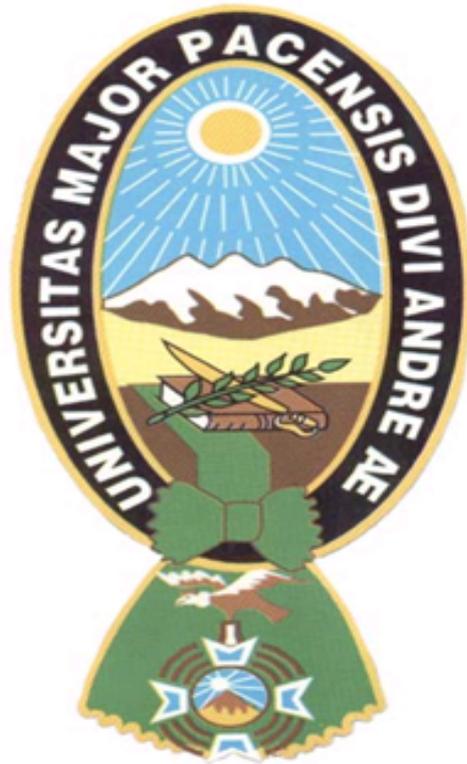


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES  
CARRERA DE ESTADÍSTICA



**TRABAJO DIRIGIDO**

**“APLICACIÓN PRÁCTICA DEL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA  
SIMPLE, EN LA INTERPRETACIÓN DE LA GRAVEDAD DE  
ACCIDENTES DE TRABAJO EN BOLIVIA”**

**Caso: Instituto Nacional de Salud Ocupacional**

**PROPONENTE:** UNIV. ALIZON EMILZE PEREZ BUTRON

**TUTOR:** LIC. LUCY CUARITA AJNO

LA PAZ, BOLIVIA  
2012



# Dedicatoria

A Dios

A los seres que más adoro en mi vida  
mis padres Antonio y Ana por su  
amor incondicional.

# RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo presenta los aportes que tiene la aplicación de una metodología estadística en los problemas de salud del trabajador, con información del Instituto Nacional de Salud Ocupacional (I.N.S.O.) que bajo tuición del Ministerio de Salud y Deportes, que apoya a orientar, mejorar las decisiones y la administración de las denuncias de accidentes de trabajo que se presentan en Bolivia.

Inicialmente, el trabajo presenta un marco introductorio general sobre la importancia de la salud ocupacional, en el cual se hace referencia a los antecedentes de la Institución para conocer el ámbito a trabajar, la problemática que se presenta, los objetivos que se quiere lograr, la justificación del trabajo, el marco teórico-conceptual y el desarrollo del Análisis de Correspondencia Simple para su aplicación práctica en la institución.

Posteriormente, el estudio de las variables de las denuncias de accidentes de trabajo son seleccionadas a partir del grado de información que estas brindan para mejorar las decisiones y precauciones que se deberían de tomar con los trabajadores.

La aplicación del Análisis de Correspondencia entre las variables seleccionadas inicia con la prueba Chi Cuadrado para determinar la independencia entre las variables de estudio, posteriormente se aplica la metodología, utilizando la notación matricial porque es más concisa, y también porque se halla más próxima a la implementación del método en el lenguaje de cálculo R y se analiza los resultados encontrados.

Finalmente en base a todo el trabajo realizado se emiten las conclusiones y recomendaciones, como un producto dentro de los términos de referencia del trabajo dirigido.

# Agradecimientos

Gracias a quienes ayudaron a concluir esta etapa de mi vida...

A Dios por guiarme en mis decisiones y actos.

A mis padres, Antonio Pérez y Ana Butrón por darme la vida, porque siempre cuento con ellos con su cariño, apoyo, confianza, abrigo que me dan y a mis hermanos queridos Anni y Ronald por la fuerza, confianza, cariño, amistad, apoyo y mucho más durante mi vida.

A mi amada carrera de Estadística que es la profesión que elegí para mi presente y futuro, a mis docentes Lic. Raúl Delgado, Lic. Rubén Belmonte, Lic. Jaime Pinto, Lic. Nilda Flores, Lic. Fernando Rivero, Lic. Dindo Valdez, M. Sc. Nicolás Chávez, M Sc. Franz Cuevas, Lic. Charlie Lozano, Lic. Zenon Condori que me ayudaron a crecer con sus enseñanzas y conocimientos los cuales me demostraron su cariño y apoyo dentro y fuera de las aulas en diferentes etapas, por educarme con sus consejos y experiencias en el trabajo cada uno tiene un cariño especial en mi corazón porque formaron y forman una parte muy importante en mi vida impulsándome a crecer y a mejorar cada día como profesional y como persona los quiero mucho. Un agradecimiento especial a mi tutora la Lic. Lucy Cuarita por su apoyo incondicional en este trabajo, en el manejo de la programación en “R” y en el manejo del procesador de texto en el que fue realizado este trabajo **L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X**.

Al Instituto Nacional de Salud Ocupacional del Ministerio de Salud y Deportes, que me brindo la información para poder realizar este trabajo y a todas las personas que siempre me apoyaron desde un inicio al director del I.N.S.O. Doctor Absalón Pacheco por la confianza, apoyo incondicional, la doctora María E. por la aportación de sus conocimientos en este trabajo; al doctor Franz Granados por su cariño, apoyo, confianza, y otros doctores que cooperaron para que se publique en la prensa, demostrando así la importancia de la Estadística en la sociedad.

A todos mis amigos dentro de la carrera de Estadística y fuera de la carrera Mayela, Corina, Mariela, Gabriela, Carla, Cinthya, Leydi, Beatriz, Consuelo, Shery, Guisela, Aracely, Lisset, Celina, Sara, Maria, Wendy, Wilson, Cesar, Ronald, Eddy, Victor, Gerinel, Raul en especial a Limbert Chirino un excelente amigo y profesional todos ellos estuvieron en las buenas y en las malas como amigos en mi vida universitaria.

# Índice general

<b>RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>II</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	2
1.1.1. Actividades que desarrolla el I.N.S.O. . . . .	3
1.2. Definición del problema . . . . .	5
1.3. Objetivos . . . . .	5
1.3.1. Objetivo general . . . . .	5
1.3.2. Objetivos específicos . . . . .	6
1.4. Justificación . . . . .	6
1.5. Limitaciones e imprecisiones de los datos . . . . .	8
1.5.1. Imprecisiones de los Datos . . . . .	8
1.5.2. Alcances y limitaciones . . . . .	8
<b>2. Metodología</b>	<b>10</b>
2.1. Consideraciones generales . . . . .	10
2.1.1. Métodos de dependencia . . . . .	10
2.1.2. Métodos de interdependencia . . . . .	11
2.1.3. Métodos estructurales . . . . .	12
2.2. Fundamentos teóricos . . . . .	13
2.2.1. Análisis de Correspondencia Simple . . . . .	13
2.3. El proceso del Análisis de Correspondencia Simple . . . . .	14
2.3.1. Matriz primitiva . . . . .	14
2.3.2. Tabla de frecuencias relativas . . . . .	15
2.3.3. Masas y centroides . . . . .	15
2.3.4. Perfiles y espacio de perfiles . . . . .	15
2.3.5. Prueba de Independencia “Prueba Chi- Cuadrado” . . . . .	17
2.3.6. Reducción de la dimensionalidad . . . . .	21
2.3.7. Matriz de correspondencias . . . . .	23
2.3.8. Notación matricial de una matriz de correspondencias . . . . .	23
2.3.9. Matrices diagonales de masas de filas y columnas . . . . .	24
2.3.10. Desarrollo del algoritmo básico de cálculo . . . . .	24
2.4. Biplots en el Análisis de Correspondencias . . . . .	26
2.4.1. Características de los Biplots . . . . .	27

2.4.2.	Diferencia de un Biplot como mapa asimétrico y mapa simétrico . . .	27
<b>3.</b>	<b>Aplicación</b>	<b>28</b>
3.1.	Introducción . . . . .	28
3.2.	Instrumento de Información . . . . .	28
3.3.	Variable Gravedad . . . . .	31
3.4.	Identificación de Variables . . . . .	33
3.5.	Desarrollo de la Metodología . . . . .	34
3.6.	Análisis de las variables Mes y Estado Civil . . . . .	34
3.7.	Desarrollo del ACS par las variables Mes vs Estado Civil . . . . .	36
3.7.1.	Prueba Chi-Cuadrado del Mes vs Estado Civil . . . . .	36
3.7.2.	Cálculo de la matriz de correspondencias . . . . .	37
3.7.3.	Reducción de Dimensionalidad . . . . .	40
3.7.4.	Cálculo de Coordenadas Estandares de las filas de $\tilde{V}$ . . . . .	41
3.7.5.	Cálculo de Coordenadas Estandares de las columnas de $\tilde{U}$ . . . . .	42
3.7.6.	Cálculo de las Coordenadas Principales de las Filas . . . . .	42
3.7.7.	Cálculo de las Coordenadas Principales de las Columnas . . . . .	42
3.7.8.	Cálculo de las Inercias Principales . . . . .	43
3.7.9.	Inercia de Perfiles Fila y Columna . . . . .	44
3.8.	Aportes del Software “R” en los Perfiles Fila y Columna . . . . .	48
3.8.1.	Reducción de la dimensión . . . . .	50
<b>4.</b>	<b>Conclusiones, Aportes y Recomendaciones Finales</b>	<b>55</b>
4.1.	Conclusiones y Aportes . . . . .	55
4.2.	Recomendaciones . . . . .	57
<b>A.</b>	<b>Apéndice A</b>	<b>59</b>
A.1.	Denuncia de Accidentes de Trabajo . . . . .	59
A.1.1.	Clasificación del formulario de las Denuncias de Accidentes de Trabajo	59
A.1.2.	Limitaciones de las Denuncias de Accidentes de Trabajo . . . . .	60
A.2.	Condiciones y Actos inseguros más frecuentes . . . . .	62
A.2.1.	Condiciones Inseguras más frecuentes . . . . .	62
A.2.2.	Actos Inseguros más frecuentes . . . . .	63
<b>B.</b>	<b>Apéndice B</b>	<b>64</b>
B.1.	Información sobre algunas variables Importantes . . . . .	64
B.2.	Aplicación del ACS en “R” . . . . .	65
B.2.1.	Pautas para algunas fórmulas en “R” . . . . .	66
B.3.	Desarrollo en “R” de algunas variables seleccionadas . . . . .	67
B.3.1.	Análisis de correspondencia Simple de las variables Gravedad y De- partamento . . . . .	67
B.3.2.	Cálculo de las Inercias Principales . . . . .	68
B.3.3.	Biplot de las variables Gravedad y el Departamento . . . . .	70
B.3.4.	Análisis de Correspondencia Simple de las variables Departamento y Estado Civil . . . . .	72
B.3.5.	Cálculo de la Inercias Principales de las variables Gravedad y De- partamento . . . . .	72

B.3.6. Biplot del Estado Civil y el Departamento . . . . .	73
B.3.7. Análisis de Correspondencia Simple de las variables Edad y Estado Civil . . . . .	75
B.3.8. Cálculo de las Inercias Principales de las variables Edad y Estado Civil . . . . .	75
B.3.9. Biplot del Estado Civil y la Edad . . . . .	76
<b>C. Apéndice C</b>	<b>77</b>
C.1. Imágenes de los Instrumentos de medición de información del I.N.S.O. . . . .	77
<b>D. Apéndice D</b>	<b>83</b>
D.1. Introducción . . . . .	83
D.1.1. Cada perfil es una media ponderada o centroide de los vértices . . . . .	83
D.1.2. Simetría entre el análisis de filas y el de columnas . . . . .	83
D.1.3. Mapa Asimétrico . . . . .	84
D.1.4. Mapa Simétrico . . . . .	84
D.1.5. Mapas Bidimensionales . . . . .	85
D.1.6. Interpretación de dimensiones . . . . .	86
D.1.7. Contribuciones a la Inercia . . . . .	86
D.1.8. Biplot en el Análisis de Correspondencia Simple . . . . .	87
<b>E. Apéndice E</b>	<b>91</b>
E.1. Publicación de la información en el periodico LA PRENSA . . . . .	91
<b>Glosario</b>	<b>93</b>

# Índice de tablas

3.1. Gravedad de los accidentes de trabajo en Bolivia - 2008 . . . . .	31
3.2. Frecuencia de accidentes por Mes según su Estado Civil . . . . .	34
3.3. Media de los Perfiles Filas según su Estado Civil . . . . .	35
3.4. Matriz de Correspondencias de Mes y Estado Civil . . . . .	37
3.5. Contribución de los Perfiles Fila en “R” . . . . .	49
3.6. Contribución de los Perfiles Columna en “R” . . . . .	50
3.7. Contribución de las Inercias Principales reduciendo una Dimensión . . . . .	52
3.8. Aportes de las Inercias Principales reduciendo una Dimensión . . . . .	52
3.9. Contribuciones de los Perfiles Columna reduciendo una dimensión . . . . .	53
3.10. Contribuciones de los Perfiles Fila reduciendo una dimensión . . . . .	53
3.11. Contribución de los Perfiles Fila en “R” . . . . .	54
3.12. Contribución de los Perfiles Columna en “R” . . . . .	54

# Índice de figuras

2.1. Resumen de Técnicas Estadísticas Multivariantes de acuerdo al método empleado . . . . .	12
2.2. Componentes de una Tabla de Contingencia o Matriz Primitiva. . . . .	14
3.1. Trabajador Afiliado . . . . .	29
3.2. Información Laboral . . . . .	29
3.3. Reporte de Testigos . . . . .	29
3.4. Reporte del Personal Médico . . . . .	30
3.5. Para ser llenado por el Ente Gestor . . . . .	30
3.6. Niveles de Gravedad de los Accidentes Laborales en Bolivia -2008 . . . . .	32
3.7. Gravedad de accidentes en trabajadores que recibieron entrenamiento previo para efectuar el trabajo . . . . .	32
3.8. Gravedad de accidentes en trabajadores que recibieron instrucciones sobre seguridad e higiene industrial . . . . .	33
3.9. Mapa Simétrico de los datos Mes y Estado Civil . . . . .	46
3.10. Mapa Asimétrico de los datos Mes y Estado Civil . . . . .	46
3.11. Mapa Tridimensional de ACS del Mes y Estado Civil . . . . .	47
3.12. Mapa Tridimensional de ACS del Mes y Estado Civil . . . . .	48
3.13. Mapa Tridimensional de ACS del Mes y Estado Civil . . . . .	51
3.14. Mapa Tridimensional de ACS del Mes y Estado Civil con una Dimensión menos . . . . .	51
3.15. Mapa Bidimensional de ACS del Mes y Estado Civil con una dimensión menos . . . . .	53
A.1. Secciones de la Denuncia de Accidentes Laborales . . . . .	60
A.2. Factores contibuyentes . . . . .	60
A.3. Tipo de Accidente . . . . .	60
A.4. Agente involucrado que causo el accidente . . . . .	61
A.5. Naturaleza del daño . . . . .	61
A.6. Partes afectadas del cuerpo . . . . .	61
A.7. Condiciones peligrosas . . . . .	61
A.8. Actos inseguros . . . . .	62
B.1. Frecuencia de Accidentes Laborales a Nivel Departamental - 2008 . . . . .	64
B.2. Porcentaje de Accidentes Laborales por Mes - 2008 . . . . .	65
B.3. Tendencia de Accidentes Laborales por Mes - 2008 . . . . .	65
B.4. Mapa Simétrico de la Gravedad y el Departamento . . . . .	71

B.5. Mapa Asimétrico de la Gravedad y el Departamento . . . . .	71
B.6. Mapa Tridimensional de la Gravedad y el Departamento . . . . .	72
B.7. Mapa Bidimensional Asimétrico del Departamento y el Estado Civil . . . . .	73
B.8. Mapa Tridimensional del Departamento y el Estado Civil . . . . .	74
B.9. Mapa Tridimensional de la Edad y el Estado Civil . . . . .	76

# Capítulo 1

## Introducción

La frase “Adaptar el trabajo al hombre y al hombre a su trabajo”, es una realidad que está vigente hasta ahora, porque al momento de contratar a una persona se busca alguien que se acomode a las normas que requiere el trabajo al que se postula, pero ese trabajo no obtuvo sus normas de las políticas administrativas, sino también de las personas que realizaron este trabajo que adecuaron sus capacidades e informaron sus necesidades a su contratante, de tal manera que se adapta el trabajo al hombre y así sucesivamente personas postularan para ese trabajo, mejorando y encontrando nuevas dificultades, haciendo de esta manera que el postulante se adapte a los requerimientos que crean necesarios y que posteriormente se imponen.

Poco a poco los países fueron organizando, e implementando servicios de higiene, servicios de seguridad de trabajo, servicios especializados en la protección de la salud de los trabajadores, además colocaron énfasis en la vigilancia de las condiciones ambientales de higiene y seguridad, en los centros de actividad industrial, para evitar accidentes de trabajo, enfermedades, y tener un mejor control de la salud integral del trabajador.

De esta manera en primera instancia la salud ocupacional es entendida principalmente como la salud del trabajador en su ambiente de trabajo, luego se amplía el concepto de salud ocupacional a salud de los trabajadores no solo en el trabajo sino también fuera de su ambiente laboral.

Por ello, la Institución Nacional de Salud Ocupacional considera no sólo los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, sino también las patologías asociadas al trabajo y las derivadas de su vida fuera de su centro de trabajo. También se han establecido otros conceptos que aluden a la relación salud-trabajo, como es el de condiciones y medio ambiente de trabajo que incluye dimensiones como jornada, remuneración, características de la mano de obra, horario de trabajo, relaciones jurídico-sociales en torno al trabajo, además de la salud y seguridad en el trabajo.

## 1.1. Antecedentes

El comité mixto OIT/OMS, dijo que la productividad hoy no proviene de la exclusión de los trabajadores sino de su implicación responsable, su calificación y su participación en una comunidad productiva cohesionada, lo cual supone continuidad en el trabajo, trato digno, buen salario, por lo cual en la primera reunión en 1950 fue definiendo los objetivos de la salud ocupacional, donde los más sobresalientes se citan a continuación:

- Promover y mantener el mayor grado posible de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones.
- Prevenir todo daño causado a la salud de éstos por las condiciones de su trabajo.
- Protegerlos en su empleo contra los riesgos resultantes de agentes perjudiciales a su salud.
- Colocar y mantener al trabajador en un empleo adecuado a sus aptitudes fisiológicas y psicológicas.
- Adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su actividad.

Nuestro país al igual que otros países, ha ido creando y desarrollando instituciones de servicios de salud ocupacional, Seguridad Industrial, Medicina de Trabajo y de Higiene, la mayoría de las veces con recursos propios, pero que en alguna ocasión se ejecutaron con ayuda internacional.

En 1962, se crea el Instituto Nacional de Salud Ocupacional - I.N.S.O. mediante d. s. no. 06278, como el único organismo gubernamental, encargado de normar y vigilar las actividades de salud ocupacional en el país.

El I.N.S.O. es una institución pública, sin fines de lucro, bajo tuición del Ministerio de Salud y Deportes, rectora, normadora en salud ocupacional y ambiental a nivel nacional, de investigación científica, formación de RR.HH., prestadora de servicios, generadora de información, recomienda, plantea, define políticas y estrategias de promoción y prevención dirigida a preservar la salud integral del trabajador, la familia, la comunidad y del medio ambiente.

Asimismo, el I.N.S.O. contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes en todo el país a través del fortalecimiento de acciones de fomento, promoción de la salud ocupacional, promoviendo riesgos de accidentes laborales y fomentando la creación de ambientes saludables para todos.

Para la gestión 2000 el I.N.S.O., bajo tuición del Ministerio de Salud y Deportes, líder a nivel nacional en salud ocupacional y ambiental, innovadora, proactiva y flexible que se corresponsabiliza por la salud integral del trabajador boliviano y la preservación del medio ambiente, coordina y trabaja conjuntamente con los municipios, prefecturas e instituciones nacionales y de cooperación internacional en mejorar las condiciones y calidad de vida de los trabajadores y población en general.

### 1.1.1. Actividades que desarrolla el I.N.S.O.

En la actualidad el Instituto Nacional de Salud Ocupacional realiza exámenes pre-ocupacionales para saber el estado actual de las personas que ingresan a su fuente de trabajo por primera vez y si son aptas para el cargo ó en el momento de salir de su fuente laboral se encuentren en las mismas condiciones en las que entraron, caso contrario la empresa o institución se responsabilice por los daños causados.

Además, la Institución realiza exámenes periódicos a aquellas personas que ya se realizaron su examen pre ocupacional anteriormente en el actual trabajo, no contando exámenes de anteriores trabajos, y retornan para saber la condición de salud en la que se encuentran actualmente los trabajadores en la institución o empresa, verificando si todavía pueden ejercer el cargo y reparar los daños causado.

El I.N.S.O. realiza exámenes de radicatoria a las personas que llegan a Bolivia y permanecen ya sea por trabajo o turismo en determinados periodos de tiempo, para conocer en la condición en la que están entrando a nuestro país y a sus fuentes laborales.

La Institución, también realiza exámenes particulares, debido a que muchas de las empresas estatales y/o públicas no aseguran a sus trabajadores y no cumplen con la reglamentación emitida por el I.N.S.O. desconociendo la situación actual de la salud de éstos, por lo que muchos de ellos se apersonan a la Institución a realizarse exámenes particulares, para conocer y hacer conocer a los contratantes su condición de salud actual antes de ingresar a su fuente laboral.

Otra de las actividades que cumple la Institución es la recepción de las “Denuncias de Accidentes de Trabajo” de AFP’s, la denuncia de accidente laboral es un suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo y que produce en el trabajador daños a la salud (una lesión orgánica, heridas, fracturas, quemaduras una perturbación funcional, una invalidez o la muerte), muy diferente a un “Incidente” que es un acontecimiento no deseado, que bajo otras circunstancias, podría haber resultado en lesiones a las personas o a las instalaciones, es decir un casi accidente, como por ejemplo un tropiezo o un resbalón.

La penúltima actividad de la institución son la recepción de las “Enfermedades profesionales” que es el daño a la salud que se adquiere por la exposición a uno o varios factores de riesgo presentes en el ambiente de trabajo. El Gobierno adopta 42 enfermedades como profesionales, dentro de las cuales podemos mencionar la intoxicación por plomo, la sordera profesional y el cáncer de origen ocupacional. También es Enfermedad Profesional si se demuestra la relación de causalidad entre el factor de riesgo y la enfermedad.

Finalmente, como última actividad el I.N.S.O. se encarga de la recepción de Exámenes Pre ocupacionales de AFP’s.

### **Proceso de la denuncia de un Accidente Laboral**

Para tener una visión más clara del instrumento de información, con la que se trabaja y por lo mencionado anteriormente, se considera accidente de trabajo:

- El ocurrido en cumplimiento de labores cotidianas o esporádicas en la empresa.
- El que se produce en cumplimiento del trabajo regular, de órdenes o en representación del empleador así sea fuera de horarios laborales o instalaciones de la empresa.
- El que sucede durante el traslado entre la residencia y el trabajo en transporte suministrado por el empleador.

De igual manera no se considera un accidente de trabajo el sufrido durante permisos remunerados o no, así sean sindicales, o en actividades deportivas, recreativas y culturales donde no se actúe por cuenta o en representación del empleador.

Todo accidente de trabajo debe ser comunicado de inmediato al jefe, patrón o empleador. El patrón o empleador personalmente o a través de un empleado, a su vez lo comunicara a las autoridades, eso se llama “Denunciar el accidente”.

Este tipo de denuncias son importantes y necesarias para los trabajadores de Instituciones Públicas o Privadas que desconocen incluso como se debe de realizar la denuncia, donde se la debe presentar, como deben llenarla y que pueden perder si no denuncian el accidente; es necesario hacer esta comunicación si hay lesión, sea esta permanente o parcial.

Al empleador le evita pago de multas y estos gastos por pago de atención medica hospitalaria, etc. que corren por su cuenta cuando no denuncia el accidente lo que sin duda aumenta sus costos de producción.

Al trabajador y al empleador les permite reflexionar sobre las causas que producen los accidentes, para así poder prevenir y evitar otros accidentes por las mismas causas.

La denuncia se le hace mediante un formulario especial, llamado “Formulario único de denuncia de accidentes de trabajo”, que debe comprarse en la Caja Nacional de Salud.

El formulario lo compra la empresa, no el trabajador. Este formulario tiene cuatro copias de distintos colores, deben llenarse todas de acuerdo a lo que indica cada casilla.

Una vez llenados, los sitios donde deben ser presentados son:

- Ministerio de Trabajo dirección general de higiene, seguridad ocupacional y bienestar en La Paz.(queda una copia amarilla).
- Caja Nacional de Salud o en la que se encuentre afiliado (el original y la copia blanca).
- I.N.S.O. y a las unidades sanitarias en el interior (copia celeste).
- Para el trabajador (copia rosada). También por emergencia si no se tiene el formulario, puede comunicarse el accidente en cualquier papel, por teléfono o telégrafo.

En todos los casos deben proporcionarse los siguientes datos:

- Nombre y domicilio del empleador o patrón.
- Nombre del accidente, domicilio tiempo de servicios y lugar donde se encuentra.
- Lugar donde ocurre el accidente.
- Nombre y domicilio del accidentado.
- Sueldo o salario de la víctima.
- No olvidar que para hacer la denuncia solo hay 24 horas de plazo.

Llama la atención, que en el caso de las “Denuncias de Accidentes de Trabajo”, “Exámenes Pre ocupacionales” y “Enfermedades Profesionales” solo son recepcionadas y no poseen un procesamiento de datos, siendo que el Ministerio de Salud y Deportes requiere la información de la Institución como rectora y normadora en salud ocupacional y ambiental a nivel nacional, de investigación científica, prestadora de servicios, generadora de información y recomendaciones para el planteamiento y definición de políticas y estrategias de promoción, prevención dirigida a preservar la salud integral del trabajador, la familia, la comunidad y del medio ambiente.

## 1.2. Definición del problema

La inexistencia de información o sub-utilización de los sistemas de información en el campo de los Accidentes de Trabajo en su higiene y seguridad ocupacional, se atribuye a un encubrimiento de falencias o bien a un hecho real.

En la Institución se emiten sugerencias, metodologías, acciones, a pesar de que sigue existiendo inexactitudes en la información frente a las situaciones que se presentan, puesto que éstas no son respaldadas de manera adecuada, ya sea por la inexistencia de una base de datos en la que se registren los casos denunciados, que permitan adoptar medidas y/o normas para precautelar la salud de los trabajadores.

Luego, no existe un parámetro de la gravedad de los accidentes laborales en el INSO que permita determinar los factores más influyentes en los accidentes y su repercusión en los trabajadores.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo está basado en la preocupación que manifiesta el Ministerio de Salud y Deportes al Instituto Nacional de Salud Ocupacional, el cual se enuncia a continuación:

Determinar los factores que inciden en la gravedad que presentan los accidentes de trabajo en Bolivia, utilizando el análisis de correspondencia simple.

### 1.3.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos fueron consensuados con un grupo multidisciplinario de médicos, ingenieros ambientales, enfermeras que toman decisiones en el Instituto Nacional de Salud Ocupacional y que posteriormente son llevados al Ministerio de Salud y Deportes.

- Levantar una línea base de la información recolectada para analizar la calidad del dato.
- Construir un índice de gravedad consensuado con los profesionales del área.
- Diseñar e implementar una base de datos de las denuncias de accidentes de trabajo en Bolivia, utilizando MySQL, Excel y SPSS.
- Determinar la gravedad de los accidentes laborales en aquellos departamentos que cuentan con la información pertinente a denuncias de accidentes de trabajo.
- Identificar la dependencia del estado civil de los trabajadores bolivianos con la gravedad que presentan los accidentes.
- Contrastar si la gravedad de los accidentes de trabajo presenta un nivel significativo según su edad en Bolivia.
- Establecer la gravedad de los accidentes de trabajo según el departamento.
- Identificar la dependencia entre la edad y el estado civil del empleado en los accidentes laborales.
- Determinar si los departamentos con mayor cantidad de accidentes presentan una tendencia similar durante todos los meses del año.
- Identificar el estado civil de personas que tiene mayor cantidad de accidentes durante todo el año.
- Identificar la incidencia de accidentes, desagregada a nivel de departamento y estado civil.

## 1.4. Justificación

Para el Mundo, sucesivas reuniones nacionales e internacionales han reiterado la importancia de atender como una prioridad la salud de los trabajadores, señalando la importancia de ésta para el desarrollo. Por otro lado, el proceso de integración y globalización económica, también ha puesto en relieve la importancia de la salud de los trabajadores dentro del paquete de normas sociales y laborales, desde el punto de vista de garantizar la calidad del producto y evitar el “dumping laboral”, es decir, condiciones de trabajo por debajo de los promedios o estándares internacionales que se convierten en competencia desleal.

Para la Sociedad, desde el punto de vista social los trabajadores son los que soportan el peso de la producción, pese a lo cual no participan en la planificación y organización de la producción, ni en la adecuada redistribución de los productos, y menos se considera como importante el dotarles de adecuadas condiciones de trabajo que sean sanas y no afecten su integridad física y mental.

Desde el punto de vista ético, el propio Papa Juan Pablo II en la encíclica “*Laborem exercens*” sobre el trabajo humano al referirse a los derechos laborales dice:

*“Además del salario, aquí entran en juego algunas otras prestaciones sociales que tienen por finalidad la de asegurar la vida y la salud de los trabajadores y de su familia. Los gastos relativos a la necesidad de cuidar la salud, especialmente en casos de accidentes de trabajo, exigen que el trabajador tenga fácil acceso a la asistencia sanitaria y esto, en cuanto sea posible, a bajo costo e incluso gratuitamente. (...)*

En fin, se trata del derecho a la pensión, al seguro de vejez y en casos de accidentes relacionados con la prestación laboral. En el ámbito de estos derechos principales, se desarrolla todo un sistema de derechos particulares que, junto con la remuneración por el trabajo, deciden el correcto planteamiento de las relaciones entre el trabajador y el empresario. Entre estos derechos hay que tener siempre presente el derecho a ambientes de trabajo y a procesos productivos que no comporten perjuicio a la salud física de los trabajadores y no dañen su integridad moral.” (Juan Pablo II: 64-65).

Para el País, la salud de los trabajadores tiene que ver con participación, democracia política, económica y social, ésta es una de las bases para contribuir a superar la violencia y pobreza endémica del país. Precisamente la salud de los trabajadores tiene que ver con la salud en general y el “factor humano” del proceso de desarrollo.

La determinación de los factores en la gravedad de los accidentes, en aquellos departamentos que cuentan con la información pertinente a denuncias y accidentes laborales, haría que el Ministerio de Salud y Deportes tome acciones en aquellos departamentos que así lo requieran, aportando con políticas o medidas de seguridad para los trabajadores de empresas y/ o instituciones que tienen alto índice de gravedad en sus trabajos.

Para el Instituto la salud de los trabajadores es importante porque es un indicador de avance de una sociedad civilizada, en la que sus miembros productores participan organizadamente no sólo en la actividad productiva sino que además lo hace de manera consciente y sana.

Además, es importante superar la violencia cotidiana de los centros de trabajo, que han recibido muchas calificaciones como “muertes blancas”, “muerte obrera”, “muertes silenciosas”, “genocidio laboral” que como veremos en los datos sobre salud de trabajadores más abajo, no es un problema que se pueda desdeñar.

Para mi persona es importante completar mi formación académica y colocar en práctica mis conocimientos, ya que deseo mostrar la importancia que tienen las técnicas multiva-

riantes, en especial el “Análisis de Correspondencia Simple” para la identificación de los factores en la gravedad de los accidentes de trabajo en la sociedad boliviana. Asimismo, demostrar que con la metodología utilizada, se puede tener una mejor visión de lo que sucede con los accidentes de trabajo, mostrando los daños derivados del trabajo y con ello probar que la metodología es útil y puede coadyuvar a la toma de decisiones en las prevenciones de accidentes de trabajo.

## **1.5. Limitaciones e imprecisiones de los datos**

### **1.5.1. Imprecisiones de los Datos**

Evidentemente no existe información sistematizada sobre los riesgos a los que la población está sujeta, debido a que se halla muy dispersa e insuficiente respecto de las consecuencias de los mismos.

Reuniendo las características de norma jurídico técnica y el haberse establecido una más o menos coordinada utilización, se tiene entre otras la dificultad de no existir en la gran mayoría de las empresas, una organización en esta materia, un cuidado a sus trabajadores, al parecer no es del todo conocido, su cumplimiento no alcanza el nivel óptimo, por lo tanto su utilidad, no puede o por lo menos hasta el presente no lo hizo, en términos de buscar el impacto de medidas preventivas y menos ser un real mecanismo de control.

La inoperancia del Consejo Nacional de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar, creado por Decreto Ley Nro 16998 de Agosto de 1979, ni siquiera ha logrado difundir, menos aplicar las disposiciones de esta norma legal, que no es conocida en la mayor parte del país.

Muchas causas como las pérdidas de boletas de las Denuncias de Accidentes de Trabajo fuera y dentro de la Institución, el mal llenado de la denuncia, a veces de manera incompleta, la poca visibilidad de las denuncias escritas en las boletas, son una realidad que se debe a múltiples factores, donde falta una política nacional coherente de una dirección unificada que coordine a las instituciones y organizaciones involucradas.

### **1.5.2. Alcances y limitaciones**

En lo que respecta al trabajo se consideran las “Denuncias de Accidentes de Trabajo” como prioridad y la aplicación de una metodología estadística como ser el Análisis de Correspondencia Simple ya que a la fecha no existe una recolección y consolidación en una base de datos en la que se pueda ver la información de los accidentes laborales de años anteriores o actuales, lamentablemente queda plasmada y empastada esta rica información y al momento de informar esta situación se basan en otros factores que muchas veces no competen al caso.

Frente a esta situación sobre los accidentes de trabajo se ha visto que se requiere de manera inmediata una planificación y reglamentación más adecuada, así como la autenticidad y la integridad de los datos.

En algunos departamentos como La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Oruro se realizan esfuerzos limitados para mejorar esta situación; en el resto del país prácticamente no existen actividades específicas programadas para actuar en medicina del trabajo y especialmente en higiene y seguridad industrial. Solamente se efectúan algunas acciones aisladas cuando se trata de establecer responsabilidades económicas, como en el caso de las indemnizaciones a trabajadores por accidente y enfermedades profesionales; las organizaciones sindicales ni las empresariales han tomado iniciativa para la prevención de los riesgos ocupacionales.

En la actualidad, el primer aspecto que se identifica al analizar la situación actual de los trabajadores, de los programas y de actividades de salud ocupacional en el país, es la escasez de los servicios médicos del estado y la falta de seguridad social que son insuficientes, mal distribuidos, mal utilizados, incompletos por falta de instrumental y equipos adecuados.

# Capítulo 2

## Metodología

### 2.1. Consideraciones generales

El Análisis Multivariante es la rama de la estadística y del análisis de datos que estudia, interpreta y elabora el material estadístico sobre la base de  $p$  variables (con  $p > 0$ ), que pueden ser cuantitativas, cualitativas o una mezcla de ambos.

El objetivo principal es proporcionar métodos cuya finalidad es el estudio del conjunto de datos multivariantes, donde un análisis estadístico unidimensional es ineficiente. Los métodos del análisis multivariado se diferencian unos de otros por su área de aplicación, por el número de poblaciones y por el número de variables, de acuerdo a lo mencionado se pueden clasificar en:

- Métodos de Dependencia.
- Métodos de Interdependencia.
- Métodos Estructurales.

#### 2.1.1. Métodos de dependencia

El objetivo de los métodos de dependencia consiste en determinar si el conjunto de variables independientes afecta al conjunto de variable dependientes y en que formas. Según los tipos de variables dependientes se pueden clasificar en cualitativas y cuantitativas.

Si la variable dependiente es cuantitativa algunas de las técnicas que se puede aplicar es el “Análisis de Regresión” que consiste en que una o más variables dependientes métricas cuyo valor depende de una o varias variables independiente métricas. Otro de los métodos es el “Análisis de Supervivencia” similar al análisis de regresión donde la variable independiente es el tiempo de supervivencia de un individuo u objeto. El “Análisis de Varianza” se utiliza en situaciones en la que la muestra total esta dividida en varios grupos basados en una o varias variables independientes no métricas y las variables dependientes analizadas son métricas cuyo objetivo es analizar si hay diferencia significativa entre dichos grupos en cuanto a las variables dependientes se refiere, además, se tiene la “Correlación Canónica”

cuyo objetivo es relacionar simultáneamente variables métricas dependientes e independientes calculando combinaciones lineales de cada conjunto de variables que maximicen la correlación existente entre los dos conjuntos de variables.

Ahora que si la variable dependiente es cualitativa se puede aplicar el método de “Análisis Discriminante”, cuya técnica proporciona reglas de clasificación de nuevas observaciones cuyo grupo de procedencia se desconoce, basándose en la información obtenida por los valores que toman las variables independientes.

Otro método es el “Análisis de Regresión Logística” en los que la variable dependiente es no métrica se utiliza como una alternativa al análisis discriminante cuando no hay normalidad. También esta el “Diseño de Experimentos” una técnica que analiza el efecto de variables independientes no métricas sobre variables métricas o no métricas, cuya diferencia con el análisis de varianza es que las variables dependientes pueden ser no métricas y los valores de las variables independientes no métricas son fijadas por el investigador.

### 2.1.2. Métodos de interdependencia

En los métodos de interdependencia no se distinguen entre variables dependientes e independientes y su objetivo consiste en identificar “qué”, “cómo” y “por que” las variables están relacionadas. Estos métodos de interdependencia según el tipo de datos están divididas en dos grandes grupos Técnica para datos Métricos y Técnica para datos No Métricos.

#### Técnica para datos métricos

El “Análisis factorial” y “Análisis de Componentes Principales” se utilizan para analizar interrelaciones entre un número grande de variables métricas, explicando estas interrelaciones en un número menor variables denominadas factores si no son observables o componentes principales si lo son.

El “Escalamiento Multidimensional” transforma juicios de semejanza o preferencia en distancias, representadas en un espacio multidimensional; como consecuencia se construye un mapa en el que se dibujan las posiciones de los objetos comparados de forma que aquellos percibidos como similares están cercanos unos de otros y alejados de objetos percibidos.

El “Análisis Clúster o de Conglomerados” clasifica una muestra de entidades (es decir individuos) en un número pequeño de grupos, de forma que las observaciones pertenecientes a un grupo sean muy similares entre si y muy diferentes del resto. A diferencia del Análisis Discriminante se desconoce el número y la composición de dichos grupos.

**Técnica para datos no métricos**

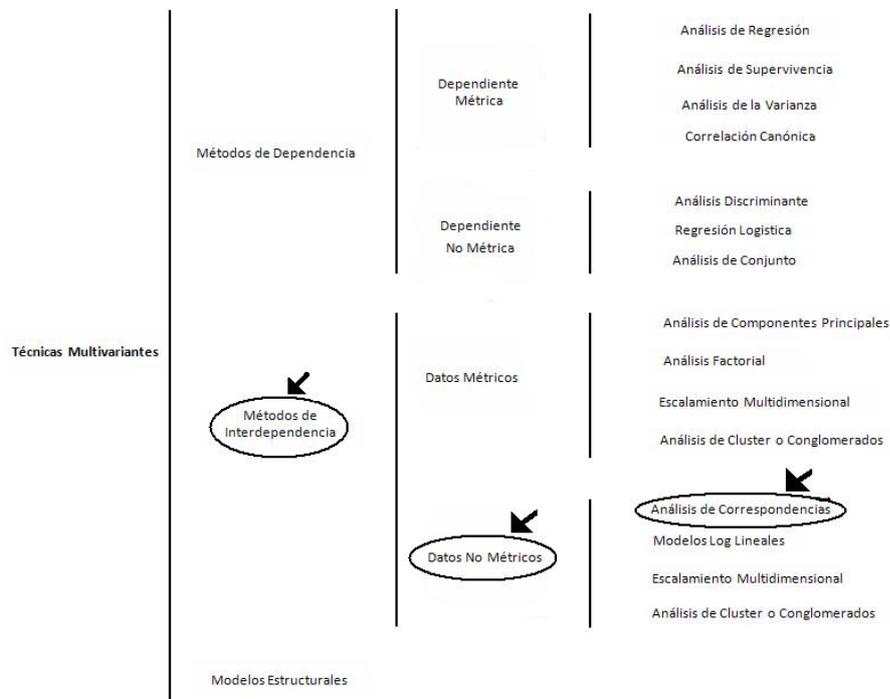
El “Análisis de Correspondencias” se aplica a tablas de contingencia multidimensionales y representan simultáneamente las filas y columnas de la tabla de contingencia en un espacio de menor dimensión.

Los “Modelos Log Lineales” se aplican a tablas de contingencia multidimensionales que modelizan relaciones de dependencia multidimensional de variables observadas, además buscan explicar las frecuencias observadas.

**2.1.3. Métodos estructurales**

En los “Métodos Estructurales” las variables están divididas en dos grupos: el de las variables dependientes y las variables independientes, donde los objetivos son analizar la relación de las variables entre sí, identificar las variables independientes que afectan a las variables dependientes y analizar las relaciones existentes entre un grupo de variables representadas por sistemas de ecuaciones simultáneas, que en alguna de las variables denominadas constructos se miden con error a partir de otras variables observables denominadas indicadores. La figura 2.1 presenta un cuadro resumen de lo mencionado anteriormente:

Figura 2.1: Resumen de Técnicas Estadísticas Multivariantes de acuerdo al método empleado



Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Fundamentos teóricos

### 2.2.1. Análisis de Correspondencia Simple

La historia de la correspondencia muestra un desarrollo logrado por un gran número de investigadores en diferentes países (Canadá, USA, Francia, Japón, Holanda) y en diversas disciplinas (Matemática, Psicología, Biología, Sociología entre otras). Pocos investigadores en esta área entre los que se encuentran Nishisato, Benzécri [1], De Leeuw, Tenenhaus, Young y Greenacre [2] se han preocupado en documentar dicho desarrollo, que en efecto representa una filosofía metodológica, basada en un razonamiento inductivo, en el que se procede de lo particular a lo general, es decir que el dato construye al modelo y no viceversa.

A pesar de que los orígenes teóricos de esta técnica tienen más de 50 años, fue el matemático y lingüista francés Jean-Paul Benzécri, quien junto con sus colegas y estudiantes, dio un impulso real a las aplicaciones modernas del análisis de correspondencias, a principios de los años sesenta en la Universidad de Rennes, y posteriormente en el campus Jussieu de la Universidad de París. En los Países Bajos y Japón, Jan de Leeuw y Chikio Hayashi también fueron pioneros en desarrollos paralelos del análisis de correspondencias.

El nombre de análisis de correspondencia es una traducción del francés “Analyse des correspondances”, el cual fue propuesto en los años 60 por el físico-matemático francés Benzécri, con el fin de definir, describir e interpretar el análisis a través de un gráfico geométrico. Esta técnica analiza los datos tal como fue diseñado por algunos precursores de la estadística entre los que destacan Pearson, Guttman, Fisher, los cuales, sin embargo no pudieron llevar a cabo los cálculos por la carencia de instrumentos que permitiesen cálculos matemáticos tan complejos como los que puede hoy en día realizar las computadoras. (Benzécri 1982 [3]; Greenacre, 1992, 1993 [2]; CASTILLO, William, J. González, O. Rodríguez y J. Trejos 1997 [5]).

El Análisis de Correspondencias es una técnica de análisis exploratorio [6] (Cornejo, 1988), diseñado para tablas de doble entrada en el caso de la correspondencia simple y tablas de múltiples entradas en el caso de correspondencia múltiple, permite analizar la homogeneidad entre las categorías de cada una de las variables. Representa gráficamente tablas de datos, a través de una generalización gráfica con la que todos estamos familiarizados, el diagrama de dispersión que representa los datos en forma de puntos con relación a dos ejes de coordenadas perpendiculares: el eje horizontal, y el eje vertical, proporcionándonos una representación gráfica elegante y simple que permite una rápida interpretación y comprensión de los datos.

Al mismo tiempo, es una técnica descriptiva de análisis multivariable utilizada para la simplificación de datos que presentan dificultad en su descripción o comprensión, y que es de útil aplicación en trabajos exploratorios donde son pocas o inexistentes las hipótesis previas del comportamiento de la población.

La eficacia de esta técnica radica en su filosofía, la cual está inspirada en Karl Pearson,

no solo porque fue quien desarrolló la prueba  $\chi^2$ , sino por su actitud de reconocimiento de la primacía del dato sobre el modelo y al considerar que la relación mas general que revela la observación de los fenómenos naturales es la coocurrencia o contingencia.

El Análisis de Correspondencia Simple se caracteriza principalmente por tener dos variables categóricas y tablas de contingencias que permiten lo siguiente:

- Analizar las Tablas de Contingencias que agrupan a los individuos en una serie de categorías.
- Analizar Tablas de Frecuencias donde las filas tienen una serie de atributos que corresponden a los sujetos u objetos que a parecen en las columnas, en cuyas celdas se expresan términos absolutos o relativos del grado de aceptación de cada objeto o sujeto.
- Analizar Tablas de Valoración donde los valores en lugar de estar expresados en frecuencias absolutas o relativas, lo están en puntuaciones numéricas obtenidas para cada uno de los atributos.
- Identificar la similitud que existe entre variables y describir las relaciones entre dos variables categóricas dispuestas en una tabla de contingencia.

## 2.3. El proceso del Análisis de Correspondencia Simple

### 2.3.1. Matriz primitiva

El punto de partida del análisis de correspondencia es la construcción de la tabla de contingencia o matriz de datos original llamada matriz primitiva o tabla primitiva, donde los elementos dentro de esta matriz se identifican con  $n_{ij}$ , como se muestra en la figura 2.2.

Figura 2.2: Componentes de una Tabla de Contingencia o Matriz Primitiva.

		Variable X					
Variable Y		1	2	.	.	J	Total Fila
A		$n_{11}$	$n_{21}$	.	.	$n_{1j}$	$n_{1.}$
B		$n_{21}$	$n_{22}$	.	.	$n_{2j}$	$n_{2.}$
.		.	.	.	.	.	.
.		.	.	.	.	.	.
i		$n_{i1}$	$n_{i2}$	.	.	$n_{ij}$	$n_{i.}$
Total Columna		$n_{.1}$	$n_{.2}$	.	.	$n_{.j}$	n

Fuente: Elaboración Propia

La tabla de contingencia tiene  $I$  filas y  $J$  columnas, con frecuencias absolutas ( $n_{ij}$ ), frecuencias marginales de filas ( $n_{i.}$ ) y frecuencias marginales de columnas ( $n_{.j}$ ).

### 2.3.2. Tabla de frecuencias relativas

Representa la distribución conjunta muestral de las variables  $X$  e  $Y$ , además, de las frecuencias marginales.

( X , Y)	1	2	.	.	.	J	Total Fila
1	$f_{11}$	$f_{12}$	.	.	.	$f_{1J}$	$f_{1.}$
2	$f_{21}$	$f_{22}$	.	.	.	$f_{2J}$	$f_{2.}$
.	.	.	.	.	.	..	
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
I	$f_{I1}$	$f_{I2}$	.	.	.	$f_{IJ}$	$f_{I.}$
Total Columna	$f_{.1}$	$f_{.2}$	.	.	.	$f_{.J}$	1

En las tablas de contingencia, las filas y las columnas definen conjuntos de frecuencias, que podemos re expresar con relación a sus respectivos totales para obtener así perfiles fila o perfiles columna.

### 2.3.3. Masas y centroides

En el AC, los pesos asignados a las filas y columnas son tan importantes que les damos un nombre específico “masas”. Las masas de filas y de columnas son proporcionales a las sumas marginales de la tabla, se puede interpretar cada perfil como un centroide (o media ponderada) de los vértices, en el que los pesos son los elementos de su perfil.

Por tanto, los perfiles que tengan los mayores valores, tenderán a hallarse más cerca de los vértices <sup>1</sup> Cada perfil fila tiene asociado un peso, llamado masa, proporcional a la suma de los elementos de la fila de la tabla original. Se puede obtener el perfil fila medio como el centroide de los perfiles fila, ponderando cada perfil con su correspondiente masa.

Es decir que, en el espacio de perfiles más que asociar los pesos con los valores de una variable, asociamos los pesos con las posiciones de los vértices. Cuanto más cerca se hallen los perfiles del centroide, menor será la variabilidad. En cambio, cuanto más se alejen del centroide, mayor será la variabilidad.

### 2.3.4. Perfiles y espacio de perfiles

El concepto de perfil no es más que un conjunto de frecuencias relativas, para estos conjuntos de frecuencias relativas, o vectores, tienen características geométricas especiales debido a que la suma de sus elementos es 1 (o 100 %). Cuando se analiza una tabla de

<sup>1</sup>Cada vértice ocupa la posición de un perfil fila puro, es decir un perfil completamente concentrado en una categoría; de la misma manera que se contemplan los perfiles como medias ponderadas de los vértices

frecuencias se encuentran las frecuencias relativas de las filas o en las frecuencias relativas de las columnas, a las que llamaremos perfiles fila y perfiles columna, respectivamente.

**Tabla de perfiles fila**

Representa distribuciones muestrales de la variable  $Y$  condicionadas a cada categoría de la variable  $X$ . Las distribuciones en la tabla de perfiles y se muestra a continuación :

( X , Y )	1	2	.	.	.	J	Total
<b>1</b>	$\frac{f_{11}}{f_{1.}}$	$\frac{f_{12}}{f_{1.}}$	.	.	.	$\frac{f_{1J}}{f_{1.}}$	1
<b>2</b>	$\frac{f_{21}}{f_{2.}}$	$\frac{f_{22}}{f_{2.}}$	.	.	.	$\frac{f_{2J}}{f_{2.}}$	1
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
<b>I</b>	$\frac{f_{I1}}{f_{I.}}$	$\frac{f_{I2}}{f_{I.}}$	.	.	.	$\frac{f_{IJ}}{f_{I.}}$	1

La tabla se puede obtener a partir de la tabla de frecuencias relativas o de la tabla de contingencia inicial:

$$\frac{f_{ij}}{f_{i.}} = \frac{\frac{n_{ij}}{n}}{\frac{n_{i.}}{n}} = \frac{n_{ij}}{n_{i.}}$$

Para  $i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J$ .

**Tabla de perfiles columna**

Representa las distribuciones muestrales de la variable  $X$  condicionadas a cada categoría de la variable  $Y$  ; es decir, las distribuciones.

( X , Y )	1	2	.	.	.	J
<b>1</b>	$\frac{f_{11}}{f_{.1}}$	$\frac{f_{12}}{f_{.1}}$	.	.	.	$\frac{f_{1J}}{f_{.1}}$
<b>2</b>	$\frac{f_{21}}{f_{.2}}$	$\frac{f_{22}}{f_{.2}}$	.	.	.	$\frac{f_{2J}}{f_{.2}}$
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
<b>I</b>	$\frac{f_{I1}}{f_{.1}}$	$\frac{f_{I2}}{f_{.2}}$	.	.	.	$\frac{f_{IJ}}{f_{.J}}$
<b>Total</b>	1	1	.	.	.	1

Con:

$$\frac{f_{ij}}{f_{.j}} = \frac{\frac{n_{ij}}{n}}{\frac{n_{.j}}{n}} = \frac{n_{ij}}{n_{.j}}$$

Para  $i = 1, \dots, I$ ,  $j = 1, \dots, J$ .

En el cálculo usual de la media (no ponderada), todos los puntos tienen la misma masa. Sin embargo, una media ponderada permite asociar diferentes masas a los distintos puntos. Cuando se ponderan los puntos de distinta manera, el centroide no se sitúa exactamente en el centro “geográfico” de la nube de puntos, sino que tiende a situarse cerca de los puntos con mayor masa.

Se puede ampliar la idea de perfil a datos expresados en escalas de razón, es decir, a datos expresados como valores relativos. En dicho caso, es necesario haber obtenido todos los datos originales en la misma escala de medida.

### Perfil medio

El perfil medio es también una media ponderada de los perfiles. Por ejemplo los totales de las columnas, con relación al total de la tabla, son las masas de las columnas que se asigna a los perfiles de las columnas. El perfil columna medio está constituido por los totales de las filas dividido por el total de la tabla.

De igual manera para las filas, podemos expresar el perfil fila medio como una media ponderada de los perfiles fila.

Podemos comparar los valores de los perfiles columna con los valores del perfil columna medio, para ver si sus valores están por encima o por debajo de los de la media.

### 2.3.5. Prueba de Independencia “Prueba Chi- Cuadrado”

La prueba de Chi-Cuadrado de independencia, permite ver si dos variables son independientes o no, hasta se puede saber el grado de dependencia de las mismas. Pero, dichas medidas no permiten detectar en que consisten las similitudes entre las categorías de dos variables cualesquiera.

Las hipótesis asociadas a la prueba Chi cuadrado son:

$H_0$ : X e Y son estadísticamente independientes

$H_1$ : X e Y están correlacionadas

El estadístico  $\chi^2$  mide las distancias entre las frecuencias observadas  $f_{ij}$  y las que se deberían observar si las variables  $I, J$  fuesen independientes. En términos de frecuencias absolutas el estadístico  $\chi^2$  es:

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{\left(n_{ij} - \frac{n_{i.}n_{.j}}{n}\right)^2}{\frac{n_{i.}n_{.j}}{n}}$$

Si  $X, Y$  son independientes, entonces:

$$\chi_0^2 \xrightarrow{H_0} \chi^2_{(n-1)(k-1), \alpha} \quad (2.1)$$

Por lo dicho anteriormente en la ecuación 2.1, si se toma un valor  $\chi^2_{(n-1)(k-1), \alpha}$  dejando una probabilidad  $\alpha$  pequeña, se rechaza la hipótesis de independencia al nivel de significación  $\alpha$ ; si el valor obtenido del estadístico supera este valor.

$$\chi_0^2 > \chi^2_{(n-1)(k-1), \alpha} \Leftrightarrow P_{valor} = P(\chi^2_{(n-1)(k-1)} < \chi_0^2) < \alpha \quad (2.2)$$

Las frecuencias observadas siempre serán distintas de las frecuencias esperadas. Sin embargo, en estadística queremos saber si estas diferencias son suficientemente grandes. Es decir, queremos saber si es poco probable que las discrepancias entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas se deban sólo al azar. Para responder a esta pregunta se calcula una medida de discrepancia entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas. Concretamente, calcularemos las diferencias entre cada par de frecuencias observadas y esperadas, las elevaremos al cuadrado, las dividiremos por las frecuencias esperadas e iremos acumulando los resultados hasta llegar a un valor final, el estadístico Chi-Cuadrado, que simbolizaremos por  $\chi^2$ .

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Observado} - \text{Esperado})^2}{\text{Esperado}} \quad (2.3)$$

Se puede ver el AC como una manera de expresar datos en forma gráfica para facilitar su interpretación; así tiene sentido representar cualquier tabla.

Se expresa de otra forma el estadístico  $\chi^2$  de la ecuación 2.3 para ello se divide el numerador y el denominador de cada uno de los términos de cada fila por el cuadrado del total de la fila (en vez de tener las frecuencias absolutas originales, tenemos los perfiles observados y los perfiles esperados).

De esta manera se ha conseguido expresar los términos como perfiles.

$$\chi^2 = \text{Total de la fila} \times \frac{(\text{Perfiles Observados de la Fila} - \text{Perfiles Esperados de la Fila})^2}{\text{Perfiles Esperados de la fila}} \quad (2.4)$$

### Inercia y la distancia Chi - Cuadrado

En el AC las distancias entre los perfiles se miden, mediante la distancia Chi-Cuadrado. Esta distancia es la clave de muchas de las propiedades interesantes del AC. Las ideas que hay detrás del estadístico Chi-Cuadrado llevan al concepto de distancia Chi-Cuadrado y al concepto de inercia.

La Inercia es una medida de la dispersión de los perfiles en el espacio de perfiles y la inercia total de una tabla de contingencia mide la variación<sup>2</sup> existente en la tabla proporcionando herramientas de diagnóstico para identificar los puntos que más contribuyen a la definición de los ejes principales. Igualmente, permite valorar la calidad de la representación de los puntos.

La inercia (total) de una tabla de contingencia es igual al estadístico  $\chi^2$  dividido por el total de la tabla. Geométricamente, la inercia mide cuan “lejos” se hallan los perfiles fila (o los perfiles columna) de su perfil medio.

Una modificación mas, se divide los dos lados de la ecuación 2.4 por el tamaño total de la muestra, de manera que en cada término de la derecha de la ecuación aparezca en primer lugar un factor que, en vez de corresponder al total de la fila, corresponda a la masa de la misma.

$$\frac{\chi^2}{n} = \frac{\text{Total de la fila} \times \frac{(\text{Perfiles Observados de la Fila} - \text{Perfiles Esperados de la Fila})^2}{\text{Perfiles Esperados de la fila}}}{n} \quad (2.5)$$

En el AC, se llama Inercia Total, o simplemente Inercia, al valor  $\frac{\chi^2}{n}$  como se muestra en la ecuación 2.5, donde  $n$  es el total de la tabla, este valor es una medida de la varianza total de la tabla independiente de su tamaño. En estadística, este valor recibe diferentes nombres, uno de ellos es el de “coeficiente medio cuadrático de contingencia” o como ya lo habíamos mencionado “Inercia”.

A su raíz cuadrada se la denomina “coeficiente phi” ( $\Phi$ ); por tanto, se expresa la inercia como  $\Phi^2$ .

$$\Phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{n}} = \sqrt{\frac{\text{Total de la fila}}{n}} \times \sqrt{\frac{(\text{Perfiles observados de la fila} - \text{Perfiles esperados de la fila})^2}{\text{Perfiles esperados de la fila}}} \quad (2.6)$$

Alternativamente la “Inercia” se la puede expresar de la siguiente forma:

$$\Phi^2 = \frac{\chi^2}{n} = \frac{\text{Total de la fila}}{n} \times \left[ \frac{(\text{Perfiles observados de la fila} - \text{Perfiles esperados de la fila})^2}{\text{Perfiles esperados de la fila}} \right] \quad (2.7)$$

En la ecuación 2.7 que se acaba de ver, si no fuera por el hecho de que se divide el cuadrado de las diferencias entre los elementos observados y los esperados del perfil por los elementos esperados, (valor entre corchetes), sería exactamente el cuadrado de la distancia “directa” entre el perfil fila y el perfil fila medio en un espacio físico  $n$ -dimensional reducido a un espacio tridimensional, bidimensional o unidimensional es decir la distancia Euclídea o Pitagórica.

La distancia entre los perfiles será la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las diferencias entre las coordenadas de cada perfil, es decir:

---

<sup>2</sup>En el AC se mide la variabilidad de una tabla de datos mediante la Inercia, un concepto muy relacionado con la distancia Chi-Cuadrado.

$$\text{Distancia Euclídea} = \sqrt{\sum (\text{perfil Observado de la Fila} - \text{Perfil esperado de la Fila})^2} \quad (2.8)$$

Sin embargo la ecuación 2.8 no es la distancia Euclídea, contiene un factor extra en el denominador de cada término al cuadrado como se observa en la ecuación 2.6, dado que este factor redimensiona o repondera cada una de las diferencias al cuadrado, se denomina a esta variante de la distancia Euclídea, Distancia Euclídea Ponderada.

En este caso en particular en el que los factores de ponderación que aparecen en el denominador son los elementos esperados del perfil, se denomina “Distancia Chi-Cuadrado”.

$$\text{Distancia Chi- Cuadrado} = \sqrt{\sum \frac{(\text{Perfiles observados de la fila} - \text{Perfiles esperados de la fila})^2}{\text{Perfiles esperados de la fila}}} \quad (2.9)$$

A partir de 2.6 y 2.9 se puede expresar una interpretación geométrica de la inercia de la siguiente manera:

$$\text{Inercia} = \sum_i (i\text{-ésima masa}) \times (\text{distancia } \chi^2 \text{ del } i\text{-ésimo perfil media})^2 \quad (2.10)$$

La Inercia se puede expresar de manera que se pueda interpretar como una media ponderada de las distancias  $\chi^2$  entre los perfiles fila y su perfil medio (de forma similar, entre los perfiles columna y su media), además indicar que la suma ponderada de los cuadrados de las distancias de los perfiles fila a su centroide es igual a la inercia total. Geométricamente, la inercia mide lo “lejos” que se hallan los perfiles fila (o los perfiles columna) de su perfil medio.

### Inercia de filas y columnas

En la Inercia de Filas la contribución de cada fila a la inercia es igual a su masa multiplicada por el cuadrado de su distancia al centroide de las filas, que se conoce como inercia de filas. La fórmula de la Inercia Total por Fila es:

$$\Phi^2 = \frac{\chi^2}{n} = \sum_i r_i \sum_j \frac{\left(\frac{p_{ij}}{r_i} - c_j\right)^2}{c_j} \quad (2.11)$$

En la Inercia de Columnas la contribución de cada columna a la inercia es igual a su masa multiplicada por el cuadrado de su distancia al centroide de las columnas, que se

llama inercia de columnas. La fórmula de la Inercia Total por Columna es:

$$\Phi^2 = \frac{\chi^2}{n} = \sum_j c_j \sum_i \frac{(p_{ij} - r_i)^2}{r_i} \quad (2.12)$$

Donde:

$n_i$  : El total de la tabla (n)

$r_i$  : La masa de la  $i$ -ésima fila ,  $r_i = \frac{n_{i.}}{n}$

$p_{ij}$  : Es la división por el total de la tabla ,  $p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n}$

$c_j$  : La masa de la  $j$ -ésima columna,  $c_j = \frac{n_{.j}}{n}$

La inercia total de los perfiles columna es igual a la inercia total de los perfiles fila; ambos cálculos son tan sólo maneras alternativas de expresar la misma fórmula: el estadístico  $\chi^2$  dividido por el tamaño de la muestra. Por tanto en el análisis de filas, como en el análisis de columnas la inercia total es igual en ambos casos, se llama inercia principal a la inercia explicada por un eje principal. La inercia principal también recibe el nombre de valor propio, ya que se puede calcular como un valor propio de una matriz cuadrada simétrica y se expresa la inercia explicada por cada eje en porcentajes.

En este análisis, la recta que mejor se ajusta se denomina eje principal. Posteriormente se ve que existen otros ejes principales. Por ello, de forma más precisa, se llama a esta recta “primer eje principal”. La investigación de estos componentes de la inercia (similar a un análisis de la varianza) desempeña un importante papel en la interpretación del AC.

El AC se lleva a cabo con el objetivo de explicar la máxima inercia posible en el primer eje , en el segundo eje explica el máximo de la inercia restante, y así sucesivamente. Por tanto, los ejes principales también descomponen la inercia total; a las inercias de los ejes principales se llaman inercias principales.

### 2.3.6. Reducción de la dimensionalidad

La reducción de la dimensionalidad es un aspecto analítico crucial del AC, por lo que llevarlo a cabo implica una cierta pérdida de información. Se debe restringir en lo posible esta pérdida y así conservar la máxima información. Los perfiles fila constituidos por  $I$  elementos se sitúan, en espacios de dimensionalidad  $(I - 1)$ , de la misma manera si se analiza a los perfiles columna se sitúan en espacios de dimensionalidad  $(J - 1)$ . Por tanto, los perfiles con más de cuatro elementos se sitúan en espacios de dimensionalidad mayor de tres, que no se puede observar directamente.

Si se identifica un espacio de baja dimensionalidad, preferentemente con no más de dos o tres dimensiones, que se halle cerca de los perfiles, se pueden proyectar dichos perfiles

sobre el mencionado subespacio y observar las posiciones de sus proyecciones como una aproximación a sus verdaderas posiciones en el espacio original de mayor dimensionalidad.

En el proceso de reducción de la dimensionalidad se pierde información sobre las verdaderas posiciones de los perfiles con relación al subespacio (dirección y separación del subespacio). Sin embargo, se gana la posibilidad de ver conjuntamente todos los perfiles, lo que de otra forma sería imposible.

La precisión de una representación se expresa como porcentaje de inercia. Por ejemplo, si el 85 % de la inercia de los perfiles queda representada en el subespacio, la inercia residual, o error, que queda fuera del subespacio es del 15 %.

El cálculo de un espacio de baja dimensionalidad se basa en la determinación de la proximidad entre un conjunto de puntos y un subespacio. Calcula dicha proximidad como la suma ponderada de los cuadrados de las distancias  $\chi^2$  entre los puntos y el subespacio, y se pondera los puntos con sus respectivas masas.

### Descomposición de una matriz en sus Valores Singulares (DVS)

La DVS es uno de los resultados más útiles de la teoría de matrices, es especialmente relevante en los métodos de reducción de la dimensionalidad.

La DVS es a las matrices rectangulares lo que la descomposición en vectores y valores propios es a las matrices cuadradas, proporciona un mecanismo directo para aproximar una matriz rectangular a otra matriz de menor rango. Es decir, una manera de descomponer una matriz en sus componentes, de los más a los menos importantes. El concepto algebraico de rango de una matriz es equivalente al concepto geométrico de dimensión.

Los resultados que se obtiene de la DVS llevan directamente a la teoría del AC, y a todos los elementos que se necesitan (coordenadas, inercias principales, etc). Dado que la DVS se halla implementada en muchos lenguajes informáticos, es fácil llevar a cabo la parte analítica del AC.

Sea  $A$  una matriz de  $m \times n$  ( $m \geq n$ ), entonces existen matrices ortogonales  $U$  y  $V$  tal que  $U^T A V = D$  donde  $D$  es una matriz diagonal de orden  $m \times n$  cuyas entrada  $D_i$  son llamadas los valores singulares de la matriz  $A$  y están en orden decreciente.  $U$  es una matriz cuadrada de  $m \times m$  y sus columnas contiene los vectores singulares izquierdos de  $A$ .  $V$  es una matriz cuadrada de  $n \times n$  y sus columnas contiene los vectores singulares derechos de  $A$ .

Note que  $A = U D V^T$  es llamada la descomposición de  $A$  en sus valores singulares o simplemente la *SVD* (*DVS*) de  $A$ . Los valores singulares de  $A$  son las raíces cuadradas de los eigenvalores de  $A^T A$ ,  $U$  es la matriz de los vectores propios de  $A A^T$  y  $V$  son los vectores propios de  $A^T A$ . Más formalmente, si  $r$  representa el rango de la matriz  $A$  entonces:

- $V^T(A^T A)V = \text{diag}(d_1^2, d_2^2, \dots, d_r^2, 0, \dots, 0)_{(n \times n)}$
- $U^T(A^T A)U = \text{diag}(d_1^2, d_2^2, \dots, d_r^2, 0, \dots, 0)_{(m \times m)}$

En efecto  $A^T A = VD^T U^T U D V^T = VD^T D V^T = VD^2 V^T$ .  
Luego  $d_i^2 = \lambda_i$ ; similarmente para la matriz  $U$ .

Una matriz cuadrada es no singular si todos sus valores singulares son distintos de ceros. Para verificar la propiedad  $U^T A V = D$  inicialmente se ordena primero los valores singulares y los vectores propios correspondientes en forma descendente. La función SVD o DVS tanto de R como en Matlab calcula las matrices  $U$ ,  $V$  y  $D$  directamente. Una demostración formal de la DVS se la realiza en el Anexo D.

### 2.3.7. Matriz de correspondencias

Sea  $N$  una matriz de datos  $I \times J$ , con sumas positivas de filas y columnas (casi siempre  $N$  consta de valores no negativos, sin embargo, existen algunas excepciones). Para simplificar la notación, se transforma la matriz  $N$  en la matriz de correspondencias  $P$ , dividiendo  $N$  por la suma total de sus elementos  $n = \sum_i \sum_j n_{ij} = 1^T N 1$ . (Se utiliza  $1$  para simbolizar un vector de unos, con una longitud adecuada a su uso, el primer  $1$  es  $I \times 1$ , el segundo es  $J \times 1$ ).

### 2.3.8. Notación matricial de una matriz de correspondencias

$$P = \frac{1}{n} N \quad (2.13)$$

La matriz  $P$  es llamada Matriz de Correspondencias, utilizando la siguiente notación se tiene:

$$\tilde{P} = P - r c^T$$

Donde las masas de filas y columnas se definen como:

Masa de Filas:

$$r_i = \sum_{j=1}^J P_{ij} \quad \text{ó} \quad r_{I \times 1} = P_{(I \times J)} 1_{(J \times 1)}$$

Masa de Columnas:

$$c_j = \sum_{i=1}^I P_{ij} \quad \text{ó} \quad c_{J \times 1} = P^T_{(J \times I)} 1_{(I \times 1)}$$

Es decir,  $r = P1$  ;  $c = P^T 1$  y  $1^T = [1, 1, \dots, 1]$  note que el  $\text{rango}(\tilde{P}) \leq J - 1$  puesto que  $\tilde{P}1 = P1 - rc^T 1 = r - r1 = 0$ .

### 2.3.9. Matrices diagonales de masas de filas y columnas

$$D_r = \text{diag}(r_1, r_2, \dots, r_I) \quad \text{y} \quad D_c = \text{diag}(c_1, c_2, \dots, c_J) \quad (2.14)$$

A partir de ahora, se expresan todas las definiciones y todos los resultados en términos de estos valores relativos  $P = p_{ij}$ ,  $r = \{r_i\}$  y  $c = c_j$ , cuyos elementos en todos los casos suman 1.

Multiplicando por  $n$  se recupera los elementos de la matriz original  $N$ :  $np_{ij} = n_{ij}$ ,  $nr_i =$  suma de la  $i$ -ésima fila de  $N$ ,  $nc_j =$  suma de la  $j$ -ésima columna de  $N$ .

### 2.3.10. Desarrollo del algoritmo básico de cálculo

El algoritmo de cálculo expuesto por Jhonson [7], para obtener las coordenadas de los perfiles fila y de los perfiles columna en relación a los ejes principales, utiliza la descomposición en valores singulares<sup>3</sup> (DVS), donde:

$D_r$ : Matriz Diagonal de las filas de orden  $I \times I$

$D_c$ : Matriz Diagonal de las columnas de orden  $J \times J$

$\tilde{P}$ : Matriz de orden  $I \times J$

$P^*$ : Matriz de orden  $I \times J$

#### Pasos del Algoritmo Básico del Cálculo

##### Paso 1. Cálculo de la matriz $P^*$ de residuos estandarizados:

$$\begin{aligned} P^* &= D_r^{-1/2} \tilde{P}_{(I \times J)} D_c^{-1/2} \\ &= D_r^{-1/2} (P - rc^T) D_c^{-1/2} \end{aligned} \quad (2.15)$$

##### Paso 2. Cálculo de la DVS de $P^*$ :

$$\begin{aligned} P^* &= P^*_{(I \times J)} \\ &= U_{(I \times (J-1))} \Lambda_{(J-1) \times (J-1)} V^T_{(J-1) \times J} \\ &= U \Lambda V^T \end{aligned} \quad (2.16)$$

<sup>3</sup>La descomposición en valores singulares se puede ver con más detalle en el Apéndice D

Donde el  $rango(P^*) = rango(\tilde{P}) \leq J - 1$ ,  $U^T U = V^T V = I$  y donde  $\Lambda$  es la matriz diagonal de valores singulares (positivos) en orden descendente:  $\Lambda = diag(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{(J-1)})$  ordenados de mayor a menor.

$$\text{Si } P^* = U\Lambda V^T ; \quad D_r^{-\frac{1}{2}}U = \tilde{U} ; \quad D_c^{-\frac{1}{2}}V = \tilde{V}$$

$$\text{Se tiene } \tilde{U}^T D_r \tilde{U} = I \quad \text{y} \quad \tilde{V}^T D_c \tilde{V} = I$$

En otras palabras son ortogonales los vectores singulares generalizados bajo  $D_r$  y  $D_c$ .

$$P^{**} = D_r^{\frac{1}{2}} P^* D_c^{\frac{1}{2}} \quad \Leftrightarrow \quad P^* = D_r^{-\frac{1}{2}} P^{**} D_c^{-\frac{1}{2}}$$

Igualando la matriz diagonal de los valores singulares con la matriz de valores singulares de  $P^{**}$  se verifica lo siguiente:

$$\begin{aligned} P^* &= D_r^{-\frac{1}{2}} P^{**} D_c^{-\frac{1}{2}} \\ &= D_r^{-\frac{1}{2}} U \Lambda V^T D_c^{-\frac{1}{2}} \\ &= \tilde{U} \Lambda \tilde{V}^T \end{aligned}$$

Ademas

$$\tilde{U}^T D_r \tilde{U} = U^T D_r^{-\frac{1}{2}} D_r D_r^{-\frac{1}{2}} U = U^T U = I$$

$$\tilde{V}^T D_c \tilde{V} = V^T D_c^{-\frac{1}{2}} D_c D_c^{-\frac{1}{2}} V = V^T V = I$$

**Paso 3. Coordenadas de las filas  $\tilde{U}$ :**

$$\tilde{U} = D_r^{\frac{1}{2}} U \tag{2.17}$$

**Paso 4. Coordenadas de las columnas  $\tilde{V}$ :**

$$\tilde{V} = D_c^{\frac{1}{2}} V \tag{2.18}$$

Siguiendo el paso 3 y 4 se tiene que:

$$\begin{aligned} \tilde{P} &= P - r c^T \\ &= \tilde{U} \Lambda \tilde{V}^T \\ &= \sum_{j=1}^{J-1} \lambda_j \tilde{u}_j \tilde{v}_j^T \end{aligned}$$

Donde  $\tilde{u}_j$  es el j-ésimo vector columna de  $\tilde{U}$  y  $\tilde{v}_j$  es el j-ésimo vector columna de  $\tilde{V}$ , en esta representación los vectores singulares de la izquierda y la derecha son normalizados con una longitud métrica  $D_r^{-1}$  y  $D_c^{-1}$  respectivamente.

**Paso 5. Coordenadas Principales de las filas  $Y$ :**

$$Y_{(I \times (J-1))} = D_{r_{(I \times I)}}^{-1} \tilde{U}_{(I \times (J-1))} \Lambda_{((J-1)(J-1))} \quad (2.19)$$

**Paso 6. Coordenadas Principales de las columnas  $Z$ :**

$$Z_{(J \times (J-1))} = D_{c_{(J \times J)}}^{-1} \tilde{U}_{(J \times (J-1))} \Lambda_{((J-1)(J-1))} \quad (2.20)$$

**Paso 7. Inercias Principales  $\Lambda_k$ :**

$$\text{Inercia Total} = \sum_{i=1}^k \lambda_k^2$$

Donde  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots, \lambda_k > 0$  son los elementos diagonales diferentes a cero de la matriz  $\Lambda$ .

Aquí el  $k = \text{rango}(\tilde{P}) = \min(I - 1, J - 1)$ .

Sabemos que  $\lambda_i = \alpha_i^2, i = 1, 2, \dots, k$  donde  $k = \min\{I - 1, J - 1\}$ .

Las inercias principales son los cuadrados de los valores singulares resultantes de hacer la DVS de la matriz simétrica y se puede expresar las inercias principales como porcentajes de la inercia total.

Las inercias principales (o sus raíces cuadradas) son también medidas de dispersión, pero se refieren a los ejes principales de forma individual, no al espacio de perfiles en su conjunto. Cuanto mayor sea la inercia principal, mayor será la dispersión de los perfiles con relación a los vértices en el eje principal. En consecuencia, es obvio que la inercia principal no puede ser mayor que 1, pues los perfiles deben hallarse en el interior de sus correspondientes vértices.

## 2.4. Biplots en el Análisis de Correspondencias

El Biplot es un mapa que representa conjuntamente las filas y las columnas de una matriz de datos, de manera que los productos escalares entre los vectores fila y los vectores columna se aproxima tanto como sea posible a los correspondientes valores de la matriz.

El prefijo “*bi*” se refiere a la superposición, en la misma representación, de individuos y variables. Los Biplots son útiles para describir gráficamente los datos o para mostrar los resultados proporcionados por modelos más formales.

### 2.4.1. Características de los Biplots

Los Biplots son otra posibilidad para la representación conjunta de filas y de columnas que se basa en el producto escalar entre vectores fila y vectores columna por tanto, depende más de las longitudes y de los ángulos formados por los vectores que de las distancias entre puntos.

Los Biplots son importantes porque su interpretación se basa en conceptos geométricos sencillos, que forman parte de la cultura matemática como ser:

- La similitud entre individuos es una función inversa de la distancia entre los mismos, sobre la representación Biplot.
- En determinados tipos, las longitudes y los ángulos de los vectores que representan a las variables, se interpretan en términos de variabilidad y covariabilidad respectivamente.
- Las relaciones entre individuos y variables se interpretan en términos de producto escalar, es decir, en términos de las proyecciones de los puntos “individuo” sobre los vectores “variable”.

El Biplot aproxima la distribución de una muestra multivariante en un espacio de dimensión reducida, normalmente de dimensión dos, y superpone sobre la misma representaciones de las variables sobre las que se mide la muestra. Las representaciones de las variables son normalmente vectores, y coinciden con las direcciones en las que mejor se muestra el cambio individual de cada variable.

### 2.4.2. Diferencia de un Biplot como mapa asimétrico y mapa simétrico

En los Biplots sólo representamos en coordenadas principales las filas o las columnas. En este sentido, pues, los mapas asimétricos son Biplots ya que en estos últimos también expresamos sólo las filas o las columnas en coordenadas principales. La diferencia entre ambas representaciones radica en que, en los mapas asimétricos, siempre se representa los puntos de referencia en coordenadas estándares, mientras que en los Biplots tenemos más posibilidades de elección. (GREENACRE, Michael 2008 [8]).

En el AC, los mapas asimétricos son Biplots; en cambio, en sentido estricto, los mapas simétricos <sup>4</sup> no lo son, a pesar de que en la práctica las direcciones definidas por los perfiles del mapa simétrico y los correspondientes vértices del mapa asimétrico, a menudo, no son muy distintas, de modo que la interpretación del Biplot sigue siendo válida. El Biplot proporciona una manera alternativa de determinar la calidad de los mapas, concretamente la capacidad de recuperar los valores de los perfiles a partir del mapa.

---

<sup>4</sup>En los mapas simétricos representamos tanto las filas como las columnas en coordenadas principales.

# Capítulo 3

## Aplicación

### 3.1. Introducción

El propósito de este trabajo es mostrar por medio de un ejercicio ilustrativo la utilización de una herramienta estadística tan importante como es el Análisis de Correspondencia Simple (ACS), a fin de contribuir con ello a la divulgación de técnicas estadísticas no convencionales en el área de salud.

Para la Institución se crea una base de datos en un entorno de MySQL y para el estudio se aplica la metodología del ACS, en el levantamiento y llenado de la información se utiliza el programa SPSS, para el análisis y la aplicación del ACS se utiliza el lenguaje “R” por su versatilidad en el ACS en relación a otros que se justifica en el Apéndice D de este trabajo.

### 3.2. Instrumento de Información

El instrumento que recolecta la información para este análisis, es el formulario de Denuncia de Accidente de Trabajo (FORM SP 004/97 CDA-I), que debe ser llenado y firmado por el empleador y por los médicos que hubieran atendido el caso posteriormente, debe ser presentado por el empleador dentro de las 24 horas de ocurrido el Accidente Profesional o Accidente Común que causa invalidez.

El formulario original es para el Ente Gestor de Salud y las seis copias se distribuyen a los siguientes: Empleador, Superintendencia de Pensiones, Direcciones Departamentales y Regionales del Ministerio de Trabajo y Microempresa, Instituto Nacional de Salud Ocupacional, Afiliado y AFP, formulario y copias deben entregarse hasta los 5 días en área urbana y 10 días en área rural.

El formulario está dividido a su vez en 5 secciones (primera plana de la denuncia) como se especifica a continuación y se puede constatar en la figura 3.1. De estas secciones se pueden rescatar las siguientes variables para la aplicación del análisis de correspondencias.

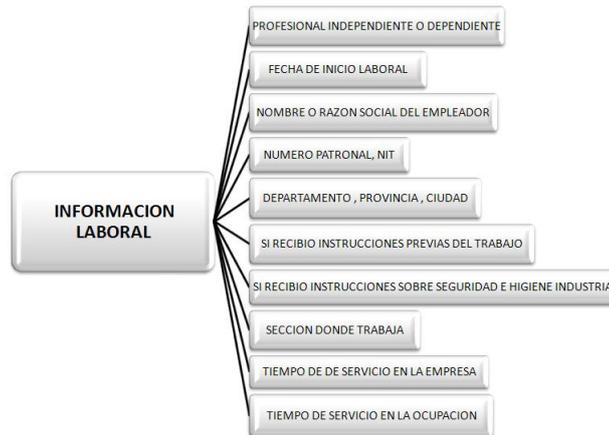
Figura 3.1: Trabajador Afiliado



Fuente: Elaboración propia

La **Sección I. Trabajador Afiliado** que se observa en la figura 3.1 se seleccionan las variables: “Fecha de Nacimiento” para el cálculo de la edad, el “Estado Civil”, el “Departamento” en el cual se realizó la denuncia del accidente.

Figura 3.2: Información Laboral



Fuente: Elaboración propia

La **Sección II. Información Laboral** que se observa en la figura 3.2 se seleccionan las variables “Si recibió instrucciones previas para su trabajo”y “si recibió instrucciones sobre seguridad e higiene industrial”

Figura 3.3: Reporte de Testigos



Fuente: Elaboración propia

La **Sección III. Reporte de Testigos** figura 3.3 se realizó un trabajo conjunto con la parte médica para determinar la variable gravedad y establecer los niveles de la misma.

Figura 3.4: Reporte del Personal Médico



Fuente: Elaboración propia

La **Sección IV. Reporte del Personal Médico** que se observa en la figura 3.4, contribuyó a determinar los niveles de la variable gravedad.

Figura 3.5: Para ser llenado por el Ente Gestor



Fuente: Elaboración propia

La **Sección V. Para ser llenado por el Ente Gestor** que se observa en la figura 3.5, al igual que en las secciones *III* y *IV* ayudó a determinar el último nivel de la variable gravedad que es la muerte del trabajador .

En el reverso de la hoja del formulario (ver en la figura del Apéndice C ), que muestra un resumen de datos para el análisis del accidente, que hubiera sido de mucha utilidad, sin embargo no son utilizadas en la aplicación de esta técnica, porque el 70 % de esta información esta ausente o simplemente mal llenada, una realidad que sucede en muchas instituciones del área de salud de nuestro país.

A pesar de este tipo de dificultades, se seleccionan variables para realizar la aplicación, creándose también la variable “Gravedad” con ayuda de la parte médica de la Institución, que sirve de parámetro para identificar la gravedad de las denuncias de accidentes de trabajo y estas a su vez en los diferentes departamentos de Bolivia.

La variable gravedad es un parámetro que permite determinar los niveles de gravedad en los accidentes laborales en Bolivia, que sirve de mucha ayuda para tomar medidas de

precaución para nuestros trabajadores, como se puede ver en el Apéndice B, por supuesto esta variable participara conjuntamente con las variables seleccionadas en la aplicación del ACS.

### 3.3. Variable Gravedad

La variable “**Gravedad**” de los accidentes laborales fue creada con la participación de los médicos de la Institución, ya que los factores que presenta una persona en estado de gravedad deben identificarlas profesionales médicos, además se identificó diferentes niveles de gravedad en las denuncias presentadas. La tabla 3.1, muestra la realidad de la gravedad que presentan los trabajadores bolivianos en sus accidentes en el año 2008.

Tabla 3.1: Gravedad de los accidentes de trabajo en Bolivia - 2008

Nivel de Gravedad	Frecuencia	Porcentaje
Sin Accidentes	9	0.80
Accidente Moderado	168	14.00
Accidente Leve	617	51.50
Accidente Grave	288	24.10
Accidente Muy Grave	83	6.90
Muerte	32	2.70

**Fuente:** Elaboración propia con información del INSO

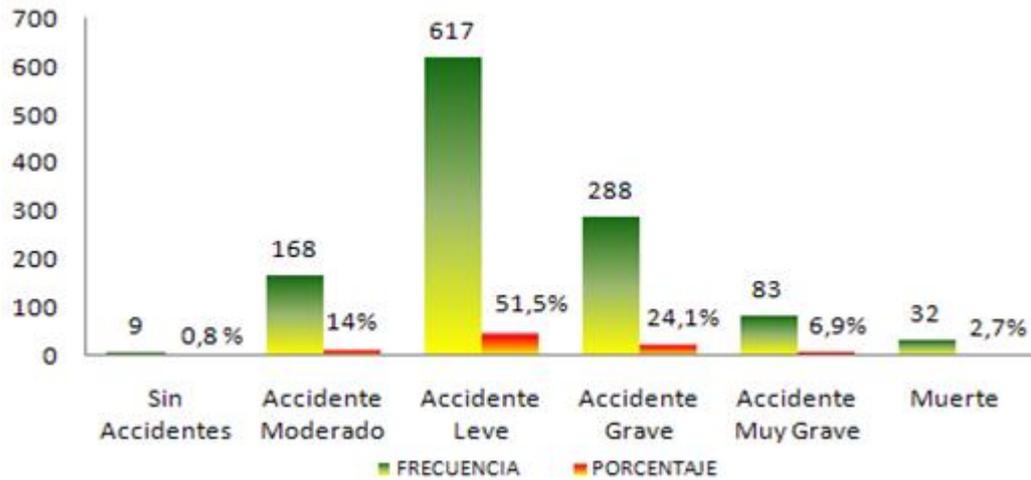
De la tabla 3.1 el grado de gravedad que impera es el “Leve”, sin embargo llama la atención que le siga el grado de gravedad “Grave”. Este parámetro muestra la gravedad que presentan los accidentes laborales en Bolivia, que sirve de ayuda para tomar medidas de precaución para los trabajadores, como se puede ver en el Apéndice A, cabe señalar que esta variable participa conjuntamente con las variables seleccionadas en la aplicación del ACS.

A pesar de que los accidentes puedan ser fortuitos o no, la Gravedad que se observa que tienen mayor frecuencia son en los niveles “Leve” y “Grave”.

Por otro lado, si se estudia el entrenamiento previo que recibió el trabajador antes de iniciar su actividad laboral, con el nivel de gravedad, se observa que es muy grande la diferencia que se ve en las cifras en las que respondieron que si frente a la respuesta de que no recibió entrenamiento previo, dejando muy lejos a aquellos que no respondieron.

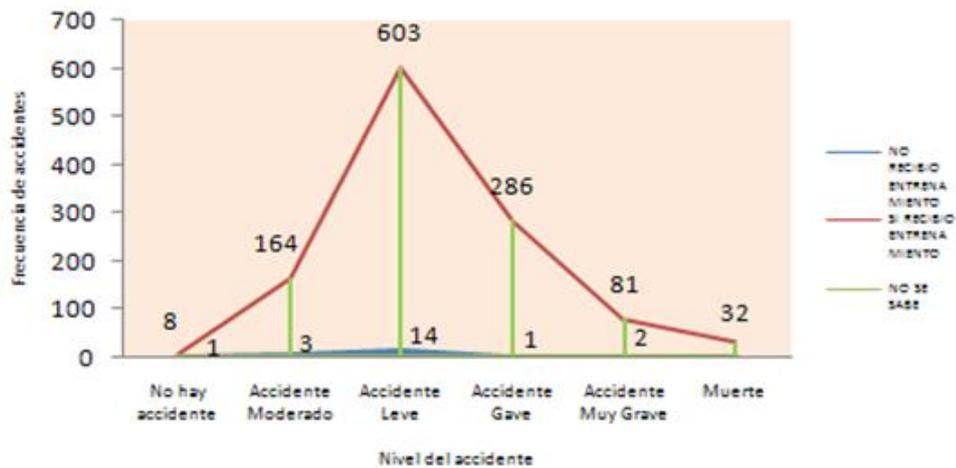
La figura 3.7 muestra la frecuencia de los niveles de gravedad que presentaron los accidentes laborales en la gestión 2008, pero solo de aquellos que si recibieron entrenamiento previo antes de realizar su trabajo, se esperaba que los resultados muestren mayores frecuencias en los accidentes moderados y después los leves, pero frente a estos resultados se toman medidas de precaución que se detallan en el Apéndice A.

Figura 3.6: Niveles de Gravedad de los Accidentes Laborales en Bolivia -2008



Fuente: Elaboración propia

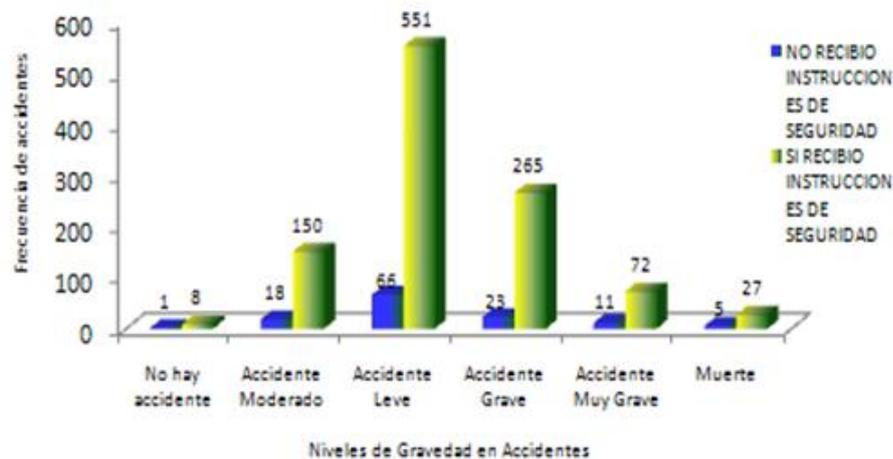
Figura 3.7: Gravedad de accidentes en trabajadores que recibieron entrenamiento previo para efectuar el trabajo



Fuente: Elaboración propia

Así como es importante si recibieron entrenamiento previo antes de efectuar su trabajo, también es importante si recibieron instrucciones previas sobre seguridad e higiene industrial, justamente es lo que muestra el siguiente gráfico de barras con sus correspondientes frecuencias. Aquellos accidentados que si recibieron estas instrucciones presentan un nivel de la gravedad leve, y a aquellos que no recibieron dichas instrucciones también presentan un nivel de gravedad leve en los accidentes, pero en segundo lugar a pesar de que recibieron o no instrucciones presentan un nivel de gravedad Grave, entonces: las ¿Instrucciones no son adecuadas?, ¿Hacen caso omiso de ellas?, ¿No reciben estas instrucciones?, surgen cuestionantes en relación a si las instrucciones son adecuadas, si los trabajadores no hacen caso y si no reportan la verdad en las denuncias de Accidentes Laborales.

Figura 3.8: Gravedad de accidentes en trabajadores que recibieron instrucciones sobre seguridad e higiene industrial



Fuente: Elaboración propia

Una vez conocida la variable Gravedad, se procede a la identificación de las variables con las cuales se va a trabajar en el Análisis de Correspondencia Simple, misma que se detalla en la siguiente sección.

### 3.4. Identificación de Variables

Con el instrumento de recolección de datos que fue detallado en las cinco Subsecciones previas, se depuran las variables que no son necesarias para esta aplicación y se trabaja con las siguientes variables seleccionadas:

- Mes
- Sexo
- Edad
- Estado Civil
- Gravedad del Accidente
- Entrenamiento previo de trabajo
- Departamento en donde ocurrió el accidente
- Instrucciones sobre Seguridad e Higiene Industrial

### 3.5. Desarrollo de la Metodología

La técnica del Análisis de Correspondencia Simple mide distancias, a través de la “Distancia Chi-Cuadrado”, luego se aplica el proceso de normalización en donde la Inercia se reparte equitativamente entre filas y columnas, para de esta manera llevar a cabo la descomposición en valores singulares (DVS) reduciendo dimensiones.

Como un primer paso una vez identificadas las variables cualitativas con las cuales se va a trabajar se realiza la prueba Chi Cuadrado para saber el grado de dependencia que existe entre ellas, una vez que se ha obtenido el valor de la prueba se realiza los correspondientes pasos del Análisis de Correspondencias Simple, que permite detectar en que consisten las similitudes entre las categorías de cualquiera de las dos variables o la dependencia entre ellas.

Las variables que ingresan en el estudio son: el Mes en el que ocurrió el accidente y el Estado Civil de la persona accidentada, la aplicación del ACS con las otras variables seleccionadas se desarrolla en el Apéndice B.

### 3.6. Análisis de las variables Mes y Estado Civil

La tabla 3.2 es un ejemplo de una tabla bidimensional que proporciona una instantánea de cómo se ven los accidentes laborales en sus diferentes estados civiles. Al respecto surge la siguiente cuestionante: ¿Cómo cambia esta percepción de los accidentes según su estado civil con los meses? Utilizando el AC se interpreta de manera rápida la relación entre los meses y el estado civil del accidentado.

Tabla 3.2: Frecuencia de accidentes por Mes según su Estado Civil

Mes	Estado Civil					Suma
	Soltero	Casado	Conviviente	Separado	Viudo	
<b>Enero</b>	112	61	12	4	2	191
<b>Febrero</b>	83	30	6	1	0	120
<b>Marzo</b>	83	34	7	0	1	125
<b>Abril</b>	47	15	4	2	2	70
<b>Mayo</b>	39	7	2	0	0	48
<b>Junio</b>	62	26	4	4	0	96
<b>Julio</b>	96	32	5	0	2	135
<b>Agosto</b>	82	53	16	4	0	155
<b>Septiembre</b>	51	9	2	1	1	64
<b>Octubre</b>	27	11	0	1	0	39
<b>Noviembre</b>	20	16	0	0	0	36
<b>Diciembre</b>	66	36	10	2	2	116
<b>Suma</b>	768	330	68	19	10	1195

**Fuente:** Elaboración propia con información del INSO

Por el momento interesan los perfiles de los grupos de cada mes (perfiles fila) con relación al estado civil.

En la tabla 3.3 se expresan los perfiles fila como porcentajes, la última fila es el perfil fila medio ó perfil fila resultante de considerar conjuntamente todos los grupos del mes, es decir, sin distinguir entre grupos del mes.

Observando los grupos del mes se identifican diferencias significativas; por ejemplo, los meses de Mayo y Noviembre tienen porcentajes más altos de estos doce meses (el 81,25 % son solteros y el 44,44 % casados, respectivamente) al contrario al de los meses de Agosto y Mayo que tienen porcentajes más bajos entre los solteros y casados (el 52.90 % y el 14.58 %, respectivamente). Examinada con detalle la tabla 3.3 se llega a la conclusión de que la autopercepción de los accidentes aumenta en los meses de mayo a septiembre, lo que constituye una sorpresa, ya que lo que se escuchaba en medios de comunicación era que los accidentes se generaban con mayor frecuencia a fin de año. Sin embargo, solamente con valores numéricos, es imposible determinar la intensidad con la que ocurren los accidentes, o indicar el estado civil de las personas donde ocurren mayor o menor cantidad de accidentes.

Tabla 3.3: Media de los Perfiles Filas según su Estado Civil

Mes	Estado Civil					Suma
	Soltero	Casado	Conviviente	Separado	Viudo	
<b>Enero</b>	58.64	31.94	6.28	2.09	1.05	100
<b>Febrero</b>	69.17	25.00	5.00	0.83	0.00	100
<b>Marzo</b>	66.40	27.20	5.60	0.00	0.80	100
<b>Abril</b>	67.14	21.43	5.71	2.86	2.86	100
<b>Mayo</b>	81.25	14.58	4.17	0.00	0.00	100
<b>Junio</b>	64.58	27.08	3.70	4.17	0.00	100
<b>Julio</b>	71.11	23.70	10.32	0.00	1.48	100
<b>Agosto</b>	52.90	34.19	3.13	2.58	0.00	100
<b>Septiembre</b>	79.69	14.06	0.00	1.56	1.56	100
<b>Octubre</b>	69.23	28.21	0.00	2.56	0.00	100
<b>Noviembre</b>	55.56	44.44	8.62	0.00	0.00	100
<b>Diciembre</b>	56.90	31.03	5.69	1.72	1.72	100
<b>Media</b>	64.27	27.62	68	1.59	0.84	100

**Fuente:** Elaboración propia con información del INSO

Así por ejemplo, se puede ver que de los 1195 accidentes laborales durante el año 2008 en Bolivia, el 64,27 % de accidentados son solteros y el 27,62 % son casados, etc.

### 3.7. Desarrollo del ACS par las variables Mes vs Estado Civil

Para desarrollar el A.C.S. de estas variables, surgen muchas interrogantes, se quiere saber si ¿es poco probable que las discrepancias entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas se deban sólo al azar entre las categorías del mes y el estado civil de la persona accidentada?, ¿es probable que existan diferencias reales entre los niveles de mes, en lo concerniente a los perfiles de los tipos de Estado Civil?; para poder responder a estas interrogantes primero se realiza la prueba de independencia del estadístico Chi Cuadrado en estas variables.

#### 3.7.1. Prueba Chi-Cuadrado del Mes vs Estado Civil

Las frecuencias observadas siempre serán distintas de las frecuencias esperadas. Sin embargo, se quiere saber si estas diferencias son suficientemente grandes como para contradecir la hipótesis de que las filas son homogéneas.

$$\begin{cases} H_0 : \text{Las Filas son Homogéneas} \\ H_1 : \text{Las Filas son Heterogéneas} \end{cases}$$

Para responder a esta pregunta se calcula una medida de discrepancia entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas. Concretamente, se calculan las diferencias entre cada par de frecuencias observadas y esperadas, se elevan al cuadrado y se las divide por las frecuencias esperadas finalmente se van acumulando los resultados hasta llegar a un valor final.

Prueba Chi Cuadrado de Pearson

Datos: Mes. Civil

Chi Cuadrado = 76.0174, Grados de Libertad = 55, P-valor = 0.03175

Este resultado indica que la probabilidad de que las frecuencias observadas en la prueba se correspondan con el supuesto de homogeneidad es extremadamente baja el de 0.03175 del p - valor (tres entre 100).

Es decir, rechazamos la homogeneidad de la tabla y concluimos que es muy probable que existan diferencias reales entre los niveles de mes, en lo concerniente a los perfiles de los tipos de Estado Civil.

De hecho, se está más interesados en la capacidad del  $\chi^2$  para medir la falta de homogeneidad, es decir, para medir la heterogeneidad entre los perfiles, que en la prueba estadística de homogeneidad que acabamos de describir, siendo así proseguimos con los pasos que vimos en desarrollo del algoritmo básico de cálculo del marco teórico del ACS y se hace una modificación más en el cálculo del estadístico  $\chi^2$  que en el AC, llamamos inercia total, o simplemente inercia, al valor  $\chi^2/n$  porque geométricamente mide lo “lejos”

que se hallan los perfiles fila (o los perfiles columna) de su perfil medio.

Se considera que el perfil medio simboliza la hipótesis de homogeneidad (es decir, de igualdad) de los perfiles.

### 3.7.2. Cálculo de la matriz de correspondencias

Calculamos la matriz de correspondencias con las variables Mes y Estado Civil según la formula que sigue a continuación:

$$P_{ixj} = \frac{1}{n} X$$

Tabla 3.4: Matriz de Correspondencias de Mes y Estado Civil

Mes	Estado Civil				
	Soltero	Casado	Conviviente	Separado	Viudo
<b>Enero</b>	0.0937	0.0510	0.0084	0.0033	0.0017
<b>Febrero</b>	0.0695	0.0251	0.0050	0.0008	0.0000
<b>Marzo</b>	0.0695	0.0285	0.0059	0.0000	0.0008
<b>Abril</b>	0.0393	0.0126	0.0033	0.0017	0.0017
<b>Mayo</b>	0.0326	0.0059	0.0017	0.0000	0.0000
<b>Junio</b>	0.0519	0.0218	0.0033	0.0033	0.0000
<b>Julio</b>	0.0803	0.0268	0.0033	0.0000	0.0017
<b>Agosto</b>	0.0686	0.0444	0.0134	0.0033	0.0000
<b>Septiembre</b>	0.0427	0.0075	0.0017	0.0008	0.0008
<b>Octubre</b>	0.0226	0.0092	0.0000	0.0008	0.0000
<b>Noviembre</b>	0.0167	0.0134	0.0000	0.0000	0.0000
Diciembre	0.0552	0.0301	0.0075	0.0017	0.0017

### Cálculo de las masas de Filas y de Columnas

$$r = P1$$

$$c = P^T 1$$

donde:

$$r_{(I \times 1)} = P_{(I \times J)} 1_{(J \times 1)}; \quad c_{(J \times 1)} = P_{(J \times I)} 1_{(I \times 1)}$$

Para nuestro caso:

$$r_{(12 \times 1)} = P_{(12 \times 5)} 1_{(5 \times 1)}$$

$$c_{(5 \times 1)} = P^T_{(5 \times 12)} 1_{(12 \times 1)}$$

$$r = \begin{bmatrix} 0.1589 \\ 0.1004 \\ 0.1046 \\ 0.0586 \\ 0.0402 \\ 0.0803 \\ 0.1129 \\ 0.1297 \\ 0.0535 \\ 0.0326 \\ 0.0301 \\ 0.0970 \end{bmatrix}$$

$$c = \begin{bmatrix} 0.6418 \\ 0.2762 \\ 0.0536 \\ 0.0159 \\ -0.0084 \end{bmatrix}$$

$c_{Jx1} = p_{JxI}^T 1_{Ix1}$  Note que el rango  $(\tilde{P}) \leq J - 1$  sii  $\tilde{P} * 1 = (P - rc^T)1 = P1 - rc^T 1 = r - r = 0$

Utilizando los datos del ejemplo, se comprueba que:

$$\tilde{P}1 = P1 - rc^T = 0$$

$$\tilde{P} \mathbf{1} = \begin{bmatrix} 0.1598 \\ 0.1004 \\ 0.1046 \\ 0.0586 \\ 0.0402 \\ 0.0803 \\ 0.1129 \\ 0.1297 \\ 0.0535 \\ 0.0326 \\ 0.0301 \\ 0.0971 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.1598 \\ 0.1004 \\ 0.1046 \\ 0.0586 \\ 0.0402 \\ 0.0803 \\ 0.1129 \\ 0.1297 \\ 0.0535 \\ 0.0326 \\ 0.0301 \\ 0.0971 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ahora se define las Matrices Diagonales:

$$D_r = \text{diag}(r_1, r_2, \dots, r_I) \text{ y } D_c = \text{diag}(c_1, c_2, \dots, c_J)$$

Para el caso particular:

$$D_r = \text{diag}(r_1, r_2, \dots, r_{12}) \text{ y } D_c = \text{diag}(c_1, c_2, \dots, c_6)$$

$$D_r = \begin{bmatrix} 0.1598 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1004 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.1046 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0586 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0402 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0803 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.113 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.1297 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0535 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0326 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0301 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.097 \end{bmatrix}$$

$$D_c = \begin{bmatrix} 0.6418 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.2762 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0536 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0159 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0084 \end{bmatrix}$$

**Cálculo de la matriz  $P^*$  de residuos estandarizados**

$$P^* = D_r^{-\frac{1}{2}} (P - rc') D_c^{-\frac{1}{2}}$$

El producto de estas operaciones:

$$P_{(I \times J)}^* = D_{r(I \times I)}^{-\frac{1}{2}} \tilde{P}_{I \times J} D_{c(J \times J)}^{-\frac{1}{2}}$$

Para los datos del mes y estado civil se tiene:

$$P_{12 \times 5}^* = \begin{bmatrix} -0.0281 & 0.0329 & -0.0021 & 0.01599 & 0.0092 \\ 0.0194 & -0.0158 & -0.0049 & -0.0190 & -0.0290 \\ 0.0086 & -0.0025 & 0.0034 & -0.0408 & -0.0013 \\ 0.0087 & -0.0285 & 0.0037 & 0.0243 & -0.0183 \\ 0.0425 & -0.0497 & -0.0103 & -0.0253 & -0.0183 \\ 0.0011 & -0.0029 & -0.0146 & 0.0579 & -0.0259 \\ 0.0287 & -0.0250 & -0.0347 & -0.0423 & 0.0237 \\ -0.0511 & 0.0451 & 0.0773 & 0.0283 & -0.0329 \\ 0.0445 & -0.0596 & -0.0223 & -0.0005 & 0.01835 \\ 0.0112 & 0.0021 & -0.0418 & 0.0139 & -0.0165 \\ -0.0189 & 0.0556 & -0.0402 & -0.0219 & -0.0159 \\ -0.0286 & 0.0203 & 0.0323 & 0.0033 & 0.0302 \end{bmatrix}$$

### 3.7.3. Reducción de Dimensionalidad

En la mayoría de aplicaciones del AC, las tablas de interés tienen muchas más filas y columnas como se puede ver en esta aplicación, es decir que, los perfiles se sitúan en un espacio de mayor dimension a un espacio bidimensional o tridimensional. Dado que no se puede ni observar ni imaginar fácilmente puntos en un espacio de más de tres dimensiones, es necesario reducir la dimensionalidad de los puntos mediante la DVS.

#### Cálculo de la DVS de $P^*$

Los valores singulares de la descomposición de  $P^*$  se obtienen como:

$$P^*_{(I \times J)} = U_{I \times (J-1)} \Lambda_{(J-1)(J-1)} V^T_{(J-1) \times J}$$

$$P^*_{(12 \times 5)} = U_{12 \times (5-1)} \Lambda_{(5-1)(5-1)} V^T_{(5-1) \times 5}$$

$$P^* = U \Lambda_\alpha V^T$$

Donde: rango de  $(P^*) = \text{rango}(\tilde{P}) \leq J-1$ , para el caso particular rango  $(P^*) = \text{rango}(\tilde{P}) \leq 5-1$ , dado que  $U^T U = V^T V = I$  y  $\Lambda_\alpha$  es la matriz diagonal de valores singulares (positivos) en orden descendente:  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \lambda_{J-1} \geq \lambda_J$ .

Así los valores singulares de la de  $P^T$  son:

$$\lambda_{5 \times 5} = \begin{pmatrix} 0.1727 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1024 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0911 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0769 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \end{pmatrix}$$

Y se puede observar que la última fila y columna son vectores nulos por lo que se puede definir la matriz diagonal  $\Lambda_{(5-1) \times (5-1)}$ . Por tanto la matriz diagonal  $\Lambda = \text{diagonal}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{J-1}) = \text{diagonal}(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4)$ .

$$\lambda_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 0.1727 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1024 & 0.0000 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0911 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0769 \end{pmatrix}$$

En esta aplicación, no se visualizan de los perfiles de los meses porque los perfiles son puntos que se sitúan en un espacio de cinco dimensiones. En realidad, al tener los perfiles de los meses en cinco dimensiones y ser su suma igual a 1, éstos se sitúan en un espacio

de una dimensión menor.

La visualización directa en un espacio de cuatro dimensiones es imposible. Por tanto, es interesante visualizar los perfiles aunque de forma aproximada en un espacio de tres dimensiones, como se vera más adelante luego de calcular los aportes que proporciona la inercia para reducir las dimensiones.

De la DVS se tienen que los vectores derecho (V) e izquierdo (U)son:

$$V_{5 \times 4} = \begin{pmatrix} 0.5670 & -0.0086 & 0.1065 & 0.1563 \\ -0.6156 & 0.4575 & -0.1445 & -0.3386 \\ -0.4513 & -0.5385 & -0.3091 & 0.5949 \\ -0.2805 & -0.4208 & 0.8259 & -0.2152 \\ 0.1311 & -0.5688 & -0.4361 & -0.6788 \end{pmatrix}$$

$$U_{12 \times (5-1)} = \begin{pmatrix} -0.2543 & -0.0197 & -0.0177 & -0.2508 \\ 0.1526 & 0.2153 & 0.0451 & 0.3467 \\ 0.1058 & 0.1691 & -0.3449 & 0.1448 \\ 0.1305 & -0.5261 & 0.0191 & -0.3947 \\ 0.3771 & 0.0474 & 0.0305 & 0.4384 \\ -0.0526 & -0.0117 & 0.7159 & -0.0583 \\ 0.3433 & 0.0756 & -0.3291 & -0.1385 \\ -0.5820 & -0.0953 & 0.0457 & 0.4501 \\ 0.4386 & -0.2394 & 0.1386 & 0.0001 \\ 0.1069 & 0.2692 & 0.3614 & -0.2126 \\ -0.1284 & 0.6457 & -0.0920 & -0.4017 \\ -0.2488 & -0.2897 & -0.3099 & -0.1274 \end{pmatrix}$$

### 3.7.4. Cálculo de Coordenadas Estándares de las filas de $\tilde{V}$

Ahora se procede con el cálculo de las coordenadas estándares<sup>1</sup>.

$$\tilde{V} = D_c^{\frac{1}{2}} V$$

$$\tilde{V}_{5 \times 4} = \begin{pmatrix} 0.4545 & -0.0069 & 0.0854 & 0.1253 \\ -0.3235 & 0.2404 & -0.0759 & -0.1779 \\ -0.1077 & -0.1285 & -0.0737 & 0.1419 \\ -0.0354 & -0.0531 & 0.1041 & -0.0271 \\ 0.0120 & -0.0520 & -0.0399 & -0.0621 \end{pmatrix}$$

Las columnas de  $\tilde{V}$  definen las coordenadas de puntos que representan los perfiles fila de  $P$ .

---

<sup>1</sup>Las “coordenadas de las posiciones de los vértices” son estandarizadas para que tengan media 0 y varianza 1, y las llamaremos coordenadas estándares y las “coordenadas de las posiciones de los perfiles” son las coordenadas de los perfiles en los ejes principales, y las denominaremos coordenadas principales

### 3.7.5. Cálculo de Coordenadas Estándares de las columnas de $\tilde{U}$

$$\tilde{U} = D_r^{\frac{1}{2}}U$$

$$U_{12 \times 4} = \begin{pmatrix} -0.1017 & -0.0079 & -0.0071 & -0.1003 \\ 0.0484 & 0.0682 & 0.0143 & 0.1099 \\ 0.0342 & 0.0547 & -0.1116 & 0.0468 \\ 0.0316 & -0.1273 & 0.0046 & -0.0955 \\ 0.0756 & 0.0095 & 0.0061 & 0.0879 \\ -0.0149 & -0.0033 & 0.2029 & -0.0165 \\ 0.1154 & 0.0254 & -0.1106 & -0.0465 \\ -0.2096 & -0.0343 & 0.0165 & 0.1621 \\ 0.1015 & -0.0554 & 0.0321 & 0.0000 \\ 0.0193 & 0.0486 & 0.0653 & -0.0384 \\ -0.0223 & 0.1121 & -0.0160 & -0.0697 \\ -0.0775 & -0.0903 & -0.0966 & -0.0397 \end{pmatrix}$$

Las columnas de  $\tilde{U}$  define las coordenadas de puntos representando los perfiles columnas de  $P$ .

### 3.7.6. Cálculo de las Coordenadas Principales de las Filas

$$Y_{(I \times (J-1))} = D_r^{-1}\tilde{U}\Lambda$$

$$Y_{12 \times 4} = \begin{pmatrix} -0.0176 & -0.0008 & -0.0006 & -0.0077 \\ 0.0084 & 0.0070 & 0.0013 & 0.0085 \\ 0.0059 & 0.0056 & -0.0102 & 0.0036 \\ 0.0055 & -0.0130 & 0.0004 & -0.0073 \\ 0.0131 & 0.0010 & 0.0006 & 0.0068 \\ -0.0026 & -0.0003 & 0.0185 & -0.0013 \\ 0.0199 & 0.0026 & -0.0101 & -0.0036 \\ -0.0362 & -0.0035 & 0.0015 & 0.0125 \\ 0.0175 & -0.0057 & 0.0029 & 0.0000 \\ 0.0033 & 0.0050 & 0.0060 & -0.0030 \\ -0.0039 & 0.0115 & -0.0015 & -0.0054 \\ -0.0134 & -0.0092 & -0.0088 & -0.0031 \end{pmatrix}$$

Las primeras dos columnas de  $Y$  contienen los pares de coordenadas de los puntos fila, que corresponden a la mejor representación de los datos en un espacio bidimensional.

### 3.7.7. Cálculo de las Coordenadas Principales de las Columnas

$$Z_{(J \times (J-1))} = D_c^{-1}\tilde{V}\Lambda$$

Las primeras dos columnas de  $Z$  contienen los pares de coordenadas de los puntos columna, que corresponden a la mejor representación de los datos en un espacio bidimensional.

$$Z_{5 \times 4} = \begin{pmatrix} 0.0785 & -0.0007 & 0.0078 & 0.0096 \\ -0.0559 & 0.0246 & -0.0069 & -0.0137 \\ -0.0186 & -0.0132 & -0.0067 & 0.0109 \\ -0.0061 & -0.0054 & 0.0095 & -0.0021 \\ 0.0021 & -0.0053 & -0.0036 & -0.0048 \end{pmatrix}$$

### 3.7.8. Cálculo de las Inercias Principales

La magnitud de la discrepancia entre las posiciones exactas y las aproximadas, se calcula utilizando la inercia total de los perfiles como una medida de la variabilidad total; es decir, como una medida de la dispersión geométrica de los puntos en sus verdaderas posiciones tetra dimensionales. La inercia principal<sup>2</sup> también recibe el nombre de valor propio ya que se puede calcular como un valor propio de una matriz cuadrada simétrica.

El cálculo de la inercia total es la suma de los elementos diagonales al cuadrado de la matriz  $\Lambda$  como se muestra:

$$\text{Inercia Total} = \sum_{i=1}^K \lambda_i^2$$

Donde  $K = J - 1$  y  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots, \lambda_K > 0$  son los elementos diagonales diferentes a cero de la matriz  $\Lambda$ .

La inercia total de la tabla de contingencia es igual 0.0545, geoméricamente, la inercia mide cuan “lejos” se hallan los perfiles fila (o los perfiles columna) de su perfil medio.

Así pues, dado que no se puede visualizar el espacio de cuatro dimensiones, se visualizan los perfiles de forma aproximada en un subespacio tres dimensiones. Precisamente ésta es la esencia del AC, la identificación de subespacios de pocas dimensiones que contengan los perfiles, aunque sea de forma aproximada. Se identifican dimensiones para las cuales existe muy poca dispersión de los perfiles, y que elimina las direcciones de dispersión que aportan poca información, reduciendo la dimensionalidad de la nube de puntos se visualizaran más fácilmente las posiciones relativas de los perfiles.

Descomponiendo las inercias principales en cuatro dimensiones se tiene la siguiente tabla, donde se observa que el aporte con mayor porcentaje es de 54.68 % de inercia explicada por el primer eje principal.

El aporte de porcentajes de inercia explicada de cada dimensión se representa a traves de porcentajes acumulados y el diagrama de descomposición (screeplot en inglés) como se muestra:

---

<sup>2</sup>Las inercias principales (o sus raíces cuadradas) son también medidas de dispersión, pero se refieren a los ejes principales de forma individual, no al espacio de perfiles en su conjunto.

Inercias Principales (Eigenvalores):				
	1	2	3	4
<b>Valor</b>	0.029828	0.010488	0.008311	0.00592
<b>Porcentaje</b>	54.68 %	19.23 %	15.24 %	10.85 %

Inercias Principales (Eigenvalores):				
dim	valor	%	acum %	screepplot
<b>1</b>	0.029828	54.7	54.7	*****
<b>2</b>	0.010488	19.2	73.9	*****
<b>3</b>	0.008311	15.2	89.1	***
<b>4</b>	0.005920	10.9	100.0	
<b>Total:</b>	<b>0.054547</b>	<b>100.0</b>		

La inercia explicada se expresa para cada eje como porcentaje. Así, las dos primeras dimensiones explican casi el 73.9 % de la inercia y si se observa mejor las primeras tres dimensiones aportan con el 89.1 % dejando a la cuarta dimensión con un aporte de un 10.9 % para completar al 100 %. La suma de las inercias principales es de 0.054547 que es el mismo valor que se obtuvo al sumar los cuadrados de los elementos de la diagonal principal de la matriz  $\Lambda$ ; por tanto, el estadístico  $\chi^2$  es igual a  $0,054547 \times 1195 = 0,02061206$ . Si se realiza una prueba estadística utilizando la distribución  $\chi^2$  con  $11 \times 4 = 44$  grados de libertad, se tendrá un valor significativo con una probabilidad  $p = 0,0206 \leq 0,05$ .

Como pauta general, para decidir qué contribuciones son grandes y cuáles son pequeñas, se utiliza como valor umbral la media de las contribuciones a la inercia. Así, las contribuciones de las 12 filas suman 1195, su media será de 99.58, por tanto se considera contribuyentes principales las filas con contribuciones mayores del 99.6 %. En este caso Enero, Febrero, Marzo, Junio, Julio, Agosto, Diciembre contribuyen<sup>3</sup>. Por otro lado, se tiene cinco columnas, lo que da una media de 239 %, por tanto, las columnas Soltero y Casado son las que más contribuyen.

### 3.7.9. Inercia de Perfiles Fila y Columna

En la Inercia de filas, la contribución de cada fila a la inercia es igual a su masa multiplicada por el cuadrado de su distancia al centroide de las filas, que se conoce distancia Chi - Cuadrado como inercia de filas. La tabla anterior proporciona la masa de los perfiles fila (meses del año), la distancia Chi-Cuadrado al centroide, la inercia explicada del perfil fila y las coordenadas estándares de las dos primeras dimensiones.

En la tabla siguiente se presenta la inercia de filas:

<sup>3</sup>Para un mejor entendimiento de como decidir que contribuciones son grandes y pequeñas ver la tabla 1 del capítulo de la aplicación y comparamos el valor de la media con los valores que generan el perfil fila y aquellos que sean menores que el valor umbral de la media son los que menos contribuyen en la información

Filas:	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Masa	0.159833	0.100418	0.104603	0.058577	0.040167	0.080335	0.112971	0.129707	0.053556	0.032636	0.030126	0.097071
Dist Chi	0.120165	0.137902	0.129228	0.272070	0.367042	0.233076	0.201566	0.296676	0.348384	0.274225	0.442205	0.193133
Inercia	0.002308	0.001910	0.001747	0.004336	0.005411	0.004364	0.004590	0.011416	0.006500	0.002454	0.005891	0.003621
Dim.1	-0.636080	0.481653	0.327120	0.539140	1.881.670	-0.185439	1.021.461	-1.616.066	1.895.484	0.591636	-0.739610	-0.798455
Dim.2	-0.049247	0.679340	0.522857	-2.173.701	0.236377	-0.041230	0.224991	-0.264780	-1.034.392	1.490.016	3.720.438	-0.929991

La tabla de las columnas al igual que en el caso de las filas proporciona las masas del perfil columna (Estado Civil de los accidentados), las distancias  $\chi^2$  al centroide, las inercias y las coordenadas estándares en las dos primeras dimensiones.

Columnas:	Soltero	Casado	Conviviente	Divorciado	Viudo
Masa	0.642678	0.276151	0.056904	0.015900	0.008368
Dist Chi	0.123667	0.227975	0.459334	0.798874	0.990748
Inercia	0.009829	0.014352	0.012006	0.010147	0.008214
Dim.1	0.707261	-1.171.484	-1.891.864	-2.224.678	1.432.897
Dim.2	-0.010703	0.870664	-2.257.632	-3.337.128	-6.217.494

A continuación se construye “el Biplot”; un mapa que permite interpretar de forma más precisa la visualización conjunta de las filas y las columnas.

Gráficamente se representa un mapa asimétrico es decir un Biplot; en cambio en sentido estricto, el mapa simétrico no lo es, a pesar de que en la práctica como se observa en los siguientes gráficos no son tan diferentes, puesto que la interpretación del Biplot sigue siendo válida. Por tanto, en el mapa simétrico se representan tanto las filas como las columnas en coordenadas principales.

La comodidad del mapa simétrico <sup>4</sup>, como el de la figura 3.9, tiene un precio que deriva del riesgo de querer interpretar de forma directa las distancias entre filas y columnas.

En este mapa, no se ha definido ni se tiene previsto definir este tipo de distancias. Se trata de una característica del AC que a menudo es mal comprendida y que frecuentemente, causa confusión entre los usuarios de los mapas simétricos a los que les gustaría realizar grupos formados por filas y columnas (véase el epílogo del trabajo).

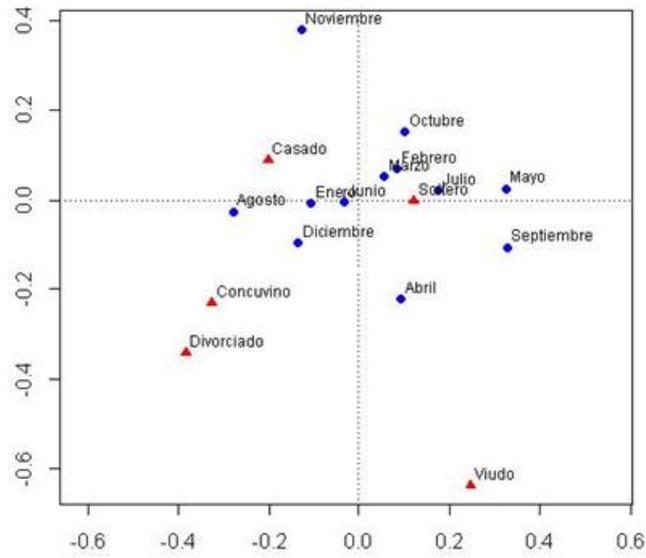
Las asociaciones que se observan en el mapa muestra que se encuentran en diferentes espacios, se recuerda que cuando se interpreta este tipo de mapa simétrico, se tiene que tener siempre presente que no es más que el “solapamiento de dos mapas distintos”, por lo que no se describe correctamente las asociaciones que se ven en el mapa 3.9, este tipo de interpretación es, hasta cierto punto posible sólo en el caso de mapas asimétricos como el de la la figura 3.10 por lo tanto no existe una interpretación específica para las distancias entre las filas y las columnas del mapa 3.9.

Note que, con relación al mapa de la la figura 3.9, aparecen invertidos los dos ejes principales del mapa asimétrico <sup>5</sup> de la figura 3.10

<sup>4</sup>Para obtener el mapa simétrico del AC basta con escribir y ejecutar la función `plot()` con `ca(mes.civ)` en el lenguaje “R”

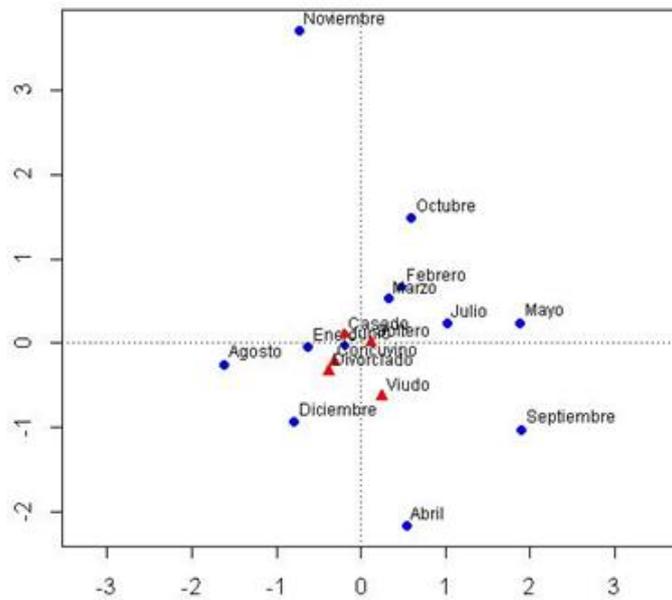
<sup>5</sup>Para obtener el mapa Asimétrico se añade la opción `map = “rowprincipal”` o `map = “colprincipal”` a la función `plot`.

Figura 3.9: Mapa Simétrico de los datos Mes y Estado Civil



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10: Mapa Asimétrico de los datos Mes y Estado Civil



Fuente: Elaboración propia

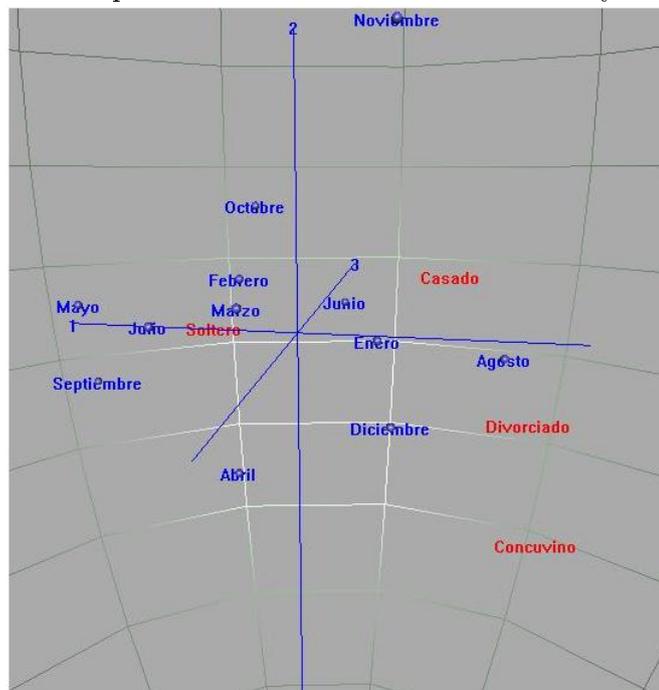
Observe que en las posiciones de los perfiles se observa la separación de los grupos es decir que: Enero, Junio, Agosto, Noviembre, Diciembre situados a la izquierda y por otro lado Febrero, Marzo, Mayo, Julio, Octubre, Septiembre y Abril ; las mayores diferencias en los meses de los accidentes se hallan entre estos dos extremos. Los meses de Febrero, Marzo, se hallan entre Mayo Julio y Octubre, mientras que Enero se halla muy cerca de Junio.

Además se observa las posiciones de los perfiles con relación a los vértices, para poder explicar las similitudes y las diferencias entre los meses, observando que las categorías de Divorciado, Concubino y Casado se hallan a la izquierda y la categoría de Viudo y Soltero se hallan a la derecha, la distinción entre derecha e izquierda es equivalente a la distinción entre Solteros (no existe una pareja única) y No Solteros (existe una pareja única aunque estén separados).

En otras palabras, el grupo de los Solteros se accidenta a principios de año es decir en los meses Febrero, Marzo, Julio y los No Solteros en los meses de Enero, Agosto y Diciembre.

Para visualizar los datos de una manera más explicativa sobre el mes del accidente y el estado civil, se contruye con la ayuda de R un mapa tridimensional de ACS, como se muestra en la figura 3.11

Figura 3.11: Mapa Tridimensional de ACS del Mes y Estado Civil



**Fuente:** Elaboración propia

Se puede observar la situación del Estado Civil que presentan los accidentados y la dependencia que se muestra con ciertos meses del año. Note que la descripción que se dio en el mapa asimétrico concuerda con la figura 3.11 del mapa tridimensional, en este gráfico se observa con mayor nitidez como se separan las categorías de los Solteros y su asociación con los primeros meses del año a excepción del mes de Enero y los No Solteros asociados con los meses de Enero, Agosto y Diciembre.

Se grafica nuevamente el mapa tridimensional y se revisa la información desde una perspectiva más lejana, se observa que existe una categoría muy distante (Viudo) a las otras categorías del Estado Civil, que si bien se halla en la misma dimensión del grupo

Figura 3.12: Mapa Tridimensional de ACS del Mes y Estado Civil



Fuente: Elaboración propia

de los Solteros se encuentra muy distante. Con el avance de la tecnología los softwares estadísticos, específicamente el lenguaje *R* contribuyen de manera satisfactoria en este trabajo, así de esta manera se presenta a continuación los aportes de este software libre en el ámbito del Análisis de Correspondencia Simple.

### 3.8. Aportes del Software “R” en los Perfiles Fila y Columna

Anticipando un poco la descripción completa de la programación en *R* (Apéndice B), se puede ver uno de los aportes que tiene el software en los perfiles Fila y Columna que se presenta en la tabla 3.5. La tabla muestra los resultados completos del ACS que se realizó previa a la graficación, pero esta vez se añaden a resultados que ayudan a interpretar mejor al Biplot.

Se expresa la calidad de la representación (*qlt*), como su contrapartida, la pérdida de calidad o error de representación, como porcentajes de la inercia total. Cuanto menor sea la pérdida de inercia, mayor será la calidad, y cuanto mayor sea su pérdida, menor la calidad. Así, en esta aplicación, la calidad es la suma de los cuadrados de las correlaciones o sea (*cor*) de las dos primeras dimensiones.

Se expresa también, el coeficiente de correlación (*cor*) que siempre toma un valor menor de 1.

Los coeficientes de correlación se calculan entre pares de medidas, para cada acciden-

tado se tienen dos observaciones el mes y estado civil, pero se tratan de observaciones categóricas no de medidas. Se utilizan las coordenadas de los perfiles o las coordenadas de los vértices, ya que la correlación no se ve afectada ni por un cambio de origen ni por redimensionamiento de las escalas<sup>6</sup>.

Las contribuciones relativas al eje (ctr), se pueden denominar también contribuciones Chi Cuadrado a las contribuciones de las celdas, ya que sus valores son idénticos a las contribuciones relativas de cada celda al estadístico  $\chi^2$ .

La suma de las contribuciones relativas de los distintos ejes a cada categoría debe ser igual a uno, en este caso debe ser igual a mil ya que los valores de la tabla están en tantos por mil.

Lo anteriormente mencionado se programa en “R”, en donde se calcula las masas, inercias, coordenadas principales y adjuntamos las contribuciones, las correlaciones y la calidad del dato, todas estas expresadas en miles.

Tabla 3.5: Contribución de los Perfiles Fila en “R”

Filas:	nombre	masa	calidad	inercia	k=1	corr	ctr	k=2	corr	contrib
1	Ene	160	838	42	-110	836	65	-5	2	0
2	Feb	100	618	35	83	364	23	70	255	46
3	Mar	105	363	32	56	191	11	54	172	29
4	Abr	59	787	79	93	117	17	-223	669	277
5	May	40	788	99	325	784	142	24	4	2
6	Jun	80	19	80	-32	19	3	-4	0	0
7	Jul	113	779	84	176	766	118	23	13	6
8	Agos	130	893	209	-279	885	339	-27	8	9
9	Sep	54	975	119	327	883	192	-106	92	57
10	Oct	33	448	45	102	139	11	153	310	72
11	Nov	30	826	108	-128	83	16	381	742	417
12	Dic	97	753	66	-138	510	62	-95	243	84

Para la lectura de los Biplots se deben tomar en cuenta aquellos elementos que poseen una buena calidad de representación en el plano, logrando evitar interpretar proximidades ficticias entre los elementos. Como los resultados están representados en miles se puede ver que la calidad global del mapa, en los meses de Marzo, Junio, Octubre están mal representados porque es 36.3 %; 1.9 %; 44.8 % respectivamente y son menores que el 50 %, estos perfiles no estarán bien representados por hallarse en el tercer y cuarto eje más que en los dos primeros.

Los valores de la tercera columna corresponden a la inercia que aporta a los perfiles fila (inr).

Las coordenadas principales de las dos primeras dimensiones (k=1 y k=2) se encuentran en la cuarta y quinta columna.

<sup>6</sup>En general, se utilizan escalas estandarizadas de media 0 y varianza 1

Junto con las coordenadas de los puntos se hallan las correlaciones al cuadrado (*cor*), se utiliza las coordenadas de los perfiles o las coordenadas de los vértices, además de utilizar escalas estandarizadas de media 0 y varianza 1.

En la primera dimensión se obtiene una correlación casi igual a 1 con la categoría Soltero con un valor de 0.976, de igual manera en la categoría Casado con un valor de 0.79; también esta bien representada la categoría Conviviente con una correlación de 0.506.

La categoría Soltero es la más próxima a 1 es decir que se halla en una recta, en este caso significa que cada grupo del mes está más asociado sólo con esa categoría del Estado Civil (los perfiles son todos perfiles unidad, es decir vértices). En la segunda dimensión los datos no se aproximan al 50 % en su correlación en ninguna categoría del Estado Civil.

Las contribuciones (*ctr*) indican hasta que punto cada eje define a cada una de las categorías.

Se reitera que los valores de la tabla están expresados en tantos por mil (%).

**Tabla 3.6: Contribución de los Perfiles Columna en “R”**

Columna:	nombre	masa	calidad	iner	k=1	corr	contrib	k=2	corr	contrib
1	Solt	643	976	180	122	976	321	-1	0	0
2	Casad	276	941	263	-202	788	379	89	153	209
3	Conviv	57	759	220	-327	506	204	-231	253	290
4	Divorc	16	414	186	-384	231	79	-342	183	177
5	Viud	8	475	151	247	62	17	-637	413	323

Así, en la tabla 3.6 la calidad es la suma de las correlaciones de las dos primeras dimensiones, y las categorías de Divorciado y Viudo del Estado Civil son menores que el 50 %, estos perfiles no están bien representados por hallarse en el tercer y cuarto eje.

### 3.8.1. Reducción de la dimensión

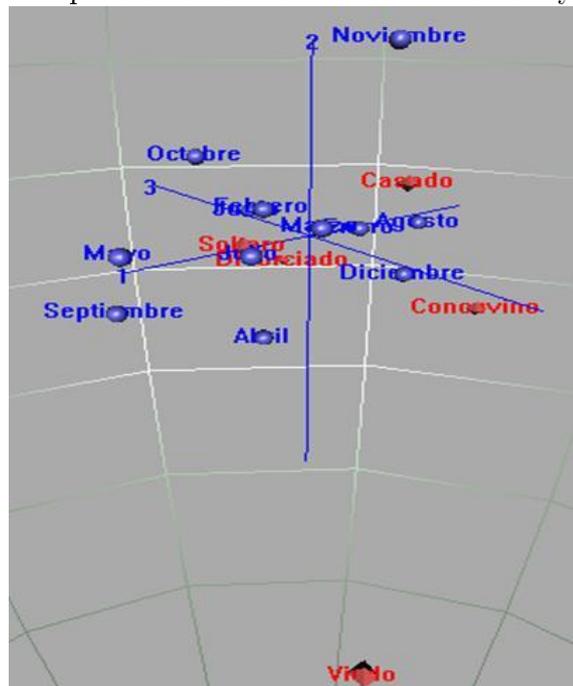
Se vuelve a graficar un mapa tridimensional de las variables Estado Civil y Mes de los accidentados<sup>7</sup> que cuenta con las 5 categorías del Estado Civil en la figura 3.14 se reduce una columna, la categoría Viudo, que se constituye en un dato atípico por su lejanía del resto.

Analizando las figuras 3.13 y 3.14 tridimensional con las cinco categorías, se observa que no existen cambios extremos en cuanto a su representación, pero la categoría viudo esta es también importante, al menos para poder clasificar a los accidentados que tengan el Estado Civil de viudez y que se vio que pertenecían al grupo de los Solteros.

Nuevamente se realiza un ACS del Mes y el Estado Civil (solamente con sus cuatro categorías) para verificar que la última categoría de las columnas de estado civil (viudo),

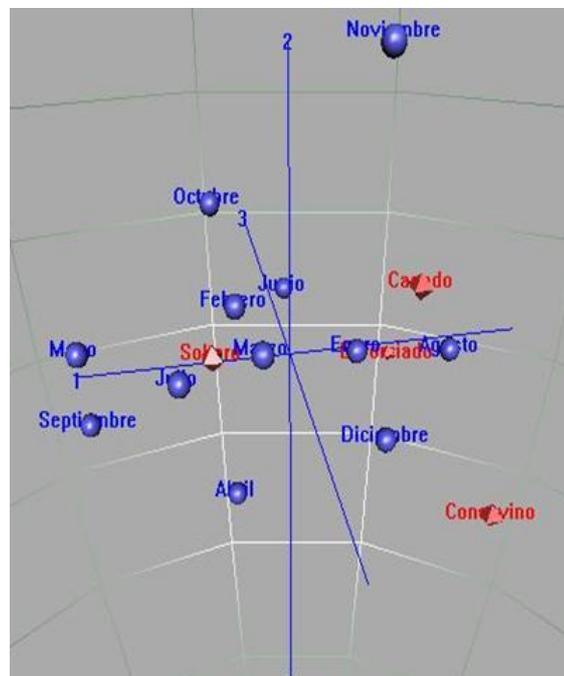
<sup>7</sup> ver figura 3.13

Figura 3.13: Mapa Tridimensional de ACS del Mes y Estado Civil



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14: Mapa Tridimensional de ACS del Mes y Estado Civil con una Dimensión menos



Fuente: Elaboración propia

no tiene aporte significativo en cuanto a la inercia, si sacrificamos esa categoría en R, se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3.7: Contribución de las Inercias Principales reduciendo una Dimensión  
Inercias Principales (Eigenvalores):

dim	valor $\chi^2$	%	acum %	screepplot
1	0.029658	63.7	63.7	*****
2	0.009482	20.4	84.1	**
3	0.007411	15.9	100.0	
Total:	0.046551	100.0		

La tabla 3.7 muestra el aporte de las inercias principales en las tres dimensiones, mostrando que el mayor aporte se encuentra en la primera dimensión con un 63.7% sin la categoría “Viudo”.

Retrocediendo en el análisis cuando se trabaja con las cinco categorías del Estado Civil y los doce meses del año, la información del aporte de la inercia en la primera dimensión es de 54.68%, es decir la aproximación unidimensional de los perfiles es 54.68%. Se trata de un resultado más o menos favorable, porque se trabaja con una tabla de contingencia de  $12 \times 5$  con una dimensionalidad inherente de 4, y eliminadas tres dimensiones sacrificando solamente el 45.32% de la dispersión de puntos, el 54.68% restante corresponde a su dispersión en una sola dimensión.

Entonces, si se saca la categoría Viudo del Estado Civil se trabaja con una tabla de contingencia de  $12 \times 4$  con una dimensión de 3 y la calidad de la aproximación unidimensional de los perfiles es 63.71%, se obtiene un resultado más favorable donde se trabaja con una tabla  $12 \times 4$  con una dimensionalidad de tres y eliminadas dos dimensiones se sacrifica el 36.29% de la dispersión de puntos, pues el 63.71% es la dispersión en una sola dimensión.

Tabla 3.8: Aportes de las Inercias Principales reduciendo una Dimensión

<b>Principal</b>	<b>inercias (eigenvalues):</b>		
<b>Dimensión</b>	1	2	3
<b>Valor</b>	0.029658	0.009482	0.007411
<b>Porcentaje</b>	63.71 %	20.37 %	15.92 %

Se observa en la tabla 3.8 los aportes que presentan las inercias calculadas sin la categoría Viudo del Estado Civil.

En la tabla 3.9 se muestra el análisis de los perfiles columna, donde la primera fila es la masa correspondiente a las categorías del Estado Civil, luego la distancia Chi Cuadrado, la inercia de columnas y los ejes coordenadas de las dos primeras dimensiones.

De igual manera la tabla 3.10 muestra los resultados de las contribuciones de los perfiles fila, como en el análisis de los perfiles columna.

Tabla 3.9: Contribuciones de los Perfiles Columna reduciendo una dimensión

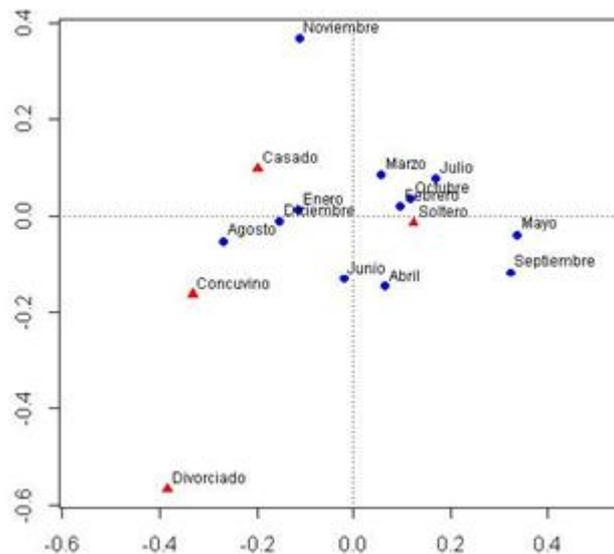
Columnas:	Soltero	Casado	Conviviente	Divorciado
Masa	0.648101	0.278481	0.057384	0.016034
Dist Chi	0.125033	0.225490	0.458558	0.797319
Inercia	0.010132	0.014160	0.012066	0.010193
Dim.1	0.721055	-1.152.039	-1.929.869	-2.229.804
Dim.2	-0.143831	1.011.449	-1.656.058	-5.826.530

Tabla 3.10: Contribuciones de los Perfiles Fila reduciendo una dimensión

Rows:	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mass	0.159494	0.101266	0.104641	0.057384	0.040506	0.081013	0.112236	0.130802	0.053165	0.032911	0.030380	0.096203
ChiDist	0.118674	0.102419	0.129661	0.161544	0.353870	0.213312	0.190769	0.280912	0.343092	0.257297	0.430744	0.168985
Inercia	0.002246	0.001062	0.001759	0.001498	0.005072	0.003686	0.004085	0.010322	0.006258	0.002179	0.005637	0.002747
Dim.1	-0.663435	0.555382	0.335719	0.378283	1.959.418	-0.114096	0.991362	-1.563.267	1.872.517	0.679869	-0.647048	-0.898617
Dim.2	0.130980	0.226158	0.899337	-1.489.956	-0.393968	-1.342.572	0.793649	-0.529413	-1.201.554	0.372863	3.795.962	-0.116599

El gráfico bidimensional de la figura 3.15 , refleja la poca variación que se visualiza en relación a la que se vio, cuando se contaba con cinco categorías en el Estado Civil.

Figura 3.15: Mapa Bidimensional de ACS del Mes y Estado Civil con una dimensión menos



Fuente: Elaboración propia

De manera práctica la tabla 3.11, presenta la información con los aportes que facilita el software R y donde analizan los cambios que se produjeron a partir de la reducción de una categoría del Estado Civil.

Como los resultados están representados en miles se puede ver que la calidad global del mapa, en los meses de Junio y Octubre están mal representados porque la inercia explicada es 38.4%; 22.7% respectivamente y son menores al 50 %, comparando estos resultados con el caso donde se tenían las cinco categorías en el Estado Civil, ya no se cuenta con el mes de Marzo pues aumenta la calidad de información.

Tabla 3.11: Contribución de los Perfiles Fila en “R”

ROWS	name	mass	qlt	inr	k=1	cor	ctr	k=2	cor	ctr
1	Ener	159	938	48	-114	927	70	13	12	3
2	Fbrr	101	918	23	96	872	31	22	46	5
3	Marz	105	655	38	58	199	12	88	456	85
4	Abrl	57	969	32	65	163	8	-145	807	127
5	Mayo	41	921	109	337	909	156	-38	12	6
6	Juni	81	384	79	-20	8	1	-131	376	146
7	Juli	112	965	88	171	801	110	77	164	71
8	Agst	131	952	222	-269	918	320	-52	34	37
9	Sptm	53	1000	134	322	883	186	-117	116	77
10	Octb	33	227	47	117	207	15	36	20	5
11	Nvmb	30	803	121	-111	67	13	370	736	438
12	Dcmb	96	843	59	-155	839	78	-11	5	1

Nuevamente se analiza la calidad de global en las columnas y los resultados de la tabla 3.12 en estas categorías superan el 50 % de su inercia explicada.

Tabla 3.12: Contribución de los Perfiles Columna en “R”

Columns:	name	mass	qlt	inr	k=1	cor	ctr	k=2	cor	ctr
1	Sltr	648	999	218	124	986	337	-14	13	13
2	Casd	278	965	304	-198	774	370	98	191	285
3	Cnvv	57	649	259	-332	525	214	-161	124	157
4	Dvrc	16	738	219	-384	232	80	-567	506	544

# Capítulo 4

## Conclusiones, Aportes y Recomendaciones Finales

### 4.1. Conclusiones y Aportes

El marco expuesto brevemente resumido, permite comprender mejor las condiciones de salud de los trabajadores y las condiciones en las cuales desarrollan sus actividades ocupacionales, ambas deficientes, precarias, peligrosas, insalubres e insatisfactorias. Actualmente parece difícil la reversión de tal situación, sin embargo no imposible ya que al observar la situación real de la gravedad de los accidentes que sufren los trabajadores, se pueden tomar medidas pertinentes.

A partir del desarrollo del documento, la metodología aplicada, el diagnóstico de los accidentes de trabajo, la creación de la variable gravedad y la identificación de la dependencia con otras variables, se obtienen las siguientes conclusiones y recomendaciones finales con respecto al desarrollo del Trabajo Dirigido.

- El examen retrospectivo de la situación de salud de los trabajadores en Bolivia y el conocimiento que se tiene acerca de la gravedad sobre los accidentes laborales carece de compromiso por parte de las autoridades competentes para tener una mejor calidad de información de la situación actual de accidentes laborales en Bolivia.
- Las distintas circunstancias de la gravedad de los accidentes laborales se identificarán mediante el análisis de correspondencia durante la gestión 2008.
- Los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales son factores que interfieren en el desarrollo normal de la actividad empresarial, incidiendo negativamente en su productividad y por consiguiente amenazando su solidez y permanencia en el mercado
- Un tratamiento pertinente es aplicado a la dependencia a todas las variables que inciden en la gravedad de los accidentes así como la formalización teórica de los argumentos presentados en la construcción de tal información.

- Creación de una base de datos de las denuncias de accidentes laborales para detectar los mayores problemas que se tienen en la actualidad.
- Identificación de las mayores cantidades de accidentes laborales que ocurren en los seis departamentos, que cumplen con la presentación de su información, en La Paz, Oruro y Potosí se tiene una mayor gravedad e incluso la muerte (ciudad de La Paz) pese a que estos indican que tuvieron entrenamiento previo e instrucciones sobre el trabajo a realizar.
- La variable gravedad presenta una probabilidad de 0.6918 con la variable estado civil en prueba Chi- Cuadrado, la cual nos indica que no tiene dependencia con la variable estado civil, es decir, si un accidente ocurre con mayor intensidad cuando una persona es casada, soltera o tal vez viuda no afecta en la gravedad del accidentado, ni mucho menos interviene su estado civil para que la gravedad del accidente ocurra.
- La variable gravedad frente a la variable edad en los accidentes laborales presenta un valor significativo es decir que presentan homogeneidad entre sus perfiles fila, ya que presenta una probabilidad de 0.723 en la prueba del estadístico Chi- Cuadrado, por ejemplo, la gravedad de los accidentados es Leve y la Muerte ocurren en las edades jóvenes.
- Al realizar la prueba de independencia de la edad con su estado civil se obtuvo una probabilidad de 0.03175, observando que los solteros son los que sufren mayores accidentes duplicando el valor al de los casados y posteriormente al de los convivientes, divorciados y viudos; la mayor frecuencia de estos accidentados comprenden una edad de 25 a 30 años, edad usual en todos los niveles del estado civil.
- Los accidentes en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y Tarija que presentaron información oportuna muestran que ocurren con mayor frecuencia en los meses de Enero, Marzo, Julio y Agosto de manera similar, mientras que en Cochabamba, Chuquisaca es aleatorio, es decir por algún motivo a principios de año y en el mes de Agosto ocurren mayores accidentes que en los restantes meses del año.
- El análisis de correspondencia simple que se aplica a las variables Estado Civil y el Mes muestra que existen dos grupos: los Solteros, los No Solteros, en otras palabras el grupo de los Solteros se accidentan a principios del año es decir en los meses Febrero, Marzo, Julio y los No Solteros en los meses de Enero, Agosto y Diciembre, la homogeneidad se comprueba con los perfiles del Mes y el Estado Civil mediante el estadístico Chi Cuadrado y gráficamente se puede observar el aporte de la inercia cuando se cuenta con las cinco categorías del Estado Civil siendo mínima comparado con el resultado cuando se reduce una categoría, y se ve conveniente quitar una categoría que no tiene mucho aporte en cuanto a su información. Además se considera que sin la ayuda de esta categoría no se hubiera podido diferenciar los dos grupos que se formaron en el Biplot, dependiendo de lo que se quiera saber de estas variables se puede o no reducir las dimensiones porque no se tienen cambios significativos en su visualización e interpretación.

- El estado civil de los accidentados que ocurren con mayor frecuencia en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y Chuquisaca, es soltero. Gráficamente en un espacio tridimensional muestra una inercia no muy diferente de los solteros y de los casados del departamento de La Paz

## 4.2. Recomendaciones

- El trabajo multidisciplinario en el análisis de información realizada con estudios y aplicaciones en estadística, muestra aportes donde distintos puntos de vista, que fortalecen a la Institución, pues muestran la realidad que sufren los trabajadores en accidentes laborales y las deficiencias que se tienen en algunas normas basadas en información incorrecta. Se recomienda mayor cuidado al momento de normar algunas de ellas con participación equitativa de las diferentes aéreas que participan en la elaboración de estas normas.
- Tolerando graves implicaciones en el ámbito laboral, familiar y social se ve la necesidad de tener información actualizada en la Institución, para un mejor desarrollo dentro de las fuentes laborales y mediante normas que se dispongan a partir de estas y futuras informaciones.
- El llenado de los formularios de las denuncias de accidentes de trabajo deben ser en su totalidad para un mejor estudio estadístico. Crear políticas para no aceptar denuncias si los formularios no están completos y no son llenados por el médico correspondiente. Realizar capacitaciones en los Instituciones correspondientes que para el llenado de formularios con el objeto de mejorar la calidad de información.
- Una mayor importancia a la aplicación de herramientas estadísticas es recomendable porque facilita la visión de la información con la que se cuenta, se puede implementar nuevas normas que se acomoden a la realidad del trabajador accidentado.
- Finalmente con medidas de prevención sujetas a una buena interpretación de la información precedida a la fecha, se debe lograr cuidar y cuidarnos en nuestro ambiente laboral porque es un derecho con el que contamos las personas y desconocemos por falta de información.
- Respecto a la metodología empleada se debe tener un cuidado minucioso en la interpretación de la prueba Chi Cuadrado, así mismo, en la posterior descomposición de la matriz de correspondencia respecto a la obtención de sus valores singulares.

# Bibliografía

- [1] BENZÉCRI, J. P, F. Benzécri y Nishisato, W.: *Pratique de l' analyse des donees. Analyse des correspondances*. Dunod ediciones. Paris,(1980)
- [2] GREENACRE, M., De Leeuw, Tenenhaus, Young: *Correspondece analysis in medical research en Statical methods in Medical Research* Núm. 1, 97-117,(1992)
- [3] BENZÉCRI: *Analyse des correspondances*. Paris,(1982)
- [4] GREENACRE, Michael: *Correspondence analysis in practice. Boletín Antropológico*. Año 20, Núm. 55. Mayo-Agosto (2002), ISSN: 1325-2610. Universidad de Los Andes. Mérida. Francisco Javier Fernández, El uso del análisis de correspondencia... pp. 687-713. Academic Press. London, 713, (1993)
- [5] CASTILLO, William, J. González, O. Rodríguez y J. Trejos: *Fundamentos de análisis multivariado de datos*. Programa de investigación en Modelos y Análisis de datos, Centro de Investigaciones en Matemática Pura y Aplicada, Escuela de Matemática, Universidad de Costa Rica, Costa Rica , (1997 )
- [6] CORNEJO, José Manuel: *Técnicas de investigación Social: El Análisis de Correspondencia.*: PPU. Barcelona.(1988)
- [7] RICHARD A. JOHNSON: *Applied Multivariate Statistical Analysis* Dean W. Wichern Núm. 4, (1994)
- [8] GREENACRE, Michael: *La práctica del análisis de correspondencias* Fundación BBVA,(2008)
- [9] Gabriel K.R.: *Goodness of Fit of Biplots and Correspondence Analysis*. *Biometrika* 89 : 423-436 ,(2002)

# Apéndice A

## Información Laboral del I.N.S.O.

### A.1. Denuncia de Accidentes de Trabajo

El Instituto Nacional de Salud Ocupacional bajo tuición del Ministerio de Salud y Deportes, cuenta con información en cuanto a denuncias de accidentes de trabajo, lamentablemente esta información no es procesada de manera adecuada, archivando cada denuncia al momento de su llegada sin transcribirla a una base de datos.

La primera parte del formulario de denuncias de accidentes laborales, cuenta con información del trabajador afiliado, información laboral, un reporte que describe la versión del accidentado en sus propias palabras y las de los testigos. En la parte posterior de la denuncia se tiene un resumen de todo lo mencionado anteriormente, específicamente para el análisis del accidentado, lamentablemente esta es la parte que no llena en su totalidad o simplemente no la llenan por eso no se cuenta con esta información para su análisis. Para tener una idea cabal de lo mencionado anteriormente a continuación se muestra la clasificación de la parte posterior de información de la denuncia laboral.

#### A.1.1. Clasificación del formulario de las Denuncias de Accidentes de Trabajo

En la Institución la información de las denuncias de accidentes de los trabajadores en un 70 % no son llenadas correctamente o no son llenadas en su totalidad, la realidad es que las variables hubiesen contribuido en el análisis estadístico, sin embargo la primera plana rescata una rica información para poder determinar niveles de la variable gravedad y aplicar el análisis de correspondencia simple con las variables: mes, edad, sexo, departamento, estado civil, instrucciones previas para realizar el trabajo, instrucciones sobre seguridad e higiene industrial.

El formulario de la denuncia que presentan los trabajadores por sus accidentes y los factores se han clasificado en cinco secciones.

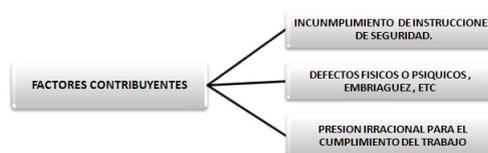
Figura A.1: Secciones de la Denuncia de Accidentes Laborales

A	B	C	D	E	F	G
Tipo de accidente	Agente involucrado que causo el accidente	Naturaleza del daño	Partes afectadas del cuerpo	Condiciones peligrosas	Actos inseguros	Factores contribuyentes

### A.1.2. Limitaciones de las Denuncias de Accidentes de Trabajo

La parte posterior de la boleta de las denuncias de accidentes de trabajo, fue dividida en cinco secciones como se muestra en los siguientes gráficos:

Figura A.2: Factores contribuyentes



**Fuente:** Elaboración propia

Los factores contribuyentes son aquellos sucesos por los cuales puede haber ocurrido el accidente.

Figura A.3: Tipo de Accidente



**Fuente:** Elaboración propia

El tipo de accidente fue resumido en la figura A.3 describiendo de manera sencilla el tipo de Accidente.

La figura A.4 resume los agentes involucrados en el accidente.

La Naturaleza del daño explica los factores que participaron o por el cual sucedio el accidente.

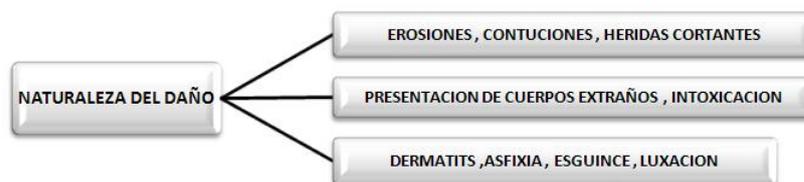
La figura A.6 señala las partes del cuerpo que resultaron afectadas por el accidente,al momento de realizar su trabajo.

Figura A.4: Agente involucrado que causo el accidente



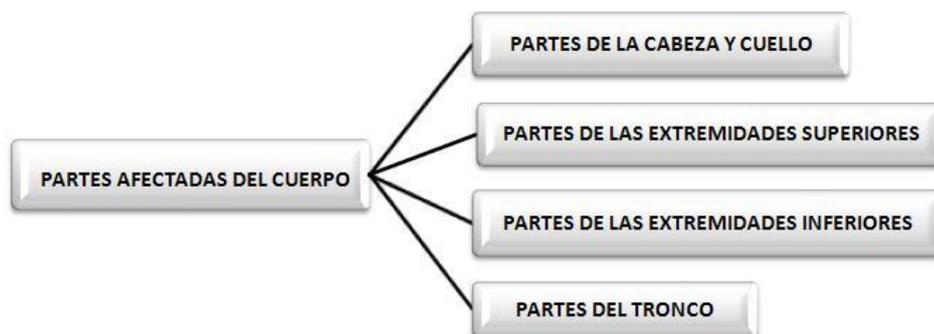
Fuente: Elaboración propia

Figura A.5: Naturaleza del daño



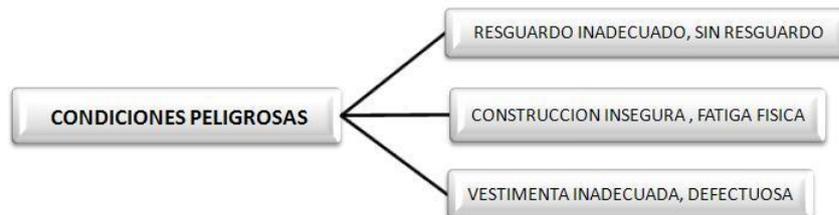
Fuente: Elaboración propia

Figura A.6: Partes afectadas del cuerpo



Fuente: Elaboración propia

Figura A.7: Condiciones peligrosas

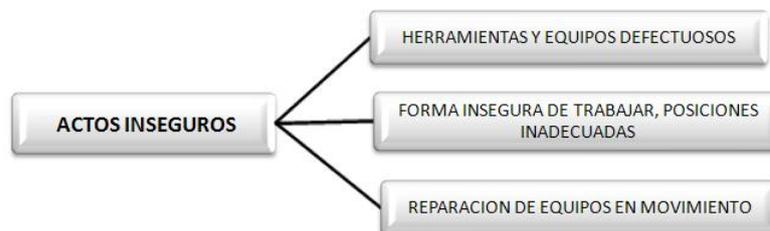


Fuente: Elaboración propia

Las condiciones peligrosas en la que los trabajadores estan expuestos al momento de trabajar, se resume en la figura A.7 datos que son importantes a la hora de tomar deci-

siones.

Figura A.8: Actos inseguros



**Fuente:** Elaboración propia

Los actos inseguros son frecuentes en la sociedad, los motivos pueden ser las herramientas con las cuales se trabaja o por querer acabar rápido los trabajadores se colocan en posiciones incorrectas, entre otras.

Hace mucho tiempo atrás el INSO contaba con información bruta de estas denuncias, con el pasar del tiempo la importancia de esta información se perdió con la información que se generó en esa época y buscando alternativas para generar normas de seguridad e higiene industrial, se crearon las condiciones y actos inseguros más frecuentes en Bolivia.

En 1993 algunos departamentos como La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, y Oruro, se realizaron esfuerzos limitados para mejorar esta situación; en el resto del país prácticamente no existen actividades específicas programadas para actuar en medicina del trabajo y en especial en higiene y seguridad industrial, se efectuaban algunas acciones aisladas cuando se trataba de establecer responsabilidades económicas como en el caso de las indemnizaciones a trabajadores por accidentes y enfermedades profesionales; ni las organizaciones sindicales ni las empresariales no han tomado iniciativa para la prevención de los riesgos ocupacionales.

## A.2. Condiciones y Actos inseguros más frecuentes

Durante el estudio sobre accidentes de trabajo, en la parte descriptiva se identificaron las condiciones y actos más inseguros que tienen mayor frecuencia en los departamentos que presentaron su información oportunamente al Instituto Nacional de Salud. A continuación se mencionan las condiciones inseguras que mayor frecuencia presentaron en Bolivia desde que se tomó prioridad a la salud del trabajador hasta la fecha.

### A.2.1. Condiciones Inseguras más frecuentes

Las condiciones inseguras más frecuentes son:

- Estructura o instalaciones de edificios y locales diseñados inapropiadamente, instalaciones inadecuadas o deterioradas.
- Instalaciones de maquinarias mal instaladas o en mal estado de mantenimiento.
- Protección de maquinaria inadecuada o inexistente.
- Equipo de protección personal defectuoso o inexistente.
- Falta de orden y limpieza.
- Avisos o señales de seguridad e higiene insuficientes o inexistentes.
- Ausencia de medidas preventivas contra incendios.

### **A.2.2. Actos Inseguros más frecuentes**

Los actos inseguros más frecuentes en que pueden incurrir los trabajadores en el desempeño de sus tareas son:

- Ausencia de capacitación en la tarea.
- Operación de equipos sin autorización.
- Eliminación o bloqueo de dispositivos de seguridad y protección colectiva.
- Mantenimiento de maquinaria en movimiento.
- Trabajo con equipos, maquinarias o líneas energizadas.
- Utilización de herramientas inadecuadas.
- Tránsito por áreas peligrosas sin tomar recaudos.
- Trabajo sin equipos de protección personal.
- Distraerse y hacer bromas en el lugar de trabajo.

## Apéndice B

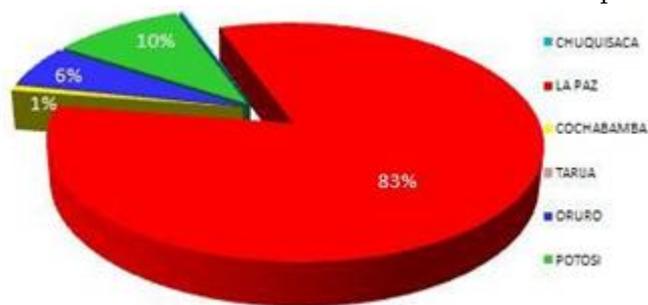
### Aplicación del Análisis de Correspondencia Simple

En este Apéndice se aplica el análisis de correspondencia simple al resto de las variables que se detallaron en la identificación de variables, además los paquetes necesarios para poder desarrollar el ACS en “R”.

#### B.1. Información sobre algunas variables Importantes

Una de las variables con las cuales se trabaja es el departamento donde sucedió el accidente, la información que se tiene al respecto se la muestra en el siguiente gráfico.

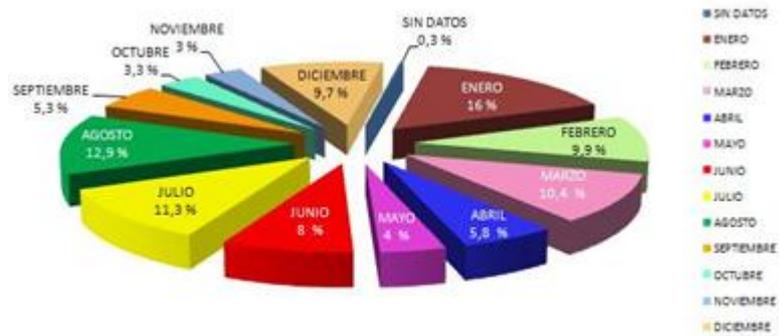
Figura B.1: Frecuencia de Accidentes Laborales a Nivel Departamental - 2008



**Fuente:** Instituto Nacional de Salud Ocupacional (Elaboración propia)

En la figura B.1 en cuanto a la frecuencia de accidentes el que más aporte brinda es el departamento de La Paz con un 83 %, seguido con un 10 % en el departamento de Potosí y 6 % de Oruro, esta información es la realidad de los accidentes que suceden en los diferentes departamentos de Bolivia, pero también hay que considerar que no todos los departamentos aportan esta información por que hasta la fecha no se cumple las normas que rigen en cuanto a los reportes de accidentes laborales en Bolivia es el caso de Santa Cruz, Beni y Pando.

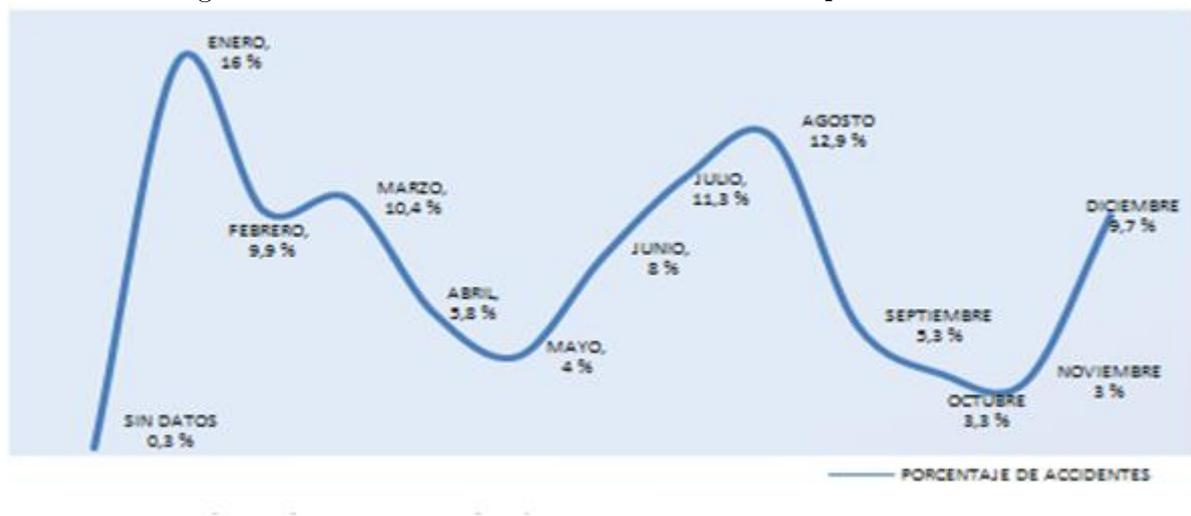
Figura B.2: Porcentaje de Accidentes Laborales por Mes - 2008



**Fuente:** Instituto Nacional de Salud Ocupacional (Elaboración propia)

Otra manera de ver el porcentaje de los accidentes gráficamente por meses durante el año 2008, se lo puede observar en la figura B.3.

Figura B.3: Tendencia de Accidentes Laborales por Mes - 2008



**Fuente:** Instituto Nacional de Salud Ocupacional (Elaboración propia)

## B.2. Aplicación del ACS en “R”

Los datos se hallan en un archivo texto “baseac.txt” y leer los datos se ejecuta la siguiente instrucción en R:

```
datos<-read.table("baseac.txt",sep=" ",header = T)
```

Guardando de esta manera la información en “datos”, una vez teniendo la base de datos se selecciona la variable Gravedad y Departamento y la que se guarda en “grav.depto” y aplicamos el estadístico Chi Cuadrado para la prueba de independencia.

Posteriormente se aplica la función  $ACS_J$ , que se crea para facilitar nuestra aplicación del ACS y su reducción de dimensionalidad mediante el cálculo de la descomposición en sus valores singulares, la prueba de estadístico Chi Cuadrado y también la graficación del Biplot, basado en el libro de Richard A. Johnson , 1998.

### B.2.1. Pautas para algunas fórmulas en “R”

Antes de aplicar estas codificaciones en la computadora se debe de tener un mínimo de conocimiento del lenguaje “R”, con el que se realizó este Trabajo Dirigido (con el fin de facilitar los cálculos y realizarlos de manera práctica y rápida), además se aplico funciones que hacen referencia al ACS como “ca”, “summary”, “plot”, “plot3d”, paquetes que facilitaron la graficación para obtener la ayuda relacionada a alguna función se escribe por ejemplo “?biplot” y como resultado se obtiene la figura B.3.5.

en relación a la implementación del algoritmo del ACS, es la siguiente:



Una función que se realizo en relación a la implementación del algoritmo del ACS, es la siguiente:

#### Función para el ACS

```
ACS_J<-function(x)
{
x<-as.matrix(x)
n<-sum(x)
p<-x/n
i<-matrix(1,dim(x)[1],1)
j<-matrix(1,dim(x)[2],1)
r<-p%*%j
c<-t(p)%*%i
pp<-p-r%*%t(c)
```

```

dr<-diag(c(r))
dc<-diag(c(c))
pa<-diag(diag({dr^{-0.5}}))%% pp%% diag(diag({dc^{-0.5}}))
u<-svd(pa)/ u
v<-svd(pa)/ v
a<-diag(svd(pa)/ d)
ud<-sqrt(dr)%% u
vd<-sqrt(dc)%% v
y<-diag(diag(dr)^(-1))%% ud%% a
z<-diag(diag(dc)^(-1))%% vd%% a
k<-min(dim(x)[1]-1,dim(x)[2]-1)
ti<-0
for(l in 1:k)
{
chisq.test(mes.civil)
i<- ti + (a[1,1]^2)
}
x2<-ti\%*\% n
plot(0,xlim=c(-1,1),ylim=c(-1,1),type="n",
      main='Análisis de correspondencia',ylab=paste('lambda_1^2='),
      round(a[1,1],2)),
xlab=paste('\lambda_2^2=',round(a[2,2],2)))
abline(h=0);abline(v=0)
text(y[,1],y[,2],rownames(x),col='red',cex=10%%c(r))
text(z[,1],z[,2],colnames(x),col='blue',cex=10%%c(c))
print(ti)
print(x2)
}

```

## B.3. Desarrollo en “R” de algunas variables seleccionadas

### B.3.1. Análisis de correspondencia Simple de las variables Gravedad y Departamento

#### Prueba Chi Cuadrado

En general las frecuencias observadas siempre son distintas de las frecuencias esperadas. Sin embargo, se quiere saber si hay independencia entre las variables, para ello se aplica la prueba de independencia:

Prueba Chi Cuadrado de Pearson

Datos: grav.depto

Chi Cuadrado = 40.8547, Grados de Libertad = 25, probabilidad = 0.02378

Este resultado de la prueba de independencia de 0.02378, muestra que no existe dependencia entre las variables. Es decir, rechaza la dependencia de las variables y concluimos que es probable que existan diferencias reales entre los departamentos de Bolivia, en lo concerniente a los perfiles de los tipos de Gravedad.

Se calcula la Matriz de Correspondencias para las variables gravedad y el departamento.

Departamento	Gravedad					
	Sin	Accidente	Accidente	Accidente	Accidente	Muerte
	Accidente	Moderado	Leve	Grave	Muy Grave	
Chuquisaca	0.0000	0.0008	0.0008	0.0000	0.0008	0.0000
La Paz	0.0050	0.1172	0.4243	0.1992	0.0577	0.0243
Cochabamba	0.0000	0.0025	0.0025	0.0017	0.0000	0.0000
Tarija	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0017	0.0000
Oruro	0.0000	0.0075	0.0343	0.0134	0.0033	0.0008
Potosi	0.0017	0.0126	0.0544	0.0259	0.0059	0.0017

### B.3.2. Cálculo de las Inercias Principales

Se calculan las inercias principales y se observa que el aporte con mayor porcentaje es del 76.36 % de la inercia principal en la primera dimensión y en las restantes son bajos los aportes. Como pauta general, para decidir qué contribuciones son grandes y cuáles son pequeñas, se utiliza como valor umbral la media de las contribuciones a la inercia.

Dimensión	Inercias Principales			
	valores	%	cum%	Scree Plot
1	0.026105	76.4	76.4	*****
2	0.004595	13.4	89.8	****
3	0.001965	5.7	95.5	**
4	0.001308	3.8	99.4	*
5	0.000215	0.6	100.0	
<b>Total:</b>	<b>0.034188</b>	<b>100.0</b>		

Así, las contribuciones de las 9 filas suman 1195, su media será de 132.78, por tanto se considera contribuyentes principales las filas con contribuciones mayores del 132.78 tantos por mil en este caso La Paz contribuye bastante en las filas. Por otro lado, tenemos seis columnas, lo que da una media de 199.2 tantos por mil, por tanto, las columna Accidente Grave es la que más contribuye (Los resultados se obtienen de la tabla original de doble entrada entre los departamentos de Bolivia y los niveles de gravedad).

Se reproduce nuevamente el aporte de porcentajes de inercia explicada de cada dimensión pero esta vez las dos dimensiones de las inercias principales proporcionan un 89.8 % del total de la inercia mostrando que los restantes no aportan en esta contribución. Otra forma de obtener los resultados que proporciona la inercia explicada en forma de porcentajes acumulados y el diagrama de descomposición (screeplot en inglés) es mediante la función “ca” del software de R.

Filas:						
	Chuquisaca	La Paz	Cochabamba	Tarija	Oruro	Potosí
Masa	0.002510	0.827615	0.006695	0.001674	0.059414	0.102092
ChiDist	1.266.995	0.018328	0.729983	3.660.272	0.157176	0.154029
Inercia	0.004030	0.000278	0.003567	0.022423	0.001468	0.002422
Dim.1	-6.638.651	-0.011060	1.544.113	-22.611.357	0.325755	0.332754
Dim.2	-8.771.571	-0.078414	-9.668.728	2.533.233	0.341713	1.244.983

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior proporciona la masa de los perfiles fila (Departamentos de Bolivia), la distancia Chi-Cuadrado al centroide, la inercia explicada por meses y las coordenadas estándares de las dos primeras dimensiones.

Columnas:						
	Sin Accidente	Accidente Moderado	Accidente Leve	Accidente Grave	Accidente Muy Grave	Muerte
Masa	0.006695	0.140586	0.516318	0.240167	0.069456	0.026778
ChiDist	0.540237	0.165002	0.058904	0.069052	0.590394	0.216921
Inercia	0.001954	0.003828	0.001791	0.001145	0.024210	0.001260
Dim.1	0.463533	0.160933	0.274564	0.344685	-3.653.322	0.129686
Dim.2	3.724.129	-2.371.475	0.416055	0.311602	0.171712	0.257101

Fuente: Instituto Nacional de Salud Ocupacional (Elaboración propia)

La tabla de las columnas al igual que para las filas proporciona las masas del perfil columna (Estado Civil de los accidentados), las distancias  $\chi^2$  al centroide, las inercias y las coordenadas estándares en las dos primeras dimensiones.

Para un mejor diagnóstico del análisis de correspondencia se calcula en “R” nuevamente las masas, inercias, coordenadas principales y adjuntando las contribuciones, las correlaciones y la calidad del dato como se realiza en las variables mes y estado civil, aplicando >summary (grav.depto) se obtienen los aportes de R en el ACS, tanto para las filas como para las columnas.

### Análisis para los perfiles fila y columna

En Rows y Columns encontramos las coordenadas principales de las dos primeras dimensiones (k=1 y k=2).

Rows:										
	name	mass	qlt	inr	k=1	cor	ctr	k=2	cor	ctr
1	Chqs	3	937	118	-1073	717	111	-595	220	193
2	LaPz	828	94	8	-2	10	0	-5	84	5
3	Cchb	7	923	104	249	117	16	-655	806	626
4	Tarj	2	998	656	-3653	996	856	172	2	11
5	Orur	59	134	43	53	112	6	23	22	7
6	Pots	102	422	71	54	122	11	84	300	158

Fuente: Elaboración propia

Columns:										
	name	mass	qlt	inr	k=1	cor	ctr	k=2	cor	ctr
1	SnAc	7	238	57	75	19	1	252	218	93
2	AccM	141	974	112	26	25	4	-161	949	791
3	AccL	516	796	52	44	567	39	28	229	89
4	AccG	240	744	33	56	650	29	21	94	23
5	AcMG	69	1000	708	-590	1000	927	12	0	2
6	Murt	27	16	37	21	9	0	17	6	2

Fuente: Elaboración propia

Junto con las coordenadas de los puntos, se hallan las correlaciones al cuadrado (cor) y las contribuciones (ctr). Los valores de estas tablas están multiplicados por 1000. También proporciona la calidad (qlt) del resultado del AC solicitado.

### B.3.3. Biplot de las variables Gravedad y el Departamento

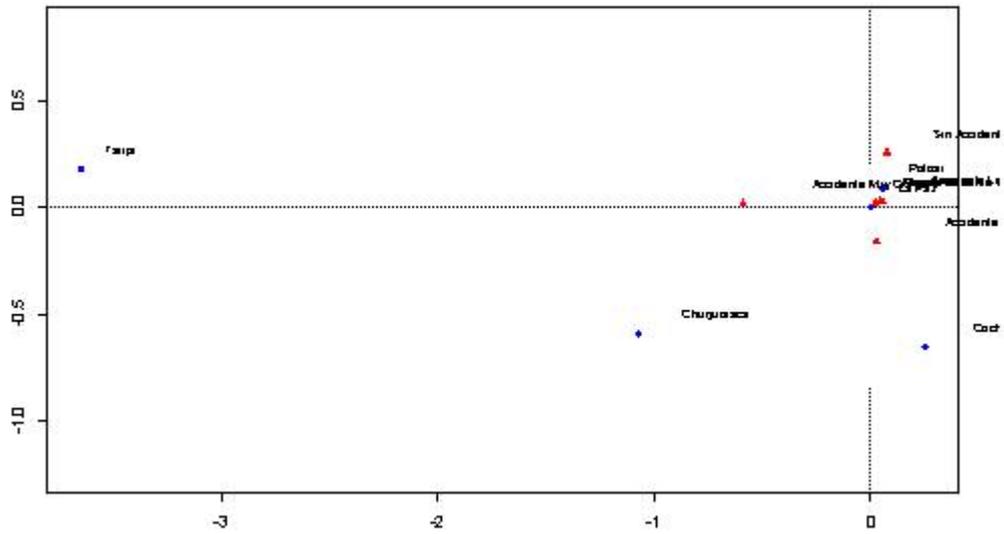
Se muestra lo fácil que resulta hacer una representación gráfica y la ayuda que representa para interpretar la información anterior. Para obtener el mapa simétrico del AC de la figura B.4 basta con escribir y ejecutar la función `plot()` con `ca(grav.depto)`.

Pero se sabe que los mapas simétricos no son buenos para dar una explicación visual de la situación.

Se puede ver mejor la situación de la gravedad que presentan los accidentados y la dependencia que se muestra con los departamentos de Bolivia, por ejemplo la división en dos grupos de los accidentes de nivel Muy Grave y de los que no lo son, también se muestra una categoría del Departamento que es Tarija asociado a los accidentes Muy Graves mientras que en el otro grupo Cochabamba, La Paz, Potosí están estrechamente asociados con los accidentes no muy graves, los accidentes moderados se encuentran lejanos a estos, se podría decir entonces que los departamentos de Oruro, Potosí y La Paz son propensos a sufrir accidentes graves, leves y son donde más se sitúan las muertes mientras que los accidentes muy graves y los accidentes moderados no se sufren tanto en esos departamentos.

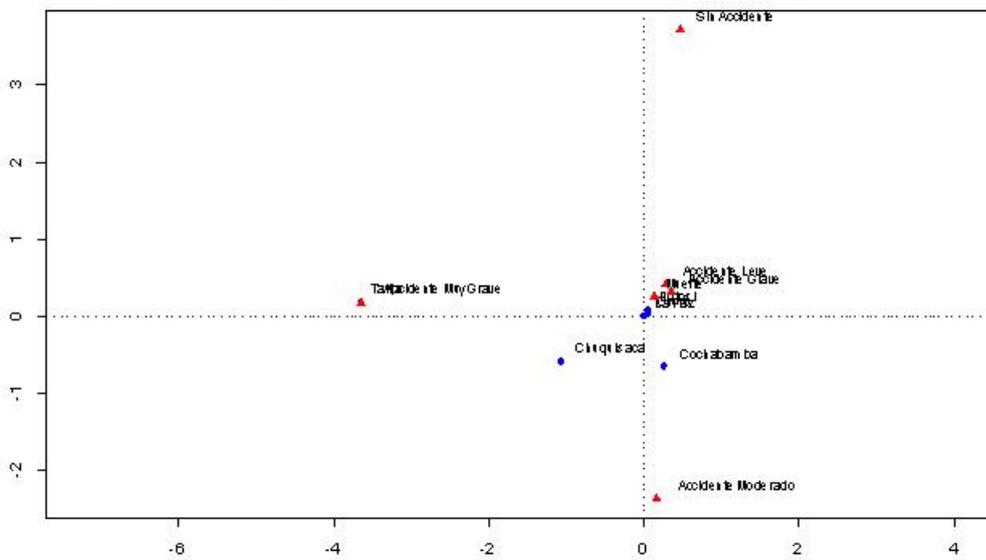
Las distancias se pueden visualizar de manera más adecuada en esta imagen tridimensional, así como los grupos que se forman a partir de la información. Una mejor visión de

Figura B.4: Mapa Simétrico de la Gravedad y el Departamento



Fuente: Elaboración propia

Figura B.5: Mapa Asimétrico de la Gravedad y el Departamento



Fuente: Elaboración propia

lo dicho anteriormente se puede respaldar con la siguiente figura:

Figura B.6: Mapa Tridimensional de la Gravedad y el Departamento



Fuente: Elaboración propia

### B.3.4. Análisis de Correspondencia Simple de las variables Departamento y Estado Civil

La prueba de independencia entre estas variables es extremadamente baja, el de  $1.762e-08$  de probabilidad. Es decir, se rechaza la hipótesis que haya dependencia entre las variables, es muy probable que existan diferencias reales entre los departamentos, en lo concerniente a los perfiles del Estado Civil.

### B.3.5. Cálculo de la Inercias Principales de las variables Gravedad y Departamento

Se observa que el aporte con mayor porcentaje es de 61.04 % de inercia explicada por el primer eje principal.

Inercias Principales				
Dimensión	Valores	%	cum%	Scree Plot
1	0.042263	61.0	61.0	*****
2	0.025707	37.1	98.2	*****
3	0.001267	1.8	100.0	*
4	1e-06000	0.0	100.0	
<b>Total:</b>	<b>0.069237</b>	<b>100.0</b>		

Las tres primeras dimensiones explican el 100 % de la inercia, quiere decir que se puede prescindir de la cuarta. El cuadro proporciona la masa de los perfiles fila y los perfiles columna correspondiente, la distancia Chi Cuadrado al centroide, la inercia explicada por meses y las coordenadas estándares de las dos primeras dimensiones.

Filas:

	Chuquisaca	La Paz	Cochabamba	Tarija	Oruro	Potosi
Masa	0.002510	0.827615	0.006695	0.001674	0.059414	0.102092
ChiDist	0.745647	0.087569	0.745647	3.887.503	0.266209	0.526211
Inercia	0.001396	0.006346	0.003722	0.025293	0.004211	0.028269
Dim.1	-3.580.758	0.421656	-3.580.758	2.901.699	-1.045.420	-2.534.493
Dim.2	-0.374263	0.068816	-0.374263	-23.945.245	0.518728	-0.433453

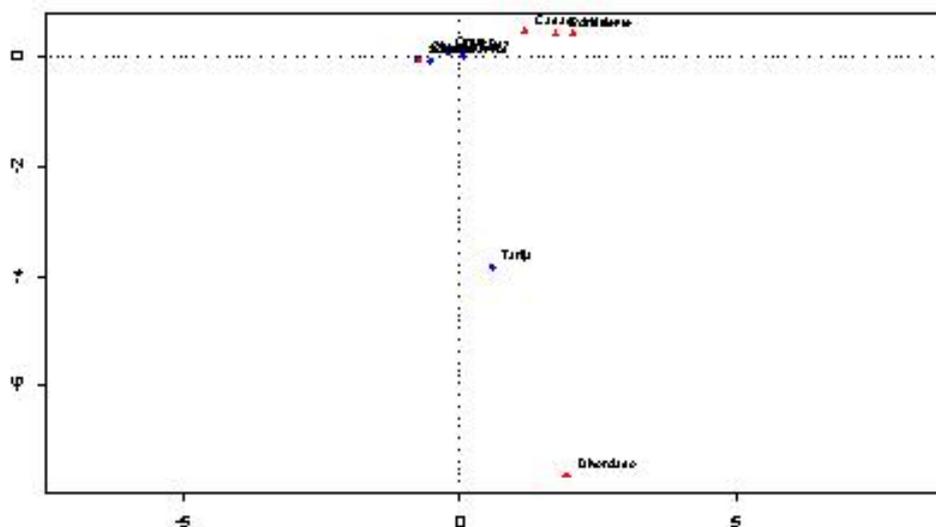
Columnas:

	Soltero	Casado	Conviviente	Divorciado	Viudo
Masa	0.642678	0.276151	0.056904	0.015900	0.008368
ChiDist	0.151681	0.257323	0.379498	1.284.352	0.456389
Inercia	0.014786	0.018285	0.008195	0.026227	0.001743
Dim.1	-0.736127	1.182.495	1.734.660	1.929.180	2.051.072
Dim.2	-0.060008	0.477838	0.424398	-7.618.523	0.429200

### B.3.6. Biplot del Estado Civil y el Departamento

Graficando los accidentes del estado civil y el departamento en el cual ocurrieron los accidentes se tiene aporte que se muestra en el agrupamiento del primer cuadrante, es decir si se prescinde de Tarija y el estado civil la Viudez no cambiaria demasiado en el mapa. Una mejor visión de lo anteriormente dicho se puede respaldar con la siguiente figura en un mapa tridimensional:

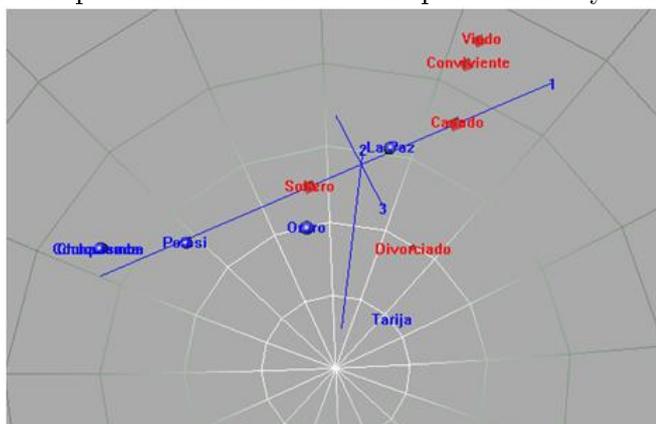
Figura B.7: Mapa Bidimensional Asimétrico del Departamento y el Estado Civil



Fuente: Elaboración propia

Se puede tener una mejor visualización de la situación del estado civil de los acci-

Figura B.8: Mapa Tridimensional del Departamento y el Estado Civil



**Fuente:** Elaboración propia

dentados en relación con el departamento en el cual más ocurren. Nuevamente resalta el departamento de La Paz con mayor frecuencia en accidentes laborales con estado civil soltero y no muy lejos se puede ver a los casados.

### B.3.7. Análisis de Correspondencia Simple de las variables Edad y Estado Civil

La prueba de independencia entre estas variables arroja la probabilidad de 0.02557, resultado que indica que se rechaza la homogeneidad de la tabla y se concluye que es muy probable que existan diferencias reales entre la edad, en lo concerniente a los perfiles del Estado Civil.

La edad es un factor importante al momento de realizar un trabajo y se pudo observar en los datos que la población con mayor accidente es de 25 hasta los 30 años.

### B.3.8. Cálculo de las Inercias Principales de las variables Edad y Estado Civil

Se puede observar que el aporte con mayor porcentaje es del 64.42% de las inercias principales y las restantes son bajos en los aportes reduciendo en sus valores. La descomposición de la inercia en las tres primeras dimensiones explican el 98.33% de la inercia.

Inercias Principales				
Dimensión	Valores	%	cum%	Scree Plot
1	0.031928	64.4	64.4	*****
2	0.011460	23.1	87.5	*****
3	0.005347	10.8	98.3	****
4	0.000830	1.7	100.0	
<b>Total</b>	<b>0.049564</b>	<b>100.0</b>		

Cuando la inercia es baja, los perfiles fila presentan poca variación y se hallan cerca de su perfil medio. En tal caso, se dice que existe poca asociación, o correlación, entre las filas y las columnas. Cuanto mayor sea la inercia, más cerca se hallan los perfiles fila de los vértices columna. Se reproduce nuevamente el aporte de porcentajes de inercia explicada de cada dimensión pero esta vez proporciona los valores propios, también proporciona la inercia explicada en forma de porcentajes acumulados y el diagrama de descomposición (screeplot), cuyo significado es el mismo que el de las otras aplicaciones.

Filas:

	0- 15 años	15-20 años	20-25 años	25-30 años	30-35 años	35-40 años	40-45 años	45-50 años	50-55 años	55-60 años	60 y más años
Masa	0.000837	0.010879	0.108787	0.204184	0.159833	0.133054	0.109623	0.092050	0.097908	0.055230	0.027615
ChiDist	0.745647	0.189928	0.258843	0.246741	0.082820	0.154755	0.253070	0.341413	0.122568	0.173744	0.371715
Inercia	0.000465	0.000392	0.007289	0.012431	0.001096	0.003187	0.007021	0.010730	0.001471	0.001667	0.003816
Dim.1	-3.549.481	0.761964	1.374.471	1.364.635	-0.111505	-0.509832	-0.982703	-1.175.120	-0.411726	-0.861019	-1.595.482
Dim.2	3.355.366	1.213.772	0.351133	-0.316905	-0.354959	1.039.586	1.678.025	-2.153.603	-0.431251	0.174208	-0.876372

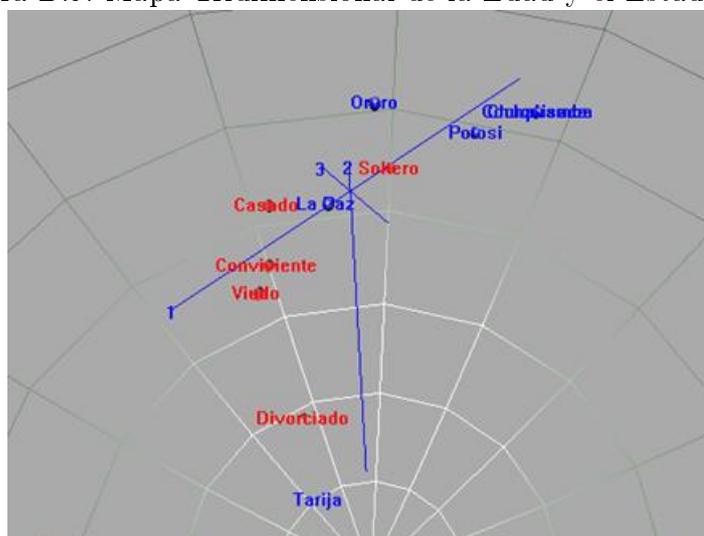
Columnas:

	Soltero	Casado	Conviviente	Divorciado	Viudo
Masa	0.642678	0.276151	0.056904	0.015900	0.008368
ChiDist	0.119774	0.257701	0.270329	0.831413	0.905183
Inercia	0.009220	0.018339	0.004158	0.010991	0.006857
Dim.1	-0.634237	1.399.467	1.245.991	-2.522.477	-1.153.048
Dim.2	0.359189	-0.550051	1.015.824	-5.937.575	-5.060.249

### B.3.9. Biplot del Estado Civil y la Edad

Graficando los accidentes del estado civil y el departamento en el cual ocurrieron los accidentes se tiene una mejor visualización de la situación del estado civil de los accidentados en relación a la edad en el cual ocurren con mayor frecuencia. En un espacio tridimensional la información del estado civil por quinquenios de edad para facilitar la visualización de la situación, se puede ver que los solteros tienen una edad de 35 a los 50 años de edad. La población conviviente tiende a asociarse con una edad desde los 20 a 35 años de edad. Aunque hay mucha población con un estado civil de casado, en el gráfico se muestra una asociación que comprende los 25 a 30 años de edad y no así con los solteros que también presentan una frecuencia alta de 25 a 30 años, esto solo se podría ver en un mapa tridimensional.

Figura B.9: Mapa Tridimensional de la Edad y el Estado Civil



Fuente: Elaboración propia

Nuevamente resalta el departamento de La Paz con mayor frecuencia en accidentes laborales con estado civil soltero y no muy lejos se pueden ver a los casados.

## Apéndice C

### Instrumentos de medición de la información del I.N.S.O.

#### C.1. Imágenes de los Instrumentos de medición de información del I.N.S.O.

La siguiente imagen muestra la primera cara de la Denuncia de Accidente de Trabajo, con su respectivo formulario que debe ser llenado y firmado por el empleador que hubiera atendido el caso, luego debe ser presentado por el empleador dentro de las 24 horas de ocurrido el accidente Profesional o accidente Común que cause invalidez. El original para el Ente Gestor, copias a: 1.-Empleador, 2.- Superintendencia de Pensiones, 3.- Direcciones Departamentales y Regionales del Ministerio de Trabajo y Microempresa, 4.-Instituto Nacional de Salud Ocupacional, 5.- Afiliado y la copia 6.-para la AFP, este formulario debe entregarse hasta los 5 días en el área urbana y 10 días en el área rural, a partir de esta se recogió toda la información con la que se realizó este trabajo.

La segunda imagen muestra la parte posterior de la Denuncia de Accidente de Trabajo luego se muestra las historias clínicas audiológicas, exámenes preocupacionales, periódicos, radicatoria, evaluación de incapacidad, becarios, instituciones militares y casos especiales, que realiza el I.N.S.O.

## DENUNCIA DE ACCIDENTE DE TRABAJO

FORM SP 004/97 CDA - I

En uso para accidente común

Este formulario debe ser llenado y firmado por el Empleador, y por los médicos que hubieran atendido el caso. Debe ser presentado por el Empleador dentro de las 24 horas de ocurrido el accidente Profesional o accidente Común que cause invalidez. El original para el Ente Gestor de Salud, copias a: 1.- Empleador, 2.- Superintendencia de Pensiones, 3.- Direcciones Departamentales y Regionales del Ministerio de Trabajo y Microempresa, 4.- Instituto Nacional de Salud Ocupacional, 5.- Afiliado, y la copia 6.- para la AFP, debe entregarse hasta los 5 días en área urbana y 10 días en área rural.

Trabajador Afiliado	Apellido Paterno <b>SANJINEZ</b>		Apellido Materno <b>GONZALES</b>		Apellido de Casada		Nombres <b>JANET</b>		SEJA <b>10308091</b>		
	Matrícula del asegurado al ente gestor de salud <b>67-5712-SGJ</b> EGS <b>CNS</b>										
	CI <b>2902064</b>		RUN		PAS/C/E		Sexo <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> F		Fecha de nacimiento <b>12 07 1967</b>		
	Soltero <input checked="" type="checkbox"/> Casado <input type="checkbox"/> Vuelto <input type="checkbox"/> Divorciado <input type="checkbox"/> Conviviente <input type="checkbox"/> Nacionalidad <b>BOLIVIANO</b>										
Dirección	Departamento <b>LA PAZ</b>		Provincia <b>MURILLO</b>		Ciudad / Localidad <b>LA PAZ</b>		Zona / Barrio / Urbanización <b>AGUA DE LA VIDA</b>				
	Domicilio actual (Calle y Nro) <b>AV. DIEGO DE PERALTA N° 172</b>										
	Dependiente <input checked="" type="checkbox"/> Independiente <input type="checkbox"/> No Afiliado Independiente <input type="checkbox"/> Fecha de inicio de relación laboral <b>30 03 1998</b>										
	Ocupación <b>LABORAL "D"</b>										
Información laboral	Nombre o Razón Social del empleador <b>GOBIERNO MUNICIPAL DE LA PAZ</b>				Teléfono <b>2202000</b>		Fax		Otros		
	Número patronal <b>01-913-0001</b>		NIT empleador		<b>1029241022</b>						
	Departamento <b>LA PAZ</b>		Provincia <b>MURILLO</b>		Ciudad / Localidad <b>LA PAZ</b>		Zona / Barrio / Urbanización <b>CENTRAL</b>				
	Domicilio actual (Calle y Nro) <b>CALLE MERCADO # 1298</b>										
Reportes de testigos presenciales o Investigación de Medicina de Trabajo	¿Recibió entrenamiento previo para efectuar su trabajo? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Tiempo de servicio en la empresa <b>10A3M23D</b>		en la ocupación <b>10A3M23D</b>						
	¿Recibió instrucciones (cursos) sobre Seguridad e Higiene Industrial? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Sección donde trabajaba <b>UND. TEATROS ESPACIOS CULTURALES</b>								
	Lugar donde ocurrió el accidente <b>TEATRO MUNICIPAL</b> Día <b>23</b> Mes <b>07</b> Año <b>2008</b> Hora <b>16:00</b>										
	Cómo ocurrió el accidente? <b>CIRCUNSTANCIAS EN EL QUE REFACCIONABAN LOS CAMERINOS, AL PEGAR TELAS A LA PARED CON CLEFA SIN TO DOLOR DE CABEZA Y NAUCEAS</b>										
Reportes del personal médico, paramédico o de seguridad de la empresa	Descripción de las causas del accidente <b>POR EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN (3 HORAS) AL OLORES DE LA CLEFA EN UN AMBIENTE CERRADO</b> (Descripción breve pero completa)										
	Qué labor realizaba el accidentado en el momento de producirse el accidente? <b>LABORES COTIDIANAS</b>										
	Testigos 1. Nombre _____ Firma _____ Nombre _____ Firma _____										
	El accidentado fue atendido en: <input type="checkbox"/> El mismo lugar de trabajo <input checked="" type="checkbox"/> Otro lugar de trabajo <input type="checkbox"/> Fecha en la que se presentó para atención médica de urgencia <b>31 JUL 2008</b> Día <b>31</b> Mes <b>JUL</b> Año <b>2008</b> Quién prescribió los primeros auxilios? _____ Hora _____ Disponibilidad de partes corporales afectadas _____ Diagnóstico presuntivo _____ Fue trasladado a otro Centro Médico <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> Nombre del Centro Médico _____ Momento afectado _____										
Para ser llenado por el Ente Gestor de Salud	Lugar, fecha y hora de despacho del presente documento <b>LA PAZ 29 DE JULIO 2008</b>										
	Centro Médico u Hospital <b>Hospital Nuevo Central</b>		Diagnóstico Médico oficial <b>Instrucción por inhalante</b>								
	Tratamiento efectuado <b>oxígeno/soluciones parenterales</b>										
	Tiempo estimado de incapacidad para el trabajo <b>3 d</b> Intención <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO Transfido a otro Centro <input type="checkbox"/> NO Centro al que fue transferido <b>Hospital Oruro</b> Causa de la transferencia <b>causal</b>										
Falleció, fecha Día _____ Mes _____ Año _____ Hora _____ Fecha y hora del presente informe <b>05-07-08 Hr 17:00</b>											

DATOS PARA EL ANALISIS DEL ACCIDENTE					
Datos a ser llenados por el Personal del Departamento de Seguridad, Encargado de Seguridad o Responsable de la Empresa y verificados por el Ente Gestor de Salud					
A TIPO DE ACCIDENTE	1. Caída en el nivel (Pisos)				
	2. Caída de un nivel al otro (Gradas, escaleras, escalones, etc.)				
	3. Golpeado por algo (Piedras, materiales, herramientas, etc.)				
	4. Golpe contra algo (paredes, vigas, máquinas, etc.)				
	5. Contacto con objetos agudos o cortantes (Serras, vidrios, clavos u otros)				
	6. Sobre esfuerzos (levantamiento de peso excesivo, etc.)				
	7. Exposición o contacto a un potencial eléctrico				
	8. Exposición a radiaciones				
	9. Atropello (vehículos, maquinaria, materiales u otros)				
10. Atropello entre (máquinas, vehículos u otros)					
11. Atropello dentro (ascensores, torres u otros)					
12. Contacto con temperaturas extremas					
13. Exposición o contacto a sistemas activos					
14. Intoxicación					
15. Ingestión					
16. Explosión					
17. Sin especificar					
B AGENTE INVOLUCRADO EN EL ACCIDENTE	1. Máquina de producción (Inyectores, tornos, etc.)				
	2. Máquina herramienta (Torno, fresadora, taladro, etc.)				
	3. Máquina accionar (Compresor, bomba, prensa, etc.)				
	4. Equipo generador de potencia (Turbina, generador, celdas, etc.)				
	5. Equipo transformador de potencia (Pulsos, engranajes, eje, etc.)				
	6. Equipamiento de presión (Cámara, tuberías de ingreso, tanque de aire comprimido, etc.)				
	7. Herramienta manual sin fuente de energía (Llave, martillo, barreta, etc.)				
	8. Herramienta manual con fuente de energía (Cilindro, serra portatil, serra taladro, etc.)				
	9. Equipo tipo de transporte de carga (Cinta transportadora, tolva transportador, cargador, etc.)				
	10. Vehículo de transporte				
	11. Equipo de luz (Grúa, torche, linterna, etc.)				
	12. Accesorio para personal				
	13. Equipo eléctrico (Transformador, reactancia, etc.)				
	14. Estructura temporal (Andamio, escalera, plataforma, etc.)				
	15. Estructura permanente (Grúa, puente, viga, etc.)				
16. Pieza suelta					
17. Líquido					
18. Gas					
19. Vapor					
20. Humo					
21. Polvo					
22. Material explosivo (Cemento, sustancia inflamable, gas, etc.)					
23. Manejo de materiales					
24. Carga viva (Pegante, arena)					
25. Ruido excesivo					
26. Vibración					
27. Radiación (Radioactiva, arco, microondas, rayos infrarrojos, etc.)					
28. Electricidad (Conductor eléctrico, etc.)					
29. Fuego (Material inflamable)					
30. Frío (Hielo seco)					
31. Sin identificar					
C NATURALEZA DEL DAÑO	1. Erusiones (Rasguños, etc.)				
	2. Contusiones (Golpes, etc.)				
	3. Heridas cortantes				
	4. Heridas punzantes				
	5. Laceración (Desgarro)				
	6. Aplastamiento				
	7. Fractura				
	8. Amputaciones traumáticas				
	9. Quemaduras				
10. Presencia de cuerpos extraños					
11. Dolor muscular (Calambres)					
12. Espasmos (Tetanos)					
13. Intoxicación aguda					
14. Efectos de la corriente eléctrica					
15. Efectos de la radiación					
16. Derrame					
17. Asfixia por gas					
18. Ahogamiento por líquido					
19. Daños múltiples de diferente naturaleza					
20. Otros no clasificados					
D PARTES AFECTADAS DEL CUERPO	CABEZA CUELLO      EXTREM. SUPERIORES      EXTREM. INFERIORES      TRONCO				
	1. ( ) Cabeza 2. ( ) Cerebro 3. ( ) Cara 4. ( ) Codo 5. ( ) Ojos 6. ( ) Oídos 7. ( ) Boca, dientes, etc. 8. ( ) Nariz 9. ( ) Otros	10. ( ) Hombro 11. ( ) Brazo 12. ( ) Codo 13. ( ) Antebrazo 14. ( ) Muñeca 15. ( ) Mano 16. ( ) Dedos 17. ( ) Otros	18. ( ) Cadera 19. ( ) Muñe 20. ( ) Rodilla 21. ( ) Pierna 22. ( ) Tobillo 23. ( ) Pie 24. ( ) Dedos 25. ( ) Otros	26. ( ) Espalda 27. ( ) Tórax 28. ( ) Abdomen 29. ( ) Inguine 30. ( ) Otros	
	E CONDICIONES PELIGROSAS	1. Rengueo inadecuado (Máquinas)			
		2. Sin rengueo (Máquinas)			
		3. Herramientas y equipos defectuosos			
		4. Herramientas y equipos inadecuados			
		5. Construcción insegura			
		6. Vestimenta de trabajo inadecuada			
		7. Vestimenta de trabajo defectuosa			
		8. Falta de equipo de protección personal (Casco, zapatos de seguridad, guantes, lentes, etc.)			
		9. Señalización inadecuada			
		10. Señalización deficiente			
		11. Señalización resistente			
		12. Aborramiento, falta de orden y limpieza (Fertilizantes, material, escombros)			
		13. Falta física			
		14. Deficiencias físicas (Mopia, sordera, etc.)			
		15. Deficiencias psíquicas			
	F ACTOS INSEGUROS	1. Trabajos, operaciones, etc. en autorización			
		2. Operaciones a velocidad inadecuada			
		3. Herramientas y equipos defectuosos			
4. Equipo inadecuado de herramientas, equipos, materiales, vehículos, etc.					
5. Falta de mantenimiento, equipos, materiales, vehículos inseguros o defectuosos					
6. Inadecuado uso del equipo de protección personal (Casco, zapatos de seguridad, guantes, lentes, etc.)					
7. Forma defectuosa e insegura de cargar, aplicar, manejar, almacenar, etc.					
8. Manejo defectuoso e inseguro de levantar y llevar pesos					
9. Adquirir posiciones inseguras y deficiente					
10. Ajustar, limpiar, arreglar, lavar maquinaria sin apagarla					
11. Falta de atención en el trabajo o conservar inoperabilidad a grúa					
12. Sin acto inseguro					
G FACTORES CONTRIBUYENTES	1. Incumplimiento de instrucciones de seguridad				
	2. Falta de experiencia, habilidad, entrenamiento				
	3. Exposición excesiva al peligro				
	4. Defectos físicos o psíquicos				
	5. Estrés				
	6. Presión emocional para el cumplimiento de un trabajo				
	7. Sin factores contribuyentes				

FORM.MED. N° 005

**MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES  
INSTITUTO NACIONAL DE SALUD OCUPACIONAL  
MEDICINA DEL TRABAJO  
HISTORIA CLINICA AUDIOLOGICA**

N° N.C. \_\_\_\_\_ Nombre: \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Sexo \_\_\_\_\_  
 Empresa \_\_\_\_\_ Sección \_\_\_\_\_  
 Ocupación actual: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

**HISTORIA OCUPACIONAL DE EXPOSICIÓN A RUIDO**

Tiempo de trabajo: \_\_\_\_\_

DE	A	OCUPACIÓN	EMPRESA	EXPOSICIÓN	HRS./DIA	PROTECC. PERSON

Exposición fuera del trabajo \_\_\_\_\_ Hrs. \_\_\_\_\_

**No ocupacionales:**

Sordera Familiar \_\_\_\_\_

Servicio Militar \_\_\_\_\_ Tiro al blanco \_\_\_\_\_ Caza \_\_\_\_\_

**Antecedentes:**

Infecciones OD OI Fecha y año \_\_\_\_\_

Dolor de oído: OD OI Fecha y año \_\_\_\_\_

Supuración: OD OI Fecha y año \_\_\_\_\_

Interv. Quirúrgica Causa: OD OI Fecha y año \_\_\_\_\_

Traumatismo: OD OI Fecha y año \_\_\_\_\_

Tec: SI NO Tiempo, Año, Fecha \_\_\_\_\_

Ototoxicidad SI NO Tiempo, Año, Fecha \_\_\_\_\_

Otras Patologías: \_\_\_\_\_

Presión Arterial: \_\_\_\_\_

Sensación de Sordera OD OI \_\_\_\_\_

Diagnóstico: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Tratamiento: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Dr. MS \_\_\_\_\_ MC \_\_\_\_\_



**MINISTERIO DE SALUD Y DEPORTES**  
**INSTITUTO NACIONAL DE SALUD OCUPACIONAL**

N° H.C.I. \_\_\_\_\_

PREOCUPACIONAL  
  PERIODICO  
  RADICATORIA  
  EV. INCAPACIDAD  
  BECARIO  
  INST. MIL.  
  ESPECIAL

1. AP. PATERNO \_\_\_\_\_ AP. MATERNO \_\_\_\_\_ AP. CASADA \_\_\_\_\_ NOMBRES \_\_\_\_\_

2. EDAD  3. SEXO  4. LUGAR DE NACIMIENTO \_\_\_\_\_ 5. FECH. NACIM. \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

6. C.I./ o PASAP. \_\_\_\_\_ 7. PROCEDENCIA \_\_\_\_\_ 8. DIRECCIÓN \_\_\_\_\_

9. EMPRESA O INSTITUCIÓN \_\_\_\_\_ 10. TELF.: \_\_\_\_\_

II. 1. INSTRUCCIÓN A  B  S  TEC.  SUP.  2. ESTADO CIVIL S  C  V  D  CON  3. IDIOMA CAST.

PRACTICA DEPORTIVA \_\_\_\_\_ AYMARA

4. TABAQUISMO \_\_\_\_\_ QUECHUA

5. ALCOHOLISMO \_\_\_\_\_ INGLES

6. COCA \_\_\_\_\_ 7. OTROS \_\_\_\_\_ OTROS

8. ANT. GINECO OBSTETRICO G \_\_\_\_\_ P \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_ C \_\_\_\_\_ FUM \_\_\_\_\_ FUP \_\_\_\_\_ FPP \_\_\_\_\_

9. INMUNIZACIONES \_\_\_\_\_

III. HISTORIA OCUPACIONAL (ANOTE EN ORDEN CRONOLOGICO TERMINANDO EN EL ACTUAL O PUESTO AL QUE POSTULA)

FECHAS Desde hasta Años de Trab	EMPRESA	OCUPACION	RIESGOS						COND. De Riesgos			PROTEC Personal				
			Fisico	Químico	Biológico	Ergonómico	Psicosociales	OTROS	SI	NO	PA	SI	NO	PA		
OCUPACIÓN ACTUAL																

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

1. ENFERMEDADES OCUPACIONALES (Anotar, fecha, tipo, secuelas) \_\_\_\_\_

2. ACCIDENTES DE TRABAJO (Anotar, lugar fecha, tipo, secuelas) \_\_\_\_\_

---

IV. ANTECEDENTES FAMILIARES

1. PADRE \_\_\_\_\_ 2. MADRE \_\_\_\_\_ 3. HERMANOS \_\_\_\_\_

4. ESPOSO(A) \_\_\_\_\_ 5. HIJOS \_\_\_\_\_

V. EXAMEN PSICOLOGICO ELEMENTAL (Integridad psicológica, estado mental, estado emocional, actitud, relaciones humanas, ambiente familiar motivación para el trabajo) \_\_\_\_\_

VI. ANTECEDENTES PERSONALES PATOLOGICOS ( Anote diagnóstico, tratamiento y fecha)

1. ENFERMEDADES ALERGICAS \_\_\_\_\_

2. ENFERMEDADES AUDITIVAS \_\_\_\_\_

3. ENF. CARDIOVASCULARES \_\_\_\_\_

4. ENF. DIGESTIVAS \_\_\_\_\_

5. ENF. INFECTOCONTAGIOSAS \_\_\_\_\_

6. ENF. LOCOMOTORAS \_\_\_\_\_

7. ENF. MENTALES NEUROLOGICAS \_\_\_\_\_

8. ENF. OCULARES \_\_\_\_\_

9. ENF. OCUPACIONALES \_\_\_\_\_

10. ENF. RESPIRATORIAS \_\_\_\_\_

11. ENF. SISTEMICAS \_\_\_\_\_

12. TRAUMATISMOS \_\_\_\_\_

13. OTROS \_\_\_\_\_

14. HOSPITALIZACIONES (Anotar fecha, diagnóstico y tratamiento) \_\_\_\_\_

VII. ESTADO ACTUAL \_\_\_\_\_ ( Anotar en detalle síntomas referidos a aparatos, sistemas y disposición para el trabajo)

VIII. EXPLORACION FISICA

1. Est. Nutritivo \_\_\_\_\_ 2. Deformaciones \_\_\_\_\_

3. Esta. Mental \_\_\_\_\_ 4. Pulso \_\_\_\_\_ 5. P.A. Sentado \_\_\_\_\_ 6. P.A. acostado características \_\_\_\_\_

7. Fec. Resp. \_\_\_\_\_ 8. Peso \_\_\_\_\_ Kg. 9. Talla \_\_\_\_\_ cm. 10. Facies \_\_\_\_\_

\* 10.1. Relación Pondo Estatural \_\_\_\_\_

11. Piel \_\_\_\_\_ 12. Mancha \_\_\_\_\_

13. Ojos \_\_\_\_\_

14. Oídos \_\_\_\_\_

15. Nariz \_\_\_\_\_

16. Boca \_\_\_\_\_

17. Cuello - 17.1 Tiroides \_\_\_\_\_

18. Tórax - 18.1 Forma \_\_\_\_\_ 18.2 Tipo respirat \_\_\_\_\_ 18.3 Mamas \_\_\_\_\_

18.4 Pulmones \_\_\_\_\_

19. Corazón \_\_\_\_\_ 19.1 Apex \_\_\_\_\_

19.2 Ruidos \_\_\_\_\_ 19.3 Soplos \_\_\_\_\_

20. Abdomen \_\_\_\_\_

21. Genitourinario \_\_\_\_\_

22. Columna Vertebral \_\_\_\_\_

23. Miembros Superiores \_\_\_\_\_

24. Miembros Inferiores \_\_\_\_\_

25. Sistema Nervioso -25.1 Motilidad \_\_\_\_\_ 25.2 Coordinación \_\_\_\_\_

25.3 Sensibilidad \_\_\_\_\_ 25.4 Reflejos \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Firma Médico \_\_\_\_\_

IX. RESULTADOS

EX. CLINICO

1. HEMOGRAMA \_\_\_\_\_ 2. GRUPO SANGUINEO, Rh \_\_\_\_\_ 3. V.D.R.L. \_\_\_\_\_

4. V.I.H. \_\_\_\_\_ 5. BK. EN EXPECTORACION \_\_\_\_\_

6. ORINA \_\_\_\_\_

7. COPRO PARASITOLOGICO \_\_\_\_\_ 8. CHAGAS \_\_\_\_\_

9. CARDIOVASCULAR \_\_\_\_\_

10. PRUEBAS FUNCIONALES RESPIRATORIAS \_\_\_\_\_

11. DENTAL \_\_\_\_\_

12. RAYOS X \_\_\_\_\_

13. OTROS \_\_\_\_\_

X. DIAGNOSTICO(S) 1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

XI. GRADO DE APTITUD EN EL TRABAJO \_\_\_\_\_

LITERAL \_\_\_\_\_

XII. RECOMENDACIONES \_\_\_\_\_

# Apéndice D

## Definiciones del ACS

### D.1. Introducción

En este trabajo no se ha visto nada sobre rotaciones debido a que raramente se justifica no se necesitan en AC. Se debe tener en cuenta que el espacio de perfiles no es un espacio de vectores real ilimitado, es un espacio delimitado por puntos unidad o vértices, que definen un espacio multidimensional. La idea de alinear los puntos de las distintas categorías en ejes que formen ángulos rectos no tiene, el mismo significado que en el análisis factorial en donde los ángulos rectos indican que las correlaciones entre variables son nulas (en el AC, la suma de los elementos del perfil es 1; por tanto, la posición de un determinado punto viene determinada por las de los restantes puntos).

#### D.1.1. Cada perfil es una media ponderada o centroide de los vértices

Las posiciones de los niveles de una variable se las puede ver también como medias ponderadas. Asignar pesos a los valores de una variable es un concepto bien conocido en estadística. Por ejemplo, en una clase de 26 estudiantes, la media de sus calificaciones calculada sumando las calificaciones de los 26 estudiantes y dividiendo por 26 es 7,5. En realidad, tres estudiantes obtuvieron un 9, siete un 8, y 16 un 7, de manera que se puede calcular de forma equivalente la calificación media asignando un peso de  $3/26$  a la calificación de 9, un peso de  $7/26$  a la de 8 y un peso de  $16/26$  a la de 7, siendo los pesos las frecuencias relativas de cada calificación. Dado que la calificación de 7 tiene más peso que las restantes, el valor de la media ponderada, 7,5, se halla «más cerca» de esta calificación. La media aritmética usual de los valores 7, 8 y 9 es de 8.

#### D.1.2. Simetría entre el análisis de filas y el de columnas

Todo lo que se ha hecho en el análisis de filas se lo puede aplicar de forma completamente simétrica a las columnas, como si se repitiera todas las operaciones en la tabla transpuesta.

Con el análisis de columnas se visualiza los perfiles de las columnas y los vértices de las filas en el subespacio de representación óptimo de los perfiles de las columnas.

El (primer) eje principal de perfiles es la recta, o dimensión, que mejor se ajusta y la (primera) inercia principal es la inercia explicada por esta dimensión.

Las coordenadas principales son las posiciones de las coordenadas de los perfiles en un eje principal, y las coordenadas estándares son las posiciones de las coordenadas de los vértices en un eje principal.

Los dos análisis son equivalentes en el sentido de que tienen la misma inercia total, la misma dimensionalidad y la misma descomposición de la inercia total en inercias de los ejes principales.

Además, en ambos análisis, los perfiles y los vértices están íntimamente relacionados de la siguiente manera: en un eje principal, las posiciones de los perfiles (en coordenadas principales) tienen exactamente las mismas posiciones relativas que los correspondientes vértices (en coordenadas estándares) en el otro análisis, pero con valores contraídos. El factor de escala implicado es exactamente la raíz cuadrada de la inercia principal de ese eje.

Este factor de escala también se puede interpretar como la máxima correlación que podemos obtener con las variables fila y las variables columna como resultado de la asignación de valores numéricos a las categorías de estas variables.

### D.1.3. Mapa Asimétrico

Un mapa asimétrico, o un mapa con escalas asimétricas, es una representación conjunta de perfiles y vértices. En un mapa asimétrico, se representa las filas en coordenadas principales, y las columnas en coordenadas estándares o viceversa. Es decir, si está más interesado en el análisis de las columnas que en el de filas, se representarían las columnas en coordenadas principales, y las filas en coordenadas estándares.

El factor de escala entre las filas y las columnas se cumple para todos los ejes principales. En consecuencia, la representación bidimensional de los perfiles columna sería una versión encogida de las posiciones de los vértices mostrados en el mapa sin embargo los «factores de contracción» (es decir, las correlaciones canónicas, que son iguales a las raíces cuadradas de las inercias principales) de los dos ejes no son los mismos.

### D.1.4. Mapa Simétrico

Una vez examinada con bastante profundidad la explicación geométrica de las representaciones asimétricas, se introdujo otra posibilidad de representación de los resultados, el mapa simétrico.

Esta opción es, de lejos, la más popular en la literatura sobre el AC, especialmente entre los investigadores franceses. En los mapas simétricos solapamos en la misma representación, los perfiles fila y los perfiles columna, a pesar de que, en sentido estricto, las configuraciones de filas y columnas emanan de espacios distintos.

Por tanto, en los mapas simétricos representamos tanto las filas como las columnas en coordenadas principales, es más difícil que en la representación gráfica se produzca un solapamiento de etiquetas. En cambio, en los mapas asimétricos, los perfiles (que en general son los puntos de principal interés) se hallan apretados en el centroide la representación, lejos de los vértices exteriores, lo que hace que la visualización sea menos estética.

La comodidad de los mapas simétricos, tiene un precio que deriva del riesgo de querer interpretar, de forma directa, las distancias entre filas y columnas. Aun así, como se pone de manifiesto en el artículo de [9] Gabriel que se menciona a continuación, la distorsión que se produce al interpretar los mapas simétricos como si fueran verdaderos biplots, no es demasiado grande.

Se trata de una peculiaridad del AC que, a menudo, es mal comprendida y que, frecuentemente, causa confusión entre los usuarios de los mapas simétricos a los que les gustaría realizar grupos formados por filas y columnas.

De forma rigurosa, no es posible deducir a partir de la proximidad entre un punto fila y un punto columna, que la fila y la columna correspondientes presenten una asociación elevada. Este tipo de interpretación es, hasta cierto punto, posible sólo en el caso de mapas asimétricos.

Una regla de oro para la interpretación de este tipo de mapas es que se pueda interpretar la distancia entre puntos siempre que éstos se hallen en el mismo espacio, como es el caso de los perfiles fila y de los vértices columna en el espacio de perfiles fila.

Cuando se interprete mapas simétricos, se tiene que tener presente que un mapa simétrico no es más que el “solapamiento de dos mapas distintos”.

### D.1.5. Mapas Bidimensionales

Cuando en una representación gráfica aumenta la dimensionalidad de un sub espacio, se incrementa la precisión de la representación de los perfiles. Sin embargo, al aumentar la dimensionalidad, la visualización de los puntos es más y más compleja. En general, se prefiere las representaciones bidimensionales.

Los ejes principales están anidados; es decir, el eje principal de una representación unidimensional es idéntica al primer eje principal de una solución bidimensional, y así sucesivamente. Aumentar la dimensionalidad de una representación implica, simplemente, que se añada nuevos ejes principales a los que ya se ha hallado.

Un mapa asimétrico es aquel en el que se representa las filas y las columnas en escalas distintas, por ejemplo, las filas en coordenadas principales y las columnas en coordenadas estándares (son los vértices columna). Existen dos posibilidades, según sean de interés principal las filas o las columnas.

En un mapa asimétrico en el que, por ejemplo, se representa las filas en coordenadas principales (es decir, un análisis de filas), las distancias entre las filas son, aproximadamente, distancias  $\chi^2$ . Las distancias entre las filas y un vértice columna son, en general, inversamente proporcionales a los valores de los elementos del perfil de esa columna. Sin embargo, en los mapas simétricos, la representación gráfica más frecuente, se expresa tanto las filas como las columnas en coordenadas principales.

En los mapas simétricos, las distancias entre las filas y las distancias entre las columnas son aproximadamente distancias  $\chi^2$  de sus respectivos perfiles. No obstante, en un mapa simétrico no existe una interpretación específica para las distancias entre las filas y las columnas.

### D.1.6. Interpretación de dimensiones

Cuando sea posible, es útil contrastar utilizando la prueba  $\chi^2$  si la asociación entre las filas y las columnas de una tabla de contingencia es significativa. Sin embargo, la significación estadística no es un requerimiento crucial para el análisis de mapas. Se puede ver el AC como una manera de expresar datos en forma gráfica para facilitar su interpretación; así tiene sentido representar cualquier tabla.

La interpretación dimensional de los mapas es siempre igual, tanto si se recurre a mapas simétricos como a mapas asimétricos. Es decir, se tiene que interpretar los ejes uno a uno. Se basa la interpretación en asignar nombres descriptivos a los ejes principales a partir de las posiciones relativas de los puntos de uno de los dos conjuntos de coordenadas.

Los mapas asimétricos van bien cuando la inercia es alta, pero resultan problemáticos cuando la inercia total es pequeña. Ello es debido a que las coordenadas principales se hallan demasiada cerca del origen, lo que complica el etiquetado.

Es importante que las utilidades de representación gráfica mantengan la razón de escalas de los mapas. Una unidad en el eje horizontal debe aproximarse tanto como sea posible a una unidad en el eje vertical. Cuando las escalas son distintas, las distancias se distorsionan.

### D.1.7. Contribuciones a la Inercia

La inercia (total) de una tabla cuantifica la variación existente en los perfiles fila o en los perfiles columna. Cada una de las filas y cada una de las columnas contribuye a la

inercia total.

Se denomina a estas contribuciones: inercias de las filas e inercias de las columnas, respectivamente. El AC se lleva a cabo con el objetivo de explicar la máxima inercia posible en el primer eje. El segundo eje explica el máximo de la inercia restante, y así sucesivamente.

Por tanto, los ejes principales también descomponen la inercia total; a las inercias de los ejes principales se las llama inercias principales. A su vez, se puede descomponer las inercias principales con relación a las filas (o a las columnas). Se tiene dos posibilidades para expresar la contribución del  $k$ -ésimo eje a la inercia de las filas (o de las columnas):

- Con relación a la inercia principal del eje.
- Con relación a la inercia de la fila o de la columna.

La posibilidad (a) permite diagnosticar qué filas (o columnas) han tenido un mayor papel en la determinación de la orientación de los ejes principales. Estas contribuciones nos facilitan la interpretación de los ejes principales.

La posibilidad (b) permite diagnosticar la posición de los perfiles con relación a los ejes y si éstos están bien representados en el mapa. Si están bien representados se las puede interpretar con seguridad, en cambio, si están pobremente representados, se deben interpretar sus posiciones con más cautela. Estos valores de inercia son los cuadrados de cosenos de los ángulos formados por los perfiles y los ejes principales, también se las puede interpretar como correlaciones al cuadrado.

La suma de los cuadrados de las correlaciones de un perfil con las dimensiones de un determinado subespacio proporciona una medida de la calidad de la representación del perfil en dicho subespacio.

Las correlaciones de los perfiles con los ejes, y las calidades de la representación del AC equivalen, respectivamente, a los coeficientes de carga de los factores y a las communalidades del análisis factorial.

### D.1.8. Biplot en el Análisis de Correspondencia Simple

El Biplot es un mapa que representa conjuntamente las filas y las columnas de una matriz de datos, de manera que los productos escalares entre los vector es fila y los vectores columna se aproximen tanto como sea posible a los correspondientes valores de la matriz. En AC, los mapas asimétricos son Biplots; en cambio, en sentido estricto, los mapas simétricos no lo son, a pesar de que en la práctica las direcciones definidas por los perfiles del mapa simétrico y los correspondientes vértices del mapa asimétrico, a menudo, no son muy distintas, de modo que la interpretación del Biplot sigue siendo válida.

Multiplicando las posiciones de los vértices de los mapas asimétricos por la raíz cuadrada de la masa de las correspondientes columnas se acerca las posiciones de los vértices al origen. A esta interesante variación del mapa asimétrico se le llama Biplot estándar del AC. Se puede calibrar los ejes del Biplot en las unidades de los perfiles (como proporción eso en porcentajes). De esta manera, las proyecciones de los perfiles darán directamente sus valores aproximados.

## Descomposición de Valores Singulares *SVD*

Los valores singulares juegan un papel central en el álgebra lineal numérica actual. Son esenciales para calcular de forma fiable cantidades tan importantes como el rango de una matriz o la distancia de una matriz no singular al conjunto de las matrices singulares.

La *Descomposición en Valores Singulares (SVD, Singular Value Decomposition)* está estrechamente relacionada a la teoría espectral o de diagonalización de matrices simétricas. Si  $A$  es una matriz simétrica real de  $n \times n$ , entonces existe una matriz ortogonal  $V$  y una diagonal  $D$  tal que  $A = VDV^T$ . Las columnas de  $V$  son los autovectores de  $A$  y forman una base ortonormal de  $\mathbb{R}^n$ , las entradas de la diagonal  $D$  son los autovalores de  $A$ . Para resaltar la conexión con la *SVD*, nos referiremos a esta como la *Descomposición en Valores Propios*, o *EVD (Eigen Value Decomposition)* de  $A$ .

Para la *SVD* consideramos una matriz real arbitraria  $A$  de  $m \times n$ . Demostraremos que existen matrices ortogonales  $U$  y  $V$  y una matriz diagonal, denotada por  $\Sigma$ , tal que  $A = U\Sigma V^T$ . En este caso  $U$  es de  $m \times m$  y  $V$  es de  $n \times n$ , de modo que  $\Sigma$  tiene la misma dimensión que  $A$ . Las entradas de la diagonal de  $\Sigma$ , esto es  $\Sigma_{ii} = \sigma_i$ , son números reales no negativos que pueden ser ordenados de mayor a menor  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_p$ ,  $p = \min\{m, n\}$  y se llaman *valores singulares* de  $A$ , las columnas de  $U$  y  $V$ , son llamadas, respectivamente, *vectores singulares izquierdos y derechos*, para  $A$ . La matriz diagonal tiene la forma siguiente:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_n \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix}, \text{ si } m \geq n$$

ó

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \cdots & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_m & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix}, \text{ si } m < n$$

La factorización

$$A = U\Sigma V^T$$

se denomina *Descomposición en Valores Singulares* de  $A$ .

**Teorema 1.** Toda matriz real  $A$  de  $m \times n$  admite una Descomposición en Valores Singulares.

*Demostración.* Primeramente observemos que la matriz  $A^T A$  es simétrica. En efecto

$$(A^T A)^T = A^T (A^T)^T = A^T A$$

luego admite una *EVD*:  $A^T A = V D V^T$ , con entradas diagonales  $\lambda_i$  de  $D$  dispuestas en orden no creciente y sean  $\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  las columnas de  $V$ , que forman una base ortonormal de  $\mathbb{R}^n$ . Entonces

$$Av_i \cdot Av_j = (Av_i)^T (Av_j) = v_i^T A^T A v_j = v_i^T (\lambda_j v_j) = \lambda_j v_i \cdot v_j$$

luego el conjunto  $\{Av_1, Av_2, \dots, Av_n\}$  es ortogonal, y los vectores no nulos en este conjunto forman una base del espacio rango<sup>1</sup> de  $A$ . Así, los autovectores de  $A^T A$  y sus imágenes bajo  $A$  suministran bases ortogonales permitiendo  $A$  ser expresada en forma diagonal.

A continuación, normalizamos los vectores  $Av_i$ . Los autovalores de  $A^T A$  aparecen de nuevo en este paso. De los cálculos previos obtenemos  $|Av_i|^2 = \lambda_i$ , esto significa que  $\lambda_i \geq 0$  y  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ , con  $p = \min\{m, n\}$ , y si el rango de  $A$  es  $k$ ,  $\lambda_i = 0$  para  $i > k$ . Definimos la base ortonormal para el espacio rango de  $A$  como

$$u_i = \frac{Av_i}{|Av_i|} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_i}} Av_i, \quad 1 \leq i \leq k.$$

Si  $k < m$ , extendemos esta base a una ortonormal para  $\mathbb{R}^m$ .

Esto completa la construcción de la base ortonormal deseada para  $\mathbb{R}^n$  y  $\mathbb{R}^m$ . Haciendo  $\sigma_i = \sqrt{\lambda_i}$  tenemos  $Av_i = \sigma_i u_i$  para todo  $i \leq k$ . Agrupando los vectores  $v_i$  como columnas de una matriz  $V$  y los vectores  $u_i$  para formar  $U$ , tenemos que  $AV = U\Sigma$ , donde  $\Sigma$  tienen la misma dimensión de  $A$ , tiene las entradas  $\sigma_i$  en la diagonal principal, y todas las otras entradas nulas. Así,  $A = U\Sigma V^T$ , que es la Descomposición de Valores Singulares de  $A$ . □

**Síntesis 1.** Una matriz real  $A$  de  $m \times n$  puede ser expresada como el producto  $U\Sigma V^T$ , donde  $V$  y  $U$  son matrices ortogonales y  $\Sigma$  es una matriz diagonal, como sigue. La matriz  $V$  es obtenida de la Descomposición en Valores Próprios (*EVD*)  $A^T A = V D V^T$ , en la cuál las entradas de la diagonal de  $D$  aparecen en orden no creciente; las columnas de  $U$  son el resultado de la normalización de las imágenes no nulas de las columnas de  $V$  por  $A$ , y extendiendo (si fuera necesario) a una base ortonormal para  $\mathbb{R}^m$ ; las entradas no nulas de  $\Sigma$  son las raíces cuadradas de las entradas de la diagonal de  $D$ .

La construcción anterior demuestra que la *SVD* existe, y nos dá una idea de lo que dice acerca de una matriz, la principal es que la *SVD* encapsula las más apropiadas

---

<sup>1</sup>El espacio rango de una matriz  $A$  es el espacio vectorial  $R(A) = \{Av \mid v \in \mathbb{R}^n\}$ , su dimensión es el rango de la matriz  $A$

bases para el dominio y rango de la transformación definida por la matriz  $A$  y los valores singulares adquieren un significado natural. Este hecho tiene importantes consecuencias especialmente en el ámbito de los problemas de aplicación, donde en función del contexto específico de los mismos, esta naturalidad puede adquirir significados diversos, que proveen información fundamental para la comprensión de los mismos.

# Apéndice E

## Publicación de la Información

### E.1. Publicación de la información en el periodico LA PRENSA

El periódico LA PRENSA publicó la información estadística que se realizó en este Trabajo para el I.N.S.O. y a su vez para el Ministerio de Salud Ocupacional. La siguiente imagen fue publicada en el periodico “LA PRENSA” mostrando la información requerida por el Ministerio de Salud y Deportes hacia el Instituto Nacional de Salud Ocupacional, información con la que ahora cuenta la Institución.

LA PRENSA  
Ciudad

## En 2008 hubo 30 muertes por accidentes laborales en Bolivia

Actualizado 19/10/2009



Riesgo: un obrero trabaja en los Puentes Trillizos, en La Paz

En 2008, el INSO recibió 1.700 denuncias de accidentes laborales, pero hay casos no informados.

Bolivia tiene uno de los índices más altos de riesgo laboral de América Latina. Sólo en 2008 en el país se registraron 30 muertes por accidentes ocurridos en los sectores de construcción, vialidad y minería.

# Glosario

En este apéndice presentamos por orden alfabético una lista de los términos más comúnmente utilizados en este trabajo, junto con definiciones abreviadas de cada uno de ellos.

**Accidente de Trabajo:** Es un suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo y que produce en el trabajador daños a la salud (una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte). Ejemplo herida, fractura, quemadura.

**Actos Inseguros:** Son causas que dependen de las acciones u omisiones que efectúe el trabajador o el empleador y que pueden dar lugar a un accidente.

**Ambiente de Trabajo:** Es el conjunto de condiciones que rodean a la persona y que directa o indirectamente influyen en su estado de salud y en su vida laboral.

**Análisis de correspondencias (AC):** Método de representación de filas y columnas de una tabla como puntos en un mapa, con una interpretación geométrica específica de sus posiciones, que nos permite interpretar las similitudes y las diferencias entre filas y entre columnas, así como la asociación entre filas y columnas.

**Biplot:** Mapa conjunto de puntos que representa las filas y las columnas de una tabla de manera que los productos escalares entre filas y columnas se aproximen de forma óptima a los elementos de la tabla.

**Centroide:** Punto medio ponderado.

**Condiciones Inseguras:** Son las causas que derivan del medio en que los trabajadores realizan sus labores (ambiente de trabajo) y están relacionadas con la inseguridad que pueden tener los locales, las maquinarias, herramientas, equipos, lugares de operación.

**Contribución a la inercia:** Componente de la inercia explicada por un determinado punto en un eje principal. En general la expresamos en relación con la inercia principal correspondiente (que nos informa sobre cómo se han construido los ejes) o en relación a la inercia del punto (que nos informa sobre cómo queda explicado el punto en el eje).

**Coordenadas estándares:** Coordenadas de un conjunto de puntos en un eje que cumplen que la suma ponderada de sus cuadrados es igual a 1.

**Coordenadas principales:** Coordenadas de un conjunto de puntos proyectados sobre un eje principal, que cumple que la suma ponderada de sus cuadrados en dicho eje es igual a la inercia principal del eje.

**Descomposición en Valores Singulares (DVS):** Descomposición de una matriz similar a la descomposición en vectores y valores propios, pero aplicado a matrices rectangulares. Los cuadrados de los valores singulares son valores propios de las matrices cuadradas, y los vectores singulares de la izquierda y de la derecha son también vectores propios.

**Dimensión:** Número de dimensiones geométricas inherentes de una tabla necesarias para reproducir exactamente sus elementos en un mapa de AC.

**Distancia Euclídea:** Distancia entre puntos que calculamos como la raíz cuadrada de la suma de las diferencias al cuadrado entre los correspondientes elementos de los vectores.

**Distancia Chi-Cuadrado:** Distancia euclídea ponderada entre perfiles, en la que hemos dividido cada diferencia al cuadrado entre los elementos de los perfiles por el correspondiente elemento del perfil medio.

**Enfermedad de Trabajo:** Es todo estado anormal derivado de la acción continua de una causa originada por el medio ambiente de trabajo donde desempeña el trabajador.

**Enfermedad Profesional:** Es el daño a la salud que se adquiere por la exposición a uno o varios factores de riesgo presentes en el ambiente de trabajo.

**Estadístico Chi-Cuadrado:** Estadístico utilizado habitualmente para contrastar el modelo de independencia de una tabla de contingencia; calculado como la suma de diferencias al cuadrado entre frecuencias observadas y esperadas de acuerdo con el modelo. Dividimos cada diferencia al cuadrado por la correspondiente frecuencia esperada.

**Factor de Riesgo:** Es un elemento, fenómeno o acción humana que puede provocar daño en la salud de los trabajadores, en los equipos o en las instalaciones. Ejemplo, sobre esfuerzo físico, ruido, monotonía.

**Incidente:** Es un acontecimiento no deseado, que bajo circunstancias diferentes, podría haber resultado en lesiones a las personas o a las instalaciones. Es decir un casi accidente. Ejemplo un tropiezo o un resbalón.

**Inercia:** Suma ponderada de distancias al cuadrado de un conjunto de puntos con relación a su centroide. En AC los puntos son perfiles, los pesos son masas de los perfiles y las distancias son distancias ji-cuadrado.

**Inercia Principal:** La correspondiente de un eje principal; también llamada valor propio.

- Mapa:** Representación en el espacio de puntos (perfiles fila o perfiles columnas en AC) en la que podemos interpretar distancias o productos escalares (biplot).
- Mapa Asimétrico:** Una representación conjunta en la que hemos normalizado (escalado) de forma distinta los puntos de filas y de columnas. En general unos en coordenadas principales y los otros en coordenadas estándares. A menudo los mapas asimétricos son biplots.
- Masa:** Suma marginal total de una fila o una columna de una tabla dividida por la suma total de la tabla. La utilizamos como pesos en AC.
- Matriz Antisimétrica:** Matriz cuadrada con ceros en la diagonal y que cumple la propiedad de que los elementos por encima de la diagonal tienen el mismo valor absoluto que los elementos opuestos situados por debajo de la diagonal, pero con signo opuesto.
- Perfil:** Valores de una fila o columna de una tabla de contingencia dividida por su total. Los puntos que visualizamos en AC son perfiles.
- Razón de Escalas:** En una representación gráfica, el cociente entre una unidad de longitud en el eje horizontal y una unidad de longitud en el eje vertical. En un mapa de AC debe ser 1.
- Riesgo:** Es la probabilidad de ocurrencia de un evento. Ejemplo Riesgo de una caída, o el riesgo de ahogamiento.
- Salud:** Es un estado de bienestar físico, mental y social. No solo en la ausencia de enfermedad.
- Salud Ocupacional:** Se define como la disciplina que busca el bienestar físico, mental y social de los empleados en sus sitios de trabajo.
- Seguridad en el Trabajo:** Son las acciones que permiten localizar riesgos y adoptar medidas para prevenir los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales.
- Trabajo:** Es toda actividad que el hombre realiza de transformación de la naturaleza con el fin de mejorar la calidad de vida.
- Tabla de Contingencia:** Clasificación de un conjunto de individuos de acuerdo con el cruce de dos variables categóricas. Por tanto, el total de la tabla es el número total de individuos.
- Valor Propio:** Valor inherente de una matriz cuadrada. Forma parte de la descomposición de una matriz como el producto de matrices más simples. En general, las matrices cuadradas tienen tantos valores propios y vectores propios asociados como su rango. En AC, valor propio es sinónimo de inercia principal.