe una cotización variable que depende del riesgo de accidente que tengan los trabajadores en las empresas, la cual se va actualizando cada dos años y se suma a la cotización fija. Las empresas creadas y que se afilian por primera vez a una mutual de seguridad, se les asigna una cotización extra dependiendo de la actividad económica a la cual pertenezcan, debido a que no existe información de accidentabilidad de estas empresas.

Existen períodos determinados donde una empresa no puede cambiarse de mutual, estos períodos son todos los segundos semestres de los años impares, períodos donde existe un estudio de la accidentabilidad que ha tenido cada una de las empresas y se re define la cotización variable que deben pagar éstas por sus trabajadores. Esta restricción no aplica para empresas recién creadas, quienes se pueden adherir a una mutual en cualquier momento.

Un aspecto muy importante a mencionar es que las mutuales se encargan de accidentes de trabajo, trayecto y enfermedades profesionales. Cualquier denuncia por accidente o enfermedad que no sea consecuencia del trabajo realizado por la persona dentro de la empresa que cotiza, no es atendida por estas instituciones.

2.2. Tasas de accidentabilidad y fatalidad

La tasa de accidentabilidad y fatalidad son los principales índices para medir el trabajo que ejercen las mutuales en nuestro país. Ambas tasas muestran una tendencia a la baja en el último tiempo. En la ilustración 2 se puede observar la tasa de accidentes de trabajo⁴ de cada una de las mutuales de seguridad existentes en el país.

Se ve que el ranking (descendente) de las mutuales respecto a la tasa de accidentabilidad es inverso al *market share* que tienen estas dentro del país, donde se puede inferir que este indicador es una ventaja comparativa entre empresas y por lo tanto existe una relación causal entre tasa accidentabilidad y *market share*.

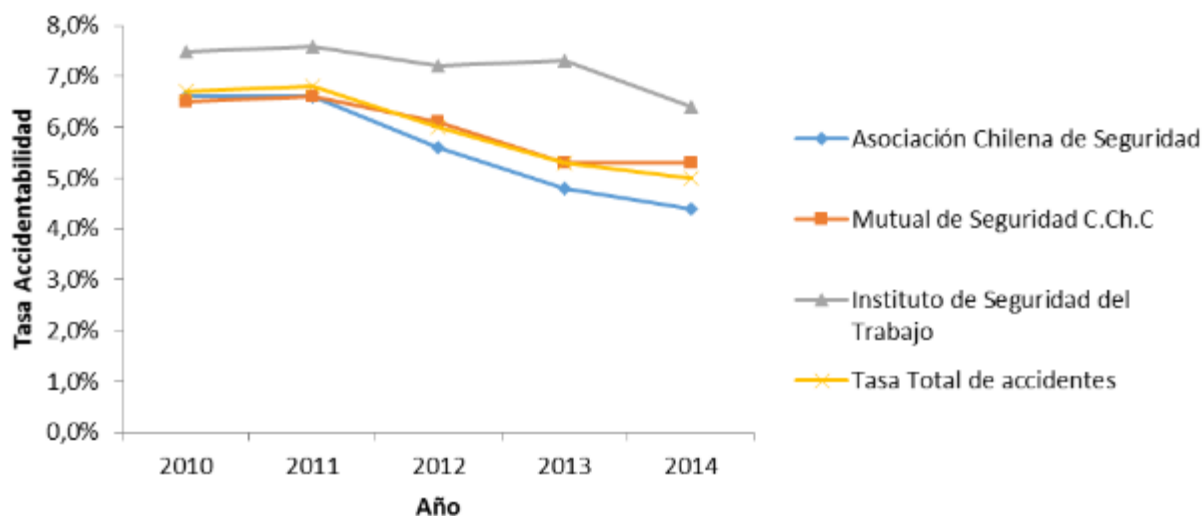


Ilustración 2: Evolución tasa de accidentabilidad en el país.

La tasa de fatalidad⁵ también ha ido a la baja durante los últimos años, en la ilustración 3 se puede observar lo planteado. Si bien el número de trabajadores fallecidos se ha mantenido relativamente constante, la tasa de fatalidad ha bajado producto del aumento del número de trabajadores afiliados a las mutuales.

⁴ $Tasa\ Accidente = \frac{(Accidentes\ de\ Trabajo + Accidentes\ de\ Trayecto)}{(Trabajadores\ Afiliados\ a\ Mutual\ de\ Seguridad)}$

⁵ $Tasa\ Fatalidad = \left(\frac{Accidentes\ Fatales}{N^{\circ}\ Trabajadores\ Afiliados} \right) * 1.000$

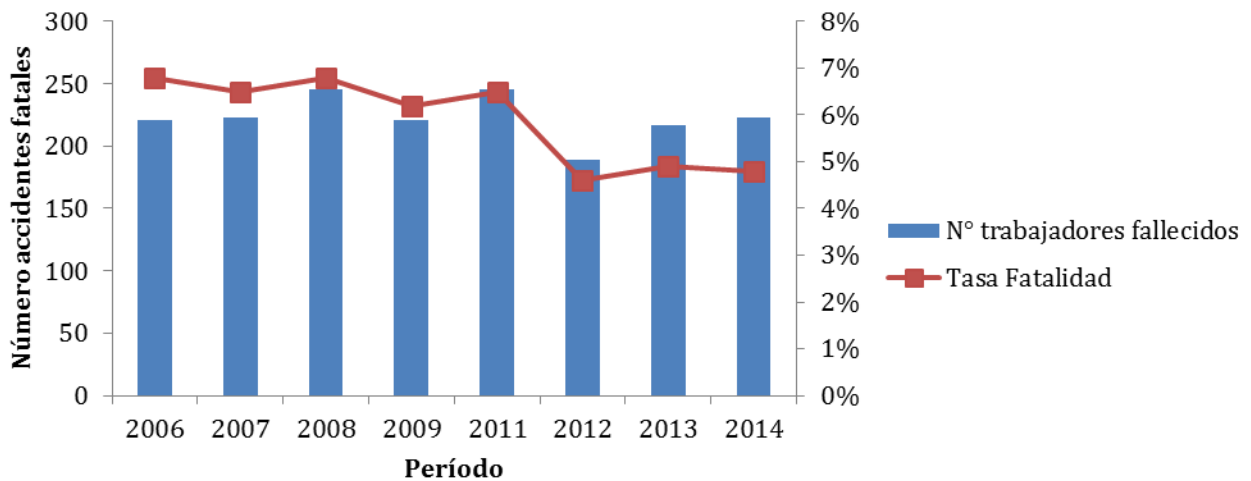


Ilustración 3: Evolución tasa fatalidad en Chile.

2.3. Mutua de Seguridad C.Ch.C.

La Mutua de Seguridad de la Cámara Chilena de la Construcción, Mutua de Seguridad C.Ch.C, fue creada en 1966 por la Cámara Chilena de la Construcción, la Institución partió como un seguro mercantil voluntario que ayudaba a los trabajadores en ese momento. Posteriormente, el 14 de Febrero de 1968 se dicta la Ley 16.744 sobre Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales con carácter obligatorio y con los beneficios estipulados claramente.

Mutua de Seguridad C.Ch.C. a fines del año 2014 poseía 1.845.054 trabajadores afiliados, activos de \$456.034.938.246 y utilidades de \$12.312.000.000. El principal objetivo de las mutuales es que sus empresas afiliadas tengan la menor tasa de accidentabilidad posible, la que para las entidades enroladas a la Mutua de Seguridad ha ido constantemente a la baja año tras año, llegando a pasar de una tasa del 11,6% en 1997 a una de 3,71% en 2012.

2.4. Empresas PYME en Chile

Las PYME son las pequeñas y medianas empresas. En Chile existen dos formas de clasificación de empresas, por un lado existe una clasificación que depende de las ventas anuales y por otro, una clasificación de acuerdo a la cantidad de trabajadores. La clasificación se puede resumir en la tabla 1, donde se ve que las PYME serían empresas que tienen entre 10 y 200 trabajadores o ventas anuales entre 2.400 UF y 100.000 UF.

Clasificación Empresa	Ventas	Nº Empleados
MICRO	0-2.400 UF	0-9
PEQUEÑA	2.400,01 UF-25.000 UF	10-25
MEDIANA	25.000,01 UF-100.000 UF	25-200
GRANDE	100.000,01 UF y más	200 y más

Tabla 1: Clasificación empresas en Chile de acuerdo a montos de ventas y n° de empleados (Ministerio economía).

En la mayoría de los países pertenecientes a la OCDE se utilizan los mismos dos criterios para la clasificación de empresas que son usados en nuestro país (ventas y número de empleados), mientras que en los restantes se utilizan algunos otros criterios, como por ejemplo ratios financieros (Noruega) o sector económico de las empresas (Corea).

Las grandes empresas son las que generan más ventas, respecto al total de ventas de las empresas en Chile (81,2%), también son las que ofrecen la mayor cantidad de empleos (53,7%), por otro lado son las que menos hay, de hecho son el 1,96% del total de empresas en nuestro país (Tabla 2).

Tamaño	Nº Empresas	Ventas	Empleo
MICRO	70,5%	1,8%	10,5%
PEQUEÑA	23,5%	8,2%	18,8%
MEDIANA	4,00%	8,9%	17,0%
GRANDE	1,96%	81,2%	53,7%
TOTAL	100%	100%	100%

Tabla 2: Distribución Empresas en Chile año 2014 (Ministerio Economía).

2.5. PYME en Mutua de Seguridad C.Ch.C.

La Mutua de Seguridad considera como empresa PYME a las que pertenecen a las Micros, Pequeñas y Medianas empresas.

La OIT (Organización Internacional del trabajo) en el convenio C187 define la forma, metodología y alcances que debe tener la salud y seguridad en el trabajo, haciendo hincapié en las micros, pequeñas y medianas empresas.

Este convenio, C187, fue aprobado y refrendado por el Congreso Nacional de la República de Chile, en el año 2011, lo que significa disponer de un marco metodológico, estratégico y al ser aprobado hace parte del marco legal de Chile que sustenta las soluciones que se alcancen y se ciñan a sus contenidos.

Mutua de Seguridad teniendo en cuenta la importancia de esta decisión y el gran aporte que significa para la Seguridad y Salud Ocupacional de los trabajadores chilenos, toma la decisión en su momento, fines de 2012, de adoptar las indicaciones, metodología de este Convenio para alcanzar un grado de excelencia superior en la atención a su segmento de empresas PYME. Además del convenio mencionado anteriormente, está el hecho de que las PYME han tenido un gran crecimiento en lo que

respecta a la empleabilidad que le entrega a todo el país, por lo que se hizo imperante captarlas como clientes.

Dado el énfasis que se le ha dado a las empresas PYME por parte de la Mutual de Seguridad, es que la cantidad de trabajadores adheridos a la empresa, pertenecientes al macrosegmento mencionado, ha ido aumentando durante el último tiempo. En la ilustración 4 se puede observar que desde enero de 2013 a septiembre de 2015 la cantidad de trabajadores pertenecientes a empresas PYME (adheridos a la Mutual) pasó desde 396.039 a 689.944, es decir, aumentó un 74%.

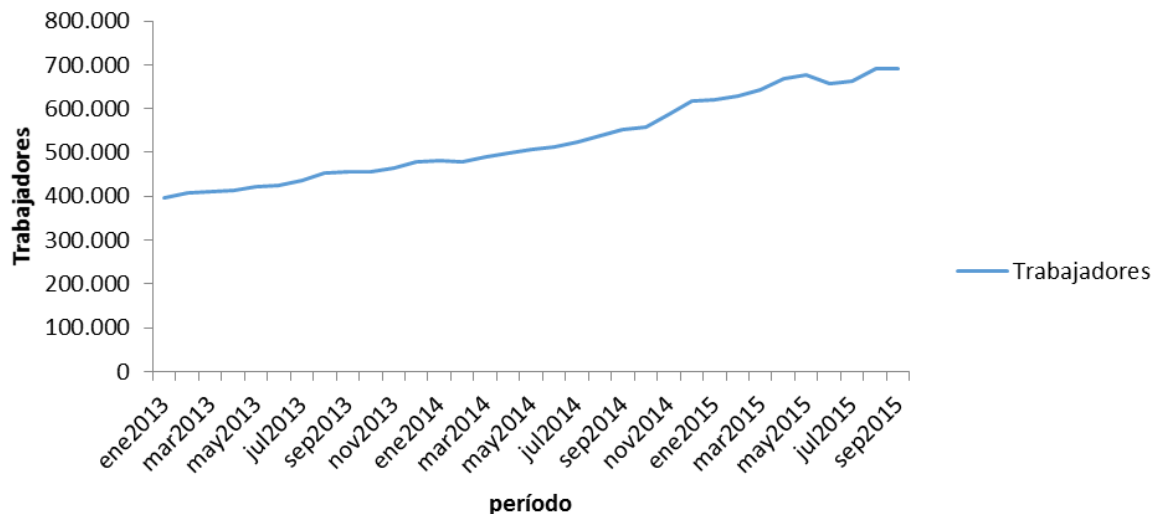


Ilustración 4: Evolución trabajadores empresas PYME asociados a Mutual de Seguridad.

Las empresas adheridas a la Mutual de Seguridad también han tenido un aumento desde el 2012 a la fecha, en la ilustración 5 se puede ver las adhesiones que han tenido las PYME cada semestre desde 1990, teniendo un notorio aumento desde el año 2010 en adelante. Esto se debe principalmente a la política de captación de adherentes, calidad de atención brindada a las empresas, atendiendo sus necesidades reactivas (requerimientos) y proactivas.

Antes del año 2012 existía el paradigma dentro de la Mutual de Seguridad de que las empresas PYME no eran rentables, debido a que tenían pocos trabajadores, lo que se traducía en un bajo ingreso por cotización y además se creía que tenían una mayor probabilidad de accidentabilidad, por lo que se tenía una utilidad negativa por cada empresa. El cambio de paradigma provino de altos directivos que plantearon que el captar en gran cantidad empresas PYME generaría economías de escala y además éstas no tendrían el alto poder de negociación que sí tiene una gran empresa. La mayoría de las empresas PYME que fueron captadas por la Mutual de Seguridad provinieron desde el ISL (instituto de Salud Laboral), única mutual pública, que en el año 2011 contaba con la gran mayoría de este tipo de empresas.

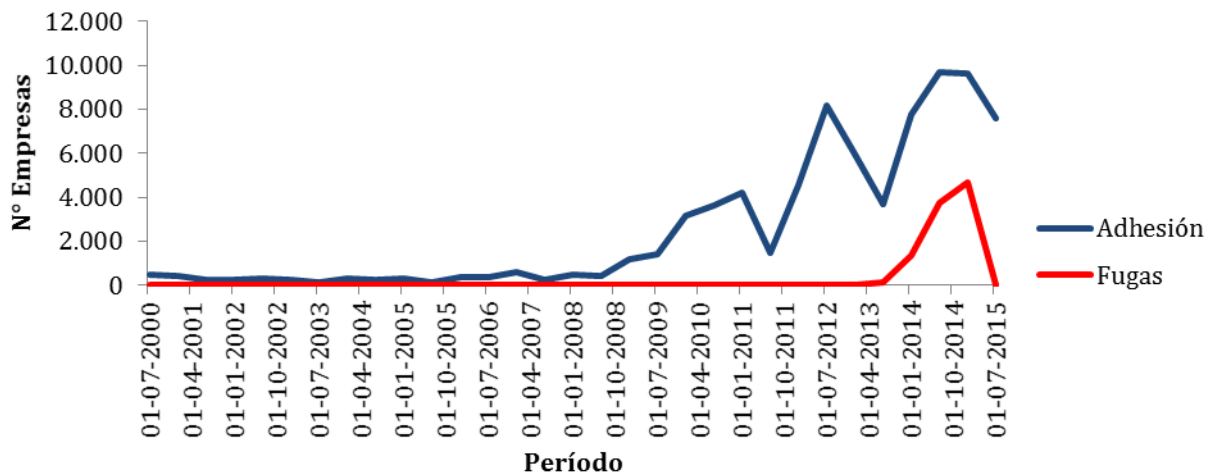


Ilustración 5: Adhesión y salida de empresas PYME en la Mutual de Seguridad CChC.

También se puede observar la salida de empresas PYME desde la Mutual de Seguridad. La salida mencionada se puede ser debido a una acción voluntaria de la empresa, como también a la desafiliación por parte de la Mutual de Seguridad (no pago de cotizaciones).

Se ve que el número de salidas de empresas PYME desde la Mutual de Seguridad ha aumentado durante el último tiempo, pero es significativamente menor al número de adhesiones, por lo tanto el propósito de captación y retención de la empresa se ha cumplido.

La prevención realizadas a empresas PYME no es obligatoria, sino que es una medida que toma la Mutual de forma proactiva para disminuir la tasa de accidentes. Los costos anuales que tuvo la Mutual en la prevención de accidentes de este tipo de empresas fueron de MM\$2.500 para el año 2015.

Para realizar esta prevención proactiva, la Mutual de Seguridad le asigna una criticidad a cada una de las empresas a comienzo de cada semestre, luego de esto las clasifica y finalmente les aplica prevención de acuerdo a su clasificación.

Actualmente existen tres etiquetas para las empresas de acuerdo a su riesgo de accidentes: verdes, amarillas y rojas. Por ejemplo, para el año 2015 un 7% de los trabajadores pertenecían a empresas catalogadas como rojas (muy críticas), un 46% pertenecía a empresas amarillas (regulares) y un 47% pertenecía a empresas verdes (bajo riesgo).

2.6. Descripción del Proyecto

Como se mencionó brevemente, Mutual de Seguridad C.Ch.C. tiene un proceso creado en el año 2013 respecto a la prevención de accidentes para empresas PYME adheridas a ella. En el proceso, se le asigna una criticidad (probabilidad de accidentes) a cada empresa PYME a comienzos de cada semestre. Luego de esto, se clasifica cada

empresa de acuerdo a este valor y finalmente se les aplica prevención dependiendo de la clasificación que tenga la empresa. Dicho lo anterior es que el problema se puede dividir en dos partes:

a) Criterios al momento de asignar riesgo de accidentes.

Se pretende evaluar y proponer una nueva forma de obtener un índice que indique la criticidad de una empresa, es decir, evaluar qué variable independiente se quiere trabajar para luego utilizarla como herramienta en el ranking de criticidad. Además de esto es necesario analizar cuáles son las variables explicativas a utilizar, teniendo como referencia las usadas actualmente.

Se pueden tener dos errores al momento de definir el índice de criticidad de una empresa, subvalorar su comportamiento de accidentabilidad o sobrevalorarlo. Al subvalorarlo, la Mutual de Seguridad no estaría enfocando sus esfuerzos de prevención en empresas que la necesitan inminentemente y al sobrevalorarlo la empresa estará incurriendo en gastos que no están alineados con el objetivo del proceso de prevención planteado.

b) Clasificación y tipos de prevención.

Dada la criticidad, se realiza la clasificación de las empresas, éstas pueden ser verdes, amarillas o rojas. Luego de esto para cada clasificación de empresas existe un modelo de prevención. Es clave estudiar la forma de clasificar que se tiene actualmente y tratar de generar una nueva estrategia. Los tipos de prevención aplicados dependen de cada etiqueta que se le asigne a la empresa, es por ello que estudiar los costos y luego de esto generar nuevas estrategias ayuda de sobremanera al proceso de prevención que se tiene.

Ejecutando el proyecto propuesto se pueden obtener distintos beneficios, los cuales serían consecuencias del análisis y posterior modificación de los tres procesos mencionados anteriormente. Los beneficios provienen de bajar la tasa de accidentabilidad de las empresas PYME, teniendo un presupuesto fijo, donde en primer lugar se tiene un beneficio económico (se ahorra en tratamientos de accidentes), generaría un beneficio social (menos accidentes), las PYME tendrían menos accidentes por lo tanto su cotización sería menor, y por último, la empresa sería mejor evaluada por los clientes.

2.7. Justificación

Los montos económicos para justificar el por qué es tan importante tener un buen sistema de clasificación/predicción vienen dados por el gasto que se incurre en realizar estas prevenciones (\$MM 2.500 anuales), además del costo promedio que se tiene en el tratamiento de cada accidente, que se estima es de \$400.000⁶, lo que tomando en

⁶ Estimación entregada por experto perteneciente a la Mutual de Seguridad.

cuenta sólo los accidentes del primer semestre de 2015 se llega a una suma de \$5.388.400.000 (sin contar costos por muertes).

El modelo utilizado actualmente en la definición de criticidad de las empresas aparentemente no tiene un fundamento empírico y matemático, por lo tanto aplicando algunos métodos se podría llegar a obtener una mejora.

Es importante mencionar que es necesario considerar la asignación de gastos que se tiene para las empresas PYME, y definir el presupuesto que es necesario para la prevención.

Dada las conversaciones que se han tenido con el cliente, el proyecto es viable y puede ser aplicado en la empresa. Se tienen datos desde hace dos años respecto a muchas variables que han ido cambiando en cada una de las PYME asociadas, así como los costos que se han incurrido en las prevenciones.

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo General

Disminuir la tasa de accidentabilidad de las empresas PYME asociadas a la Mutual de Seguridad, mediante una nueva propuesta en el proceso de prevención, sujeto al gasto asignado en prevención por parte de la empresa.

2.8.2. Objetivos Específicos

- Definir variables relevantes que incidan en el número de accidentes.
- Traducir tipos de errores en impacto financiero.
- Elegir de modelos de predicción/clasificación.
- Analizar económicamente los actuales métodos de prevención.
- Definir beneficios económicos de lo que significa la disminución en el número de accidente.

2.9. Metodología

La metodología a seguir, para cumplir con los objetivos planteados es la siguiente:

- i. Analizar en profundidad del actual modelo de criticidad. Lo que se espera acá es analizar todo el proceso que tiene detrás el modelo actual de criticidad. Cuáles son las variables que utilizan, como inciden en la variable independiente y finalmente realizar un análisis crítico a este proceso.
- ii. Revisar literatura respecto a modelos de predicción. Analizar bibliografía sobre cuál modelo de predicción es el que más se adecua a lo que se necesita para este caso en particular.
- iii. Elegir variables relevantes. Definir cuáles son las variables que se deben incluir en los modelos para generar la predicción de accidentes. En ésta parte se eligen la mayor cantidad de variables y luego se desechan aquellas que no son significativas.
- iv. Elegir modelo de predicción/clasificación. Se elige el modelo más apropiado para poder ordenar a las empresas respecto a la cantidad de accidentes probables que puedan tener.
- v. Probar modelo en años anteriores (validación). Testear el modelo elegido con datos que ya se tienen para de esta manera ver el error que tiene.
- vi. Determinar nueva clasificación. Crear un nuevo espectro de clasificación de las PYME para luego realizar prevención. Luego de esto definir cuáles serán los criterios para asignar ésta clasificación (e.g. definir solo empresas verdes y rojas)
- vii. Determinar tipos de prevención. Luego de crear la clasificación, es necesario diseñar distintos los distintos tipos de prevención que se podrían llegar hacer en cada uno de ellos.

2.10. Alcances

Se busca que el proyecto sea lo más útil para la empresa, así como también perdurable. La propuesta a entregar es para que lo aplique la Mutual de Seguridad en la prevención de accidentes para empresas PYME, siendo escalable a otro Macrosegmento de empresas. Por ejemplo se les podría aplicar el mismo modelo a las Corporaciones, Instituciones y empresas F-500⁷. De hecho el proyecto podría ser replicable en una empresa multinacional, por ejemplo Wal-Mart, quien se acaba de adherir a la Mutual, posee 60.000 trabajadores y sus centros de trabajo (*sítes*) serían los análogos a las empresas PYME.

En primera instancia, dado el impacto que podría tener el proyecto, es aconsejable utilizarlo en una superficie geográfica de poco tamaño (comuna, provincia, región), para poder tenerla como grupo tratamiento y ver de esta forma que tan eficiente es la propuesta. Luego de esto, dependiendo de los resultados obtenidos, llevar el proceso a todo el país.

⁷ Empresas con más de 200 trabajadores y menos de 500

Dada las reuniones que se han tenido con el sponsor⁸ dentro de la empresa y además de la fácil escalabilidad del proyecto, se podría implementar a todas las PYME que tiene asociada la Mutual de Seguridad, siempre y cuando la prueba descrita en el párrafo anterior haya sido exitosa.

⁸ Gerente de Desarrollo de Mutual de Seguridad C.Ch.C.

3. Proceso Actual de Prevención

En este capítulo se tienen dos puntos muy importantes. En primer lugar se describe el proceso actual de prevención de accidentes para empresas PYME, es decir, el proceso en donde se centra el proyecto de memoria y como segundo punto, se analiza desde la mirada de la ingeniería el proceso definido anteriormente.

3.1. Descripción Proceso Prevención

El proceso de prevención que realiza la Mutua de Seguridad para las empresas PYME asociadas está dado por las siguientes etapas:



Semestralmente se le asigna un puntaje de criticidad a cada una de las empresas PYME adheridas vigentes en la Mutua. Luego de esto, se forma un ranking utilizando la criticidad como input (criticidad descendente), de esta forma se clasifican y finalmente se toman acciones de prevención.

a) Criticidad

La criticidad se calcula para todas las empresas PYME que están asociadas a la Mutua de Seguridad a principio de cada semestre. El modelo de criticidad es una forma de lograr predecir cuales empresas tendrán mayor cantidad de accidentes durante el semestre, este modelo fue hecho de forma arbitraria y no existe ninguna validación estadística respecto a él. Para obtener la criticidad, se utilizan las siguientes variables, las que en el modelo utilizado actualmente tienen una relación lineal con la variable independiente:

Variable
1.- Grupo Actividad Económica
2.- Número Accidentes
3.- Variación Semestral Accidentes
4.- Número de Días por Accidentes
5.- Enfermedades Profesionales
6.- Accidentes Fatales
7.- Denuncias
8.- Masa

Tabla 3: Variables utilizadas en modelo de criticidad.

Cada una de las variables está definida de la siguiente forma:

- I. Grupo de actividad económica: Grupo actividad económica al que pertenece la PYME. Estos son los sectores industriales con sus respectivos códigos:

Grupo Actividad Económica	Código Grupo Actividad Económica
Actividades no Específicas y Otras	0
Agricultura	1
Minería	2
Industrias Manufactureras	3
Electricidad, Gas y Agua	4
Construcción	5
Comercio	6
Transporte	7
Servicios Financieros y Profesionales	8
Servicios Personales	9

Tabla 4: Grupo de actividad económica con código respectivo.

- II. Número de accidentes: Cantidad de accidentes de trabajo que tuvo la empresa el semestre anterior del que se está definiendo la criticidad.
- III. Variación semestral en accidentes: Es la diferencia entre accidentes ocurridos en el semestre inmediatamente anterior al actual y el anterior a ese. En fórmula sería la siguiente.

$$\text{Variación semestral en accidentes} = N^{\circ}\text{Accidentes}_{t-1} - N^{\circ}\text{Accidentes}_{t-2}$$

Este número puede ser tanto negativo como positivo.
- IV. Número de días por accidentes: Cantidad de días perdidos en el trabajo a causa de todos los accidentes aceptados el semestre anterior en la PYME.
- V. Enfermedades profesionales: Número de enfermedades que fueron causadas por el trabajo dentro de la empresa en el semestre anterior al que se está evaluando.
- VI. Accidentes Fatales: Número de accidentes aceptados de trabajo catalogados como fatales que ocurrieron en la empresa el semestre anterior.
- VII. Denuncias: Número de denuncias que realizó la empresa por accidentes el semestre anterior. Cabe destacar que las denuncias son necesariamente mayores o iguales al número de accidentes.
- VIII. Masa: Cantidad de trabajadores que tiene la empresa en el último mes que se tiene información.

Cada una de las variables tiene una ponderación dentro de la fórmula de criticidad (Tabla 5). Se puede observar cada una de las ocho variables con sus respectivos ponderadores (%) dentro de la función de criticidad.

VARIABLES	Ponderación (%)
Grupo Actividad Económica	10
Número Accidentes	20
Variación Semestral Accidentes	10
Número de Días por Accidentes	15
Enfermedades Profesionales	10
Accidentes Fatales	15
Denuncias	10
Masa	10

Tabla 5: Ponderación de las variables en el modelo de criticidad.

El número por el que se multiplica cada ponderador va desde 1 a 10 y la asignación de este puntaje va a depender de cada una de las variables (ver Anexo 1).

Dada las ocho variables y los parámetros asociados a cada una de ellas, se define la criticidad como la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 \text{CRITICIDAD} = & 0.1 * Ptje. Act + 0.2 * Ptje. Acc + 0.1 * Ptje. Var + Ptje. Dias * 0.15 \\
 & + Ptje. Enf * 0.1 + Ptje. Fatal * 0.15 + Ptje. Denun * 0.1 + Ptje. Masa \\
 & * 0.1
 \end{aligned}$$

Ptje. "variable": puntaje asignado para el valor de la variables

Para dejar más claro el método, se calcula la Criticidad para la PYME “Ejemplo Ltda.”. En la tabla 6 se puede observar el valor que tiene cada una de las variables para la empresa “Ejemplo Ltda.” y el puntaje asociado a cada una de ellas.

VARIABLES	Valor	Puntaje
Grupo Actividad Económica	Minería	10
Número Accidentes	10	5
Variación Semestral Accidentes	5	4
Número de Días por Accidentes	110	3
Enfermedades Profesionales	1	1
Accidentes Fatales	0	0
Denuncias	18	1
Masa	40	0

Tabla 6: Ejemplo de variables y puntajes para la empresa “Ejemplo Ltda.” Modelo criticidad.

Gracias a estos valores se obtiene una Criticidad de 3.05, por lo tanto la empresa hubiera sido etiquetada como amarilla el primer semestre de 2015, como se verá en el siguiente punto.

CRITICIDAD

$$= 0.1 * 10 + 0.2 * 5 + 0.1 * 4 + 3 * 0.15 + 1 * 0.1 + 0 * 0.15 + 1 * 0.1 + 0 * 0.1 = \mathbf{3.05}$$

El índice Criticidad sólo es una herramienta para ordenar las empresas de acuerdo al énfasis que se le debe dar en prevención y no es una predicción respecto al número de accidentes que tengan ellas.

b) Ranking y Clasificación

Luego de asignar la Criticidad para cada una de las PYME, éstas se ordenan de mayor a menor de acuerdo al índice mencionado. Arbitrariamente se define que el grupo de empresas con 1% de mayor criticidad son clasificadas como rojas, el 19% de las empresas siguientes etiquetas como amarillas y finalmente el 80% de las restantes como verdes.

Por ejemplo, para el segundo semestre del año 2014 estos fueron los rangos de criticidad para las empresas:

Rango criticidad	Clasificación
0-1,36	Verde
1,37-4,9	Amarilla
4,9-	Roja

Tabla 7: Rangos de criticidad y clasificación de empresas para segundo semestre 2014.

c) Acciones

Dada la etiqueta de criticidad asignada a cada una de las empresas, Mutual de Seguridad aplica protocolos específicos a cada una de ellas, estas acciones se pueden apreciar en la tabla 8, donde se ve la duración de cada actividad y a qué tipo de empresas se les aplica. Estos protocolos de prevención son ofrecidos gratuitamente a las PYME, por lo tanto los costos que conllevan son cubiertos por la Mutual de Seguridad.

	Actividades de Asesoría	Tiempo (Horas)	ROJAS	AMARILLAS	VERDES
1	Venta Con Visita	1	X	X	X
	Venta sin Visita	0.2	X	X	X
2	Evaluación Capacidad Preventiva	2	X	X	
3	PGP	1	X	X	X
4	Firma Plan	0.5	X		
5	Mapa Riesgo	2	X		
6	Taller Iper	1.5	X		
7	Mejora Requisitos Legales (PGP)	1	X		
8	Taller 5RV	2	X	X	
	Seguimiento 1 5 RV	1	X	X	
	Seguimiento 2 RV	1	X	X	
9	Procedimiento de Trabajo Seguro	1	X	X	
10	Capacitación realidad Empresa-detectar necesidad	0.5	X		
	Capacitación realidad Empresa-ejecución	1	X		
	Capacitación realidad empresa-requerimiento	1	X		
11	Asesoría y diagnóstico CPHS	1	X	X	
	Constitución CPHS	1	X	X	
	Entrega Certificación CPHS (meta 80)	0.5	X		
12	Formación monitor-inscripción	0.5	X	X	
13	Entrega Certificado Empresa Comprometida	0.5	X	X	X
	TIEMPO (Horas)		18.7	9.2	2.7

Tabla 8: Asesorías entregadas a las distintas clasificaciones de empresas.

Las actividades tienen un costo para la Mutual relacionado a las horas hombres que se incurren en cada una de las asesorías, las que además de horas en terreno tienen horas en traslado y horas incurridas en la realización de informes. A continuación se describirán las actividades que se plantean, asignándoles costos a cada una de ellas⁹:

1. Venta Con Visita: Venta que realiza la Mutual de Seguridad respecto a sus protocolos de prevención. Esta venta es presencial y se realiza para todas aquellas empresas que no se tiene el contacto telefónico. Tiene un costo aproximado de \$4.500
2. Venta Sin Visita: Venta que realiza la Mutual de Seguridad mediante contacto telefónico, ofreciendo la asesoría correspondiente a la etiqueta asignada. El objetivo de esta acción es que la empresa contactada se adhiera al proyecto que

⁹ Se toma como referencia el sueldo de un Prevencionista de Riesgo promedio (\$800.000 brutos mensuales)

tiene Mutual de Asesorías con las PYME en materia de prevención. Tiene un costo aproximado de \$900.

3. Evaluación Capacidad Preventiva: El asesor evalúa la capacidad preventiva actual y futura de la empresa, determina un plan de acción futuro, para mejorar los aspectos fundamentales de la prevención de riesgos y salud ocupacional .Costo aproximado de \$10.900.
4. PGP (Plan Gestión Preventiva): El PGP consiste en una entrevista con el Dueño o Gerente de la empresa, con el que se analiza superficialmente los riesgos que la empresa posee y luego guarda esa información en un tablet, características que finalmente se almacenan en una base de datos. Tiene un costo aproximado de \$13.125.
5. Firma Plan: En esta actividad se le comunica a la empresa que debe firmar una carta de compromiso para cumplir con el programa propuesto. Tiene un costo aproximado de \$1.563
6. Mapa Riesgo: Los trabajadores de la empresa describen los riesgos de accidentabilidad en los distintos lugares donde trabajan. Tiene un costo aproximado de \$14.250
7. Taller Iper: En el Taller Iper el experto les comenta a los trabajadores a que riesgos están expuestos al momento de realizar sus labores diarias. Tiene un costo aproximado de \$11.000
8. Mejora Requerimientos Legales (PGP): Mediante un check list DS 594 y autoevaluación de disposiciones legales, se revisarán condiciones reales de la empresa. Tiene un costo aproximado de \$7.031.
9. Taller 5RV: El taller 5RV consiste en un taller participativo en las instalaciones de la empresa (no más de 15 trabajadores), si son muchos los trabajadores, se pueden agendar más sesiones. El Asesor en Gestión de Riesgos juega el papel de facilitador y el objetivo del taller es que quedan incorporadas a las tareas de los trabajadores, las 5RV. Las 5RV son: planificación de la tarea; operar controlando energías; mantenerse fuera de la línea de fuego; asegurar el agarre, equilibrio y posición; trabajar a velocidad controlada. El Taller tiene un costo aproximado de \$6.250 por sesión.
10. Seguimiento 1, 5RV: Primer seguimiento del Taller 5RV, donde se busca comprobar la implementación efectiva del procedimiento implantado en la empresa. Costo aproximado de \$14.063.

11. Seguimiento 2, 5RV: Segundo seguimiento del Taller 5RV, donde se busca comprobar la implementación efectiva del procedimiento implantado en la empresa. Costo aproximado de \$7.125.
12. Procedimiento Trabajo Seguro: Se visita a la empresa, donde los trabajadores deben comentar cuales creen que son los riesgos más grandes a los que ellos están expuestos. Costo aproximado \$7.125.
13. Capacitación realidad Empresa (detectar necesidad): Se realiza la detección de alguna necesidad en capacitación para la empresa en particular. Tiene un costo aproximado de \$7.031.
14. Capacitación realidad Empresa (ejecución): El asesor a cargo de la empresa de la empresa debe velar por que se ejecute la capacitación detectada en el punto 13. La capacitación puede estar en la parrilla de mutual o ser especialmente diseñada para la empresa en cuestión. Tiene un costo aproximado de \$9.000.
15. Capacitación realidad Empresa (requerimiento): Se realiza una capacitación a trabajadores de la empresa por petición de parte de la PYME. Tiene un costo aproximado de \$9.000.
16. Asesoría y Diagnóstico CPHS¹⁰: Se analiza si la empresa posee comité paritario o no y se asesora en la constitución de éste. Tiene un costo aproximado de \$9.375.
17. Constitución CPHS: Se constituye el comité paritario dentro de la empresa. Tiene un costo aproximado de \$9.375.
18. Entrega Certificado CPHS: Se entrega un certificado a la empresa que constituyó su comité paritario. Tiene un costo aproximado de \$7.000.
19. Formación Monitor (inscripción): Para las empresas con menor a 25 trabajadores, se promueve la inscripción de un trabajador para ser monitor dentro de la empresa. Tiene un costo aproximado de \$7.000.
20. Entrega Certificado Empresa Comprometida: Finalmente, si la empresa pasa todas las etapas que corresponden a la prevención designada para ella, se le hace entrega de un certificado, donde se afirma que la empresa cumplió toda la prevención. Tiene un costo asociado de \$7.000.

¹⁰ Empresas con más de 25 trabajadores.

Las asesorías a realizar son hechas por Prevencionistas de Riesgos, los que tienen un sueldo líquido entre \$600.000 y \$800.000. Durante el año varía la dotación de este personal, pero en promedio son 70 trabajadores los que asesoran a las empresas PYME.

A las empresas rojas se les realiza en promedio cuatro a cinco visitas durante el semestre, para las empresas amarillas se les aplica en promedio tres y las verdes una. Respecto a los costos, se encuentran principalmente las horas hombres que se utilizan en la intervención y en realizar informes, para las empresas rojas en promedio se gastan \$300.000 en prevención durante el semestre, para las amarillas \$190.000 y para las verdes \$30.000, considerando costos en horas hombres en la intervención, costos de horas hombres en informes, además del tiempo y costo del traslado a las empresas.

Cabe destacar que cerca del 50%¹¹ de las empresas decididas a intervenir no logran ser asistidas porque en la mayoría de los casos se tiene una dirección errónea, la empresa no acepta la asesoría (menor cantidad) o la empresa fue desafiliada de la Mutua y no se tenía conocimiento.

3.2. Análisis Proceso Prevención Actual

a) Criticidad

En el punto 3.1 se describió cómo se realiza el proceso de definir la criticidad para cada una de las empresas PYME. En primer lugar se quiere analizar si cada una de las variables que se consideran son las correctas, luego ver si los puntajes asignados están bien alineados con el objetivo del modelo y por último se considera el primer semestre de 2015 para medir el error que se tiene en el modelo actual.

- Análisis de Variables.

Las ocho variables que se consideran para definir la criticidad, con sus respectivos ponderadores, están presentes en la tabla 9.

Variable	Ponderación (%)
Grupo Actividad Económica	10
Número de Accidentes	20
Variación Semestre Accidentes	10
Número de días por Accidentes	15
Enfermedades Profesionales (casos)	10
Casos Fatales	15
Denuncias	10
Masa	10

Tabla 9: Variables modelo criticidad actual y sus ponderadores respectivos.

¹¹ Fuente del autor a partir del archivo RAMA (Reporte Asesorías Mutua Seguridad).

El modelo asume que todas las variables tienen ponderación positiva, es decir, la variación positiva (negativa) en cada una de estas variables debería traducirse en un aumento (disminución) en los accidentes (criticidad) de la empresa (manteniendo todo lo demás constante).

Utilizando como base datos los accidentes de trabajo con y sin tiempo perdido de todo el año 2014 y primer semestre de 2015, se obtienen las correlaciones empíricas (tabla 10) que existen entre el número de accidentes en un semestre de las empresas PYME y las variables que considera el modelo actual de criticidad¹². Se puede apreciar que todas las *covariables* tienen una relación positiva con el número de accidentes que tienen las empresas en cada semestre, exceptuando la variable *Variación Semestre Accidentes*.

Variable	Correlación
Número Accidentes	0.45238
Variación Semestre Accidentes	-0.21483
Número de Días por Accidentes	0.23342
Enfermedades Profesionales (casos)	0.07834
Casos Fatales	0.02416
Denuncias	0.54783
Masas	0.59025

Tabla 10: Resultado análisis correlación de *covariables* del modelo de criticidad con el número de accidentes de empresas PYME. Año 2014 y primer semestre 2015.

Además de lo anterior, es necesario revisar las correlaciones existentes entre las *covariables* que se utilizan. Las variables que se tienen en el modelo de criticidad tienen cierto grado de correlación (tabla 11), por ejemplo el número de accidentes y la masa ($p = 0.58$), por lo tanto existe un grado de *multicolinealidad*¹³ en el modelo de criticidad.

Covariables	N° Accidentes	Variación Accidentes	N° días perdidos	Enfermedades	Denuncias	Masas	Casos Fatales
N° Accidentes	1	-0.17	0.2	0.11	0.24	0.58	0.45
Variación Accidentes	-0.17	1	-0.23	-0.11	-0.18	-0.15	-0.019
N° días perdidos	0.2	-0.23	1	-0.01	0.34	0.2	0.019
Enfermedades	0.11	-0.11	-0.01	1	0.13	0.1	0.07
Denuncias	0.24	-0.18	0.34	0.13	1	0.11	0.32
Masas	0.58	-0.15	0.2	0.1	0.11	1	0.59
Casos Fatales	0.45	-0.019	0.019	0.07	0.32	0.59	1

Tabla 11: Tabla de Correlaciones entre variables explicativas modelo de criticidad actual.

¹² No se considera la variable actividad económica porque no es numérica

¹³ Alta correlación entre variables explicativas de un modelo.

- Análisis de ponderación.

Se estudian los ponderadores utilizados por el modelo de criticidad y se analiza si tienen relación con lo que ocurre en la realidad. Se utiliza la misma metodología que en el punto anterior para obtener las correlaciones empíricas, y se compara con la ponderación asignada a las variables por el actual modelo de criticidad (tabla 12).

Variable	Correlación	Ponderación (%)
Masas	0.59025	10
Número Accidentes	0.45238	20
Número de Días por Accidentes	0.23342	15
Enfermedades Profesionales (casos)	0.07834	10
Casos Fatales	0.02416	15
Variación Semestre Accidentes	-0.21483	10
Denuncias	0.35876	10

Tabla 12: Estudio magnitud de ponderación de variables explicativas en modelo de criticidad.

El número de trabajadores (masas) es la variable que tiene mayor correlación con la cantidad de accidentes que tiene una empresa en un semestre, por lo tanto debería tener el ponderador más alto dentro de las variables, este no es el caso porque se le asigna un 10% en el modelo, que es el menor ponderador de todas las variables. Se tiene también que Enfermedades Profesionales tiene una mayor correlación con el número de accidentes que Casos Fatales, sin embargo se le asigna un ponderador mayor al número de casos fatales.

Dado lo anterior es que el modelo utilizado no se relaciona con lo que ocurre en la realidad respecto a la relación que se tiene entre las variables explicativas y la variable a explicar.

- Error Ranking

Como se me mencionó en la sección 3.1., el 1% de las empresas con mayor criticidad se le asigna la etiqueta roja, al 19% siguiente etiqueta amarilla y las restantes como verdes. Lo que se pretende en este ítem es ver cuántas empresas fueron etiquetadas erróneamente asumiendo la clasificación utilizada actualmente por la Mutual, más preciso aún, cuáles empresas fueron *subestimadas*¹⁴ y traducir esos errores en número de accidentes. Lo que se hace es etiquetar a las empresas de acuerdo al número de accidentes efectivos reales que tuvo la empresa y también etiquetarlas de acuerdo al ranking generado por la Mutual, y desde ahí generar los errores. Se definen tres tipos de errores, ellos son:

- Verdes-Amarillas: Empresas etiquetadas como verdes por la Mutual de Seguridad que de acuerdo al ranking de accidentes efectivos fueron amarillas.

¹⁴ Empresas que se les asigna menor riesgo de lo que realmente ocurrió en la realidad.

- Verdes-Rojas: Empresas etiquetadas como verdes por la Mutual de Seguridad y que de acuerdo al ranking efectivo fueron rojas.
- Amarillas-Rojas: Empresas etiquetadas como amarillas por la Mutual de Seguridad que de acuerdo al ranking efectivo fueron rojas.

No se consideran las empresas que fueron *sobreestimadas*¹⁵, ya que en esos casos el error puede ser producto de la eficiencia de los protocolos de prevención y no de la calidad del modelo actual utilizado por la Mutual. En la tabla número 13 se pueden observar los errores mencionados anteriormente.

Error	N° Empresas	% TOTAL	N° Accidentes
Verdes-Rojas	69	8.40%	509
Verdes-Amarillas	7,300	44.70%	10,155
Amarillas-Verdes	474	58.00%	4,009

Tabla 13: Errores en el ranking de empresas.

La columna “N° Empresas” representa el total de empresas que pertenecen al tipo de error, “% TOTAL” se refiere a qué cantidad representan las empresas clasificadas erróneamente del total de empresas que pertenecen a la etiqueta real y por último la columna “N° Accidentes” representa los accidentes de trabajo con y sin tiempo perdido que tienen en total las empresas mal clasificadas.

Se puede decir que el error que tiene el modelo actual es bastante alto, sobre todo en la clasificación de empresas rojas. Un 66,4% de las empresas rojas no fueron catalogadas como tal, incluso un 8,4% fueron clasificadas como verdes, lo que quiere decir que no se le aplico prácticamente protocolo de prevención de accidentes a éstas últimas.

No se puede evaluar el modelo de criticidad utilizado por la Mutual bajo algunos índices de error, como el Accuracy, MAPE o MAE, debido a que la variable dependiente del modelo no hace referencia a ningún valor medible (por ejemplo número de accidentes).

¹⁵ Empresas etiquetadas con mayor riesgo de lo que fueron en la realidad.

4. Marco Teórico

Para el proyecto que se propone, es de suma importancia la calidad que tenga el modelo de pronóstico respecto a los accidentes que tengan las empresas PYME adheridas a la Mutua.

Lograr pronosticar los accidentes ocurridos para cada una de las empresas no es sencillo, es por ello que puede ser un buen *proxy* una variación de este valor, como por ejemplo la tasa de accidentes, sí tiene o no accidente (variable *dummy*) o intervalos para la clasificación de accidentes.

Para este caso en particular, es complejo predecir la cantidad de accidentes exactos que tendrá una empresa en particular, especialmente porque hay muchas variables posiblemente significativas que escapan de la información tenida por la Mutua de Seguridad.

Se estudian dos tipos de modelos, por un lado los modelos de regresión, mientras que por otro los modelos de clasificación. Un modelo de regresión tiene como *output* un valor real, este tipo de modelo es muy común por ejemplo en la estimación de demanda de un producto. Por otro lado los modelos de clasificación tienen como *output* un conjunto acotado de valores, de hecho son clases predefinidas. Ejemplos de modelos de clasificación son los utilizados en los bancos, el determinar si asignarle un crédito a una persona, dependiendo de ciertas variables relevantes como lo son la edad, el ingreso económico, entre otras.

1. Regresión Lineal

Modelo causal regresor más simple utilizado en la estadística. Estudia la relación causal entre una o más variables dependientes y una sola variable independiente. La regresión lineal tiene la siguiente estructura:

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^n X_i + \varepsilon$$

Además de obtener una variable Y_t como pronóstico, se tiene la incidencia de cada una de las *covariables* (X_i) en la variable independiente, obteniendo su módulo y signo.

Para cuantificar el grado de predicción del modelo, se utiliza el coeficiente R^2 (Coeficiente de determinación). El que tiene la siguiente fórmula:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

$$SST(\text{Sum Of Squares Total}) = \sum (y - \bar{y})$$

$$SSR(\text{Sum of Squares Regression}) = \sum (y - \bar{y})$$

$$SSE(\text{Sum of Square Error}) = \sum (y - \bar{y})$$

Los estimadores de los parámetros ($\hat{\beta}$) se obtienen mediante la técnica de MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios), el cual trata de minimizar el error en la predicción.

2. Panel Data

También llamado serie de tiempo en *cross section*, son múltiples casos (personas, familias, instituciones, etc.) de las que se tienen observaciones en más de una ocasión en distintos períodos de tiempo. Es interesante este tipo de modelo, ya que se puede inferir información temporal de cada una de las entidades. Panel Data tiene la siguiente estructura:

$$y_{it} = x_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

$$i = \text{Individuo} \quad t = \text{período}$$

Se puede ver que es un tipo de regresión lineal, con la salvedad de que se tiene indexado el período además del individuo en particular. Si se tiene un total de N individuos y T períodos en total, entonces se tienen $N * T$ observaciones.

Un caso especial del Panel Data es cuando se asume que α_i es homogéneo en todos los individuos, es decir, $\alpha_i = \alpha$ y por lo tanto la cantidad de parámetros a estimar se reduce en $N - 1$, con N la cantidad de individuos.

Existen dos formas distintas de abordar el modelamiento de Datos de Panel. Estos son el Modelo de Efectos Fijos y Modelos de Efectos Aleatorios.

I. Modelo Efectos Fijos

El modelo de Efectos Fijos dice que cada individuo tiene asociado un parámetro α_i , el cual no varía en el tiempo. Es recomendable utilizar este modelo cuando el número de individuos (N) es menor a la cantidad de períodos (T).

II. Modelo Efectos Aleatorios

El modelo de Efectos Aleatorios también dice que cada individuo tiene asociado un parámetro α_i , pero la forma de estimarlo es distinta a la del Modelo Efecto Fijo. Para este caso se asume que todos los α_i provienen de una misma distribución, por lo tanto el desafío es calcular los parámetros de esta distribución.

Suponiendo que $\alpha_i \stackrel{d}{\rightarrow} iid F(\theta)$, los parámetros a estimar serían sólo dos:

$$E(\alpha_i) = \alpha$$

$$Var(\alpha_i) = \sigma_\alpha^2$$

3. Logit

La función Logit, es un modelo no lineal de clasificación o elección. El modelo es el siguiente y tiene una variable dependiente binaria:

$$y_i = \frac{e^{x_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it}}}{\sum_j e^{x_{jt}\beta + \varepsilon_{jt}}}$$

Donde i corresponde al producto i

El modelo Logit también se puede interpretar en términos probabilísticos, es decir, sirve para medir la probabilidad de que ocurra un acontecimiento. La interpretación de los coeficientes estimados no es tan sencilla como en la regresión lineal, el signo de ellos indica en qué dirección se mueve la probabilidad cuando aumenta la variable explicativa. Al suponer una relación no lineal entre las variables explicativas y la variable dependiente, cuando aumenta en una unidad la variable explicativa no quiere decir que la probabilidad de ocurrencia aumente en la misma magnitud.

4. Random Forest

Random Forest es un método creado por Leo Breiman y Adele Cluter en 2001. Puede servir como modelo de regresión o como modelo de clasificación. Trata básicamente de la construcción de varios árboles de decisión, utilizando distintos muestreos tanto de datos como de variables.

Los árboles son construidos siguiendo el siguiente algoritmo:

1. Sea N el número de observaciones y M el número de variables.
2. Se generan varios conjuntos de entrenamiento a través de muestras aleatorias (con reemplazo), con n datos ($n \ll N$).

3. Para cada conjunto escogido se construye un árbol de decisión. Luego se escoge un número m ($m \ll M$) que determinará el número variables que se seleccionarán al azar, las que serán las encargadas de determinar la decisión en un nodo dado.
4. Para cada árbol los $(N-m)$ datos que no consideraron en el punto 2 se utilizan para estimar el error de predicción.

Las principales ventajas que tiene Random Forest en comparación con otros modelos son las siguientes:

1. Funciona de manera eficiente en grandes bases de datos.
2. Genera estimaciones de qué variables son más importantes en la predicción/Clasificación.
3. No sobre ajusta los datos.

5. Support Vector Machine (SVM)

Las máquinas de soporte vectorial o máquinas de vectores de soporte son una serie de algoritmos de aprendizaje supervisado, que se utilizan tanto para la clasificación como para la predicción.

La teoría de la SVM está basada en la idea de la minimización de riesgo estructural (SRM) y en muchas ocasiones ha logrado tener mejor rendimiento que máquinas tradicionales de aprendizaje, tal como las redes neuronales.

SVM busca un hiperplano que separe de forma óptima a los puntos de una clase de las de otra. Este algoritmo busca el hiperplano que tenga distancia máxima (margen) con los puntos que estén más cerca de él mismo.

6. Poisson Regression

El modelo de regresión Poisson es un modelo lineal generalizado, donde la variable de respuesta (independiente) posee una distribución Poisson y el logaritmo de su valor esperado (esperanza) puede ser modelado como una combinación lineal de parámetros desconocidos. Se utiliza para modelar datos de conteo (número de veces que ocurre un fenómeno en particular).

Una variable aleatoria Y se dice que tiene una distribución Poisson con parámetro μ si toma valores enteros $y = 0, 1, 2, 3, \dots$ con probabilidad:

$$\Pr\{Y = y\} = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}$$

Para $\mu > 0$. El promedio y la varianza de la distribución se puede ver como:

$$E(Y) = \text{var}(Y) = \mu$$

El parámetro μ puede depender de variables explicativas, y quedar representado como una variable independiente, por lo tanto queda de esta forma:

$$\mu = X'B$$

Como sólo pueden existir valores positivos para μ , se le aplica logaritmo a μ y luego se le aplica exponencial para eliminarlo, obteniendo la siguiente ecuación:

$$\mu = \exp\{X'B\}$$

Por lo tanto para la regresión Poisson, un aumento de x_j en una unidad, multiplica a la variable dependiente en $\exp\{B_j\}$.

5. Tratamiento y Análisis de la Data

En este capítulo se pretende entregar un análisis preliminar de los datos, pudiendo comprobar en una primera instancia algunos supuestos. En primer lugar se presentan los gastos e ingresos que presenta la Mutual por parte de las empresas PYME, luego los accidentes en empresas PYME, después se analizan el número y tasas de accidentes desagregados por sectores económicos, también se estudia la distribución temporal de accidentes en las empresas y finalmente se analiza la variación en la tasa y cantidad de accidentes de las empresas entre distintos períodos (semestres).

Los datos se obtienen desde una base de datos de la Mutual de Seguridad y para trabajar con ellos se utilizan los softwares PostgreSQL, R y Excel.

Como se mencionó anteriormente, las Mutuales de Seguridad deben velar por los accidentes de trabajo, accidentes de trayecto y enfermedades profesionales de los trabajadores afiliados a ella. Los accidentes pueden ser clasificados de la siguiente forma:

- Fatales y No Fatales

Fatales: Son los accidentes en que existe el fallecimiento del trabajador.

No Fatal: Accidente de trabajo donde no ocurre la muerte del trabajador.

- Con tiempo perdido y Sin tiempo perdido (No fatales)

Con tiempo perdido: Existen días laborales perdidos por parte del trabajador.

Sin tiempo perdido: No existen días laborales perdidos por parte del trabajador. Por ejemplo, un empleado tiene una dolencia en un dedo, se dirige a la mutual a la que está afiliado y se le da de alta inmediatamente y puede seguir trabajando sin problemas.

- Aceptados y No Aceptados (Fatales y No Fatales)

Aceptados: Son los accidentes que sí clasifican como accidentes de trabajo

No Aceptados: Accidentes que no clasifican como de trabajo, y por lo tanto no son tratados por las mutuales.

En la ilustración 6 se puede observar la evolución de accidentes de las empresas asociadas a la Mutual de Seguridad C.Ch.C. Se ve que los accidentes con tiempo perdido representan alrededor del 70% del total de accidentes¹⁶. Por otro lado el total de accidentes ocurridos en empresas PYME representan el 60% del total de accidentes en empresas adheridas a la Mutual.

¹⁶ Total Accidentes= Total Accidentes Con tiempo perdido (TOTALCTP) + Total Accidentes sin tiempo perdido (TOTALSTP).

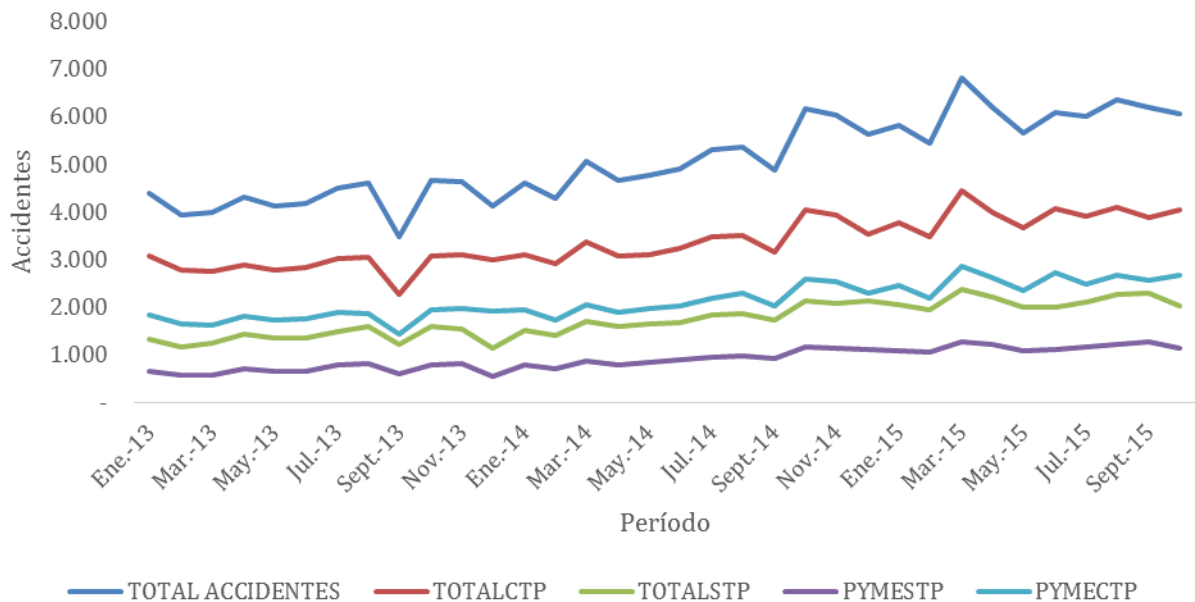


Ilustración 6: Evolución accidentes empresas asociadas a Mutual de Seguridad C.Ch.C.

TOTALACTP: Accidentes con tiempo perdido ocurridos en todas las empresas.

TOTALSTP: Accidentes sin tiempo perdido ocurridos en todas las empresas.

PYMESTP: Accidentes sin tiempo perdido ocurridos en todas las empresas PYME.

PYMECTP: Accidentes con tiempo perdido ocurridos en todas las empresas PYME.

5.1. Ingresos y gastos empresas PYME

La Mutual de Seguridad C.Ch.C. obtiene sus ingresos de la cotización mensual que realizan todos los trabajadores asociados a ella, la que equivale al 0,95% del sueldo que impone cada uno de ellos, más una cotización extra dependiendo de la situación en particular de cada empresa¹⁷.

Los gastos que la Mutual incurre en cada empresa son:

- a) Gastos médicos: Los gastos médicos consideran los costos por tratamientos de accidentes y diagnósticos de éstos. Cabe destacar que los accidentes que son rechazados, el diagnóstico (primera atención) es gratis.
- b) Gastos PP.EE. (Prestaciones económicas): En este ítem, la Mutual incurre en la entrega de dinero al trabajador afectado. Las prestaciones pueden ser: licencias médicas, pensiones o indemnizaciones.
- c) Gastos en prevención: Son los costos que incurre la Mutual de Seguridad en la prevención de accidentes, entre estos gastos destacan Directores de Cartera, Prevencionistas de Riesgos, entre otros.
- d) Otros Gastos: Boletines informativos, consultores, entre otros.

¹⁷ Sector económico en primer lugar y luego el historial de accidentes de la empresa.

Cabe destacar que estos gastos provienen directamente desde la Mutual de Seguridad.

Los gastos e ingresos por cotización dentro de un año no tienen gran variabilidad (ver Anexo 2). Dentro de los gastos que se incurren con las empresas asociadas a la Mutual de Seguridad, se aprecia que los Gastos Administrativos son los más altos (50% del total de los gastos). Los Gastos médicos y Gastos por Prestaciones económicas han representado el 22% y 20% del total de gastos de los últimos tres años, mientras que los Gastos en prevención representan alrededor del 4% de los gastos totales (Ilustraciones 7 y 8).

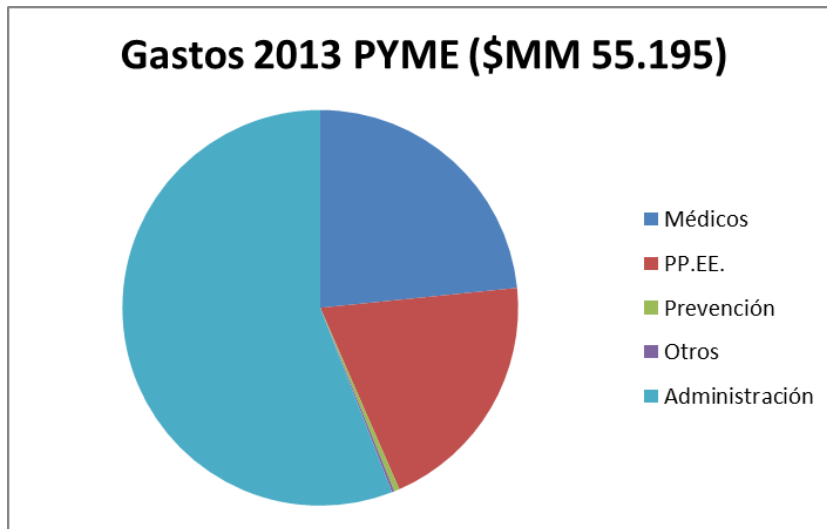


Ilustración 7: Gastos Mutual Seguridad año 2013. Empresas PYME.

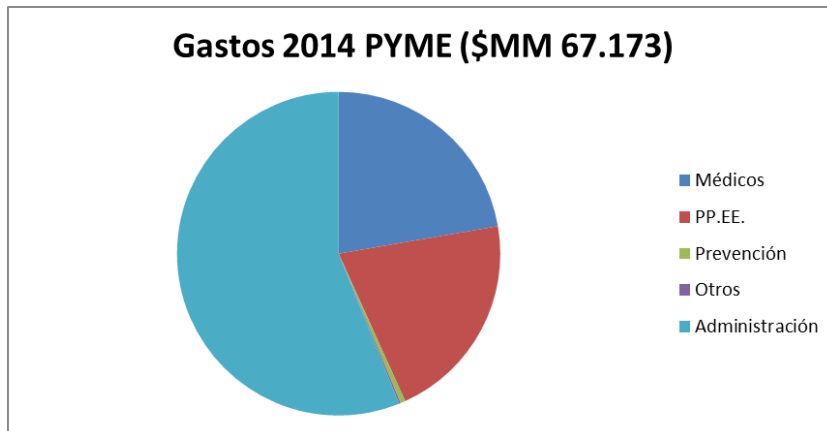


Ilustración 8: Gastos Mutual Seguridad año 2014. Empresas PYME.

5.1.1. Ingresos y Gastos por sector económico (PYME).

La Construcción es el sector económico que mayor margen¹⁸ reportó a la Mutual de Seguridad en el año 2013 (Ilustración 9), esto se debe principalmente a las altas cotizaciones que tienen las empresas que pertenecen a este rubro, además de que junto con el Comercio es el sector económico con más trabajadores adheridos el año 2013 (80.000).

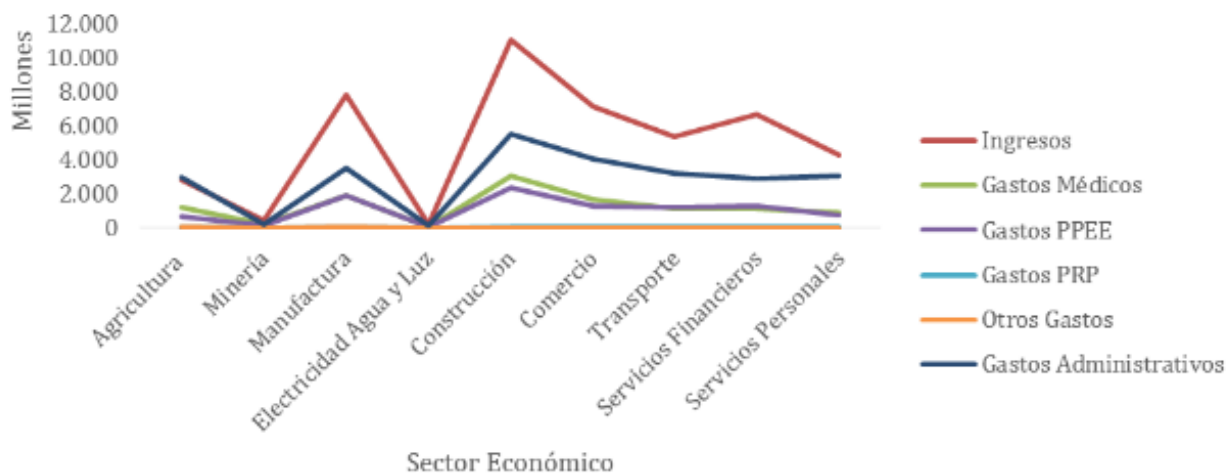


Ilustración 9: Ingresos y Gastos por sector económico, Año 2013.

Para el año 2013, cuatro sectores presentaron utilidades negativas, es el caso de la Agricultura, Minería, Transporte y Servicios Personales. La Agricultura y la Minería tienen en común el alto porcentaje que representó para ese año los Gastos Médicos respecto a sus ingresos por cotización, los que fueron 41,5% y 41,7% respectivamente; mientras que en promedio para los demás sectores fue de 20%. El Transporte presentó pérdidas de \$126.657.032, debido básicamente a que los gastos administrativos representaron un 59% del total de los ingresos de ese sector.

Los gastos administrativos están correlacionados positivamente con los ingresos por cotización, esto se debe a que existe una variable causal para ambos números que es el número de trabajadores. Al aumentar el número de trabajadores, aumenta la cotización total que se tiene y también al tener más trabajadores, se necesitan más recursos administrativos.

5.2. Accidentes en empresas PYME

La base de datos que se tiene respecto a accidentes sufridos por trabajadores adheridos a empresas PYME dicta desde el 2013 hasta septiembre de 2015. Los accidentes de trabajo con y sin tiempo perdido aceptados por la Mutual de Seguridad han ido en aumento durante el período a evaluar, tal cual lo muestra la ilustración 10.

¹⁸ Ingresos menos Gastos.

Esta alza de accidentes se debe principalmente al aumento de la cantidad de trabajadores afiliados y no a un incremento en la tasa de accidentabilidad.

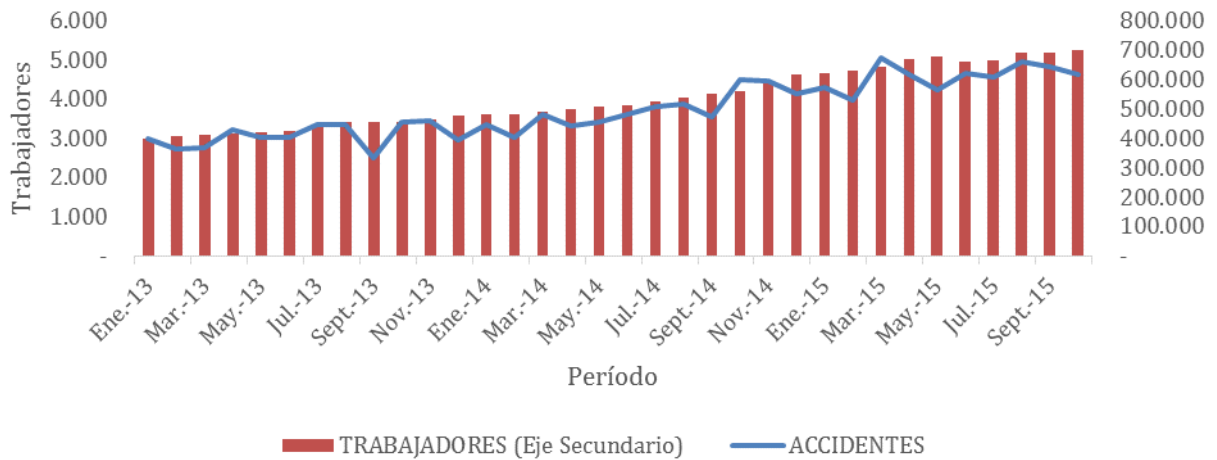


Ilustración 10: Evolución de accidentes y trabajadores en empresas PYME.

El estudio que se realizará será en base a los accidentes de trabajo con y sin tiempo perdido (aceptados) de los trabajadores adheridos a la Mutual de Seguridad. Se puede ver que la suma de estos dos tipos de accidentes representa alrededor del 80% del total de accidentes (ilustración 11), clasificados como no fatales, mientras que el 20% restante corresponde a accidentes de trayecto y accidentes rechazados por la Mutual.

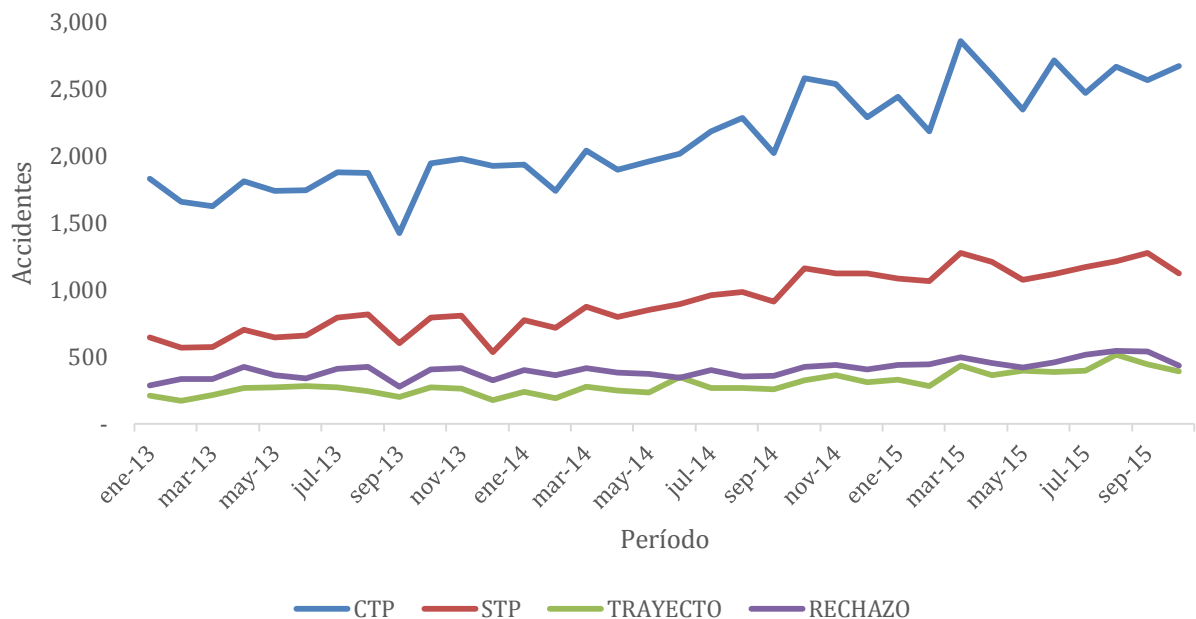


Ilustración 11: Evolución Accidentes Empresas PYME.

Los accidentes de trayecto no se considerarán en el estudio porque son muy difíciles de relacionarlos con las variables causales de éstos, no así para los accidentes de trabajo, ya que se cuenta con información de cada institución y por lo tanto se pueden relacionar variables representativas de cada una de ellas.

En la tabla 14 se ve la relación que tiene los accidentes de trabajo (con y sin tiempo perdido) con los accidentes fatales, esto para los dos semestres del 2014 y el primer semestre de 2015. La relación entre ellos parece constante para cada semestre y es del orden del 0.14%.

Semestre	No Fatales	Fatales	Ratio
2014-1	18,954	28	0.00148
2014-2	23,014	28	0.00122
2015-1	25,427	37	0.00146

Tabla 14: Relación Accidentes No Fatales con Accidentes Fatales (Semestres).

5.3. Accidentes por sector económico

Se toma en consideración la base de datos de accidentes¹⁹ desde enero de 2013 hasta junio de 2015. Se pretende analizar si existen diferencias apreciables respecto al número de accidentes y tasa de accidentabilidad entre los sectores económicos.

5.3.1. Cantidad de Empresas sin Accidentes en su historial

Se estudian todas las PYME que han tenido trabajadores²⁰ en cada uno de los semestres desde enero 2013 hasta junio 2015. Dada la restricción planteada, se cuenta con 40.603 empresas, las que se clasifican en dos grupos:

- Empresas PYME que no han tenido ningún accidente en los cinco semestres que se consideran.
- PYME que han tenido al menos un accidente en los mismos cinco períodos (semestres) a evaluar.

¹⁹ Accidentes de trabajo con y sin tiempo perdido.

²⁰ Existen PYME que en algunos no registran trabajadores.

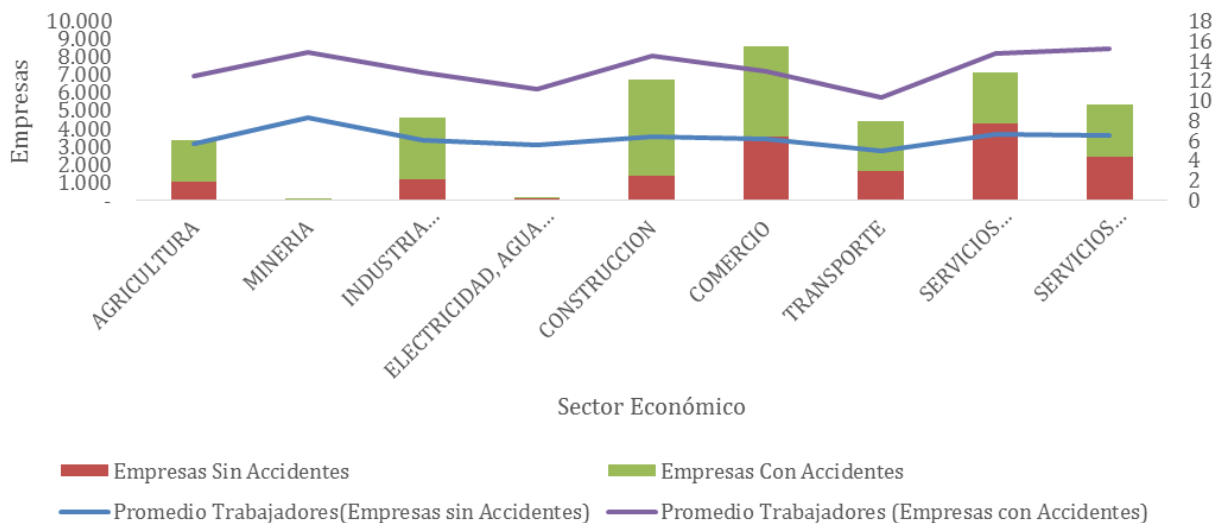


Ilustración 12: Empresas con y sin accidentes clasificadas por rubro. Enero 2013 a Junio 2015.

En la ilustración 12 se aprecia que del 100% de empresas pertenecientes al sector económico de la construcción, un 79,8% ha tenido al menos un accidente, lo que la sitúa como el rubro con mayor porcentaje de empresas con accidentes, luego de la construcción se sitúan la Industria Manufacturera y la Minería como las actividades con mayor porcentaje de empresas con accidentes, con 74.9% y 73.3% respectivamente. Por otro lado, del total de empresas pertenecientes a Servicios Personales un 40% presenta al menos un accidente en los semestres a evaluar, el que es el porcentaje más bajo dentro de los nueve rubros, siguiéndole Servicios Profesionales con un 54,4% (Ilustración 12).

El número de trabajadores tiene directa relación con que una empresa haya tenido al menos un accidente en los períodos definidos. Se puede ver que el número de empleados es en promedio el doble, independiente de la actividad económica, en las empresas que sí han tenido accidentes respecto a las que no los han tenido, lo que tiene lógica debido a que a mayor cantidad de mayor cantidad de trabajadores, mayor probabilidad de ocurrencia de accidente.

5.3.2. Tasa accidentabilidad

Se estudia la tasa de accidentes respecto al sector económico para analizar dónde se incurren más gastos en los tratamientos médicos. Además de esto, se asocia el número de accidentes a la tasa que posee cada sector.

La tasa de accidentabilidad para cada sector económico y cada período de tiempo tiene la siguiente fórmula:

$$Tasa\ Accidentabilidad_{it} = \frac{N^{\circ}\ Accidentes_{it}}{Total\ Trabajadores_{it}}$$

$N^{\circ}\ Accidentes_{it}$: Número total de accidentes de trabajo con y sin tiempo perdido que tuvieron las empresas asociadas al sector económico i en el año t .

$Total\ Trabajadores_{it}$: Cantidad de trabajadores totales pertenecientes al sector económico i en el año t . Se calcula como la suma de los promedios de trabajadores de cada empresa asociadas al sector económico en cuestión.

Se puede ver que la Construcción, la Industria de Manufactura y el Comercio son los sectores económicos que reportan más accidentes hacia la Mutual de Seguridad. Por otro lado, se aprecia que la Industria Manufacturera, la Minería, la Construcción y el Transporte son los rubros que tienen las tasas más altas. Los Servicios Personales y Servicios Financieros son los que poseen las tasas más baja, lo que era predecible debido a que sus labores no contemplan mayores riesgos (Ilustración 13).

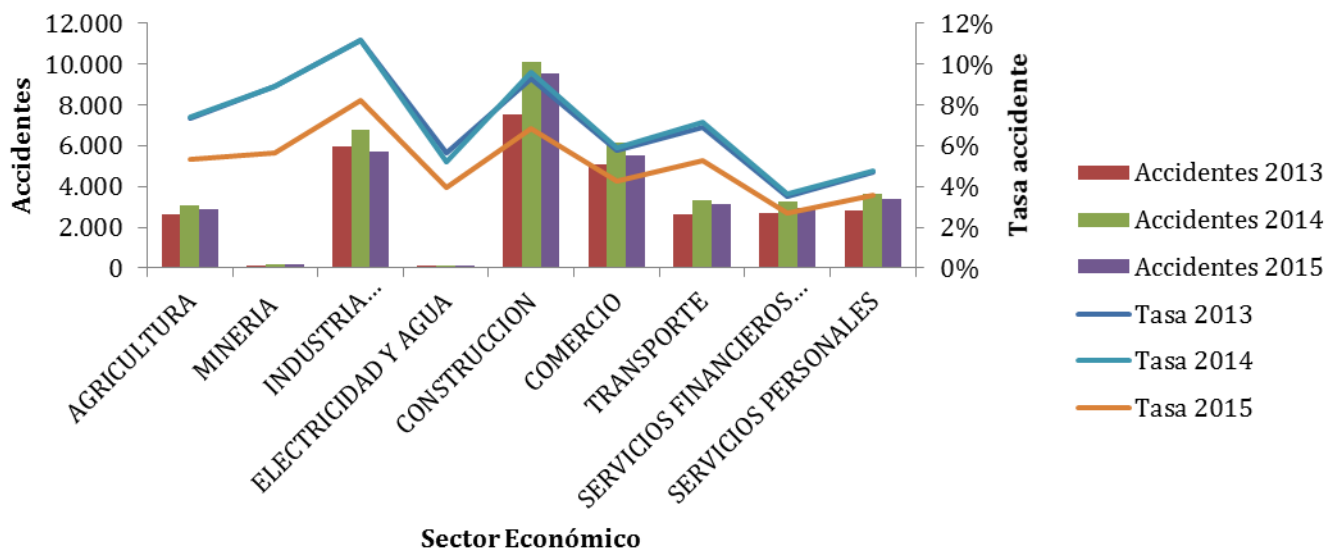


Ilustración 13: Número de accidentes por sector económico.

Existen actividades que reportan muy pocos accidentes, como lo son la Minería y el rubro Electricidad, Agua y Luz. Esto es consecuencia de la baja afiliación de trabajadores de estos sectores (Ilustración 14) y no hace referencia a una tasa mucho más baja que el promedio (Ilustración 13), de hecho la Minería tiene una tasa del 8% en promedio y Electricidad, Agua y Luz una tasa de 6%.

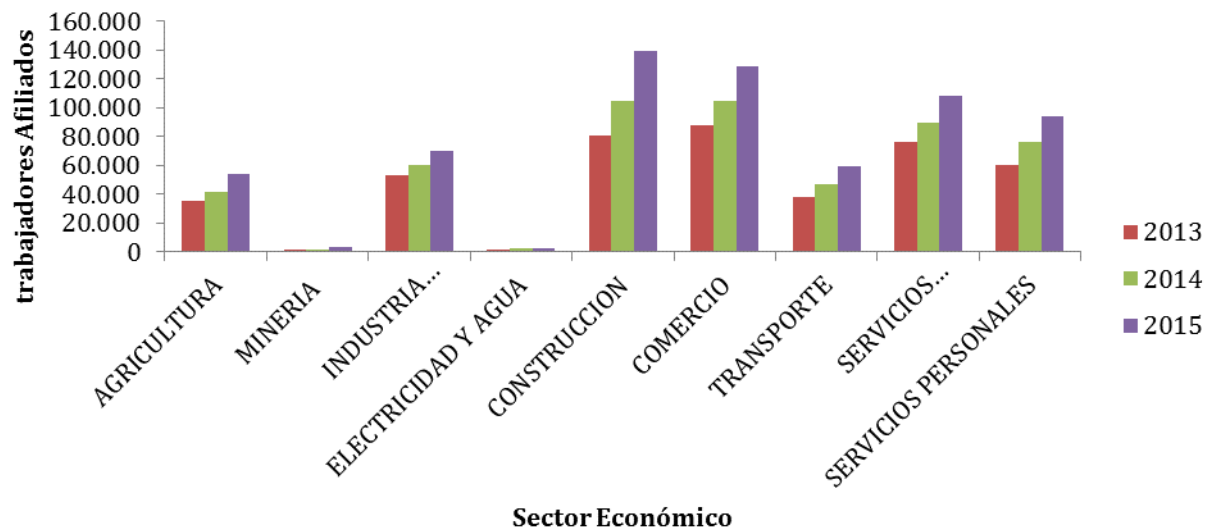


Ilustración 14: Evolución Trabajadores PYME Afiliados a Mutual de Seguridad C.Ch.C.

Desde el 2013 hasta el 2015 todos los sectores económicos han experimentado un aumento en la cantidad de trabajadores asociados a la Mutual de Seguridad C.Ch.C. El sector económico que ha experimentado un mayor aumento porcentual de trabajadores es la Minería, con un 92% y la Construcción con un 72%. Los otros sectores económicos han tenido un aumento entre el 30% y 50%. La Construcción tuvo 58.000 nuevos trabajadores asociados entre los períodos a evaluar, mientras que el Comercio 41.200, números que los sitúan como los rubros con mayor aumento en trabajadores afiliados.

5.3.3. Evolución y estacionalidad de tasas de accidentes

En esta sección se estudia la evolución de la tasa de accidentabilidad para cada sector económico pero de forma más detallada. Los períodos son meses desde enero de 2013 hasta septiembre de 2015. La tasa se calcula de la siguiente forma:

$$Tasa\ Accidentabilidad_{it} = \frac{N^{\circ}\ Accidentes_{it}}{Total\ Trabajadores_{it}} * 12$$

$N^{\circ}\ Accidentes_{it}$: Número total de accidentes de trabajo con y sin tiempo perdido que tuvieron las empresas pertenecientes al sector económico i en el mes t .

$Total\ Trabajadores_{it}$: Número de trabajadores pertenecientes al sector económico i en el mes t .

La división de los dos parámetros utilizados se multiplica por 12, con la intención de tratar de llevar la tasa a un período anual.

1. Agricultura

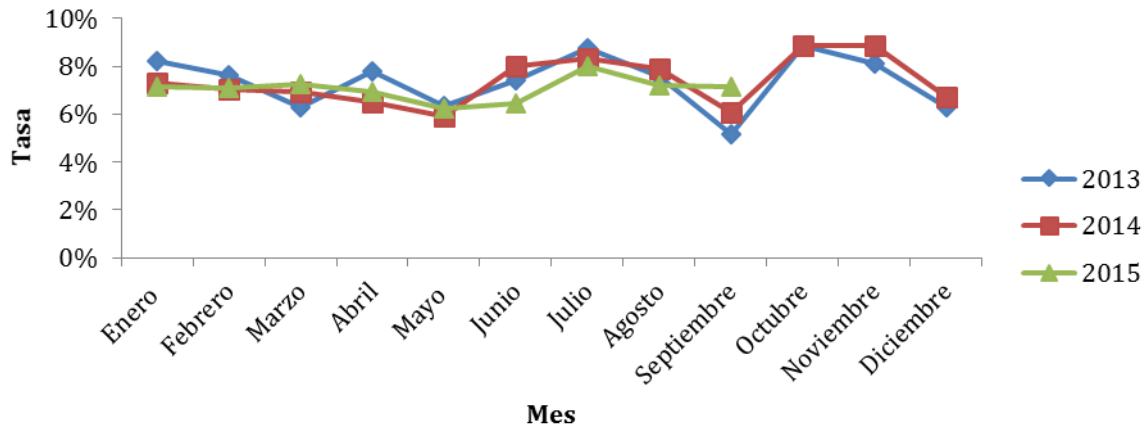


Ilustración 15: Evolución tasa accidentabilidad Agricultura. Años 2013, 2014 y 2015.

Se puede apreciar que la tasa de accidentabilidad planteada no ha variado entre los años para el sector agrícola. También se puede ver que existe un alza de la tasa en los meses de junio, julio y agosto, además de tener una baja en el mes de septiembre. Dado lo anterior es que se infiere que la accidentabilidad en la Agricultura tiene un comportamiento estacional.

2. Minería

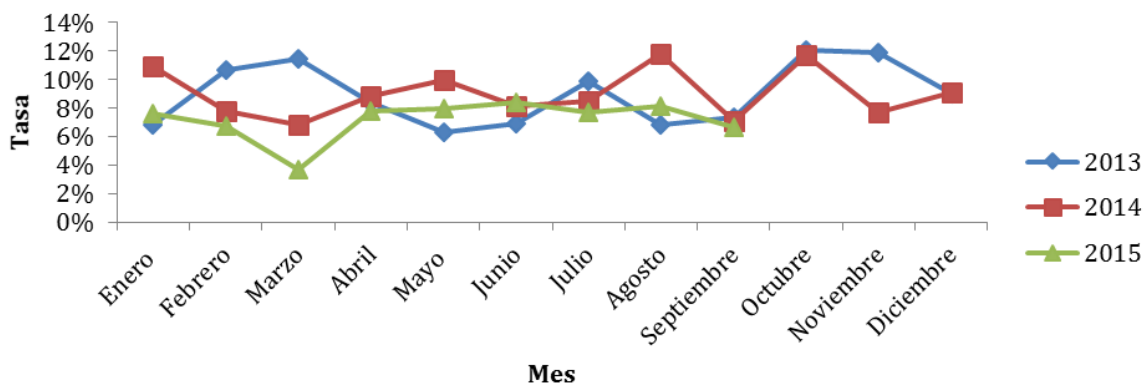


Ilustración 16: Evolución tasa accidentabilidad Minería. Años 2013, 2014 y 2015.

La Minería posee un comportamiento menos claro que la Agricultura, aun así se puede observar una baja en la tasa de accidentabilidad para el mes de septiembre. No se puede asegurar un comportamiento estacional para este sector económico.

3. Industria Manufacturera

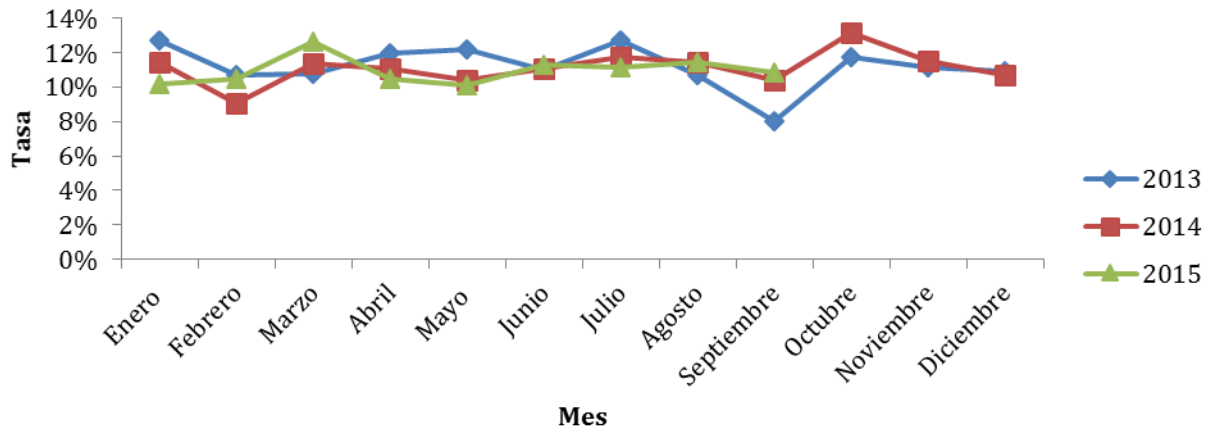


Ilustración 17: Evolución tasa accidentabilidad Industria Manufacturera. Años 2013, 2014 y 2015.

Como se mencionó en el punto 2.1.1., la Industria Manufacturera es el sector económico con mayor tasa de accidentabilidad. La tasa tiene un comportamiento constante durante un año, salvo con bajas apreciables en los meses de Febrero y Septiembre.

4. Electricidad, Agua y Luz

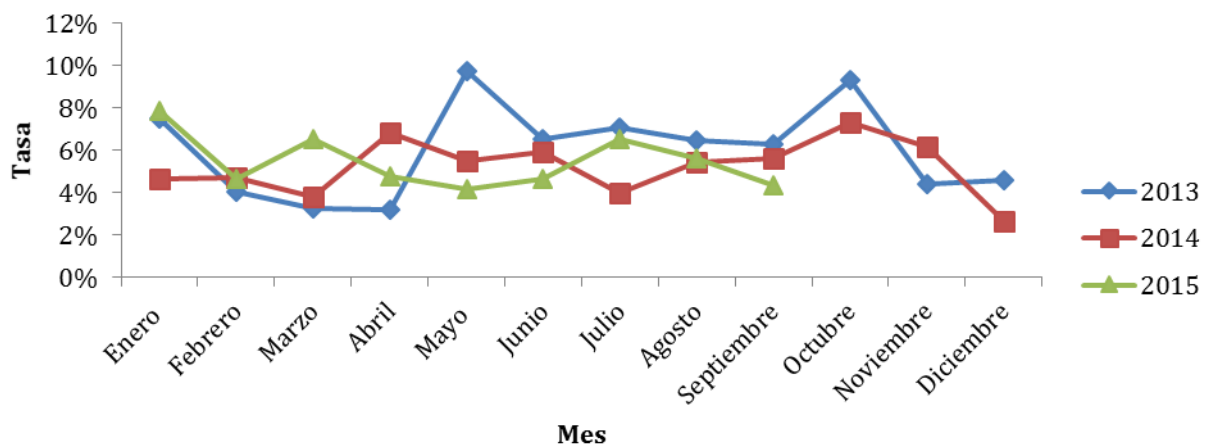


Ilustración 18: Evolución tasa accidentabilidad Electricidad, Agua y Luz. Años 2013, 2014 y 2015.

El sector de Electricidad, Agua y Luz presenta un comportamiento volátil, se le adjudica esta característica al hecho de que existan pocas empresas de este

rubro asociadas a la Mutua, 1.430 adheridos en enero de 2013 y 2.756 en diciembre de 2015.

5. Construcción

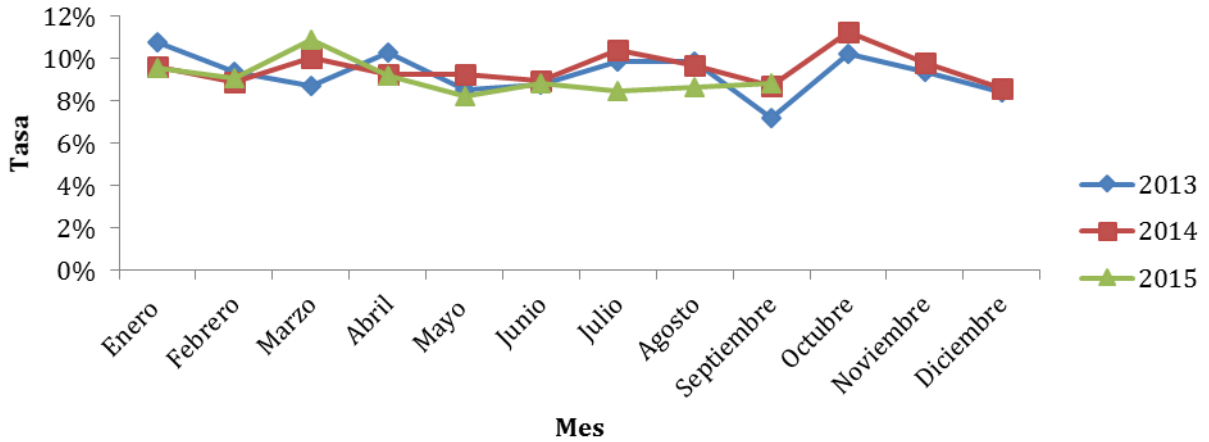


Ilustración 19: Evolución tasa accidentabilidad Construcción. Años 2013, 2014 y 2015.

La construcción presenta un comportamiento similar a la Agricultura, donde todos los años la tasa tiene un comportamiento similar. Se aprecia una baja notoria en el mes de septiembre al igual que la mayoría de los sectores económicos. Se puede inferir que tiene un comportamiento estacional.

6. Comercio

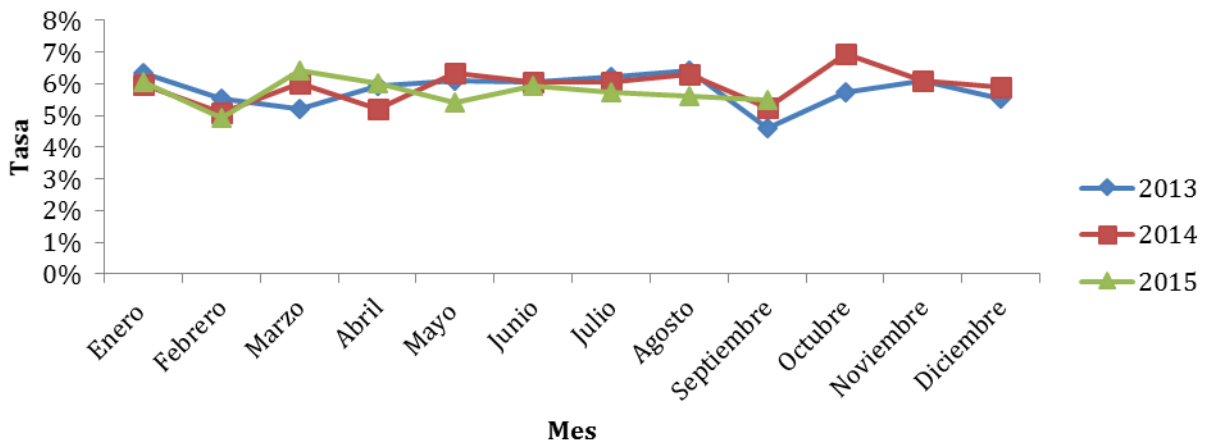


Ilustración 20: Evolución tasa accidentabilidad Comercio. Años 2013, 2014 y 2015.

En el comercio se observa prácticamente una tasa constante durante el año, la que se interrumpe con bajas en los meses de marzo y septiembre. Se infiere que tiene un comportamiento estacional la tasa de accidentabilidad.

7. Transporte

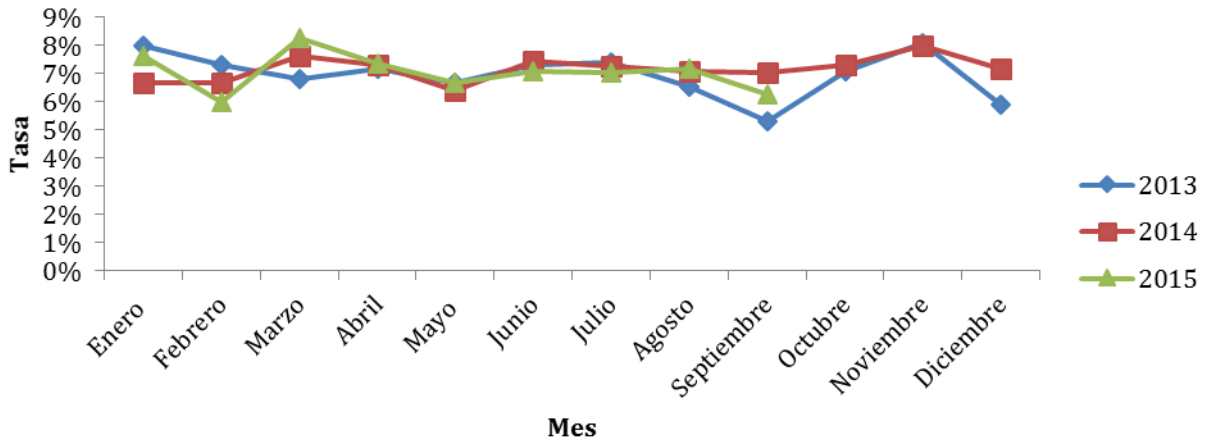


Ilustración 21: Evolución tasa accidentabilidad Agricultura. Años 2013, 2014 y 2015.

En el transporte se observa una tasa bastante volátil durante el principio de cada año, mientras que desde abril hasta diciembre se tiene una tasa con una estacionalidad bastante marcada.

8. Servicios Financieros

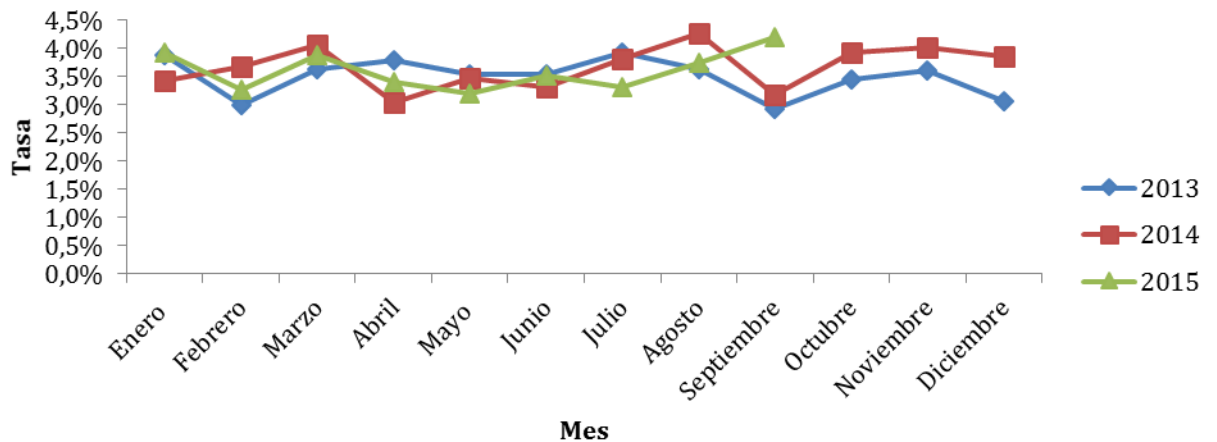


Ilustración 22: Evolución tasa accidentabilidad Servicios Financieros. Años 2013, 2014 y 2015.

9. Servicios Profesionales

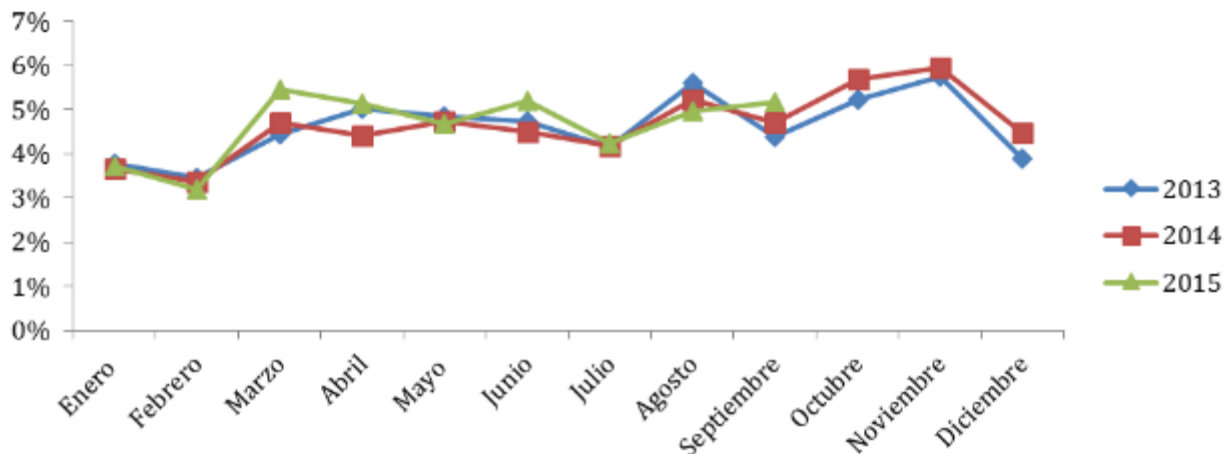


Ilustración 23: Evolución tasa accidentabilidad Servicios Profesionales. Años 2013, 2014 y 2015.

Los Servicios Profesionales y Servicios Personales deben ser las actividades con más volatilidad dentro de los meses del año, la que se puede deber a la escala que se está utilizando en el gráfico. No se observa una estacionalidad marcada, aun así se puede decir que en los meses de diciembre, enero y febrero la tasa marca una baja apreciable.

5.4. Distribución de cantidad y tasas de accidentes.

En esta sección se quiere estudiar el comportamiento de la cantidad de accidentes y las tasas asociadas a éstos dentro de las empresas PYME.

5.4.1. Cantidad de accidentes

Como análisis preliminar de los datos, un alto porcentaje de las empresas no tienen accidentes para un período determinado. Para validar esta hipótesis, se crea un histograma (ilustración 24), donde se consideran intervalos de números de accidentes, para luego contar todas las empresas que se encuentran en este rango. En el gráfico mencionado, se consideran cinco semestres y todos tienen el mismo comportamiento, vale decir, una especie de distribución *Poisson*, pero *inflada*²¹ en los ceros.

²¹ Distribución Poisson que tiene más del 50% de las observaciones como "0".

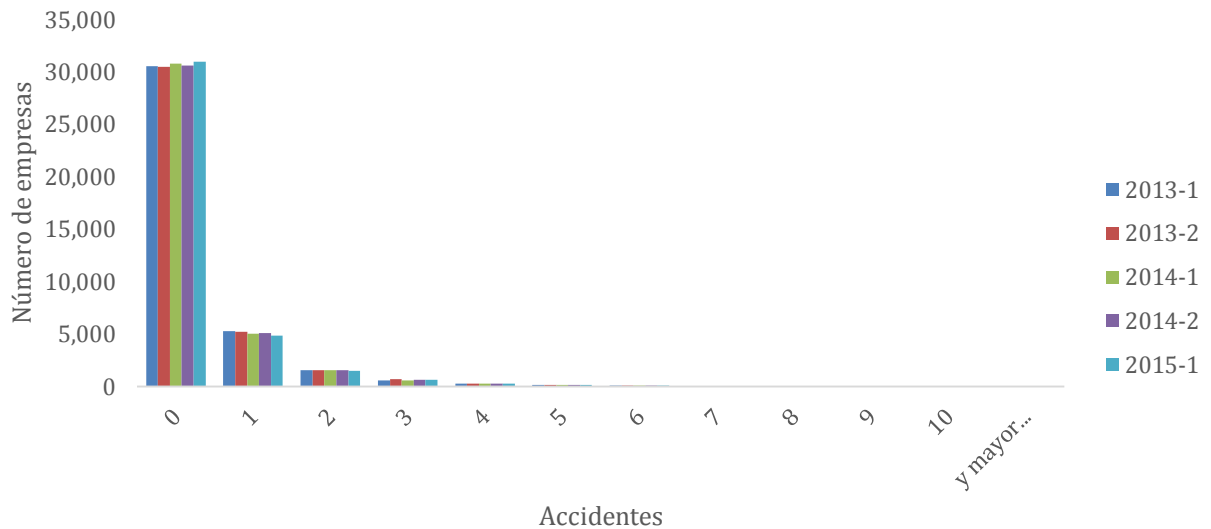


Ilustración 24: Histograma de accidentes. Cinco semestres distintos.

Dejando de considerar las empresas que no tuvieron accidentes dentro de los semestres, el histograma queda tal como lo representa la ilustración 25. Donde claramente la distribución *Poisson* representa de mejor forma los sucesos.

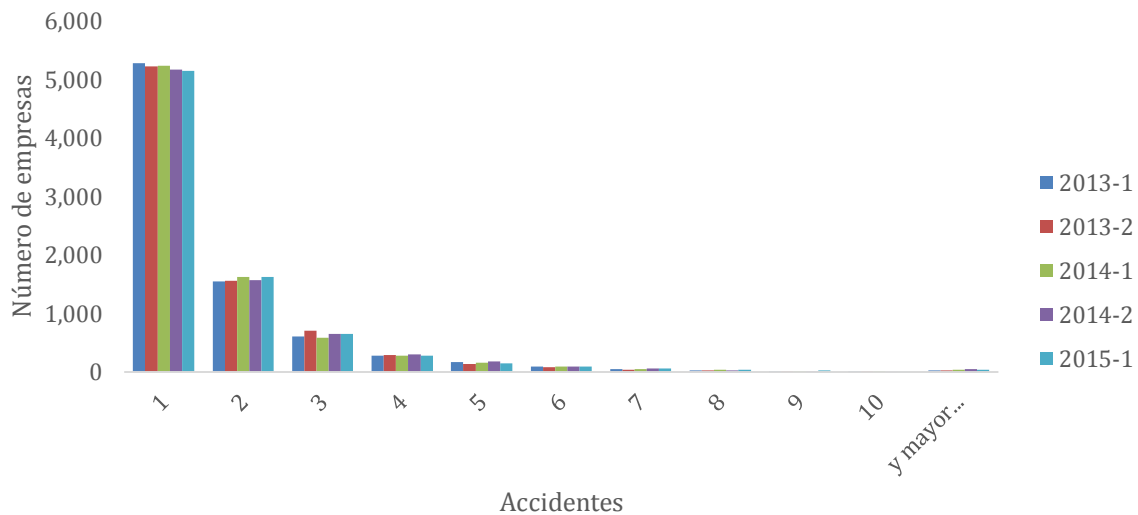


Ilustración 25: Histograma de Accidentes. 5 semestres a evaluar. No se contemplan "0" accidentes.

Dado lo anterior, es que sería interesante tratar a las empresas que tienen y las que no tienen accidentes por separado, debido a que las que no tienen accidentes representan más del 50% del total en cada semestre evaluado.

Se estudia el comportamiento de los accidentes para empresas con más de 25 trabajadores y empresas con menos de 25 trabajadores.

a) Distribución accidentes empresas con más de 25 trabajadores.

Se consideran empresas que hayan tenido mayor o igual cantidad a 25 trabajadores²² en los períodos a evaluar, los que son todos los semestres desde 2013 hasta el primero de 2015. En la ilustración 26 se ve el comportamiento de los accidentes para las empresas que cumplen la condición descrita. En cada semestre, son aproximadamente el 40% de las empresas las que no tienen accidentes.

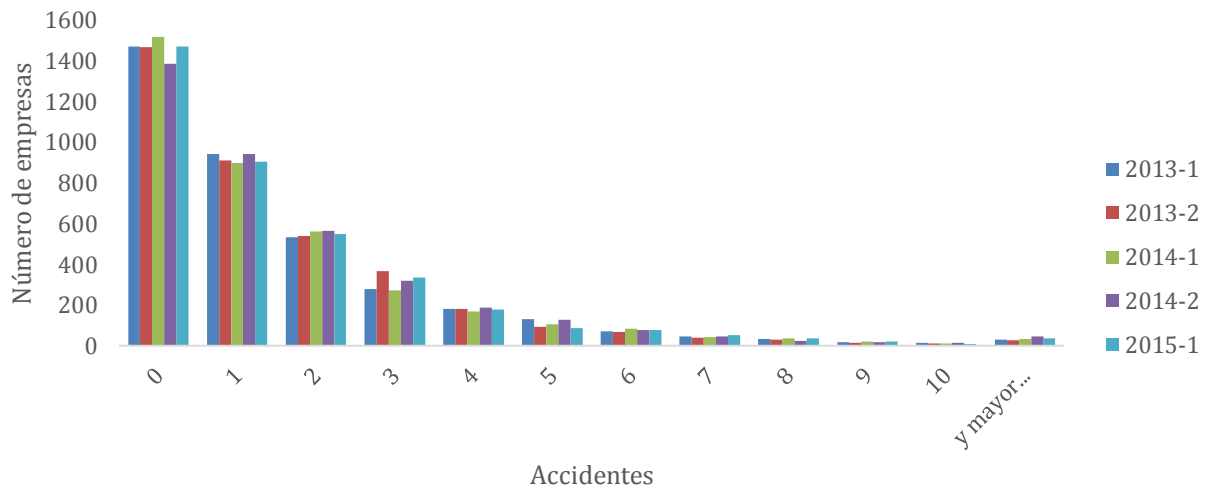


Ilustración 26: Accidentes para empresas PYME con más de 25 trabajadores.

b) Distribución accidentes empresas con menos de 25 trabajadores.

Se consideran empresas que hayan tenido menos de 25 trabajadores²³ en cada período a evaluar, los que son todos los semestres desde 2013 hasta el primero de 2015. En cada semestre, son aproximadamente el 90% de las empresas las que no tienen accidentes, por lo que se recomendaría analizar de forma distinta las empresas con más de 25 trabajadores y las que tienen menos de este número.

²² Promedio semestral de la cantidad de trabajadores mensual en las empresas.

²³ Promedio semestral de la cantidad de trabajadores mensual en las empresas.

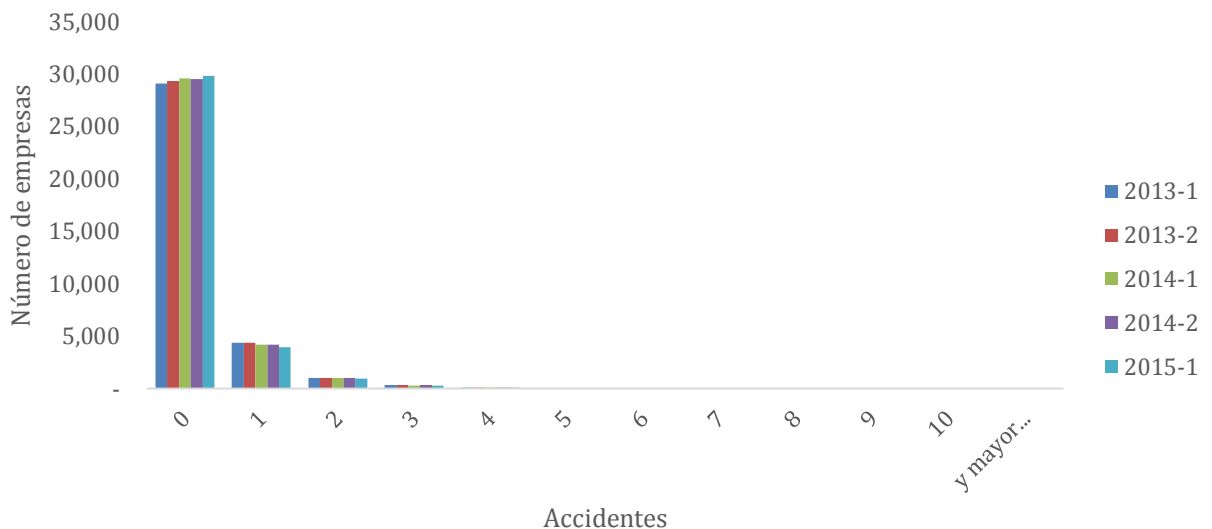


Ilustración 27: Distribución Accidentes para empresas con menos de 25 trabajadores

Lo ideal para el segmento de empresas con menos de 25 trabajadores sería clasificarlas como las que tienen y las que no tienen accidentes, esto fundado en que del total de empresas con menos de 25 trabajadores que tienen accidentes en un semestre, sólo el 17% (promedio) tienen más de uno.

5.4.2. Tasa de accidentes

Es necesario hacer un análisis respecto a cómo se comporta la tasa de accidentabilidad²⁴ en las empresas y ver su distribución. Se analizan cinco períodos, que corresponden a los cuatro semestres entre 2013 y 2014, además del primer semestre de 2015.

En primer lugar cabe destacar que un alto porcentaje de las empresas tuvo una tasa igual a 0% en los semestres a estudiar, además de esto, las tasas de accidentes mayores a un 14% representan cerca del 13% del total de las PYME estudiadas (Ilustración 28).

²⁴ Se calculó una tasa anual, la que es igual a: $2 * \frac{(Cantidad\ accidentes\ semestre)}{Número\ Trabajadores}$



Ilustración 28: Histograma tasa de accidentes empresas PYME (semestres).

Excluyendo a las empresas que no tuvieron accidentes dentro de cada período a evaluar, se puede ver que, en promedio, más del 60% de las empresas, que tienen accidentes, tienen una tasa mayor a 14% (Ilustración 29). Este se debe principalmente a que empresas de poco tamaño al tener al menos un accidente tienen una tasa bastante elevada.

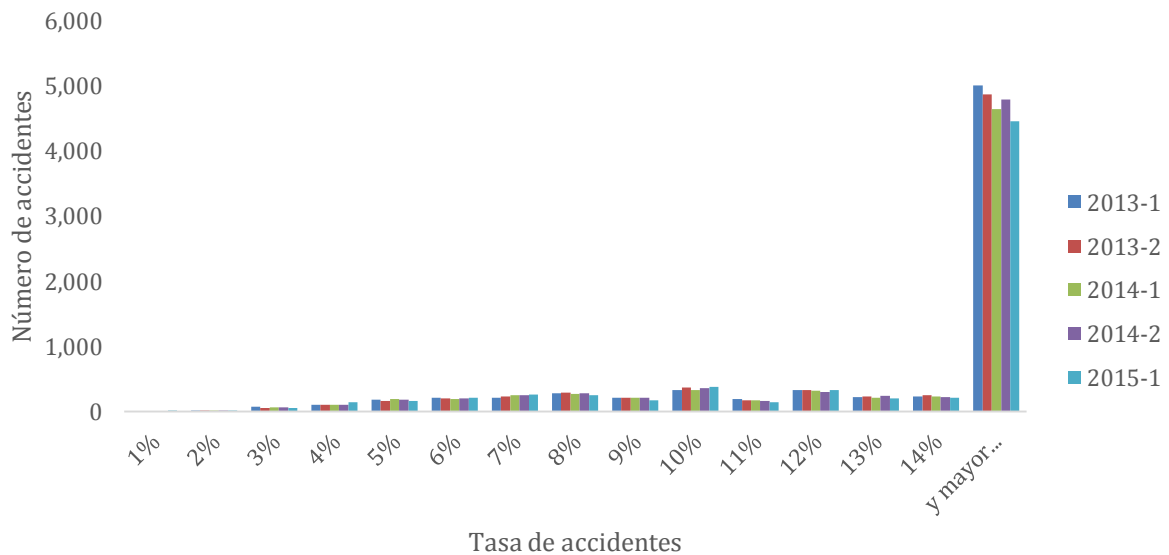


Ilustración 29: Histograma tasa de accidentes. Empresas PYME con más de un accidente en período a evaluar (semestre).

Es necesario realizar un análisis por separado para empresas con más de 25 trabajadores y empresas con menos de 25 trabajadores, de igual forma que en la sección 5.4.1.

a) Distribución tasa accidentabilidad empresas con más de 25 trabajadores.

Se puede apreciar que las empresas que poseen más de 25 trabajadores tienen concentración en lo que respecta a 0% de tasa y en menor medida a tasas mayores que 14%. Cabe destacar que también se vislumbran empresas con tasas entre 0% y 14% (Ilustración 30).

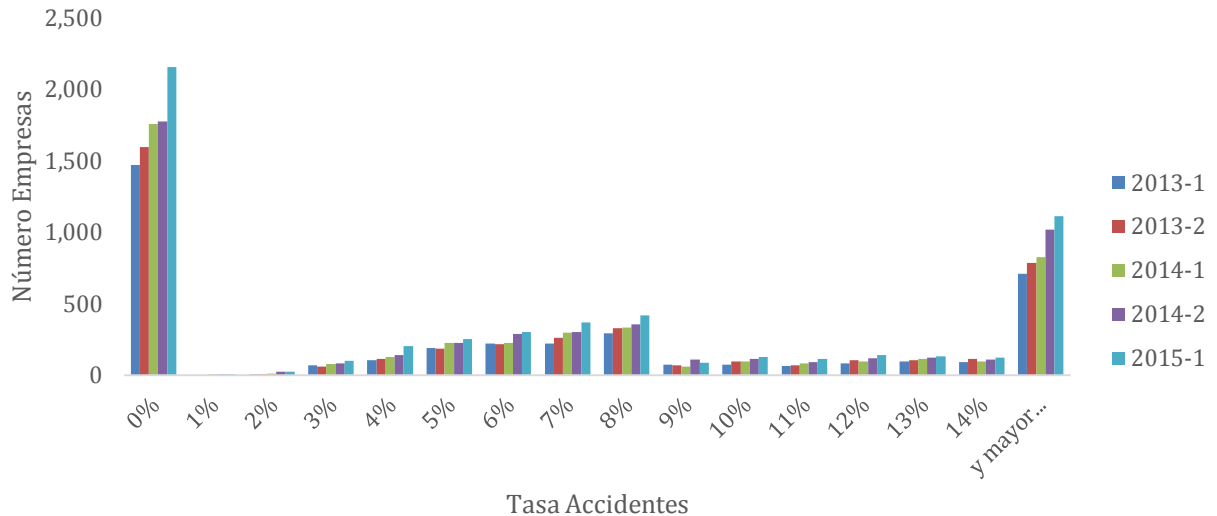


Ilustración 30: Histograma tasa de accidentes. Empresas PYME con más de 25 trabajadores por período a evaluar (semestre).

b) Distribución tasa accidentabilidad empresas con menos de 25 trabajadores.

Para las empresas con menos de 25 trabajadores se tiene que existe un gran porcentaje con tasa igual a 0% (Ilustración 31). Considerando sólo a las PYME que tuvieron accidentes, se tiene que un 80% de ellas tuvo una tasa mayor al 14%, la razón de esto es que al ser empresas con menos de 25 trabajadores, un accidente repercute fuertemente en la tasa de accidentabilidad de esa empresa.

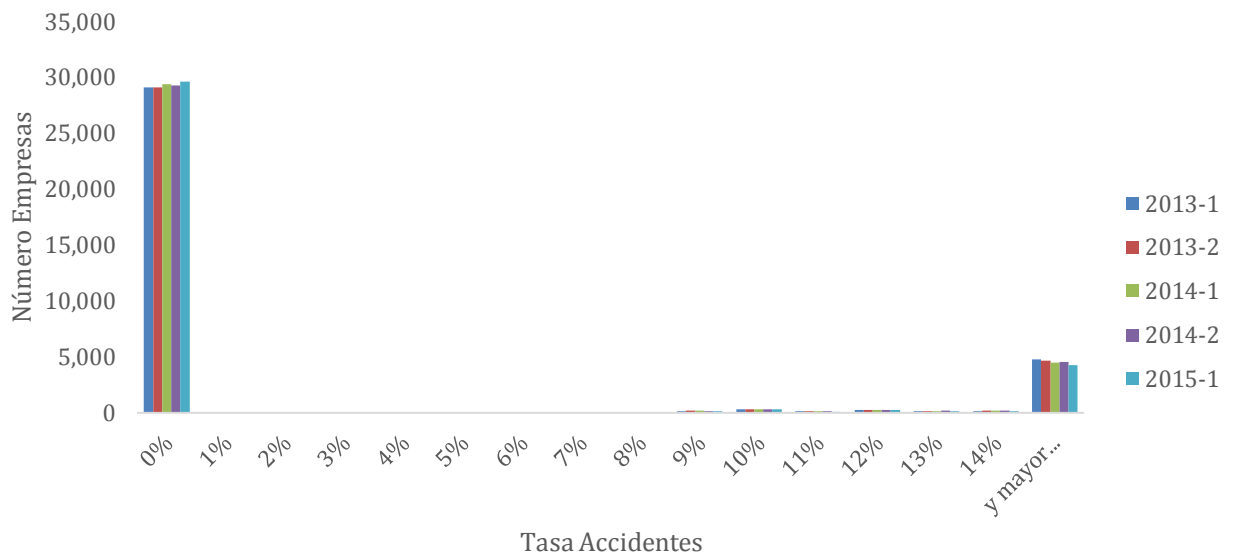


Ilustración 31: Histograma tasa de accidentes. Empresas PYME con menos de 25 trabajadores por período a evaluar (semestre).

5.5. Comportamiento de accidentes en empresas

Anteriormente se analizó el comportamiento que tienen en conjunto las empresas respecto a los accidentes ocurridos en un período determinado (semestre). Lo que se plantea en esta sección es estudiar el comportamiento de los accidentes para las empresas en particular, en especial la distribución que ellos tienen a lo largo del tiempo. Para esto, se estudia a las dos empresas con más accidentes en el año 2014, luego de esto, la cantidad de días entre accidentes se *fittea* con una función exponencial. En las ilustraciones 32 y 33 se puede apreciar como el tiempo entre los accidentes de las empresas se ajusta bien a esta distribución, y por lo tanto los accidentes suceden como una distribución *Poisson* (para estas empresas), que es lo mismo que decir que el período entre accidentes tenga una distribución exponencial. Se muestran las siguientes empresas:

Ilustración 33: Empresa ubicada en Villarica, posee 190 trabajadores en promedio en el período a evaluar y pertenece al rubro de la Construcción.

Ilustración 34: Empresa ubicada en Puerto Montt, posee 127 trabajadores promedio en el período a evaluar y pertenece al rubro de la Agricultura.

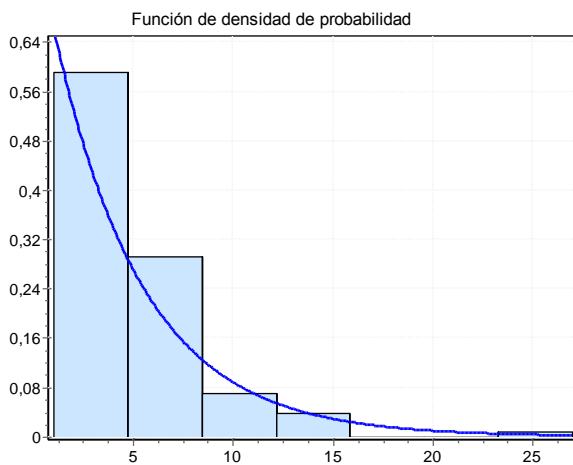


Ilustración 33: N° Adherente 154381, 80 accidentes.

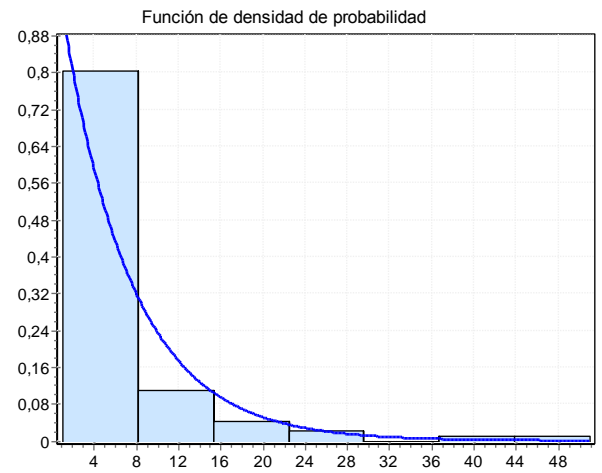


Ilustración 32: N° Adherente 154454, 102 accidentes.

El resultado se podría extrapolar a las demás empresas que tengan gran número de accidentes, lo que debiera ser validado con un método más cualitativo.

5.6. Cambio de Accidentes en Empresas

Se estudia el cambio entre períodos (semestres) respecto a la cantidad de accidentes que tienen las empresas. Lo planteado tiene como objetivo evaluar qué tan variable es la clasificación de empresas entre semestres. Se proponen tres criterios para analizar lo mencionado.

- a) Cambio en la clasificación de empresas entre semestres.

Para este punto se trabaja con *data* desde enero de 2013 hasta junio de 2015, considerando a las empresas con más de cero trabajadores en cada uno de los semestres, sin importar la cantidad de accidentes que hayan tenido. Se clasifican a las empresas tal como lo realiza la Mutual de Seguridad, es decir, se catalogan como rojas, amarillas o verdes a cada una de las PYME en cada semestre. Se clasifican de acuerdo a los accidentes efectivos que tengan en cada período (no por el modelo de criticidad que tiene Mutual), de esta forma el 1% de las empresas con más accidentes se clasifica como roja, el 19% siguiente como amarilla y el 80% con menos accidentes como verde. Se quiere analizar el cambio de *etiqueta* que tengan las empresas entre semestres, para esto se propone una matriz de transición (Tabla 15).

Se puede apreciar que la primera columna de la matriz hace referencia a los tipos de clasificación en el período $t - 1$ y en la primera fila los tipos de clasificación en el período t . De esta forma, el número a es la cantidad de empresas que son etiquetadas como rojas en el período $t - 1$ y siguen siendo rojas en el período t , mientras que b y c son las empresas clasificadas como rojas en $t - 1$ que en el período siguiente fueron rotuladas como amarillas y verdes respectivamente.

		t		
		Roja	Amarilla	Verde
t-1	Roja	a	b	c
	Amarilla	d	e	f
	Verde	g	h	i

Tabla 15: Matriz de transición (cantidad) de la clasificación de empresas PYME entre semestres.

		t		
		Roja	Amarilla	Verde
t-1	Roja	$a/(a+b+c)$	$b/(a+b+c)$	$c/(a+b+c)$
	Amarilla	$d/(d+e+f)$	$e/(d+e+f)$	$f/(d+e+f)$
	Verde	$g/(d+e+f)$	$h/(d+e+f)$	$i/(d+e+f)$

Tabla 16: Matriz de transición (probabilidad) clasificación de empresas PYME.

Dado que se consideran datos desde 2013 hasta mitad de 2015, se tienen cinco períodos (semestres), por lo tanto existen cuatro matrices de transición (ver Anexo 3). Las probabilidades de transición (Tabla 16) hacen referencia a la probabilidad de que una empresa cambie de una *etiqueta* a otra entre dos semestres.

		T		
		Roja	Amarilla	Verde
t-1	Roja	0.36	0.54	0.24
	Amarilla	0.03	0.45	0.53
	Verde	0.00	0.14	0.86

Tabla 17: Matriz de transición promedio ponderada. Cinco semestres, enero-2013 a junio-2015.

Se calcula una matriz de transición ponderada, es decir, una matriz de transición que considera las cuatro transiciones existentes (cinco semestres) y que pondera cada probabilidad de transición por el número de empresas que realiza la transición (tabla 17). Por ejemplo para calcular la probabilidad ponderada de transición de Roja a Roja se realiza el siguiente cálculo:

$$Prob_{roja_roja} = \frac{(Prob_{1_roja_roja} * N^{\circ}_{1_roja_roja} + Prob_{2_roja_roja} * N^{\circ}_{2_roja_roja} + Prob_{3_roja_roja} * N^{\circ}_{3_roja_roja} + Prob_{4_roja_roja} * N^{\circ}_{4_roja_roja})}{\sum_1^4 N^{\circ}_{t_roja_roja}}$$

Donde,

$Prob_{t_color1_color2}$: Probabilidad de pasar de etiqueta color1 a color2 entre período t y t + 1

$N^{\circ}_{t_color1_color2}$: Número de empresas que pasaron de etiqueta color1 a color2 entre período t y $t + 1$.

Se puede representar el cambio de etiqueta entre semestres como una Cadena de Markov²⁵ con tres estados (Ilustración 34), de esta manera se hace más fácil visualizar las transiciones.

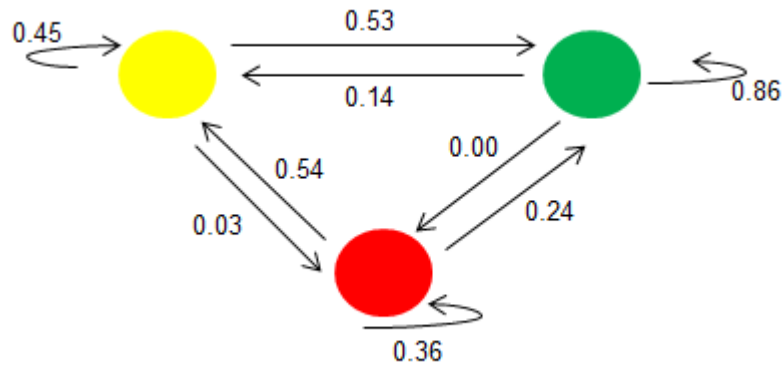


Ilustración 34: Modelamiento transiciones entre etiquetas (Cadena de Markov).

Se puede inferir de la Tabla 17 que las empresas verdes se mantienen con la misma clasificación entre dos semestres con una probabilidad del 86%, la que es bastante alta y se debe principalmente a que muchas de estas empresas verdes nunca han tenido accidentes en su historia y por lo tanto se mantendrán siempre con la misma *etiqueta*. Por otro lado la probabilidad de mantenerse como empresa roja entre dos semestres es del 36%, esto se puede deber a la incidencia que tiene en el número de accidentes los protocolos de prevención aplicados a empresas rojas o a la volatilidad intertemporal que existe en el número de accidentes de cada una de las empresas. Hay una probabilidad no menor (24%) de pasar de una etiqueta roja a una verde, la que sólo se podría atribuir a una gran varianza en el número de accidentes de las empresas.

Existen 33 empresas que se mantuvieron como rojas durante todos los períodos a evaluar (cinco semestres), 665 empresas siempre fueron catalogadas como amarillas y 19.651 fueron verdes permanentemente.

Cabe destacar que el análisis hecho es un análisis relativo, ya que se consideraron las posiciones relativas de las empresas con sus pares y no la variación de accidentes. Usar rangos de accidentes elimina este sesgo y muestra de mejor forma el cambio en el comportamiento de accidentabilidad.

²⁵ No considerando algunas propiedades que tienen este tipo de cadenas.

b) Cambio en el número de accidentes.

Se aplica el mismo filtro de empresas y los mismos períodos que en a). Son 34.578 empresas que cumplen la condición descrita anteriormente y se clasifican de acuerdo a la cantidad de accidentes que tengan en cada uno de los períodos. Sólo se consideran accidentes de trabajo con y sin tiempo perdido, definiendo cuatro tipos de clasificación:

- 0: Empresa que no tiene accidente en el semestre.
- 1: Empresa que tiene entre uno y cinco accidentes en el semestre.
- 2: Empresa que tiene entre seis y diez accidentes.
- 3: Empresa que tiene más de diez accidentes.

Dada la clasificación planteada, cada una de las 34.578 empresas es clasificada cinco veces (una por cada semestre).

Como resultado se tiene que 17.897 empresas no variaron de clasificación dentro de los cinco períodos, lo que equivale al 51,8%. De las 17.897 empresas, 17.276 no tuvieron accidente en ninguno de los períodos (empresas “cero”), lo que equivale al 50% de los datos, por lo tanto se puede inferir que son muy pocas las empresas que sí tuvieron accidentes y que nunca variaron su clasificación, 621 en total (1,8%), donde 612 tuvieron siempre entre cero y cinco accidentes. De las 16.681 que sí tuvieron variación, es decir un 48% de la *data* total, 16.081 (46,21%) fueron etiquetadas con dos clasificaciones distintas, 589 con tres y 11 con cuatro, estas últimas tuvieron gran variación durante el período a evaluar, debido a que pasaron por los cuatro grupos de clasificación.

Realizando el mismo análisis por cada sector económico, se puede observar que las empresas pertenecientes a Servicios Financieros, Servicios Personales, Comercio y Transporte son las que en porcentaje varían menos durante los cinco períodos respecto a la clasificación planteada (Ilustración 35).

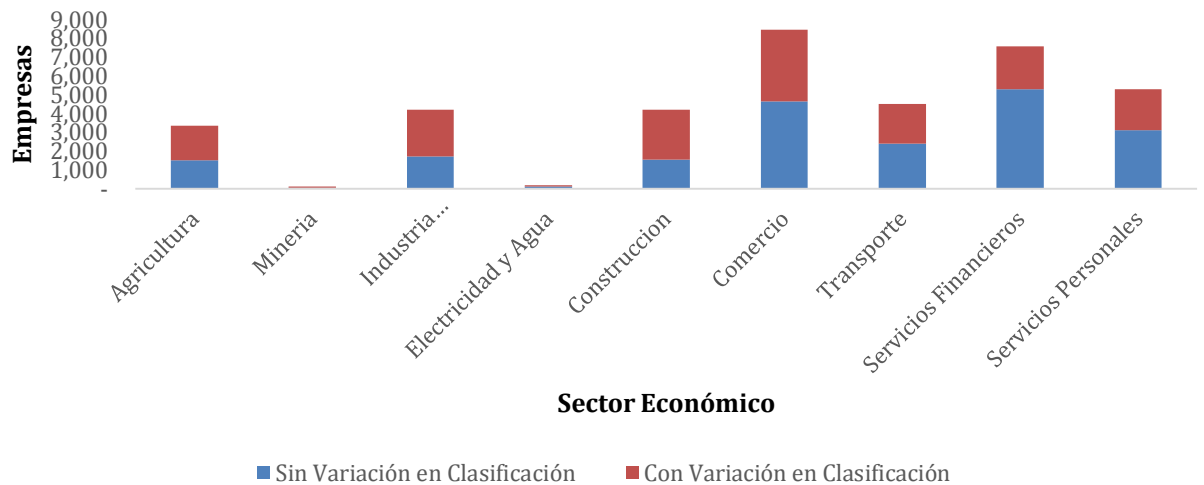


Ilustración 35: Relación de empresas con y sin variación en clasificación planteada en 5.6.b (cinco períodos).

A pesar de esto, prácticamente todas las empresas que no tienen variación son las llamadas “empresas cero”, es decir, las que no tuvieron accidentes en los cinco semestres. Considerando sólo las empresas que no tuvieron variación de accidentes, el Comercio y la Industria Manufacturera son las que tienen mayor porcentaje de empresas no catalogadas como “empresas cero” (Ilustración 36).

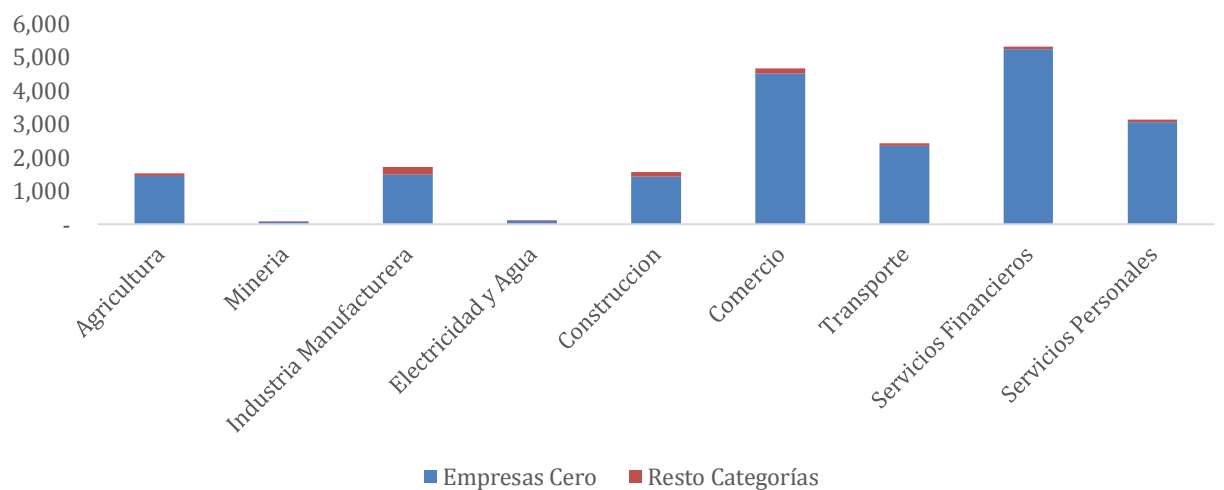


Ilustración 36: Empresas sin variación de categoría en los cinco períodos. Desagregadas en “empresas cero” y el resto de las categorías.

c) Cambio en la tasa de accidentes.

En el último ítem a analizar está la evolución en la tasa de accidentes de cada una de las empresas. Este punto es distinto a los ítem a y b porque sí es considerada la cantidad de trabajadores en la empresa

Al igual que en los análisis anteriores, se consideran empresas con más de cero trabajadores desde enero de 2013 a julio de 2015 (34.578). Los períodos a

evaluar son semestres, por lo tanto se tienen 5 períodos. Para cada período se calcula la tasa de accidentes de la siguiente forma:

$$Tasa\ Accidentabilidad_{it} = \frac{N^{\circ}\ Accidentes_{it}}{Total\ Trabajadores_{it}}$$

Donde i es cada empresa y t es el período (semestre). El *Total Trabajadores* se calcula como el promedio de trabajadores en los seis meses que tiene un semestre.

17.277 empresas, correspondientes al 50%, tuvieron una tasa promedio²⁶ igual a 0%, del total de 34.578 empresas a evaluar, las mismas empresas son las que tienen una desviación estándar igual a cero en los cinco períodos a evaluar, lo que tiene sentido debido a que la otra opción sería que una empresa tuviera una tasa mayor a 0% y fuera constante durante los cinco períodos.

Se analiza la dispersión que tienen las tasas para cada una de las empresas mediante la desviación estándar de ellas, además del coeficiente de variación²⁷. Considerando sólo las empresas con un promedio de tasas mayor a 0%, el promedio de los coeficientes de variación es igual a 141%, lo que quiere decir que en promedio las empresas tienen una dispersión en las tasas de los cinco períodos de alrededor de 141%.

Las tasas de accidentabilidad y número de accidentes de las empresas PYME se comportan con una gran variabilidad entre semestres para un número importante de empresas y trabajadores. Existe un grupo de empresas que nunca han tenido accidentes (50%), las que en promedio tuvieron 110.555 trabajadores en los cinco períodos. El análisis hecho sirve al momento de generar los modelos de clasificación y predicción.

El cambio en la clasificación de empresas puede ser modelado como una Cadena de Markov, por lo que se puede agregar este concepto a lo que ya se está desarrollando dentro de la Mutua

²⁶ Promedio de las tasas en los cinco períodos.

²⁷ Desviación Estándar/Promedio.

6. Impacto de protocolos de prevención en accidentes

En este capítulo se pretende cuantificar el impacto que tienen los protocolos de prevención en la tasa de accidentabilidad de las empresas. Para evaluar el impacto se plantean dos focos: El primero es evaluar mediante modelos *regresores* el impacto que tienen las actividades de prevención en el número de accidentes de las empresas y el otro es considerar un conjunto de empresas que se les aplicaron los mismos protocolos y luego mediante series de tiempo analizar el impacto de las asesorías.

a) Modelos *Regresores* para análisis impacto de prevención.

Se plantean modelos *Regresores* donde se utiliza como variable dependiente el número de accidentes en las empresas para ver la incidencia del PGP (Plan Gestión Preventiva) y la asesoría de Mapa de Riesgos, actividades que según expertos están dentro de las que tienen mayor impacto.

▪ P.G.P.(Plan Gestión Preventiva)

Se utilizan trimestres desde enero de 2013 hasta junio de 2015 como períodos de tiempo para generar un modelo logit y otro de regresión lineal. Las variables explicativas a utilizar en ambos modelos son las mismas (ver Anexo 4.a.), diferenciándose sólo en la variable dependiente. Para el modelo logit la variable dependiente es una dicotómica, si tuvo o no accidente la empresa en el trimestre, mientras que para el modelo de regresión es la cantidad de accidentes que tuvo la empresa en el mismo período.

La selección de empresas para ambos modelos es la siguiente:

- Para cada período a evaluar (trimestre) se seleccionan aquellas empresas que al menos hayan tenido una de las tres variables relacionadas con los PGP con valor uno (*pgp, pgppast* o *pgppastt*).
- Para cada período se cuentan las empresas que cumplieron con la condición descrita en el punto anterior. Luego de esto se seleccionan aleatoriamente la misma cantidad de empresas, con la condición de que para ese período todas las variables relacionadas con PGP tengan valor cero (*pgp, pgppast* y *pgppastt*), para de esta forma tener variabilidad en los modelos y no sobreajustarlos.
- Todas las observaciones (empresas) de todos los períodos se toman en conjunto y se corren los dos modelos descritos.

Considerando los tres puntos anteriores, se trabaja con 104.802 empresas (observaciones).

Para el modelo logit se obtiene como resultado que las tres covariables relacionadas con la realización del PGP contemporáneo (en el mismo semestre

del análisis de accidentes), como la realización de éste en el pasado sí son significativas, pero los coeficientes tienen un valor positivo (ver Anexo 4.b.), por lo tanto la realización del PGP implicaría una mayor probabilidad de tener accidente, lo que no tiene sentido ya que el PGP busca lo contrario.

Para el caso de la regresión lineal, sólo dos covariables relacionadas con el PGP son significativas (ver Anexo 4.c.), donde la realización del PGP en el trimestre tiene un coeficiente de 0.76 y la realización del PGP en dos períodos anterior al evaluar tiene un coeficiente de 0.21. Igualmente que para el caso del logit, los coeficientes deberían ser negativos además el estimador relacionado con el PGP realizado el período anterior (*pgppast*) debería ser también significativo.

Los coeficientes obtenidos van contra la lógica del objetivo que se busca al realizar un PGP, por lo tanto debe existir un error en la muestra que se está considerando y probablemente las empresas que se les realiza PGP son las más propensas a tener accidentes.

- Mapa de Riesgos

De igual forma que se mide en impacto del PGP, se utilizan trimestres como períodos, teniendo en la data el último trimestre de 2014 y los dos primeros del 2015. Se generan dos modelos, uno logit y otro de regresión lineal. Las variables explicativas a utilizar en ambos modelos son las mismas (ver Anexo 5.a.), diferenciándose sólo en la variable dependiente. Para el Modelo logit la variable dependiente es una dicotómica, si tuvo o no accidente la empresa en el trimestre, mientras que para el modelo de regresión es la cantidad de accidentes que tuvo la empresa en el mismo período.

Para el modelo logit de las dos variables que tienen relación con la asesoría de Mapa de Riesgo²⁸ (*maprie* y *mapriepast*), sólo la realización de la asesoría en el período anterior al evaluar es significativa y tiene un valor de 2.13 (ver Anexo 5.b.).

En la regresión lineal la realización de la asesoría Mapa de Riesgo en el período anterior al evaluar es significativo y tiene un valor de 0.75 (ver anexo 5.c.).

Para la asesoría de Mapa de Riesgos se obtienen resultados que se contradicen con el objetivo de prevención de accidentes que tienen éstas, ya que la realización de esta actividad no tiene un efecto significativo en el número de accidentes en el período que se realiza y tiene un efecto positivo en el número de accidentes en el período siguiente.

Dado lo anterior es que en el siguiente punto se propone estudiar los efectos de la prevención de una manera más práctica, ya que los datos con los que están trabajando probablemente estén interfiriendo en los estimadores de los parámetros entregados por los modelos

²⁸ Realización de Mapa Riesgo en período a analizar y realización Mapa Riesgo en el período anterior.

b) Análisis Mediante Series de Tiempo.

Para este caso, se considera un set de empresas que se les haya aplicado los protocolos aplicados a empresas críticas (rojas), en especial Taller cinco reglas vitales, Taller Mapa Riesgo y Taller Iper, ya que según opinión de expertos son los que más impactan en el número de accidentes de las empresas.

Se tienen 13 empresas, que fueron catalogadas como rojas en el segundo semestre del año 2014, a las cuales se les aplicaron los protocolos de prevención descritos anteriormente entre los meses de septiembre y diciembre. Se calcula una tasa mensual de accidentabilidad²⁹ para cada una de las empresas, de esta forma se tiene la evolución real del comportamiento de la accidentabilidad. Se puede observar que a principios del año 2015 la tasa de estas empresas comenzó a bajar (Ilustración 37), lo que se puede atribuir a la ejecución de los protocolos de prevención de accidentes.

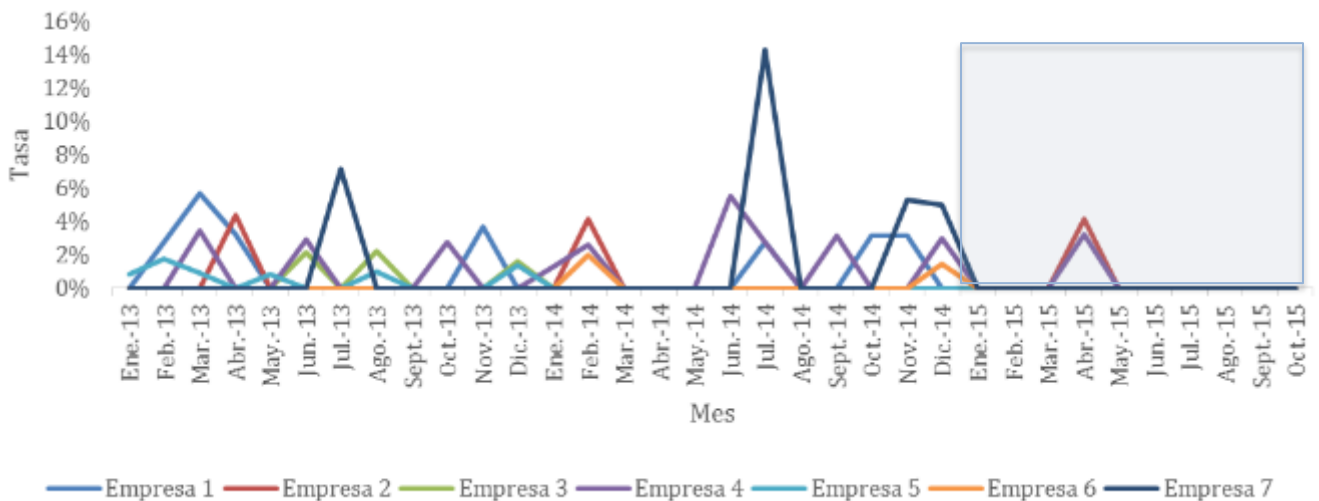


Ilustración 37: Evolución tasa accidentabilidad mensual, empresas a evaluar impacto de prevención.

Se crea una “tasa total”³⁰ para las empresas seleccionadas, para de esta forma poder visualizar de mejor manera la incidencia de las acciones de prevención en la accidentabilidad de las empresas. Se puede observar que desde 2013 existe una tendencia a la baja en la accidentabilidad de estas empresas (Ilustración 38) y que hay una apreciable disminución en la tasa para el primer semestre de 2015, inmediatamente después de aplicar los protocolos de prevención.

²⁹ $Tasa\ Accidentabilidad\ Mensual = \frac{N^{\circ}Accidentes(mes)}{N^{\circ}Trabajadores}$

³⁰ $Tasa\ Total\ Accidentabilidad\ Mensual = \frac{Total\ N^{\circ}\ Accidentes(mes)}{Total\ N^{\circ}\ Trabajadores}$

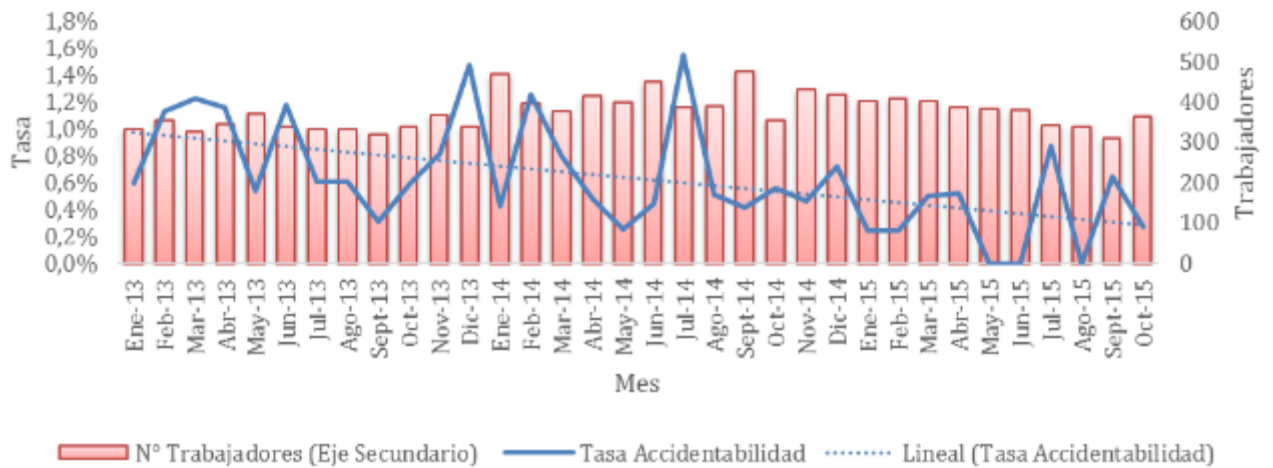


Ilustración 38: Evolución tasa accidentabilidad mensual. Empresas a evaluar.

Para ver cómo influye el pack de prevención planteado en la tasa de accidentabilidad se definen los siguientes pasos:

- Crear un Modelo ARIMA y pronosticar cual sería la “tasa total” en enero, marzo y abril de 2015.
- Restar las tasas pronosticadas versus las reales.
- Atribuir la diferencia de tasas a la prevención efectiva realizada en las empresas.

Se utilizan todos los meses del 2013 y del 2014 como data de entrenamiento y luego de esto se pronostica el valor de la tasa para enero de 2015. Se trabaja en el Software R, aplicando el comando *auto.arima*, el cual modela la serie con el mejor modelo ARIMA de acuerdo al AIC (Akaike Information Criterion) o BIC (Bayesian Information Criterion). Para este caso en particular, ARIMA (0,0,0) fue el modelo escogido bajo los criterios del AIC y BIC.

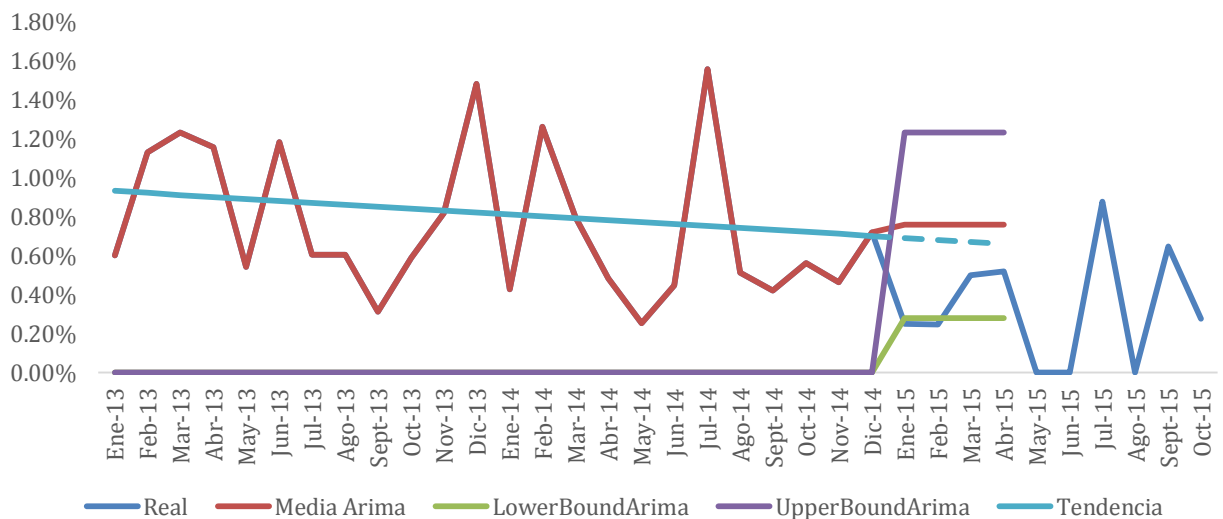


Ilustración 39: Cambio en tasa de accidentabilidad luego de prevención para empresas críticas.

Como resultado se obtiene que la tasa existente en los tres meses posteriores a la prevención en el set de empresas escogidas fue menor de lo que estimó el modelo ARIMA (0,0,0), por lo tanto teniendo esta última tasa de comparación, los protocolos de prevención sí tienen un efecto positivo en las tasas de accidentes de los meses posteriores a la prevención. Además, se compara con la tasa de tendencia que tiene la serie (Ilustración 39), donde se aprecia nuevamente que la prevención sí fue efectiva comparándola con el comportamiento que hubiera tenido los accidentes.

Se puede apreciar por ejemplo que para el mes de enero la prevención hizo disminuir la tasa en 0.51% (ARIMA) y un 0.44% (Tendencia), es decir, la tasa de accidentabilidad mensual (enero) disminuye en un 75% utilizando como comparación la proyección del modelo ARIMA y un 59% utilizando como proyección la tendencia (Tabla 18). Por ejemplo, si existen dos empresas con el mismo valor en sus variables explicativas, sólo que a una se le aplicó prevención y a otro no, suponiendo que ambas tienen 100 trabajadores y la primera tuvo 2 accidentes en enero, bajo los supuestos planteados anteriormente, se esperaría que la segunda tuviera un accidente.

Mes	Tasa Real	Tasa ARIMA	Dif. ARIMA	Tasa Tendencia	Dif. Tendencia
Ene-15	0.25%	0.757%	-0.51%	0.69%	-0.44%
Feb-15	0.25%	0.757%	-0.51%	0.68%	-0.43%
Mar-15	0.50%	0.757%	-0.26%	0.67%	-0.17%

Tabla 18: Comparación entre tasas reales versus predicciones. 13 empresas intervenidas a fines de 2014.

Se define que el impacto de la prevención tiene un horizonte de tres meses, y no en un horizonte de tiempo mayor a éste. Es por ello que sólo se comparan las tasas de los tres meses siguientes a cuando se hizo la prevención. Llevando el análisis mensual a uno semestral, se concluye que la tasa de accidentabilidad semestral³¹

³¹ $Tasa\ Semestral = \frac{N^{\circ}\ Accidentes\ semestrales}{Promedio\ Trabajadores\ por\ semestre}$

de una empresa se ve reducida en un 27%, comparando con el pronóstico de tasa ARIMA (0,0,0) y por otro lado un 25% teniendo como referencia la tendencia.

Es necesario comparar el grupo de empresas estudiadas con otros grupos de empresas con características similares, con la diferencia de que a estas últimas no se les haya aplicado los protocolos de prevención en el mismo período que el grupo tratamiento (septiembre a diciembre 2014). Se consideran tres grupos de control, los que cuentan con la misma cantidad de empresas que el grupo de tratamiento al que se le aplicó los protocolos de prevención, además para cada una de las 13 empresas pertenecientes al grupo tratamiento y para cada grupo de control se seleccionaron empresas con la misma actividad económica y similar cantidad de trabajadores.

Se observa que los tres grupos de control aumentan su tasa de accidentabilidad de diciembre-2014 a enero-2015 (ilustración 40), no así el grupo tratamiento, por lo tanto se infiere que los protocolos de prevención aplicados a las empresas pertenecientes al grupo tratamiento sí tienen un efecto de disminución en la evolución de la tasa de accidentabilidad.

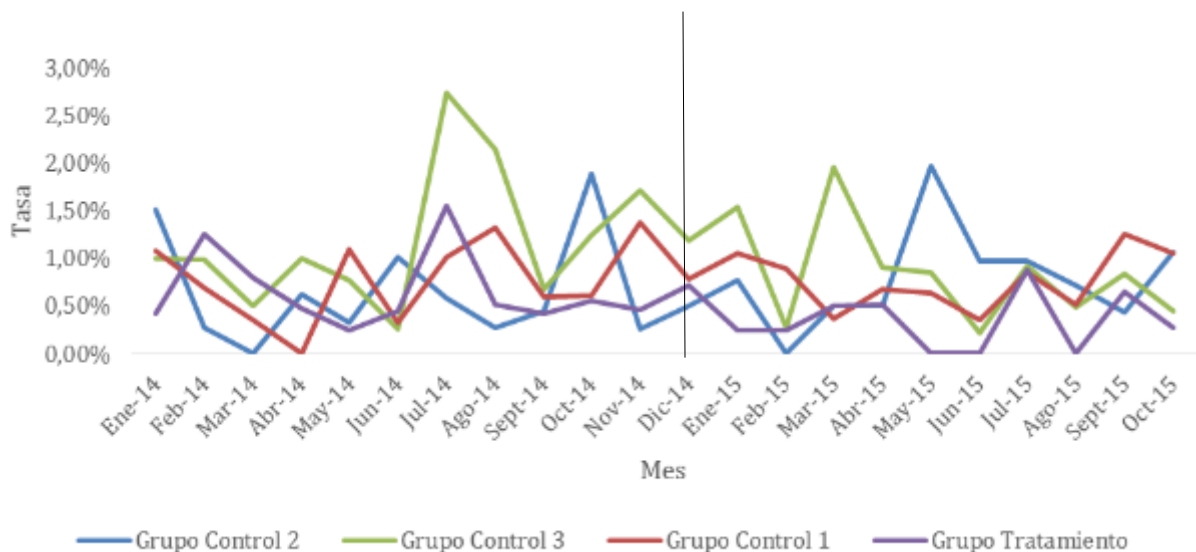


Ilustración 40: Comparación conjunto de empresas respecto a tasa de accidentes.

Se concluye que las asesorías como: Cinco Reglas Vitales, Taller Mapa de Riesgo, Taller IPER y todos los seguimientos que se le hacen, sí tienen un impacto positivo en la baja de la tasa de accidentabilidad en el semestre posterior al que fueron aplicados. Por otro lado, el PGP sí es un buen instrumento para medir los riesgos y particularidades que las empresas poseen, no así un buen instrumento en la reducción de accidentabilidad.

7. Modelos de Predicción y Clasificación

Tomando algunos indicios que deja el análisis inicial de la data, se deben utilizar herramientas cuantitativas para poder lograr conclusiones con mayor fundamento y a la vez certeras.

En primer lugar se debe decir que los modelos que se presentan son con períodos de un semestre, ya que la Mutual define la criticidad semestralmente, a pesar de esto se propone trabajar más adelante con períodos más cortos, para así poder tener una predicción/clasificación más dinámica y a la vez actualizada.

Todo el trabajo a desarrollar será utilizando como variable dependiente *accidentes* y no la tasa de éstos. Lo anterior es porque el objetivo que se tiene es disminuir la tasa de accidentes totales y no las tasas de las empresas por separado.

Como se vio en el punto 5.4, lo ideal es ver el comportamiento de los accidentes de distinta forma para empresas con menos de 25 trabajadores y las que tienen más de esa cantidad.

Para las que poseen menos de 25 trabajadores se crea un modelo de clasificación, el que será si la empresa tiene accidente o no, dado que son cerca del 90% las que no los tienen semestre a semestre (sección 5.4.b.), por lo tanto identificar cuáles tendrán accidentes será lo clave. Idealmente para este caso, serían filtradas las empresas que nunca han tenido accidentes. Los modelos de clasificación a utilizar son Random Forest y Support Vector Machine.

Para las empresas con más de 25 trabajadores se considerarán modelos de predicción de accidentes y también clasificación de acuerdo a rangos de éstos. En este caso se utiliza Random Forest Regression, Support Vector Machine Regression y Poisson Regression.

Se plantean modelos de predicción y clasificación para cada sector económico por separado, ya que como se mostró en el Análisis Preliminar existen diferencias entre las tasas de los distintos rubros (tabla 19), además las empresas de un mismo sector presentan características similares en cuanto a riesgos de accidentes y por lo tanto modelar los accidentes de distinta forma hace ser los modelos más precisos.

Cod.Sector.	Sector Económico	Tasa 2013	Tasa 2014
1	Agricultura	7.4%	7.4%
2	Minería	9.0%	9.0%
3	Manufactura	11.2%	11.1%
4	Electricidad Agua Luz	6.0%	5.2%
5	Construcción	9.3%	9.6%
6	Comercio	5.8%	5.9%
7	Transporte	7.0%	7.2%
8	Servicios Financieros y Profesionales	3.5%	3.7%
9	Servicios Personales	4.6%	4.6%

Tabla 19: Actividades económicas y tasas de accidentabilidad.

Se prueban modelos también para una nueva clasificación de segmentos económicos (tabla 20). Estos nuevos segmentos fueron diseñados bajo el porcentaje de cotización³² intrínseca que se le asocia a cada actividad económica, de esta forma, dentro de cada sector económico se agrupan aquellas actividades con tasas similares y se crean los *subsegmentos* que diferencian el riesgo dentro de un sector económico. En la nueva segmentación se aprecia claramente la diferencia de tasas de accidentes entre dos clasificaciones pertenecientes al mismo segmento, por ejemplo la Construcción de Bajo Riesgo presenta tasas del orden del 8,5% y la de Alto Riesgo del orden del 10,5%.

Cod.Sector	Sector Económico	Tasa 2013	Tasa 2014
1	Agricultura no Riesgosa	7.4%	7.8%
11	Agricultura Riesgosa	8.9%	8.3%
2	Minería	7.5%	8.4%
3	Manufactura no Riesgosa	6.2%	6.1%
31	Manufactura Mediano Riesgo	13.0%	12.3%
32	Manufactura Alto Riesgo	14.8%	13.9%
4	Electricidad Agua y Luz	7.1%	5.4%
5	Construcción Bajo Riesgo	8.7%	8.2%
51	Construcción Alto Riesgo	10.3%	11.7%
6	Comercio Bajo Riesgo	5.3%	5.1%
61	Comercio Alto Riesgo	5.4%	5.6%
7	Transporte	6.7%	7.0%
8	Servicios Profesionales Bajo Riesgo	2.9%	2.9%
81	Servicios Profesionales Alto Riesgo	3.6%	3.8%
9	Servicios Personales Bajo Riesgo	3.7%	3.7%
91	Servicios Personales Alto Riesgo	8.8%	8.9%

Tabla 20: Nueva clasificación de sectores económicos

En la Agricultura existen dos porcentajes de cotización dependiendo de la actividad económica. Hay un porcentaje igual a 2.55% y otro de 1.7% (asociado a cada actividad), de esta forma para las actividades que tienen el porcentaje de 2.55% como lo son Explotación de Bosques, Extracción de Maderas, Producción Forestal, entre otros, se le asigna la clasificación de Agricultura riesgosa. Por otro lado, las actividades pertenecientes al rubro de la Agricultura donde la cotización base sea de 1.7% como por ejemplo la Apicultura, Producción de Leche, Cría de Ganado Porcino, entre otros, se les clasifica como Agricultura de Bajo Riesgo.

³² La cotización intrínseca refleja el riesgo que existe en cada actividad económica. Mayor riesgo, mayor cotización por parte de los trabajadores.

7.1. Criterios selección modelos.

7.1.1. Criterios Clasificación

Para la clasificación, se utiliza la matriz de confusión (tabla 21) la que entrega aciertos y errores provocados por los modelos, donde (a) corresponde a los valores que se predicen positivos y así lo son en la realidad (Verdaderos Positivos), (b) corresponde a valores que se predicen positivos pero en realidad son negativos (Falsos Positivos), (c) valores que se predicen como negativos y en realidad son positivos (Falsos Negativos) y (d) los valores negativos en la realidad, que se predijeron de igual forma (Verdaderos Negativos).

		Valores Reales	
		+	-
Predicción	+	a	b
	-	c	d

Tabla 21: Matriz de confusión, modelos clasificación empresas.

Dada esta matriz de confusión se generan los índices Accuracy, Precision y Recall.

1. *Accuracy*: Porcentaje de predicción correcta en el total de datos

$$Ac = \frac{a + b}{a + b + c + d}$$

2. *Precision*: Para cada clasificación, se considera como el porcentaje de predicciones correctas dentro de la cantidad de datos de la categoría.

$$P_{positivo} = \frac{a}{a+b}, P_{negativo} = \frac{d}{d+c}$$

3. *Recall*: Predicciones correctas en el universo de valores reales de esa predicción.

$$R_{positivo} = \frac{a}{a+c}, R_{negativo} = \frac{d}{d+b}$$

7.1.2 Criterios Regresión

Se plantean dos criterios para los modelos de regresión, estos criterios son los siguientes:

1. MAE: promedio de los errores absolutos que comete el modelo en la predicción.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{y}_i - y_i|$$

2. MAPE: promedio de los errores absolutos porcentuales que comete el modelo al momento de predecir.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right|$$

7.2 Clasificación Empresas (<25 trabajadores)

Para la clasificación de empresas con menos de 25 trabajadores se genera un modelo para cada una de las actividades económicas que se tienen. Se utilizan los modelos: Random Forest y Support Vector Machine.

Las variables a utilizar son las siguientes:

Variable Dependiente $y_{it} : \begin{cases} 1 & \text{si empresa } i \text{ tuvo accidente en semestre } t \\ 0 & \text{Si no} \end{cases}$

Variables Independientes

- $Accpast_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 1$.
- $Accpastt_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 2$.
- $Rechazo_{it}$: Número de accidentes rechazados para la empresa i en $t - 1$.
- $Masa_{it}$: Número de trabajadores pertenecientes a la empresa i en t .³³
- $Trayecto_{it}$: Número de accidentes de trayecto de la empresa i en el período $t - 1$.
- $Remu_{it}$: Remuneración promedio mensual de los trabajadores pertenecientes a la empresa i en el período $t - 1$.
- $Evol_{it}$: Evolución de accidentes de la empresa i entre los semestres $t - 2$ y $t - 1$.

Los períodos (t) son los siguientes: primer semestre de 2014, segundo semestre de 2014 y primer semestre de 2015. La data de entrenamiento será escogida al azar entre las observaciones y es el 80% del total de datos, el testeo se realiza con las observaciones sobrantes (20%).

Se plantean tres métodos, en primer lugar se consideran todas las empresas con la segmentación económica propuesta (Tabla 20), luego se consideran todas las empresas con la segmentación económica existente y finalmente se filtran aquellas empresas que nunca tuvieron accidentes, además de usar la segmentación económica existente.

³³ Es el promedio de los trabajadores para la empresa en el semestre.

Los modelos y sus tipos de resultados son los siguientes:

a) Modelo sin filtrar y con nueva segmentación.

Para este modelo se considera a todas las empresas PYME que hayan tenido más de cero trabajadores en todos los períodos, además deben tener menos de 25 empleados en cada uno de los semestres a evaluar. Se utilizan los tres criterios descritos en 7.1.1. para comparar los modelos. Se puede apreciar que todos los modelos tienen mejores indicadores para la Data de Entrenamiento, lo que es lógico, sin embargo no tiene gran diferencia con los indicadores obtenidos en la Data de Testeo.

Cod.Sector.	Sector Económico	Data Entrenamiento			Testeo			N°Train	N°Test
		Accuracy	Precision	Recall	Accuracy	Precision	Recall		
1	Agricultura Bajo Riesgo	81%	63%	16%	80%	56%	16%	6,048	1,513
11	Agricultura Alto Riesgo	85%	80%	38%	78%	58%	28%	409	103
2	Minería	79%	82%	30%	76%	50%	15%	218	55
3	Manufactura Bajo Riesgo	83%	72%	20%	82%	66%	15%	3,263	816
31	Manufactura Mediano Riesgo	75%	71%	44%	75%	63%	37%	4,568	1,143
32	Manufactura Alto Riesgo	81%	83%	54%	75%	67%	53%	216	55
4	Electricidad Agua y Luz	89%	100%	27%	92%	50%	25%	388	98
5	Construcción Bajo Riesgo	79%	66%	24%	78%	63%	22%	9,063	2,266
51	Construcción Alto Riesgo	87%	100%	57%	58%	100%	17%	45	12
6	Comercio Bajo Riesgo	86%	68%	11%	86%	60%	9%	15,308	3,828
61	Comercio Alto Riesgo	84%	96%	15%	78%	25%	2%	884	222
7	Transporte	84%	74%	9%	82%	65%	8%	8,583	2,146
8	Servicios Profesionales Bajo Riesgo	92%	78%	6%	92%	73%	7%	14,664	3,667
81	Servicios Profesionales Alto Riesgo	82%	-	0%	84%	-	0%	224	57
9	Servicios Personales Alto Riesgo	89%	73%	7%	88%	4%	26%	8,996	2,268
91	Servicios Personales Bajo Riesgo	84%	73%	19%	84%	63%	11%	1,088	273
Total Ponderado		85%	72%	15%	84%	56%	15%	73,965	18,522

Tabla 22: Performance Support Vector Machine Clasification. Clasificación accidentes empresas, nueva segmentación.

Cod.Sector.	Sector Económico	Data Entrenamiento			Testeo			N°Train	N°Test
		Accuracy	Precision	Recall	Accuracy	Precision	Recall		
1	Agricultura no Riesgosa	87.5%	39.7%	98.4%	80.4%	55.8%	15.7%	6,048	1,513
11	Agricultura Riesgosa	95.6%	81.8%	97.3%	76.7%	40.0%	52.6%	409	103
2	Minería	95.9%	85.0%	100.0%	83.6%	53.8%	70.0%	218	55
3	Manufactura no Riesgosa	89.0%	42.9%	99.6%	82.0%	19.7%	59.6%	3,263	816
31	Manufactura Mediano Riesgo	86.1%	62.2%	94.5%	73.4%	39.5%	56.4%	4,568	1,143
32	Manufactura Alto Riesgo	95.8%	87.5%	100.0%	67.3%	47.4%	52.9%	216	55
4	Electricidad Agua y Luz	92.3%	46.4%	100.0%	93.9%	37.5%	75.0%	388	98
5	Construcción Bajo Riesgo	84.7%	45.2%	97.0%	77.4%	25.5%	59.2%	9,063	2,266
51	Construcción Alto Riesgo	95.6%	85.7%	100.0%	66.7%	33.3%	100.0%	45	12
6	Comercio	89.1%	29.5%	96.5%	85.6%	14.1%	55.2%	15,308	3,828
61	Comercio Alto Riesgo	90.7%	50.9%	100.0%	75.2%	6.4%	21.4%	884	222
7	Transporte	88.3%	31.2%	97.2%	82.7%	16.3%	59.3%	8,583	2,146
8	Servicios Profesionales Bajo Riesgo	93.4%	18.6%	99.5%	91.6%	9.6%	55.6%	14,664	3,667
81	Servicios Profesionales Alto Riesgo	94.6%	70.0%	100.0%	75.4%	0.0%	0.0%	224	57
9	Servicios Personales Alto Riesgo	91.2%	23.1%	98.7%	88.2%	3.6%	25.0%	8,996	2,268
91	Servicios Personales Bajo Riesgo	91.0%	53.6%	98.2%	83.9%	26.7%	52.2%	1,088	273
Total Ponderado		89%	34%	98%	84%	19%	49%	73,965	18,522

Tabla 23: Performance Random Forest Classification. Clasificación accidentes empresas, nueva segmentación.

Se puede apreciar que el modelo Random Forest tiene muy buen *Accuracy* para la gran mayoría de la data de entrenamiento, de hecho tiene en promedio un 90% en la gran mayoría de los sectores económicos, sin embargo en el *Accuracy* de la data de testeo están muy parejos ambos modelos .

b) Data sin filtrar y con antigua segmentación.

Para este caso se propone trabajar con la segmentación de sectores económicos planteada en la tabla 19. Lo que se busca con esto es tener más observaciones para el entrenamiento del modelo y de esta forma ver si se logra una mejor performance al momento del testeo. Por ejemplo, para modelar la clasificación de Agricultura de Alto Riesgo se trabaja con 512 datos, utilizando el 80% como data de entrenamiento, implica que se entrena el modelo con 409 observaciones. Trabajando la Agricultura como un segmento único, se tienen 3.330 observaciones y por lo tanto se entrena el modelo con 2.655 datos, lo que resulta interesante de probar.

Cod.Sector.	Sector Económico	Data Entrenamiento			Testeo			N° Train	N° Test
		Accuracy	Precision +	Recall +	Accuracy	Precision +	Recall +		
1	Agricultura	82%	69%	17%	82%	51%	12%	5,223	1,306
2	Minería	81%	80%	34%	68%	38%	15%	270	68
3	Manufactura	78%	70%	34%	78%	68%	30%	9,664	2,416
4	Electricidad Agua y Luz	90%	90%	30%	85%	0%	0%	460	115
5	Construcción	80%	67%	23%	78%	68%	17%	12,796	3,199
6	Comercio	86%	67%	11%	75%	67%	53%	19,852	4,963
7	Transporte	85%	78%	9%	85%	84%	7%	10,908	2,727
8	Servicios Profesionales	92%	78%	8%	92%	51%	5%	17,902	4,476
9	Servicios Personales	89%	73%	9%	88%	54%	5%	12,133	3,033
Total Ponderado		85%	72%	15%	82%	63%	21%	89,208	22,302

Tabla 24: Support Vector Machine Classification. Antigua segmentación.

Cod.Sector.	Sector Económico	Data Entrenamiento			Testeo			N° Train	N° Test
		Accuracy	Precision +	Recall +	Accuracy	Precision +	Recall +		
1	Agricultura	88.2%	42.8%	98.1%	81.5%	21.6%	50.0%	5,223	1,306
2	Minería	95.6%	82.9%	100.0%	60.3%	25.0%	29.4%	270	68
3	Manufactura	84.4%	44.7%	95.1%	77.8%	28.1%	68.1%	9,664	2,416
4	Electricidad Agua y Luz	93.0%	46.7%	100.0%	89.7%	10.0%	25.0%	460	115
5	Construcción	86.1%	42.0%	95.3%	76.9%	20.7%	58.6%	12,796	3,199
6	Comercio	85,2%	37,3%	97,2%	83,1%	17,2%	45,4%	19,852	4,963
7	Transporte	88.5%	30.5%	97.7%	39.3%	11.5%	51.0%	388	2,727
8	Servicios Profesionales	93.3%	18.3%	99.3%	91.3%	5.0%	38.0%	17,902	4,476
9	Servicios Personales	90.8%	22.4%	98.8%	88.1%	8.0%	51.8%	45	3,033
Total Ponderado		69.3%	24.3%	75.8%	60.0%	10.9%	39.8%	66,600	22,302

Tabla 25: Random Forest Classification. Antigua segmentación.

Se puede observar que en la gran mayoría de los segmentos y para ambos modelos, la data de entrenamiento posee mejores medidas de precisión que la data de testeo. Random Forest Classification tiene mejor *Accuracy* que Support Vector Machine para todos los segmentos económicos en la data de entrenamiento, mientras que para la data de testeo sólo supera a Support Vector Machine en el

segmento de Electricidad, Agua y Luz, segmento que tiene menos observaciones que todos los demás (460).

c) Modelo filtrado, nueva segmentación.

En el modelo que se presenta no se considera en la data todas aquellas empresas que nunca tuvieron accidentes desde 2013 hasta 2015. Lo que se espera en este caso es eliminar observaciones que estén distorsionando el modelo, aunque el número de observaciones será claramente menor a las descritas en a) y en b). En total se tienen 37.893 observaciones de entrenamiento, 51.315 menos que en b) y 9.473 empresas para el testeo, 12.828 menos que en b).

Se puede ver que los índices de rendimiento que presenta Support Vector Machine (Tabla 26) y Random Forest (Tabla 27) son peores a los que se obtuvieron en b), esto se debe a que se eliminaron todas las empresas que nunca han tenido accidentes, por lo tanto se deja fuera del modelo data con un alto *accuracy*.

Cod.Sector.	Sector Económico	Data Entrenamiento			Testeo			N° Train	N° Test
		Accuracy	Precision +	Recall +	Accuracy	Precision +	Recall +		
1	Agricultura	66%	63%	19%	69%	51%	19%	3,998	1,000
2	Minería	68%	68%	66%	54%	56%	47%	145	36
3	Manufactura	65%	69%	37%	62%	69%	32%	5,836	1,459
4	Electricidad Agua y Luz	79%	100%	27%	66%	0%	0%	199	50
5	Construcción	67%	65%	27%	61%	67%	22%	7,641	1,910
6	Comercio	55%	68%	11%	62%	58%	6%	6,132	1,533
7	Transporte	66%	77%	8%	62%	81%	7%	4,859	1,215
8	Servicios Profesionales	71%	78%	6%	66%	50%	4%	4,664	1,166
9	Servicios Personales	70%	75%	8%	66%	61%	5%	4,419	1,105
Total Ponderado		65%	72%	15%	64%	61%	12%	37,893	9,473

Tabla 26: Support Vector Machine Classification. Antigua Clasificación y data filtrada.

Cod.Sector.	Sector Económico	Data Entrenamiento			Testeo			N° Train	N° Test
		Accuracy	Precision +	Recall +	Accuracy	Precision +	Recall +		
1	Agricultura	81%	97%	52%	62%	52%	29%	5,223	1,306
2	Minería	68%	68%	66%	54%	56%	47%	270	68
3	Manufactura	80%	92%	60%	61%	65%	35%	9,664	2,416
4	Electricidad Agua y Luz	90%	100%	64%	68%	40%	29%	460	115
5	Construcción	82%	90%	59%	62%	63%	33%	12,796	3,199
6	Comercio	76%	96%	32%	63%	57%	13%	19,852	4,963
7	Transporte	78%	96%	39%	62%	59%	16%	388	97
8	Servicios Profesionales	78%	97%	29%	66%	45%	9%	17,902	4,476
9	Servicios Personales	77%	100%	28%	66%	53%	10%	45	11
Total Ponderado		78.6%	95.5%	40.0%	63.4%	55.6%	18.5%	66,600	16,650

Tabla 27: Random Forest Classification. Antigua Clasificación y data filtrada.

Para poder comparar los resultados obtenidos en este punto con los de a) y b), se deben agregar al grupo Testeo las observaciones que no se consideraron (empresas sin accidentes) y calcular de nuevo las medidas de precisión. Como se trabaja con el 20% de la data como grupo testeo se realiza lo siguiente para cada segmento económico:

- Sea N_i el número de empresas que no se consideran en el modelamiento de la clasificación (empresas sin accidentes) para el segmento i .
- Se obtiene n_i que se define como el 20% de las N_i empresas.
- Dada la información del pasado, se pronostica que esas n_i empresas no tendrán accidentes y se asume que así será.
- Se agregan las n_i observaciones a la matriz de confusión como verdaderos negativos, es decir, se suman los n_i al número d_i .
- Se calculan nuevamente las medidas de precisión.

Cod.Sector.	Sector Económico	Testeo SVM			Testeo RF			N° Train	N° Test
		Accuracy	Precision +	Recall +	Accuracy	Precision +	Recall +		
1	Agricultura	69%	51%	19%	69%	52%	29%	1,000	1,245
2	Minería	73%	56%	47%	73%	56%	47%	37	62
3	Manufactura	75%	69%	32%	75%	65%	35%	1,460	2,226
4	Electricidad Agua y Luz	83%	0%	0%	84%	40%	29%	50	102
5	Construcción	75%	67%	22%	75%	63%	33%	1,911	2,942
6	Comercio	84%	58%	6%	84%	57%	13%	2,062	4,806
7	Transporte	81%	81%	7%	81%	59%	16%	1,215	2,425
8	Servicios Profesionales	90%	50%	4%	90%	45%	9%	1,167	3,815
9	Servicios Personales	66%	61%	5%	66%	53%	10%	1,105	1,650
Total Ponderado		78%	63%	14%	80%	56%	19%	10,007	19,273

Tabla 28: Medidas de precisión. Antigua segmentación, data filtrada y modificada con empresas sin accidentes. Random Forest Classification y Support Vector Machine.

Se observa que las medidas de precisión obtenidas, sin considerar las observaciones que nunca han tenido accidentes y luego agregando ese número de empresas en la matriz de confusión como verdaderos negativos³⁴ son peores a las obtenidas en el punto b). Una posible razón a esto es que las observaciones que no se consideran contienen información relevante respecto a la incidencia que tienen las variables explicativas en la variable dependiente y por lo tanto al eliminarlas se está perdiendo esa información importante.

³⁴ Empresas que no tendrán accidentes y no tuvieron.

7.3. Predicción Accidentes (>25 trabajadores)

Para la predicción del número de accidentes para empresas con más de 25 trabajadores se utiliza la data desde enero de 2013 hasta julio de 2015. Lo que se pretende en este caso no es predecir la cantidad exacta de accidentes que tengan las empresas, sino que utilizar la predicción de accidentes en empresas como herramienta para generar un ranking y luego compararlo con el ranking de accidentes que ocurre en realidad. Es por ello que se tiene como data de entrenamiento las observaciones de los dos semestres de 2014 y como data de testeo el primer semestre de 2015. Las variables a considerar son las siguientes:

Variable Dependiente y_{it} : cantidad de accidentes de empresa i en semestre t .

Variables Independientes

- $Accpast_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 1$.
- $Accpastt_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 2$.
- $Rechazo_{it}$: Número de accidentes rechazados para la empresa i en $t - 1$.
- $Masa_{it}$: Número de trabajadores pertenecientes a la empresa i en t .³⁵
- $Trayecto_{it}$: Número de accidentes de trayecto de la empresa i en el período $t - 1$.
- $Enfermedad_{it}$: Número de enfermedades profesionales en la empresa i en el período $t - 1$.
- $Remu_{it}$: Remuneración promedio mensual de los trabajadores pertenecientes a la empresa i en el período $t - 1$.
- $Fatal_{it}$: Número de accidentes fatales en la empresa i en el semestre $t - 1$.
- $Evol_{it}$: Evolución de accidentes de la empresa i entre los semestres $t - 2$ y $t - 1$.

Se plantean tres modelos: Poisson Regression, Support Vector Machine Regression y Random Forest Regression. Como se mencionó, la propuesta que se genere no va a depender de la exactitud en la predicción del número de accidentes para cada una de las empresas, a pesar de esto se presentan los criterios de comparación para regresores. Como se puede observar (Tabla 29), los MAPE (Mean Absolute Percentage Error) Son mayor al 50% para la mayoría de los sectores económicos y modelos planteados, por lo tanto se infiere que los modelos utilizados no cumplen como buenos predictores de la cantidad de accidentes semestrales por empresa.

³⁵ Es el promedio de los trabajadores para la empresa en el semestre

Cod.Sector	Sector Económico	MAE RF	MAE SVM	MAE PR	MAPE RF	MAPE SVM	MAPE PR
1	Agricultura no Riesgosa	1.19	1.17	1.37	53%	57%	50%
11	Agricultura Riesgosa	2.18	2.68	4.69	95%	95%	110%
2	Minería	0.91	1.08	2	49%	60%	65%
3	Manufactura no Riesgosa	1.32	1.30	1.54	56%	54%	54%
31	Manufactura Mediano Riesgo	1.83	1.89	2.06	60%	56%	59%
32	Manufactura Alto Riesgo	1.52	1.33	1.24	91%	69%	69%
4	Electricidad Agua y Luz	0.79	0.79	1.12	48%	59%	78%
5	Construcción Bajo Riesgo	1.89	1.79	1.42	69%	60%	75%
51	Construcción Alto Riesgo	1.96	1.69	2.46	115%	82%	146%
6	Comercio Bajo Riesgo	1.19	1.16	1.39	59%	59%	43%
61	Comercio Alto Riesgo	0.91	0.84	0.89	55%	67%	48%
7	Transporte	1.23	1.21	1.30	56%	59%	50%
8	Servicios Profesionales Bajo Riesgo	1.00	0.95	1.33	56%	60%	69%
81	Servicios Profesionales Alto Riesgo	0.87	0.99	2.49	52%	44%	75%
9	Servicios Personales Alto Riesgo	0.95	0.92	1.08	54%	63%	41%
91	Servicios Personales Bajo Riesgo	1.12	0.76	4.10	78%	37%	75%

Tabla 29: Medidas de rendimiento, predicción de accidentes empresas mayor a 25 trabajadores. Support Vector Machine, Random Forest y Poisson Regression. Primer semestre 2015 testeo.

Los modelos de predicción sirven para generar un ranking de clasificación de empresas respecto a la cantidad de accidentes que se predigan (semestre). Considerando el 1% de empresas con más accidentes efectivos (no el modelo utilizado por la Mutual) el primer semestre de 2015³⁶, se compara el ranking (decreciente) de accidentes generado gracias a la predicción de los modelos con el ranking de accidentabilidad que se tiene para el semestre de testeo. Son 672 las empresas que pertenecen al 1% del ranking de accidentes, Support Vector Machine Regression acierta a 354 empresas de las 672, lo que lo sitúa como el modelo con el mayor porcentaje de aciertos (tabla 30), sin embargo Random Forest Regression y Poisson Regression están sobre el 50% de todas maneras.

	Random Forest	Support Vector Machine	Poisson Regression
N° Empresas Críticas	342	354	347
% Empresas Críticas	50.89%	52.68%	51.64%
N° Accidentes	2,693	2,791	2,652
% Accidentes	74.64%	77.36%	73.50%

Tabla 30: Acierto de modelos en 672 empresas con más accidentes primer semestre 2015.

El 1% de las empresas seleccionadas, tienen en conjunto 3.608 accidentes el primer semestre de 2015, lo que representa un 16,4% del total de accidentes (21.966) de empresas PYME para el mismo período. Support Vector Machine acierta a un 77.36% de los 3.608 accidentes, por lo tanto a un 12.7% de los accidentes totales, lo que lo sitúa nuevamente como el modelo más preciso.

³⁶ Empresas rojas en la clasificación de la Mutual de Seguridad C.Ch.C.

7.4. Clasificación Empresas (>25 trabajadores)

Para la Clasificación de Accidentes de empresas se utiliza la data desde enero de 2013 hasta julio de 2015. Dado lo estudiado en el análisis de data preliminar (capítulo 5) se clasifican los accidentes en rangos, de esta forma se definen tres rangos:

- Cero: Empresas que tienen cero accidentes en el semestre a evaluar. Representan el 50% de las empresas en promedio.
- Menor o igual a 3: Empresas que tienen tres o menos accidentes en el semestre. Representan al 40% de las empresas en promedio.
- Mayor a 3: Empresas que tienen más de tres accidentes en el semestre. Representan al 10% de las empresas en promedio.

Para medir el rendimiento de los modelos planteados, se utilizará el *Accuracy*³⁷, es decir, valores correctamente predichos. Se utilizan dos métodos para analizar cuál es más preciso, Random Forest y Support Vector Machine. Las variables a utilizar son las siguientes:

$$\text{Variable Dependiente } y_{it} : \begin{cases} 0 & \text{Si empresa } i \text{ no tuvo accidentes en período } t \\ 1 & \text{Si empresa } i \text{ tuvo un, dos o tres accidentes en período } t \\ 2 & \text{Si empresa } i \text{ tuvo más de tres accidentes en período } t \end{cases}$$

Variables Independientes

- $accpast_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 1$.
- $Accpastt_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 2$.
- $Rechazo_{it}$: Número de accidentes rechazados para la empresa i en $t - 1$.
- $Masa_{it}$: Número de trabajadores pertenecientes a la empresa i en t .³⁸
- $Trayecto_{it}$: Número de accidentes de trayecto de la empresa i en el período $t - 1$.
- $Enfermedad_{it}$: Número de enfermedades profesionales en la empresa i en el período $t - 1$.
- $Remu_{it}$: Remuneración promedio mensual de los trabajadores pertenecientes a i en $t - 1$.
- $Fatal_{it}$: Número de accidentes fatales en la empresa i en el semestre $t - 1$.
- $Evol_{it}$: Evolución de accidentes de la empresa i entre los semestres $t - 2$ y $t - 1$

³⁷ Descrito en punto 6.1.1.

³⁸ Es el promedio de los trabajadores para la empresa en el semestre

El *Accuracy* más preciso se obtuvo para la nueva segmentación propuesta³⁹, lo que tiene sentido ya que mientras mejor se identifiquen los distintos sectores económicos, se obtendrán mejores resultados.

Cod.Sector.	Sector Económico	SVM		RF		N train	N test
		Entrenamiento	Testeo	Entrenamiento	Testeo		
		Accuracy	Accuracy	Accuracy	Accuracy		
1	Agricultura Bajo Riesgo	59%	53%	98%	54%	644	62
11	Agricultura Alto Riesgo	76%	84%	100%	44%	33	9
2	Minería	70%	42%	84%	56%	44	
3	Manufactura Bajo Riesgo	62%	55%	98%	57%	398	121
31	Manufactura Mediano Riesgo	58%	52%	99%	45%	689	173
32	Manufactura Alto Riesgo	72%	30%	100%	50%	36	10
4	Electricidad Agua y Luz	73%	38%	100%	46%	49	13
5	Construcción Bajo Riesgo	55%	49%	93%	47%	2,577	645
51	Construcción Alto Riesgo	93%	25%	93%	20%	14	4
6	Comercio Bajo Riesgo	61%	51%	92%	48%	1,883	471
61	Comercio Alto Riesgo	71%	62%	98%	54%	197	50
7	Transporte	60%	52%	97%	76%	800	201
8	Servicios Profesionales Bajo	66%	54%	92%	54%	1,505	377
81	Servicios Profesionales Alto	71%	54%	100%	62%	146	37
9	Servicios Personales Alto Riesgo	62%	54%	91%	55%	1,676	420
91	Servicios Personales Bajo Riesgo	65%	27%	100%	9%	40	11
Total Ponderado		61%	52%	94%	52%	10,731	2,604

Tabla 31: Accuracy para clasificación de empresas. Empresas sin accidentes, empresas con 1 a 3 accidentes y empresas con más de 3 accidentes. Modelos para PYME con más de 25 trabajadores.

Nuevamente Random Forest sobre ajusta a la data de entrenamiento y se observan grandes diferencias entre el *Accuracy* del entrenamiento y el *Accuracy* del testeo. Por ejemplo, Random Forest para Manufactura Mediano Riesgo posee un 99% de *Accuracy* en entrenamiento, el que disminuye a un 44% al momento de trabajar con las 173 observaciones de testeo. Mientras mayor es la cantidad de datos, más se asemejan los *Accuracy* de Random Forest y Support Vector Machine, aun así la elección de qué modelo utilizar dependerá del segmento económico al que pertenece la empresa.

³⁹ En anexos se puede apreciar el *Accuracy* para la segmentación convencional.

7.5. Contraste con modelo predictivo actual

Se Comparan los modelos de Predicción/Clasificación propuestos con el modelo de criticidad que posee la Mutual de Seguridad. La comparación se enfocará en las empresas más críticas, que son al fin y al cabo las que más contribuyen en el total de accidentes de empresas PYME. La metodología será la siguiente:

- Utilizar los accidentes de empresas PYME del primer semestre de 2015 como conjunto a evaluar.
- Ordenar en forma descendente las empresas de acuerdo al número de accidentes que tienen.
- Ordenar en forma descendente las mismas empresas de acuerdo a la predicción que se obtienen de los modelos planteados en punto 7.4.
- Clasificar a empresas rojas, amarillas y verdes, tal cual lo realiza la Mutual de Seguridad.
- Generar otro ranking de empresas de acuerdo al modelo de criticidad definido por la Mutual de Seguridad C.Ch.C. y luego clasificar las empresas como rojas, amarillas y verdes.
- Comparar la propuesta versus lo que utiliza actualmente la Mutual de Seguridad, tomando en cuenta el ranking real.

Los tres modelos planteados tienen un mayor porcentaje de acierto en el 1% de las empresas más críticas, de hecho el ranking generado por Support Vector Machine tiene un 18% más de acierto que el modelo utilizado por la Mutual (tabla 32).

	Random Forest	Support Vector Machine	Poisson Regression	Modelo Mutual
N° Empresas Críticas	342	354	347	229
% Empresas Críticas	50.89%	52.68%	51.64%	34.15%
N° Accidentes	2,693	2,791	2,652	2,225
% Accidentes	74.64%	77.36%	73.50%	61.67%

Tabla 32: Comparación de modelos propuestos y modelo de criticidad Mutual de Seguridad C.Ch.C.

Respecto al número de accidentes de las empresas con más accidentes, la diferencia porcentual es similar a la de número de empresas, siendo el modelo Support Vector Machine un 16% más preciso que el modelo de criticidad que utiliza la Mutual.

Se tiene que definir a cuantas empresas y accidentes en total apunta cada uno de los modelos, sin importar si pertenecen o no al 1% de las empresas con más accidentes en la realidad.

Se observa nuevamente que el ranking de accidentes otorgado por Support Vector Machine abarca la mayor cantidad de accidentes al seleccionar el 1% de las empresas más críticas dentro de los cuatro modelos (Tabla 26). Random Forest Regression y Poisson Regression tienen un porcentaje similar al de Support Vector Machine

Regression. El modelo de criticidad utilizado actualmente por la Mutual de Seguridad C.Ch.C. tiene un rendimiento menor a los tres modelos planteados, la diferencia en el número de accidentes es de aproximadamente del 10%.

Modelos	Random Forest	Support Vector Machine	Poisson Regression	Modelo Mutua
N° Accidentes	3,271	3,364	3,225	2,941
% N° Accidentes	74.04%	76.14%	73.00%	66.57%

Tabla 33: N° Accidentes cubiertos si se considera el 1% de las empresas con más accidentes para cada modelo de ranking.

Dado las dos comparaciones realizadas (Tabla 32 y 33) es que el generar un ranking de accidentes con el modelo Support Vector Machine genera un mayor acierto en empresas con más accidentes que el utilizado actualmente por la Mutual de Seguridad. Para analizar el tipo de beneficio económico que conllevaría esto para la empresa es necesario cuantificar económicamente un accidente y además ver el impacto que tengan las prevenciones.

8. Propuesta y Beneficios Económicos

En este capítulo se presenta la propuesta hecha por el alumno y además los beneficios económicos que traería esta.

8.1. Propuesta.

8.1.1. Predicción y Clasificación

Como se pudo apreciar en el capítulo 7, los modelos predictivos planteados tienen un mayor acierto en la cantidad de accidentes que el modelo de criticidad utilizado actualmente por la Mutual de Seguridad. Se plantea la siguiente propuesta en temas de predicción y clasificación de accidentes:

- Utilizar distintos modelos para empresas con más de 25 trabajadores y las con menos de 25 trabajadores.
- Para empresas con menos de 25 trabajadores utilizar un modelo de clasificación (ver Anexo 6), teniendo como variable dependiente la variable dicotómica de tener o no accidente en el semestre y utilizar las mismas variables explicativas que en la sección 7.3.
- Para empresas con más de 25 trabajadores tener un modelo de predicción de accidentes, el modelo que se elige depende de la actividad económica que se esté estudiando (ver Anexo 7). El modelo será una herramienta gracias a la cual se genera el ranking de accidentabilidad de las empresas. Las variables explicativas a utilizar son las utilizadas en 7.4.
- Para ambos modelos se utiliza la nueva segmentación de sectores económicos, porque como se comprobó en el capítulo 7, las medidas de precisión son mucho más altas al utilizar esta segmentación en vez de la convencional.

Dada la tecnología que tiene actualmente la Mutual de Seguridad es posible actualizar los datos mensualmente, para que de esta forma los modelos sean lo más preciso posible, además de ir agregando nuevas empresas y no considerar las que se han desafiliado por distintos motivos.

8.1.2. Ranking y Clasificación.

Se crean cuatro tipos de clasificaciones, las que se definen de acuerdo a los modelos propuestos en 8.1.1.

Clasificación	Descripción
Riesgo Alto	Empresas con mayor o igual cantidad de 25 trabajadores que tendrán accidentes en el semestre
Riesgo Medio	Empresas con menos de 25 trabajadores que tendrán al menos un accidente en el semestre
Bajo Riesgo	Empresas que no tendrán accidentes en el semestre
Fidelización	Empresas con menos de 25 trabajadores que nunca han tenido accidentes en su historial

Tabla 34: Nueva Clasificación de empresas con descripción de cada una de ellas.

Para el segmento de Riesgo Alto la prevención debe ser intensa, parecida a la que se realiza actualmente a las empresas rojas debido a que este tipo de empresas eleva la tasa de accidentabilidad de las PYME afiliadas a la Mutual de Seguridad y precisamente el objetivo del trabajo es disminuir esta tasa.

Las empresas pertenecientes a Riesgo Medio tienen la particularidad de tener menos de 25 trabajadores, por lo tanto el plan de prevención debe ser distinto y probablemente menos complejo que para las empresas clasificadas como Riesgo Alto.

Finalmente existen empresas para las cuales los modelos arrojan que no tendrán accidentes, lo ideal es retener a este tipo de compañías, por lo tanto se propone fidelizarlas y de esta forma ayudar a que la tasa de accidentabilidad total al menos se mantenga igual.

8.2. Beneficios económicos

Se plantean dos formas de ver el impacto económico que tiene la propuesta en la Mutual de Seguridad C.Ch.C. Se puede comparar sólo el modelo predictivo con el utilizado en la actualidad y a través de eso ver el impacto económico que tendría un mayor acierto en el número de accidentes, mientras que por otro lado se puede analizar la nueva propuesta de clasificación/predicción por sí sola y ver los beneficios económicos que conlleva.

a. Beneficios modelo predicción.

Se utiliza el primer semestre de 2015 como prueba para ver los beneficios económicos para la Mutual de Seguridad C.Ch.C., analizando solamente el 1% de las empresas con más accidentes, es decir, empresas clasificadas como rojas bajo la clasificación de la Mutual de Seguridad y definiendo la siguiente metodología:

- Se tienen 671 empresas las que corresponden al 1% de las con más accidentes en el semestre. El modelo de predicción propuesto en este proyecto y el modelo actual utilizado por la Mutual seleccionan la misma cantidad de empresas (ranking), las cuales no necesariamente serán las mismas.
- Se propone un set de números respecto a la reducción en tasa de accidentabilidad por predicción, entre ellos está la reducción de tasa calculada en el capítulo 6, es decir, que la prevención a empresas rojas reduce en un 25% la tasa de accidentabilidad semestral de las empresas.
- Se define la reducción de accidentes para ambos modelos, es decir, se multiplica la reducción en tasa por el número de accidentes ocurridos en las 671 empresas analizadas para cada ranking.
- Se restan los número de accidentes reducidos gracias a los protocolos de prevención entre los dos ranking y se obtiene el número de accidentes que no hubieran ocurrido en caso de utilizar el ranking de Support Vector Machine Regression.

- Finalmente se multiplican los accidentes por distintos valores que se le pueden asignar al costo de un accidente.

Suponiendo una reducción en la tasa de accidentabilidad de un 10%(menor a lo calculado en capítulo 6) y el costo de un accidente de \$200.000 (menor a la referencia entregada por expertos), se hubiera incurrido en un ahorro en gastos de tratamiento de accidentes por parte de la Mutual de Seguridad de \$8.460.000 en el primer semestre de 2015 (Ilustración 42). Si se considera la tasa de reducción de accidentes calculada en el capítulo 6 (25%) y además el costo por accidente entregado por expertos (\$400.000), se hubiera tenido un ahorro en gastos por concepto de accidentes de \$42.300.00 (Ilustración 41). Estos beneficios económicos son sólo por concepto de empresas rojas, por lo tanto deberían aumentar al agregar al análisis las empresas amarillas y verdes.

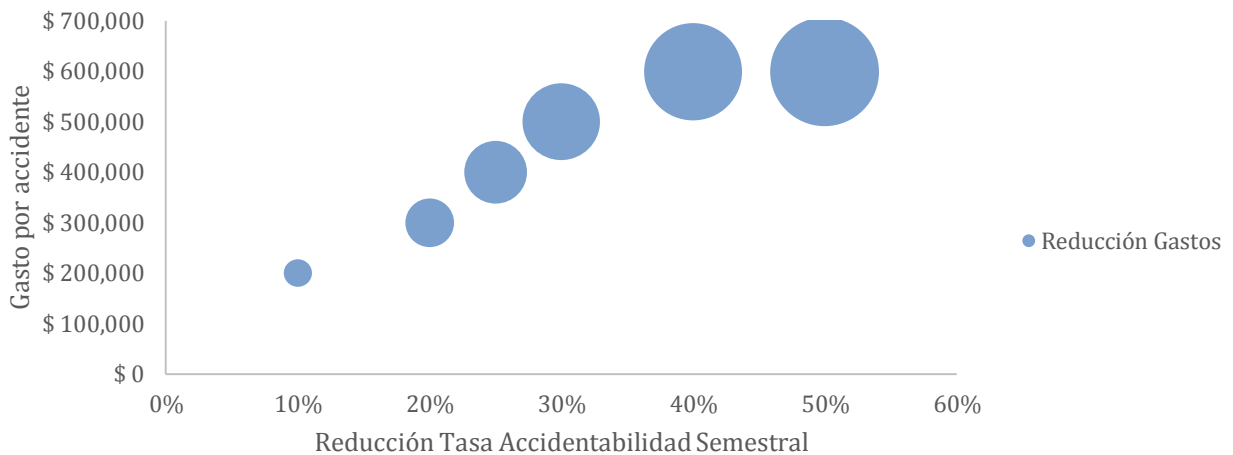


Ilustración 41: Beneficio económico utilizando modelo de predicción planteado. Primer Semestre 2015.

b. Beneficios económicos en propuesta.

Suponiendo que el costo de realizar todos los protocolos de prevención (empresa roja) es el descrito en el capítulo 3, es decir, \$300.000 para cada empresa, se quiere analizar en cuánto reduce los gastos relacionados con los accidentes realizar estas prevenciones, teniendo en claro que se llega a un punto donde el costo marginal es igual al beneficio marginal de realizar prevención.

Los beneficios de realizar protocolos de prevención provienen de la disminución en la tasa de accidente de un 25%, tal como se calculó en el capítulo 6 y los gastos son definidos como los que se incurren en realizar la prevención, teniendo en consideración las horas hombre de terreno, horas hombre en realización de informes y el traslado.

Tomando como muestra las 4.502 empresas con más de 25 trabajadores para el primer semestre de 2015, se puede observar que no es lo óptimo intervenir al total de las empresas con el protocolo de empresas rojas, dado que los beneficios son menores a los costos en prevención (Ilustración 42). De hecho interviniendo hasta la empresa número 1.850 en el ranking propuesto el beneficio acumulado es mayor al gasto acumulado, y seguir interviniendo a más empresas que ésta no generaría utilidades. Para este caso lo óptimo sería aplicar el protocolo de empresas críticas donde la diferencia entre beneficios y gastos sea la mayor y esto ocurre interviniendo hasta la empresa N° 636 en el ranking, obteniendo \$136.000.000 de utilidades.

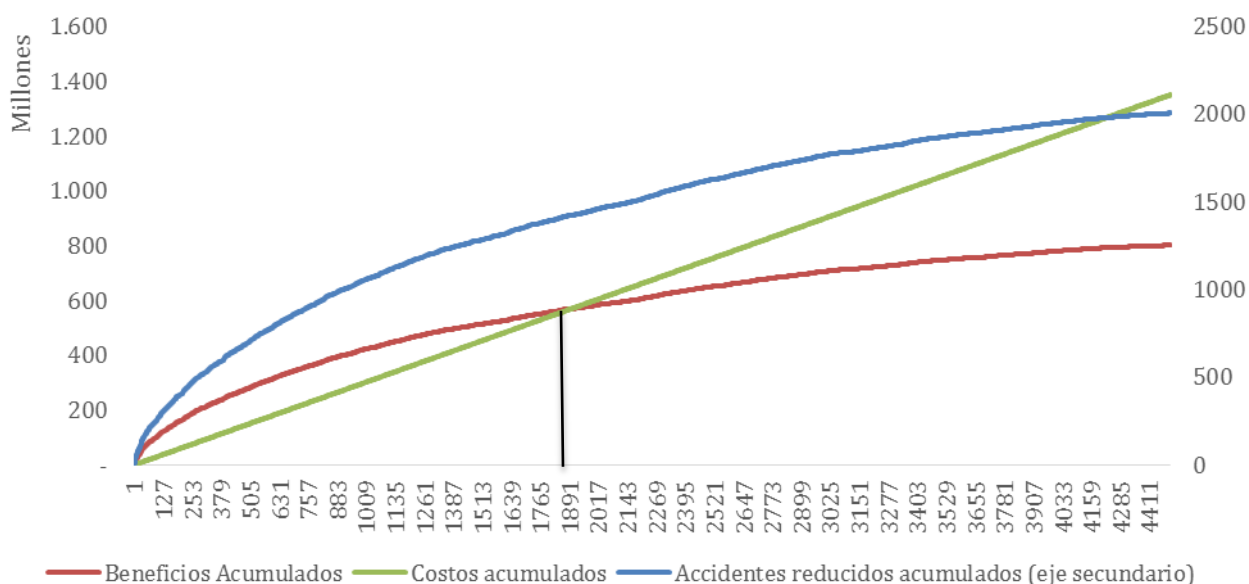


Ilustración 42: Beneficios y costos en la reducción de accidentes. Empresas con más de 25 trabajadores.

c. Beneficios económicos para las PYME.

Las empresas PYME también se ven beneficiadas por la prevención que se les aplica, este viene dado por dos motivos, en primer lugar al bajar la tasa de accidentabilidad, la cotización variable asignada a la empresa será menor al momento de actualizarla⁴⁰ y como segundo punto existe una mayor eficiencia organizacional en la empresa, debido a que si se contrata un reemplazante para el trabajador accidentado, seguramente su productividad sea un porcentaje menor de la que tiene el empleado con licencia.

Se puede cuantificar el beneficio que hubieran tenido las PYME si se considera la reducción en un 25% de la tasa de accidentabilidad semestral al aplicarles protocolos de empresas rojas. Se plantea la siguiente metodología:

⁴⁰ Segundos semestres años impares.

- Considerar a las 635 empresas elegidas en 8.2.b. Para estas empresas calcular la cantidad de accidentes que tuvieron el primer semestre de 2015.
- Obtener un promedio de los días perdidos⁴¹ en los accidentes de estas empresas.
- Considerando la tasa de reducción de accidentabilidad (Capítulo 6), multiplicarla por el número total de accidentes, obteniendo de esta forma el número de accidentes reducidos⁴².
- Multiplicar la cantidad de accidentes reducidos por el promedio de días perdidos, de esta forma se obtiene la cantidad de días reducidos.
- Finalmente multiplicar la cantidad de días reducidos por un porcentaje de efectividad, el que es la relación de la productividad entre el trabajador con licencia médica y su reemplazante.

Se tienen 2.975 accidentes para las empresas elegidas, los que en total suman 39.257 días perdidos, por lo tanto se tiene un promedio igual a 13,2 días perdidos por cada accidente. Suponiendo que existe una tasa de reducción en la accidentabilidad de 25%, los accidentes se hubieran reducido en 744 y no se hubieran tenido 9.814 días perdidos.

Se definen los *Días Ganados* como la cantidad de días que el total de empresas PYME intervenidas se beneficia gracias a la efectividad de producción⁴³. Se puede observar que a medida que el trabajador que reemplaza al empleado accidentado tiene una efectividad más cercana al 100%, los *Días Ganados* se van acercando a cero, debido a que ambos realizarían el trabajo de la misma forma. Por el contrario, si el nuevo trabajador tiene una efectividad del 50% respecto a la producción del accidentado, los *Días Ganados* para este set de empresas serían 4.908 (Ilustración 43).

Obteniendo un porcentaje de efectividad fijo, se puede cuantificar económicamente el beneficio para las PYME intervenidas, el cual se puede representar por la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio PYME intervenidas} = \text{Días Ganados} * \text{Sueldo Promedio PYME}$$

Lo ideal sería tener como multiplicado de los *Días Ganados* a la contribución que hace (económicamente) cada trabajador a su empresa PYME, como es difícil de cuantificarlo, se propone el *Sueldo Promedio PYME*, que debería ser un buen proxy.

⁴¹ *Días Perdidos* = *Días Hospitalizados* + *Días en Reposo*

⁴² Accidentes que no hubieran ocurrido si se les hubiera aplicado los protocolos de prevención.

⁴³ Mayor efectividad que posee el trabajador que está con licencia respecto al que lo reemplaza.

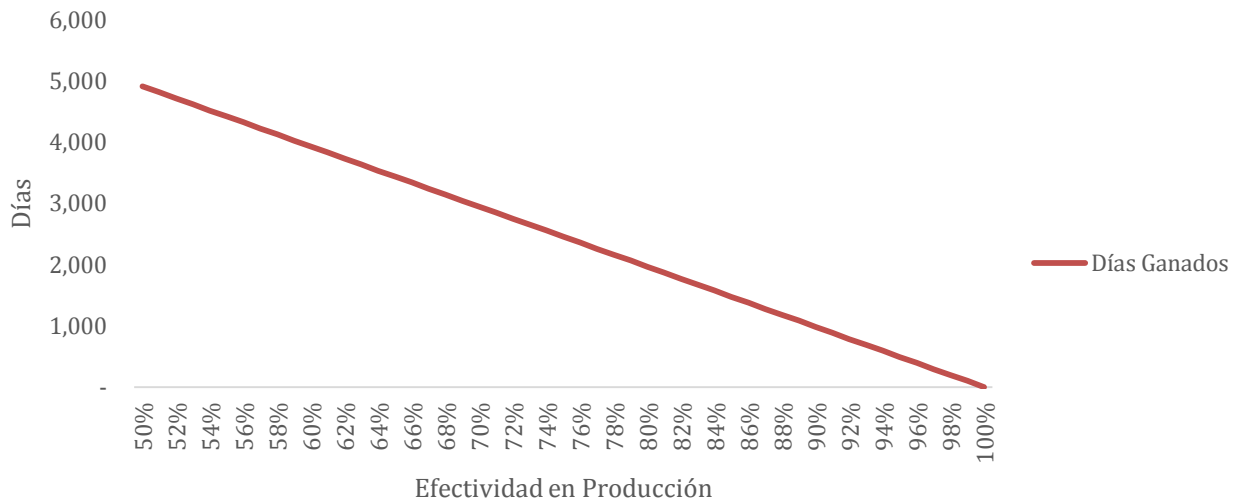


Ilustración 43: Beneficios para PYME en prevención de accidentes.

Para tener un análisis más profundo respecto a los beneficios de la propuesta, es necesario tener un mejor cálculo respecto al costo de un accidente. Este se puede obtener tomando como variable el número de días perdidos y la gravedad del accidente, una buena idea sería segmentarlos en categorías respecto a la cantidad de días perdidos, y de esta forma asignarle un costo diferenciado a cada tipo de accidente⁴⁴.

Otro punto importante a considerar es que se tomó en cuenta sólo el beneficio de ejercer prevención en empresas rojas, es interesante poder realizar lo mismo para empresas amarillas y verdes, para esos casos es necesario ver cuánto impactan los protocolos específicos de prevención en la accidentabilidad.

Por último hay que destacar que la propuesta que se tiene puede ejecutarse bajo la misma situación que existe hoy en la Mutual, es decir, no se necesita contratar más personal ni tampoco tener una tecnología más avanzada.

⁴⁴ Un ejemplo de clasificación podría ser: leve, grave y muy grave.

9. Conclusiones

El tema de este proyecto era generar una propuesta para el proceso de prevención de accidentes en empresas PYME adheridas a la Mutual de Seguridad, enfocándose en la primera parte de este proceso que es el modelamiento de la criticidad de cada una de las empresas PYME.

Dentro de las principales conclusiones que se tienen es que el modelo de criticidad utilizado actualmente por la Mutual está erróneo, si bien utiliza variables que tienen correlación con el número de accidentes semestrales de las empresas, la ponderación de éstas no es lo que demuestran los datos y además el puntaje asignado al valor de cada una de las variables tampoco lo es. Por lo tanto se comprobó una de las hipótesis planteadas, que era el poco fundamento matemático de éste modelo y por ende el error que se comete al usarlo como modelo de criticidad.

La prevención a empresas críticas por parte de la Mutual de Seguridad C.Ch.C. sí tiene un efecto significativo en la tasa de accidentabilidad de las empresas. La prevención de accidentes impacta en los tres meses posteriores a ésta y disminuye la tasa semestral de accidentes en un 25% en las empresas PYME.

Se pudo apreciar que el comportamiento de accidentes es distinto para empresas con más de 25 trabajadores y las que poseen menos de esa cantidad. Además de esto se propone una nueva clasificación de sectores económicos, donde se crean segmentos dentro de cada sector, teniendo de esta forma *clusters* de empresas con una menor dispersión en tasas de accidentabilidad dentro de las empresas pertenecientes a estos grupos.

De los modelos planteados en la clasificación y predicción de accidentes, Support Vector Machine obtuvo los mejores índices.

Los modelos planteados en la predicción de accidentes, para empresas con mayor a 25 trabajadores, no lograron las medidas de rendimiento esperadas, obteniendo los tres modelos un MAPE (Mean Absolute Percentage Error) cercano al 60%. Existen dos explicaciones para esta situación, una es que muchas variables que tienen incidencia en el número de accidentes no fueron consideradas y la otra es que los accidentes dentro de las empresas son un suceso más aleatorio de lo que se cree y por lo tanto la cantidad de eventos es difícil de pronosticar.

A pesar de que los MAPE no fueron los esperados para la predicción de accidentes, se generó un ranking con data del primer semestre de 2015 respecto a la accidentabilidad de acuerdo a las predicciones entregados por los tres modelos. Se obtuvo que Random Forest Regression, Poisson Regression y Support Vector Machine Regression tienen un mayor porcentaje de accidentes en comparación con el modelo utilizado por la Mutual, respecto al 1% de las empresas más críticas ese semestre.

Se pudo comprobar la incidencia de las variables explicativas en la variable dependiente (número accidentes en semestre), donde el número de trabajadores, los accidentes ocurridos en el período anterior, los accidentes ocurridos en dos períodos anteriores, las enfermedades profesionales en el período anterior y los accidentes de

trayecto ocurridos en el semestre anterior afectan positivamente al número de accidentes que tenga la empresa.

Utilizando Support Vector Machine para la predicción de accidentes en un semestre⁴⁵ en vez del modelo que se utiliza actualmente, se obtiene una reducción en costos de \$42.300.00, teniendo en cuenta sólo el 1% de las empresas más críticas obtenidas por cada modelo.

Finalmente ocupando Support Vector Machine Regression en la predicción de accidentes y generar un ranking de empresas respecto a estos valores, para luego aplicarles prevención de empresas críticas, la Mutual de Seguridad reduce sus costos en MM\$136 debido a la disminución de accidentes y por ende baja de gastos en tratamiento de estos.

⁴⁵ Primer semestre de 2015

10. Bibliografía

- [1] J. Maiti, «Predicting accident susceptibility: a logistic regression analysis of underground coal mine workers,» 2001.
- [2] S. L. King, «Neural Networks VS Multiple Linear Regression For Estimating Previous Diameter».
- [3] M. S. G. Francisco Brahm M, «Comparación Internacional de Sistemas de Salud y Seguridad Laboral,» 2011.
- [4] F. Brahm, M. Singer G. y L. Valenzuela L., Comparación de Sistemas de Seguridad Laboral, Santiago, 2011.
- [5] M. A. Quddus, Time Series Count Data Models: An Empirical Application to Traffic Accidents.
- [6] J. Maiti y A. Bhattacharjee, «Predicting accident susceptibility: a Logistic Regression Analysis of underground coal mine workers».
- [7] J. Milton y . F. Mannering, «The relationship among highway geometrics, traffic-related elements and motor-vehicle accident frequencies,» 1998.
- [8] J. PP y . H. Chang, «Disaggregate model of highway accident occurrence using survival theory».
- [9] J. PP, «Disaggregate Model of Highway Accident Occurrence Using Survival Theory,» 1989.
- [10] V. Labatut, «Accuracy Measures for the Comparison of Classifiers,» 2011.
- [11] F. Famoye, «On the Generalized Poisson Regression Model With an Application to Accident Data,» 2004.
- [12] J. PP, «Modelling Motorway Accidents Using Negative Binomial Regression,» 1989.
- [13] J. Velasquez, «Neural Networks for Emotion Recognition Based on Eye Tracking Data,» 2013.
- [14] Predictive Solutions, «Predictive Analytics in Workplace Safety: Four 'Safety Truths' that Reduce Workplace Injuries,» 2012.

11. Anexo y Apéndices

1) Puntajes para cada una de las variables en el modelo de criticidad Mutua de Seguridad para empresas PYME.

- Actividad económica

Grupo Actividad Económica	Puntaje
Agricultura	5
Minería	10
Industria Manufacturera	7
Electricidad, Gas y Agua	5
Construcción	10
Comercio	3
Transporte	10
Servicios Financieros y Profesionales	1
Servicios Personales	1

Se puede ver que la minería, construcción y transporte son las que tiene mayor puntaje, por lo tanto las empresas que trabajan en estos rubros son más susceptibles a tener una criticidad mayor.

- Número de accidentes:

Número de Accidentes	Puntaje
0	0
1	1
3	2
5	3
7	4
10	5
20	6
30	7
60	8
80	9
100	10

La asignación se hace para los intervalos de accidentes, menos para 0 y 1, los que tienen un puntaje en particular. Es muy poco probable que una empresa tenga entre 80 y 90 accidentes, por lo que el puntaje 10 nunca se asigna.

- Variación semestral accidentes:

Variación Semestres	Puntaje
-100	0
-20	1
-10	2
0	3
4	4
8	5
15	6
20	7
30	8
40	9
50	10

Casi nunca se asigna puntaje 0 o 10, ya que la variación entre semestre nunca es tan grande (en módulo).

- Número de días por accidentes:

Número de días por Accidentes	Puntaje
10	0
20	1
50	2
100	3
200	4
400	5
600	6
800	7
1	8
5	9
10	10

- Enfermedades profesionales:

Casos de enfermedades	Puntaje
0	0
1	1
3	2
5	3
8	4
10	5
14	6
18	7
22	8
28	9
30	10

- Casos Fatales:

Casos Fatales	Puntaje
0	0
1	10

Se destaca que si la empresa tiene más de un accidente fatal, también se le asigna puntaje 10 (Inusual).

- Denuncias

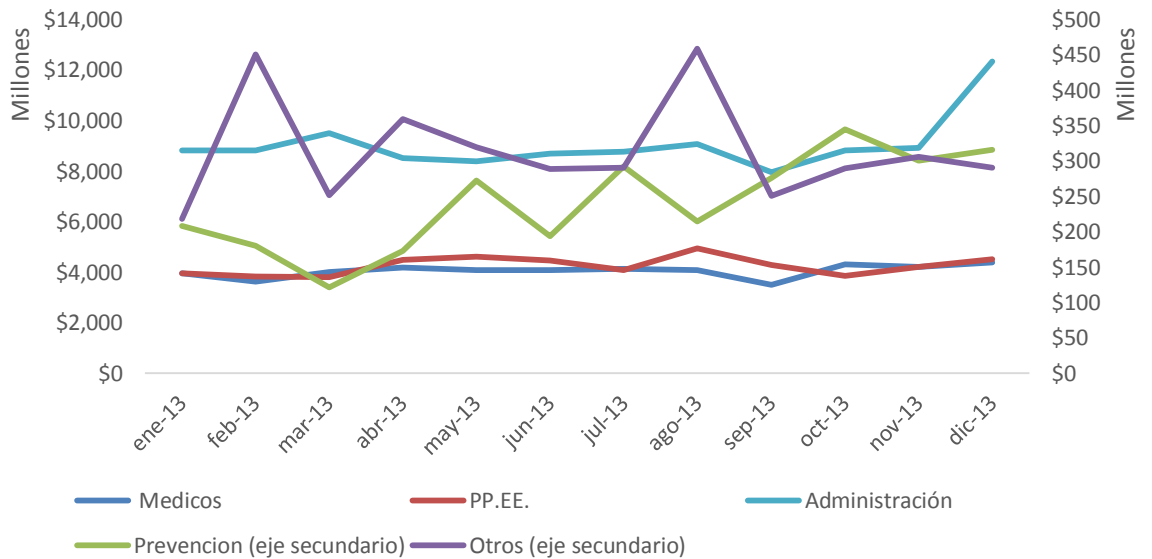
Denuncias	Puntaje
0	0
10	1
20	2
40	3
60	4
80	5
100	6
120	7
140	8
160	9
200	10

- Masa

Masa	Puntaje
0	0
100	1
200	2
300	3
400	4
500	5
600	6
700	7
800	8
900	9
1000	10

Para este caso, se puede ver que al ser empresas PYME, nunca se asignará un puntaje mayor a 1, a menos que exista un error en la información del número total de trabajadores.

2) Ingresos por cotización y Gastos para año 2014.



3) Matrices de Transición

a. Matrices de Transición entre semestres. Número de empresas que cambian de etiqueta

		2013.2		
		Roja	Amarilla	Verde
2013.1	Roja	135	221	39
	Amarilla	243	3,196	4,061
	Verde	47	4,318	27,197

		2014.1		
		Roja	Amarilla	Verde
2013.2	Roja	44	238	156
	Amarilla	251	3,502	4,562
	Verde	59	4,941	29,882

		2014.2		
		Roja	Amarilla	Verde
2014.1	Roja	185	256	45
	Amarilla	284	4,314	4,623
	Verde	51	5,301	32,848

		2015.1		
		Roja	Amarilla	Verde
2014.2	Roja	233	298	42
	Amarilla	320	4,965	5,583
	Verde	62	6,171	37,785

b. Matrices de Transición entre semestres. Probabilidad de que empresas cambien de etiqueta.

		2013.2		
		Roja	Amarilla	Verde
2013.1	Roja	0.34	0.56	0.10
	Amarilla	0.03	0.43	0.54
	Verde	0.00	0.14	0.86

		2014.1		
		Roja	Amarilla	Verde
2013.2	Roja	0.10	0.54	0.36
	Amarilla	0.03	0.42	0.55
	Verde	0.00	0.14	0.86

		2014.2		
		Roja	Amarilla	Verde
2014.1	Roja	0.38	0.53	0.09
	Amarilla	0.03	0.47	0.50
	Verde	0.00	0.14	0.86

		2015.1		
		Roja	Amarilla	Verde
2014.2	Roja	0.41	0.52	0.07
	Amarilla	0.03	0.46	0.51
	Verde	0.00	0.14	0.86

- 4)
a) Variables independientes en modelos para ver impacto de PGP (Plan Gestión Preventiva).

Variables Independientes

- $accpast_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 1$.
- $Accpastt_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 2$.
- $Rechazo_{it}$: Número de accidentes rechazados para la empresa i en $t - 1$.
- $Masa_{it}$: Número de trabajadores pertenecientes a la empresa i en t .⁴⁶
- $Trayecto_{it}$: Número de accidentes de trayecto de la empresa i en el período $t - 1$.
- $Enfermedad_{it}$: Número de enfermedades profesionales en la empresa i en el período $t - 1$.
- $Remu_{it}$: Remuneración promedio mensual de los trabajadores pertenecientes a la empresa i en el período $t - 1$.

⁴⁶ Es el promedio de los trabajadores para la empresa en el semestre

- $Fatal_{it}$: Número de accidentes fatales en la empresa i en el semestre $t - 1$.
- $pgp_{it} : \begin{cases} 1 & \text{se realizo PGP a empresa } i \text{ en período } t \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$
- $pgppast_{it} : \begin{cases} 1 & \text{se realizo PGP a empresa } i \text{ en período } t - 1 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$
- $pgppastt_{it} : \begin{cases} 1 & \text{se realizo PGP a empresa } i \text{ en período } t - 2 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$

b) Coeficientes de estimadores PGP (Logit)

Coeficientes	Valor	Pr(> z)	Significancia
<i>Intercepto</i>	-4.46E+00	< 2E-16	***
<i>Remu</i>	-4.48E-09	0.85	
<i>accpast</i>	5.75E-01	< 2E-16	***
<i>accpastt</i>	4.53E-01	< 2E-16	***
<i>masa</i>	3.22E-02	< 2E-16	***
<i>trayecto</i>	4.45E-02	0.64	
<i>enfermedad</i>	-7.95E-02	0.03	*
<i>rechazo</i>	-7.95E-02	1.20E-13	***
<i>pgp</i>	5.31E-01	< 2E-16	***
<i>pgppast</i>	4.11E-01	< 2E-16	***
<i>pgppastt</i>	2.60E-01	3.00E-08	***

c) Coeficientes de estimadores PGP (regresión)

Coeficientes	Valor	Pr(> z)	Significancia
<i>Intercepto</i>	-5.86E-03	0.0636	.
<i>Remu</i>	-2.65E-08	1.40E-11	***
<i>accpast</i>	3.40E-01	<2E-16	***
<i>accpastt</i>	1.90E-01	< 2E-16	***
<i>masa</i>	1.10E-02	< 2E-16	***
<i>trayecto</i>	1.53E-02	0.2508	
<i>enfermedad</i>	-8.21E-02	<2E-16	***
<i>rechazo</i>	1.34E-01	<2E-16	***
<i>pgp</i>	5.65E-02	< 2E-16	***
<i>pgppast</i>	1.59E-02	< 2E-16	***
<i>pgppastt</i>	-9.56E-03	8.20E-02	.

5)

a) Variables independientes en modelos para ver impacto de Mapa de Riesgos.

Variables Independientes

- $accpast_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 1$.
- $Accpastt_{it}$: Número de accidentes de empresa i en período $t - 2$.
- $Rechazo_{it}$: Número de accidentes rechazados para la empresa i en $t - 1$.
- $Masa_{it}$: Número de trabajadores pertenecientes a la empresa i en t .⁴⁷
- $Trayecto_{it}$: Número de accidentes de trayecto de la empresa i en el período $t - 1$.
- $Enfermedad_{it}$: Número de enfermedades profesionales en la empresa i en el período $t - 1$.
- $Remu_{it}$: Remuneración promedio mensual de los trabajadores pertenecientes a la empresa i en el período $t - 1$.
- $Fatal_{it}$: Número de accidentes fatales en la empresa i en el semestre $t - 1$.
- $maprie_{it} : \begin{cases} 1 & \text{se realizo Mapa de Riesgo a empresa } i \text{ en período } t \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$
- $mapriepast_{it} : \begin{cases} 1 & \text{se realizo Mapa de Riesgo a empresa } i \text{ en período } t - 1 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$

b) Coeficientes de estimadores Mapa Riesgo (Logit)

Coeficientes	Valor	Pr(> z)	Significancia
<i>Intercepto</i>	-3.31E+00	< 2E-16	***
<i>Remu</i>	-6.12E-07	3.47E-02	*
<i>accpast</i>	2.62E-01	5.00E-05	***
<i>accpastt</i>	3.76E-01	1.90E-14	***
<i>masa</i>	2.74E-02	< 2E-16	***
<i>trayecto</i>	3.97E-01	0.14474	
<i>enfermedad</i>	2.79E-01	0.3034	*
<i>rechazo</i>	1.41E-01	5.67E-01	
<i>maprie</i>	-3.59E-01	0.36079	
<i>mapriepast</i>	5.03E-01	0.00024	***

⁴⁷ Es el promedio de los trabajadores para la empresa en el semestre

c) Coeficientes de estimadores Mapa Riesgo (Regresión).

Coeficientes	Valor	Pr(> z)	Significancia
<i>Intercepto</i>	-1.05E-01	0.0021	**
<i>Remu</i>	-5.15E-08	9.83E-02	*
<i>accpast</i>	2.33E-01	< 2E-16	***
<i>accpastt</i>	2.35E-01	< 2E-16	***
<i>masa</i>	8.81E-03	< 2E-16	***
<i>trayecto</i>	1.96E-01	0.0126	*
<i>enfermedad</i>	1.28E-01	0.0019	**
<i>rechazo</i>	2.73E-01	7.00E-04	***
<i>maprie</i>	3.22E-03	0.9777	
<i>mapriepast</i>	2.05E-01	5.60E-07	***

6) Accuracy en clasificación accidentes empresas con más de 25 trabajadores.
Segmentación convencional de rubros económicos.

Cod.Sector.	Sector Económico	S.V.M.		Random Forest		N train	N test
		Entrenamiento	Testeo	Entrenamiento	Testeo		
		Accuracy	Accuracy	Accuracy	Accuracy		
1	Agricultura	59%	53%	97%	43%	957	62
2	Minería	70%	42%	84%	56%	44	12
3	Manufactura	59%	53%	98%	51%	1,123	304
4	Electricidad Agua y Luz	73%	38%	100%	46%	49	13
5	Construccion	55%	55%	93%	48%	2,577	645
6	Comercio	57%	50%	91%	48%	2,504	501
7	Transporte	60%	52%	97%	76%	800	201
8	Servicios Profesionales	66%	57%	92%	55%	1,620	414
9	Servicios Personales	63%	53%	91%	48%	1,664	417

7) Modelos de predicción propuestos para cada sector económico definido.

Cod.Sector	Sector Económico	Modelo a utilizar
1	Agricultura no Riesgosa	Poisson Regression
11	Agricultura Riesgosa	Random Forest Regression
2	Minería	Random Forest Regression
3	Manufactura no Riesgosa	Support Vector Machine Regression
31	Manufactura Mediano Riesgo	Support Vector Machine Regression
32	Manufactura Alto Riesgo	Poisson Regression
4	Electricidad Agua y Luz	Random Forest Regression
5	Construcción Bajo Riesgo	Support Vector Machine Regression
51	Construcción Alto Riesgo	Support Vector Machine Regression
6	Comercio	Poisson Regression
61	Comercio Alto Riesgo	Poisson Regression
7	Transporte	Poisson Regression
8	Servicios Profesionales Bajo Riesgo	Random Forest Regression
81	Servicios Profesionales Alto Riesgo	Support Vector Machine Regression
9	Servicios Personales Alto Riesgo	Poisson Regression
91	Servicios Personales Bajo Riesgo	Support Vector Machine Regression