



**UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**FORMALIZACION Y MEJORA DEL PROCESO DE GESTION DE  
RIESGOS ANTE SISMIOS, A TRAVES DE UN ANALISIS HOLISTICO  
DE LA VULNERABILIDAD**

*Caso de estudio: Región de Tarapacá*

*PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN  
INGENIERÍA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN*

LITZY HORTENSIA CASTRO VELASQUEZ

PROFESOR GUÍA:  
SR. OSCAR BARROS VERA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
SR. CRISTIAN JULIO AMDAN  
SR. CLAUDIO SALVATORE  
SR. MARIO HERNANDEZ

SANTIAGO DE CHILE

DICIEMBRE 2012

## RESUMEN

A lo largo de la historia, diversos terremotos de diferentes magnitudes han azotado a Chile, considerando como “terremoto” a los eventos sísmicos que superan la magnitud de 7,0 en la escala sismológica de Richter. Estos eventos ocasionaron tanto pérdidas directas relacionadas con el daño físico, expresado en víctimas, en daños en la infraestructura de servicios públicos, la industria, comercio y la alteración física del hábitat; así como en pérdidas indirectas relacionadas con los efectos sociales, efectos económicos, desmotivación en la inversión y generación de gastos en reconstrucción.

Actualmente, es la Oficina Nacional de Emergencia, la que se encarga de la planificación, coordinación y ejecución de las acciones destinadas a prevenir o solucionar los problemas derivados de sismos o catástrofes, a través del Sistema de Protección Civil, entendiendo a éste como la protección de las personas, sus bienes y al medio ambiente.

Entendiendo al riesgo como la relación directa entre la vulnerabilidad y la amenaza, han surgido diferentes metodologías para prevenir la ocurrencia de los daños que provoca un desastre, de manera fragmentada y no integral; sin considerar una serie de variables que probablemente ocasionaron toma de decisiones ineficientes. En este sentido, para la estimación del riesgo es necesario tener una visión multidisciplinaria que considere, no solo el daño físico esperado, económico o de víctimas; sino también factores sociales, e institucionales, relacionados con el desarrollo de las comunidades. Dentro de este ámbito, la incorporación de herramientas que ayuden al diagnóstico sobre el riesgo resulta primordial, para tener conocimiento explícito del nivel de vulnerabilidad al que se encuentra expuesta una comunidad; y para enfocar de manera eficiente la toma de decisiones y planificación.

El objetivo del proyecto propone la formalización y mejora del proceso de gestión del riesgo, a través de un instrumento de evaluación holística de la vulnerabilidad, que coadyuve al fortalecimiento de la Gestión de Protección Civil en la traducción de líneas de acción enfocadas a la reducción del riesgo. El análisis se centra en la vulnerabilidad, ya que al ser un proceso dinámico es posible mejorarlo con el tiempo, para lo cual se consideraron variables de fácil acceso y relevantes para su estimación. Estos factores son: Institucional, exposición, socioeconómico y físico, cada uno compuesto por diferentes variables, dando mayor ponderación a las variables que responden al grado de preparación de la institucionalidad desde la prevención, mitigación y respuesta.

De acuerdo a los resultados alcanzados, las comunas de Iquique y Alto Hospicio fueron las que presentaron menores índices de vulnerabilidad, mientras que, Colchane y Camiña presentaron un índice alto. Pero al combinar la variable amenaza dentro del análisis el índice de riesgo de Iquique y Alto Hospicio suben significativamente por presentar una alta amenaza sísmica en esa zona.

*A mis padres por su apoyo incondicional y*

*A mis hijos por la fuerza que me inspiran.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios, por haberme dado la oportunidad de lograr un desarrollo personal y profesional.

A mis padres José y Hortensia, por el amor y apoyo incondicional que siempre me brindaron; a mis hijos José Luís y Nathalia, pilares fundamentales en mi vida, gracias por su paciencia, por inspirarme a seguir adelante y darme tantas satisfacciones y alegrías. A mis hermanas y confidentes Getzy, Enilce y Shirley por todo el cariño y consejos.

A la Agencia de Cooperación Internacional AGCI, porque a través de su programa de becas pude realizar los estudios de Magister.

A mis compañeros y amigos de la Universidad por compartir conmigo momentos y experiencias inolvidables. A mis grandes amigos de Bolivia, los que en momentos difíciles siempre estuvieron junto a mí dándome ánimos y devolviéndome la confianza.

A todos los profesores del MBE, por la excelente calidad de enseñanza impartida dentro de las aulas; Al profesor Óscar Barros, por su confianza en mis capacidades y por su guía y apoyo durante el curso.

A Cristian Julio y Carlos Reveco, por ser los autores de poder plasmar en realidad esta tesis.

A la Sra. Ana María Valenzuela por toda la colaboración, seguimiento y amistad para con los estudiantes del MBE. A Laura Saez, por toda su ayuda en la última etapa del programa.

## INDICE

1. INTRODUCCION .....	21
2. ANTECEDENTES DEL SECTOR DESASTRES Y GESTION DE RIESGOS .	23
2.1 Desastres de Origen Natural .....	23
2.2 Tipos de desastres.....	24
2.3 Desastres Naturales y Vulnerabilidad.....	26
2.4 Panorama Internacional.....	28
2.5 Institucionalidad en Chile .....	31
2.5.1 Oficina Nacional de Emergencia ONEMI .....	32
2.5.2 Estructura organizacional ONEMI.....	32
2.5.3 Sistema Nacional de Protección Civil.....	34
3. DEFINICION DEL PROYECTO.....	37
3.1 Contexto del Problema .....	37
3.2 Principios básicos de la Protección Civil.....	39
3.3 Fases y etapas manejo del ciclo del manejo del Riesgo.....	40
3.3.1 Prevención .....	40
3.3.2 Respuesta.....	41
3.3.3 Recuperación.....	41
3.4 Estado actual de la evaluación y gestión de riesgos en Chile. ....	42
3.5 Antecedentes de la zona de estudio - Región de Tarapacá .....	44
3.5.1 Sismicidad en la Región de Tarapacá.....	45
3.6 Motivación del proyecto .....	47

3.7	Objetivos y alcance del Proyecto .....	50
3.8	Factores Críticos de Éxito.....	51
4.	MARCO TEORICO CONCEPTUAL .....	52
4.1	Nociones de Sismología y Sismicidad en Chile .....	52
4.1.1	Tectónica de Placas.....	53
4.1.2	Tipos de fallas.....	54
4.1.3	Generación de los terremotos.....	55
4.1.4	Intensidad y Magnitud de los terremotos .....	57
4.1.5	Intensidad de un terremoto .....	57
4.1.6	Magnitud de un terremoto .....	59
4.2	Conceptos Relacionados a Desastres .....	60
4.3	Gestión de Riesgos.....	62
4.3.1	Riesgo de desastre .....	62
4.3.2	Enfoque holístico de la evaluación del riesgo de desastre.....	63
4.3.3	Gestión de Riesgos de desastre .....	65
4.3.4	Dimensiones de la vulnerabilidad .....	66
4.3.5	Técnicas de modelización.....	71
4.4	Modelos multicriterio - Proceso de Análisis Jerárquico AHP .....	71
4.4.1	Proceso Analítico Jerárquico - AHP .....	71
4.4.2	Metodología del Proceso Jerárquico AHP .....	74
5.	MARCO METODOLOGICO .....	77
5.1	Ingeniería de Negocios .....	77

5.2	Metodología y restricciones metodológicas para el tratamiento de los datos para el análisis de vulnerabilidad.....	80
5.2.1	Tratamiento de datos .....	81
6.	PLANTEAMIENTO ESTRATEGICO.....	83
6.1	Marco del Planteamiento Estratégico - Modelos de Gestión estratégica ..	83
6.1.1	Modelo Delta.....	84
6.1.2	Eficacia Administrativa en la Institucionalidad encargada de Desastres - ONEMI .....	87
6.1.3	Balanced Scorecard: De la Estrategia a los Resultados .....	88
6.1.4	Mapa Estratégico – Balance Scorecard ONEMI .....	91
6.1.5	Perspectivas en la ONEMI.....	93
6.1.6	Establecer indicadores.....	97
7.	MODELO DE NEGOCIO.....	100
7.1	Propuesta de valor para el cliente – PVC .....	100
7.2	Formula de Beneficio.....	101
7.3	Recursos Clave .....	101
7.4	Procesos Clave.....	102
8.	LOGICAS DE NEGOCIO - MODELO PARA LA ESTIMACION DEL INDICE DE RIESGO FRENTE A SISMOS .....	104
8.1	Marco de Referencia.....	104
8.1.1	Amenaza Sísmica .....	104
8.1.2	Regionalización Sísmica de Chile.....	106
8.1.3	Vulnerabilidad Sísmica.....	109

8.1.1	Estructura del índice de riesgo sísmico y técnica de modelización	109
8.1.2	Ponderación de los factores, variables y parámetros .....	111
8.2	Modelización del índice de Riesgo frente a sismos para el proyecto.....	112
8.2.1	Etapa 1: Definición del área de estudio.....	113
8.2.2	Etapa 2: Recolección de datos .....	113
8.2.3	Etapa 3. Definición de los factores y variables para el análisis de la vulnerabilidad del proyecto .....	114
8.2.4	Factor exposición.....	115
8.2.5	Factor Socio económico.....	117
8.2.6	Factor Institucional – Gestión en protección civil .....	118
8.2.7	Factor físico .....	121
8.2.8	Etapa 4: Estructura jerárquica: elementos de la intervención validado por expertos. ....	122
8.2.9	Etapa 6: Determinación de los pesos para las variables.....	124
9.	ARQUITECTURA DE MACROPROCESOS.....	126
9.1	Cadena de valor: Prevención.....	127
9.1.1	Gestión de relación con la ciudadanía .....	128
9.1.2	Gestión de información de proveedores .....	128
9.1.3	Planificación y Control.....	129
9.1.4	Producción - Evaluación y Gestión del Riesgo .....	129
10.	REDISEÑO DE PROCESOS .....	130
10.1.1	Evaluación holística de la vulnerabilidad y Priorización .....	130

10.1.2	Evaluación del Riesgo.....	131
10.1.3	Gestión de Riesgos.....	131
10.2	Evaluación holística de la vulnerabilidad y priorización. ....	132
10.2.1	Preparación de Información .....	132
10.2.2	Evaluación de la Vulnerabilidad .....	133
10.2.3	Priorización y Evaluación de Resultados .....	133
10.2.4	Evaluación de Riesgos.....	134
10.3	Árbol de procesos.....	134
11.	DIAGRAMA DE PISTAS BPMN .....	135
11.1	Diagrama BPMN – Preparar Información .....	137
11.1.1	Preparación de Datos .....	137
11.1.2	Evaluación Holística de la Vulnerabilidad .....	138
11.1.3	Priorización de atención de la vulnerabilidad .....	139
11.1.4	Evaluación de Riesgos.....	140
12.	DISEÑO DE LAS APLICACIONES COMPUTACIONALES.....	142
12.1	Diagrama de Casos de Uso.....	142
12.1.1	Preparación de Datos .....	142
12.1.2	Evaluación de vulnerabilidad .....	142
12.1.3	Priorización y Evaluación de resultados.....	144
12.1.4	Evaluación de Riesgos.....	145
12.2	Diagramas de Secuencia – Escenarios.....	146
12.2.1	Escenario – Preparación de datos .....	146

12.2.2	Escenario – Evaluar vulnerabilidad.....	148
12.2.3	Escenario – Ejecutar Lógica de Priorización.....	150
12.2.4	Escenario – Evaluación de Riesgos.....	150
12.3	Diagramas de Realización o de Secuencia extendido.....	152
12.3.1	Realización – Preparación de Datos.....	152
12.3.2	Realización – Evaluación de vulnerabilidad.....	154
12.3.3	Realización – Priorización de atención .....	156
12.3.4	Realización – Evaluación de Riesgos .....	157
12.4	Diagramas de Clases .....	158
12.4.1	Diagrama de Clases - Preparación de datos .....	158
12.4.2	Diagrama de Clases – Evaluación vulnerabilidad.....	160
12.4.3	Diagrama de Clases – Ejecutar Modelo de Riesgos.....	161
12.4.4	Diagrama de Clases – Priorización.....	163
12.5	Diagrama de Paquetes.....	164
12.6	Diagrama de Datos físico .....	166
13.	PRUEBA DE CONCEPTO .....	167
13.1	Contexto de la prueba .....	167
13.2	Tratamiento de los datos .....	169
13.3	Evaluación de la vulnerabilidad .....	170
13.3.1	Estimación del Índice de vulnerabilidad .....	172
13.3.2	Comentarios generales de los resultados de vulnerabilidad.....	175
13.3.3	Análisis de la Situación actual.....	177

13.3.4	Capacidad de diagnóstico a través del modelo.....	180
13.4	Evaluación del riesgo .....	186
13.4.1	Comentarios generales de la estimación del riesgo.....	189
14.	IMPLEMENTACION ORGANIZACIONAL .....	191
14.1	Contexto Organizacional .....	191
14.2	Desafíos para la Gestión del Cambio .....	191
14.3	Estrategia para Gestión de Cambio.....	192
14.3.1	Sentido de Urgencia.....	192
14.3.2	Primeros Pasos.....	193
14.3.3	Gestión del Poder .....	194
14.3.4	Definición de Coalición Conductora .....	196
14.3.5	Gestión de Narrativas .....	197
14.3.6	Estrategia Comunicacional .....	198
14.3.7	Evaluación y Cierre del Proceso de Cambio.....	199
15.	EVALUACION ECONOMICA .....	200
15.1	Evaluación Económica .....	200
15.1.1	Medición de Beneficios .....	200
15.1.2	Medición de Costos.....	203
15.1.3	Construcción del Flujo de Caja .....	206
15.1.4	Análisis de Sensibilidad .....	209
15.1.5	Algunas consideraciones .....	210
16.	GENERALIZACION DE LA EXPERIENCIA .....	212

16.1	Alcance del Framework .....	214
16.2	Definición del Dominio .....	215
16.3	Construcción del Framework .....	216
16.3.1	Identificación de la amenaza.....	217
16.3.2	Selección de variables .....	217
16.3.3	Construcción del índice de vulnerabilidad.....	217
16.3.4	Construcción del índice de riesgos .....	217
16.3.5	Priorización .....	218
16.4	Diseño del Framework.....	218
16.4.1	Clases de control .....	218
16.4.2	Clases entidades .....	219
17.	CONCLUSIONES.....	221
18.	REFERENCIAS.....	223
19.	ANEXOS .....	226
19.1	Anexo A.....	226
19.2	Anexo B.....	227
19.3	Anexo C.....	228
19.4	Anexo D.....	231
19.5	Anexo E.....	232
19.6	Anexo F .....	244
19.7	Anexo G.....	251

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1- Hitos de la Gestión de Riesgos.....	31
Figura 2 – Estructura Organizacional ONEMI .....	33
Figura 3. Organigrama Sistema de Protección Civil.....	35
Figura 4 - Foco y epicentro de un terremoto .....	52
Figura 5 - Placas tectónicas.....	54
Figura 6 - Borde Convergente.....	55
Figura 7 - Borde de falla transformante.....	55
Figura 8 - Sismicidad mundial entre los años 1980 y 1990.....	57
Figura 9 - Esquema de los componentes del riesgo de desastre.....	63
Figura 10. Estructura General de la Gestión de Riesgos.....	66
Figura 11 - Estructuración de un problema en jerarquías .....	72
Figura 12. Diagrama de Flujo del Proceso Analítico Jerárquico AHP .....	76
Figura 13. Etapas de la Ingeniería de Negocios .....	78
Figura 14. Tres opciones Estratégicas diferentes Hax(2001) .....	85
Figura 15. Modelo Delta para organizaciones sin fines de Lucro.....	87
Figura 16 - Estructura del Cuadro de Mando Integral .....	89
Figura 17. Relación de las perspectivas del BSC .....	95
Figura 18. Mapa estratégico – BSC .....	96
Figura 19. Modelo de Negocio de acuerdo al impacto del proyecto .....	103
Figura 20. Estructura del índice de riesgo frente sismos .....	110

Figura 21. Jerarquía de factores y variables para la estimación de la vulnerabilidad frente a sismos.....	123
Figura 22. Esquema de Macroprocesos .....	126
Figura 23. Patrón de Prevención.....	128
Figura 24. Proceso Producción – Evaluación y Gestión del Riesgo .....	130
Figura 25. Rediseño del proceso de Evaluación holística de la vulnerabilidad ....	132
Figura 26. Árbol de procesos .....	135
Figura 27. Preparación de Datos .....	137
Figura 28. Determinación de la vulnerabilidad .....	139
Figura 29. Priorización y evaluación de Resultados.....	140
Figura 30. Evaluación del Riesgo.....	141
Figura 31. Diagrama de Casos de Uso - Preparación de Datos .....	142
Figura 32. Diagrama de Casos de Uso - Evaluación de la vulnerabilidad.....	143
Figura 33. Diagrama de Casos de Uso - Priorización .....	144
Figura 34. Diagrama de Casos de Uso - Evaluación de riesgos .....	145
Figura 35. Diagrama de Secuencia - Escenario Procesamiento de datos .....	147
Figura 36. Diagrama de Secuencia - Escenario de Evaluación de vulnerabilidad .....	149
Figura 37. Diagrama de Secuencia - Escenario de Priorización .....	150
Figura 38. Diagrama de Secuencia - Escenario Evaluación de Riesgos .....	151
Figura 39. Diagrama de Realización – Preparación de datos .....	153
Figura 40. Diagrama de Realización – Evaluación de vulnerabilidad.....	155

Figura 41. Diagrama de Realización - Priorización .....	156
Figura 42. Diagrama de Realización - Evaluar Riesgos.....	157
Figura 43. Diagrama de clases Preparación de datos .....	159
Figura 44. Diagrama de Clases Lógico - Evaluación de vulnerabilidad .....	160
Figura 45. Diagrama de Clases Lógico - Ejecutar Modelo de Riegos.....	161
Figura 46. Diagrama de Clases Lógico - Ejecutar Modelo de Priorización .....	163
Figura 47. Diagrama de paquetes.....	164
Figura 48. Diagrama de datos físico .....	166
Figura 49 Índice de vulnerabilidad .....	174
Figura 50. Variación de los factores de la vulnerabilidad.....	175
Figura 51 – Comparación entre la vulnerabilidad y el riesgo .....	189
Figura 52. Sentido de urgencia .....	192
Figura 53. Pasos para la gestión del cambio en el proyecto.....	194
Figura 54. Cuantificación de victimas últimos terremotos en chile .....	206
Figura 55. Análisis de Sensibilidad. frente al aumento de la cantidad de vidas salvadas.....	210
Figura 56. Diagrama de flujo para la utilización de patrones y frameworks – .....	213
Figura 57. Definición del Dominio .....	216
Figura 58. Clases de Control .....	218
Figura 59. Clases de Entidades .....	219
Figura 60. Principales placas tectónicas, presentes en la zona desde Arica a la Península de Taitao .....	228

Figura 61. Zonas Sísmicas definidas en el estudio de Leyton (2009).....229

## Índice de Tablas

Tabla 1 – Grandes catástrofes ocurridas en Chile .....	38
Tabla 2 – Población Región de Tarapacá .....	45
Tabla 3 – Escala de Richter y Mercalli .....	60
Tabla 4. Escala de Satty .....	73
Tabla 5. Indicadores y Metas Perspectiva del Cliente.....	97
Tabla 6- Indicadores y Metas Perspectiva Financieras.....	98
Tabla 7. Indicadores y Metas Perspectiva Procesos Internos.....	98
Tabla 8. Indicadores y metas perspectiva Aprendizaje y Crecimiento. ....	99
Tabla 9. Regionalización de Barrientos.....	107
Tabla 10. Regionalización de Martín.....	108
Tabla 11. Zonificación sísmica en Chile.....	108
Tabla 12. Ponderadores para el análisis de vulnerabilidad.....	125
Tabla 13 – Resumen de las variables a analizar .....	171
Tabla 14. Intervalos definidos evaluación del riesgo.....	172
Tabla 15. Datos asociados a cada comuna por variable.....	172
Tabla 16. Resultados a nivel de factores .....	173
Tabla 17. Análisis de la Comuna de Iquique .....	178
Tabla 18. Análisis de Comuna Iquique.....	181
Tabla 19. Variables Comuna Iquique .....	183
Tabla 20. Análisis Comuna Colchane .....	184
Tabla 21. Comuna Colchane .....	185

Tabla 22 Categorización de la demanda sísmica.....	186
Tabla 23. Relación entre comunas y el nivel de Riesgo.....	187
Tabla 24 - Estimación del Índice de Riesgo .....	188
Tabla 25. Mapa de poder .....	195
Tabla 26. Esquema del mapa de poder y coalición conductora.....	196
Tabla 27. Coalición Conductora .....	197
Tabla 28. Gestión de Narrativas.....	198
Tabla 29. Estimaciones del valor del costo de una vida.....	202
Tabla 30. Costos Fijos .....	204
Tabla 31. Costos en Mantención.....	205
Tabla 32. Inversión Inicial .....	205
Tabla 33. Costos del Gobierno en Planes de prevención .....	205
Tabla 34. Análisis de Sensibilidad.....	209
Tabla 35. Principales sismos de gran intensidad registrados en Chile .....	226
Tabla 36. Escala de Mercalli .....	227
Tabla 37. Distribución porcentual de la pobreza .....	233
Tabla 38. Ponderación de la variable Pobreza .....	233
Tabla 39. Ponderación de la variable Tasa de Dependencia.....	234
Tabla 40 Ponderación de la variable Discapacidad .....	235
Tabla 41. Ponderación de la variable Calidad de vivienda.....	235
Tabla 42. Índice de dispersión .....	236
Tabla 43. Acceso a Servicios básicos.....	237

Tabla 44. Integración Comunicacional .....	237
Tabla 45. Infraestructura Estratégica de Transportes .....	238
Tabla 46. Gestión en Protección Civil .....	239
Tabla 47. Evaluación del factor Gestión en Protección Civil .....	240
Tabla 48. Conversión Binario – Decimal factor Gestión en Protección Civil .....	240
Tabla 49. Variable Pobreza normalizado .....	241
Tabla 50. Variable Tasa de Dependencia normalizado.....	241
Tabla 51. Variable Discapacidad normalizado .....	242
Tabla 52. Variable Calidad de vivienda normalizado .....	242
Tabla 53. Factor Protección Civil normalizado.....	243
Tabla 54. Comuna de Iquique.....	244
Tabla 55. Comuna Pica.....	245
Tabla 56. Comuna Camiña .....	246
Tabla 57. Comuna Colchane .....	247
Tabla 58. Comuna Huara.....	248
Tabla 59. Comuna Pozo Almonte .....	249
Tabla 60. Comuna Alto Hospicio.....	250
Tabla 61. Resultados Comuna Iquique .....	251
Tabla 62. Resultados Comuna Pica.....	252
Tabla 63. Resultados Comuna Camiña .....	253
Tabla 64. Resultados Comuna Colchane.....	254
Tabla 65. Resultados Comuna Huara.....	255

Tabla 66. Resultados Comuna Pozo Almonte .....	256
Tabla 67. Resultados Comuna Alto Hospicio.....	257

## **1. INTRODUCCION**

El presente trabajo propone una formalización y mejora del proceso de gestión del riesgo integral cuyo objetivo es coadyuvar a la Gestión en Protección Civil, en la traducción de líneas de acción permanentes en los distintos niveles administrativos enfocadas a la reducción del riesgo.

El trabajo parte de la revisión de antecedentes del sector de desastres, la evolución de la gestión de riesgos y la revisión de la institucionalidad encargada del manejo de desastres en el país.

Posteriormente se habla de la definición del proyecto, el contexto del problema, se describe los antecedentes de la zona de estudio, es decir, la región de Tarapacá y además se presentan la motivación y objetivos del proyecto.

Seguidamente, se revisan los conceptos necesarios para entender el fenómeno que se analiza, es decir los sismos. Para esto se analiza toda la base conceptual y teórica sobre las que se refuerza la presente investigación. También se hace referencia al apoyo de la ciencia de la analítica para reforzar una hipótesis en la toma de decisiones. Este punto forma parte importante del centro de la investigación realizada.

Utilizando la metodología propuesta de la Ingeniería de Negocios, se realiza el modelamiento del rediseño de los procesos, detallando los apoyos computacionales necesarios para una adecuada implementación, además se describe la lógica asociada a los procesos del análisis de vulnerabilidad y amenaza.

Para la implementación organizacional se realiza un plan de gestión del cambio que permita lograr que el proyecto sea utilizado como una herramienta básica para el análisis de riesgos en la entidad a cargo.

Finalmente se hace una prueba de concepto del proceso de *evaluación de la vulnerabilidad*, con el fin de mostrar empíricamente la validez de la propuesta.

La construcción de un framework permite extender el problema, considerando la inclusión de nuevas variables tanto para la amenaza como vulnerabilidad permitiendo una constante mejora.

## **2. ANTECEDENTES DEL SECTOR DESASTRES Y GESTION DE RIESGOS**

### **2.1 Desastres de Origen Natural**

Para entender los desastres, poder prevenirlas y recuperarse una vez que se han producido, es necesario entender la naturaleza de las mismas.

Un fenómeno Natural, es toda manifestación de la naturaleza. Se refiere a cualquier expresión que adopta la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno. Existen dos tipos de fenómenos naturales: de cierta regularidad o de aparición extraordinaria y sorprendente. Entre los primeros tenemos las lluvias en determinada época del año, la llovizna en los meses de invierno en la costa, etc. Ejemplos del segundo caso serían un terremoto, un "tsunami" o maremoto, una lluvia torrencial, etc.

Los fenómenos naturales de extraordinaria ocurrencia pueden ser previsibles o imprevisibles dependiendo del grado de conocimiento que se tenga acerca del funcionamiento de la naturaleza. Por ejemplo, un fenómeno natural como un terremoto de gran magnitud en las costas del Pacífico es previsible, según los estudios realizados, aunque no se sepa detalles como el día, magnitud o el epicentro.

A pesar de no existir una definición universal del concepto de *desastre*, este se puede entender como la destrucción, parcial o total, transitoria o permanente, actual o futura, de un ecosistema. Es por tanto, destrucción de vidas humanas, del medio y las condiciones de subsistencia. Estos desastres se presentan cuando se desencadena una fuerza o energía con potencial destructivo (amenaza) y la vulnerabilidad la determina la intensidad del desastre, es decir, el grado de destrucción y pérdidas de

vida. Los desastres pueden ser originados por un fenómeno natural o provocados por el hombre.

El avance en los estudios sobre desastres en los últimos años, ha llevado a que los desastres no son sólo naturales sino socio naturales, teniendo en cuenta la relación que existe entre la ocurrencia de un fenómeno físico, los grados de urbanización de las ciudades, el desarrollo y su consecuente proceso de generación de riesgos, los cuales dejan expuestas las condiciones de vulnerabilidad, en las que por lo general están los sectores más desprotegidos.

El *riesgo* deriva de la relación dinámica entre la amenaza y la vulnerabilidad de una sociedad o un componente en particular de la misma; en el caso que no exista alguno de estos factores, el riesgo será nulo.

La *prevención* de desastres, se realiza actuando sobre la amenaza (cuando es posible) y sobre cada uno de los elementos constitutivos de la vulnerabilidad. En este sentido, los desastres pueden ser evitables o disminuidos en forma considerable, si los países cuentan con las medidas de prevención y mitigación adecuadas.

## **2.2 Tipos de desastres**

Los desastres pueden ser causados por amenazas de origen natural, donde la energía destructiva proviene de fenómenos naturales, que pueden ser de carácter meteorológico, topográfico, geotécnico, tectónico y geológico; y de origen antrópico, donde la energía destructiva es de origen humano y social; los cuales se producen por lo general, debido al mal manejo de los recursos y desechos, accidentes causados por imprevisión, guerras y

delincuencia, y la exclusión humana causada por la falta de garantías económicas, sociales y políticas.

Un desastre puede involucrar ambas categorías, ya que las amenazas que desencadenan el desastre, repercuten de acuerdo al grado de vulnerabilidad del espacio que esté ocupando el hombre.

En Chile, la Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI), considera los siguientes tipos de amenazas naturales:

- De origen sísmico: Los sismos en Chile son causados por el roce entre la placa Oceánica de Nazca y la Placa continental Sudamericana y entre la Placa Oceánica Antártica y la Placa Continental sudamericana.
- Provocados por tsunamis: Terremotos, erupciones volcánicas submarinas y derrumbes costeros, pueden generar un tsunami o maremoto, que se manifiesta a través de una serie de ondas en el mar, capaces de desplazarse por el océano a grandes velocidades y llegar a las zonas costeras.
- De origen volcánico: Se manifiesta a través de erupciones de lava, caída de tefra, formación de lahares, emisión de gases, generación de lluvia ácida, flujos y oleadas piroclásticas, avalanchas volcánicas, generación de actividad sísmica y la alteración química de las aguas.
- De origen hidrometeorológicos: Estos fenómenos se presentan en forma de inundaciones, crecidas, aluviones, avalanchas, deslizamientos, nevazones y marejadas.

## **2.3 Desastres Naturales y Vulnerabilidad**

Los desastres son un problema en aumento, el impacto de los fenómenos naturales o socio-naturales es cada vez mayor debido a los estilos o modelos de desarrollo imperante en muchos países. El crecimiento demográfico y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, la institucionalidad adecuada para gestionar el ordenamiento, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas organizacionales inadecuados y la presión sobre los recursos naturales, han hecho aumentar en forma continua la vulnerabilidad de los asentamientos frente a una amplia diversidad de peligros naturales.

Ahora bien, la vulnerabilidad no se determina únicamente por las amenazas naturales, sino por ciertos procesos físicos, sociales, económicos y políticos, donde el mayor grado de vulnerabilidad se reconoce en los países más pobres y dependientes, las regiones más desfavorecidas o los habitantes de la tierra con menos recursos. Esta situación desfavorable es el resultado de la evolución histórica de procesos multilíneales sociales y económicos que, aunados a las condiciones físicas y meteorológicas específicas de los fenómenos naturales, provocan la mayor vulnerabilidad de estas sociedades (Maskrey, 1993).

Las consecuencias de los desastres naturales manifestadas en pérdidas económicas y de vidas, continúan incrementándose a pesar de los esfuerzos que han realizado las comunidades, los gobiernos y las organizaciones internacionales. (Naciones Unidas, 2002). En este sentido el efecto de la acción humana sobre el medio ambiente es uno de los factores que produce un aumento de los desastres naturales.

De acuerdo a la (OECD, 2003), una primera consecuencia de un desastre, es el deterioro inmediato de las condiciones de vida del país afectado. Este efecto, si bien se concentra más en la población directamente afectada y que habita el territorio donde el desastre se manifiesta con mayor violencia, tiene repercusiones que, en general, afectan de una manera u otra a la totalidad de la población del país. Por otro lado, las pérdidas indirectas en el comercio luego de un desastre, tales como la pérdida de participación en el mercado, con frecuencia son poco perceptibles.

Ningún país del mundo está enteramente a salvo de eventos naturales extremos, pero las consecuencias de ellos tienen efectos diferenciados, de acuerdo al grado de vulnerabilidad a que estén expuestos los espacios sociales y ambientales. Así, la falta de capacidad para limitar el impacto de los peligros naturales sigue siendo una carga pesada para los países en desarrollo. Se calcula que el 97% de las muertes relacionadas con los desastres naturales cada año ocurren en los países en desarrollo (Banco Mundial, 2001), y aunque es menor en cifras absolutas, el porcentaje de las pérdidas económicas en relación con el Producto Nacional Bruto de los países en desarrollo supera en mucho al de las naciones desarrolladas.

De esta manera los efectos adversos de los desastres naturales podrán ser aminorados en la medida que se cuenten con políticas e instrumentos adecuados, que permitan abordar con eficiencia el problema. Sin embargo, la prevención se encuentra estrechamente vinculada a la percepción y cultura que la población tiene de estos fenómenos (Larraín – Simpson, 1994).

## **2.4 Panorama Internacional**

El impacto de los desastres en las actividades humanas ha sido un tema tratado en los últimos años en un número amplio de publicaciones desarrolladas por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes en forma diferente, aunque la mayoría de los casos de manera similar. Es así que en el ámbito internacional existe una creciente preocupación por los efectos que provocan los desastres naturales.

En 1979 la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas UNDRRO<sup>1</sup> en conjunto con la UNESCO<sup>2</sup> promovió una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones que ha sido ampliamente aceptada en los últimos años. La conclusión de dicha reunión fue plasmada en el reporte “Desastres Naturales y Análisis de Vulnerabilidad”.

Una década después, la Asamblea General de las Naciones Unidas declara el decenio 1990 – 1999 como Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN), para ir generando un compromiso generalizado en torno a las actividades que pudieran prevenir y mitigar las consecuencias de los desastres de origen natural. Con el paso de los años se ha generado una mayor conciencia general en cuanto a las consecuencias que conllevan las amenazas naturales, lo que ha posibilitado el desarrollado de nuevas iniciativas al respecto.

En 1994, se creó la Estrategia y Plan de Acción de Yokohama para un Mundo más Seguro, en el marco de la Conferencia Mundial para la

---

<sup>1</sup> Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas en Caso de Desastre – UNDRRO, creado el 14 de diciembre de 1971.

<sup>2</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura - UNESCO

Reducción de Desastres realizada en Japón. Ésta hizo hincapié en que todos los países tienen la responsabilidad de proteger a su población, su infraestructura y su patrimonio económico social.

En el año 2000, después de los avances mostrados por la DIRDN, se reconoció que la reducción de desastres de origen natural era un imperativo social y económico que tardaría mucho tiempo en alcanzarse. Por esto, la Asamblea General de las Naciones Unidas, estableció la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) como sucesora del DIRDN, donde se incorporan los aspectos físicos y socioeconómicos de la vulnerabilidad, proporcionando un marco de acción de carácter mundial para reducir las pérdidas humanas, sociales, económicas y ambientales a que dan lugar las amenazas naturales.

Se generaron dos mecanismos para poner en práctica la EIRD: la Secretaría Interinstitucional, que actúa como centro de coordinación de las estrategias y programas para la reducción de desastres y el Equipo de Tareas Interinstitucional sobre Reducción de Desastres, que entre sus funciones debe generar la identificación de necesidades adicionales para mejorar políticas y programas de reducción de desastres, y dar impulso a las demás actividades correctivas que puedan requerirse.

Además, en el año 2001 se elaboró un marco de acción para poner en ejecución la estrategia (EIRD), que plantea: “aumentar los conocimientos de la población respecto del riesgo, la vulnerabilidad y la reducción de desastres; fomentar el compromiso de las autoridades con todo lo relacionado a la reducción de desastres; estimular la formación de asociaciones multidisciplinarias e intersectoriales, incluyendo la ampliación de las redes para la reducción del riesgo de desastres; y mejorar los

conocimientos científicos acerca de las causas de los desastres de origen natural, así como sobre los efectos de éstos y de los desastres tecnológicos y ambientales conexos en la sociedad”.

Posteriormente a la creación de la EIRD y de sus diversas reuniones estratégicas y comunicados, se han realizado otras reuniones temáticas y regionales para contribuir a la reducción de los desastres naturales; Es así que, pasadas las secuencias de sucesos relacionados con El Niño de 1997-98, el programa de la región andina para la prevención de desastres y reducción del riesgo (PREANDINO) fue creado bajo el amparo de los presidentes de los cinco países, seguido por el establecimiento, en 2002, del Comité Andino para la Prevención y Respuesta a los Desastres (CAPRADE).

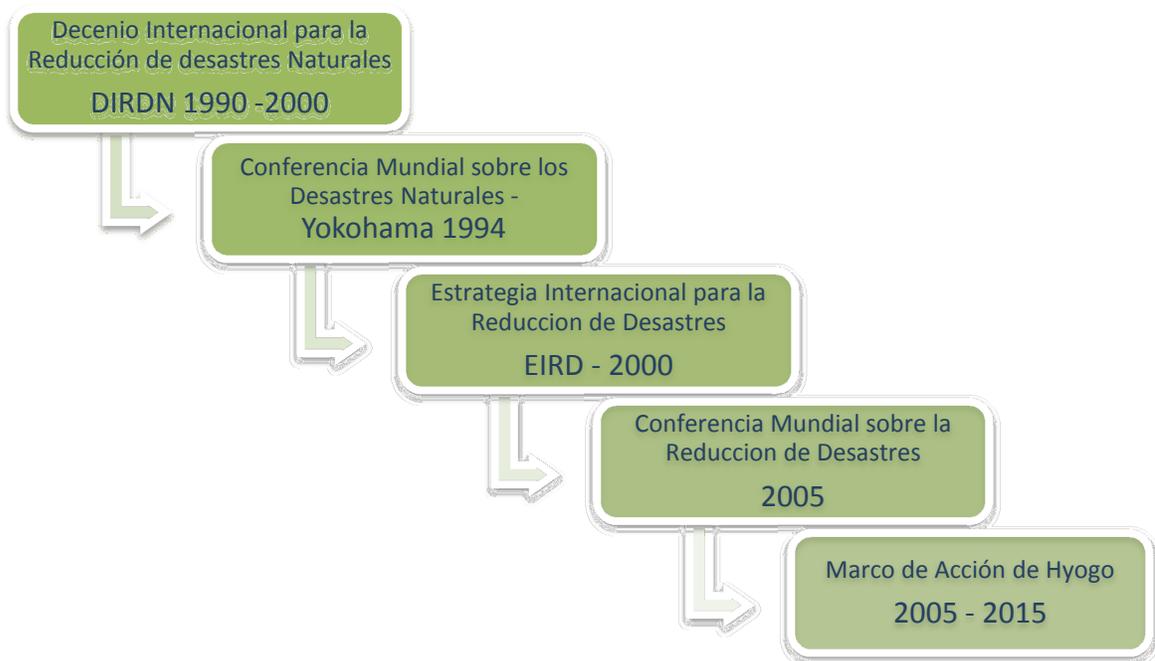
Otro esfuerzo de carácter internacional que puede mencionarse es la Red de Estudios Sociales para la Prevención de Desastres en Latinoamérica (RED), consistente en un grupo interconectado de instituciones e investigadores que trabajan en el área de la reducción de la vulnerabilidad, con el fin de crear una plataforma para la promoción de la gestión del riesgo.

El año 2005 se desarrolló la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres, en Kobe, Hyogo – Japón, generándose la Declaración de Hyogo: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres. Esta declaración plantea la necesidad de desarrollar elementos que articulen los programas de acción para la reducción de desastres para el período 2005-2015, con el propósito de implementar los Objetivos de Desarrollo del Milenio más relevantes.

Finalmente el año 2009 en el marco de (CAPRADE) se han hecho estudios sobre la gestión de riesgos de desastres, con el objetivo de fortalecer a las

instituciones conceptualmente en la comprensión del riesgo y su intervención a través de un enfoque basado en procesos.

**Figura 1- Hitos de la Gestión de Riesgos**



Fuente: Elaboración propia.

## 2.5 Institucionalidad en Chile

Es a raíz de los grandes terremotos ocurridos en la historia de Chile como el de Valparaíso en 1906, Chillán en 1939, Valdivia en 1960, el de la Ligua de 1965, que en Chile han motivado a la formulación de normas y políticas para enfrentar desastres naturales así como acciones que permitan mitigar los efectos de los eventos ocurridos. Estas normas estaban enfocadas principalmente en normas de cálculo sísmico de las construcciones naciendo de esta manera la primera norma de reconstrucción.

En 1960 sucede la crisis sísmica cuando son nueve sismos que ocurren desde Concepción, con una intensidad de 8.6 y el más fuerte ocurrido en Valdivia con una intensidad de 9.5. Es a raíz de este suceso que el Gobierno de Chile crea el SHOA para abordar la temática del mar en los desastres naturales.

Ya por el año 1974 se institucionaliza el Oficina Nacional de Emergencia, dependiente del Ministerio del Interior – ONEMI, según Decreto Ley N° 369 como organismo técnico del Estado a cargo de la Protección Civil.

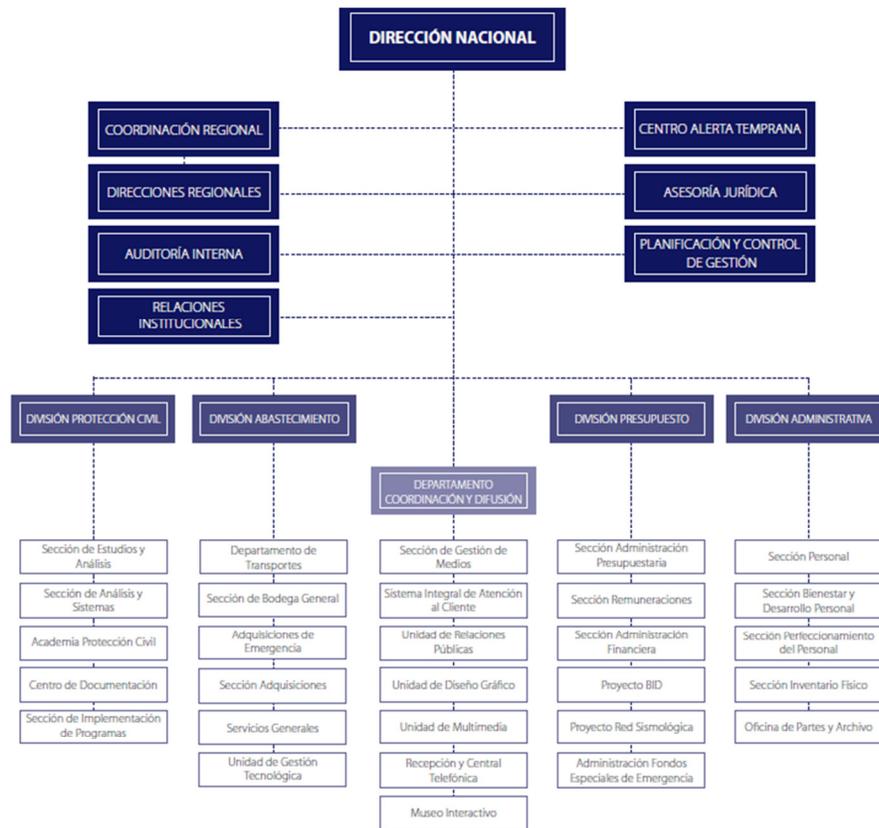
### **2.5.1 Oficina Nacional de Emergencia ONEMI**

La responsabilidad de la conducción nacional de la Protección Civil en Chile corresponde al Ministerio del Interior, que la ejerce mediante su servicio especializado: ONEMI. La ONEMI es la encargada de enfrentar las situaciones de riesgo a nivel nacional operando el Sistema de Protección Civil según decreto Supremo N° 156 de 2002 que establece el Plan Nacional de Emergencia para Protección Civil.

### **2.5.2 Estructura organizacional ONEMI**

La estructura organizacional de la ONEMI a nivel central se ilustra en la siguiente figura:

**Figura 2 – Estructura Organizacional ONEMI**



Fuente: <http://www.onemi.cl>

Paralelamente a la ONEMI el Servicio Hidrográfico y Oceánico de la Armada de Chile SHOA, tiene por misión principal, proporcionar los elementos técnicos, información y asistencia técnica destinada a dar mayor seguridad a la navegación en las vías fluviales y lacustres, aguas interiores, mar territorial y en la alta mar contigua al litoral de Chile.

Del mismo modo, constituye el servicio oficial, técnico y permanente del Estado, en todo lo que se refiere a hidrografía; levantamiento hidrográfico marítimo, fluvial y lacustre; cartografía náutica, elaboración y publicación de

cartas de navegación de aguas nacionales, oceanografía, planificación y coordinación de todas las actividades oceanográficas nacionales relacionadas con investigaciones físico-químicas, mareas, corrientes y maremotos, geografía náutica, navegación, astronomía, señales horarias oficiales, aerofotogrametría aplicada a la carta náutica.

Por otro lado existe, el Servicio Sismológico de Chile, dependiente de la Universidad de Chile, el cual se encarga de realizar estudios sobre hechos pasados de fenómenos naturales, con el objetivo de predecir la posible ocurrencia de los mismos.

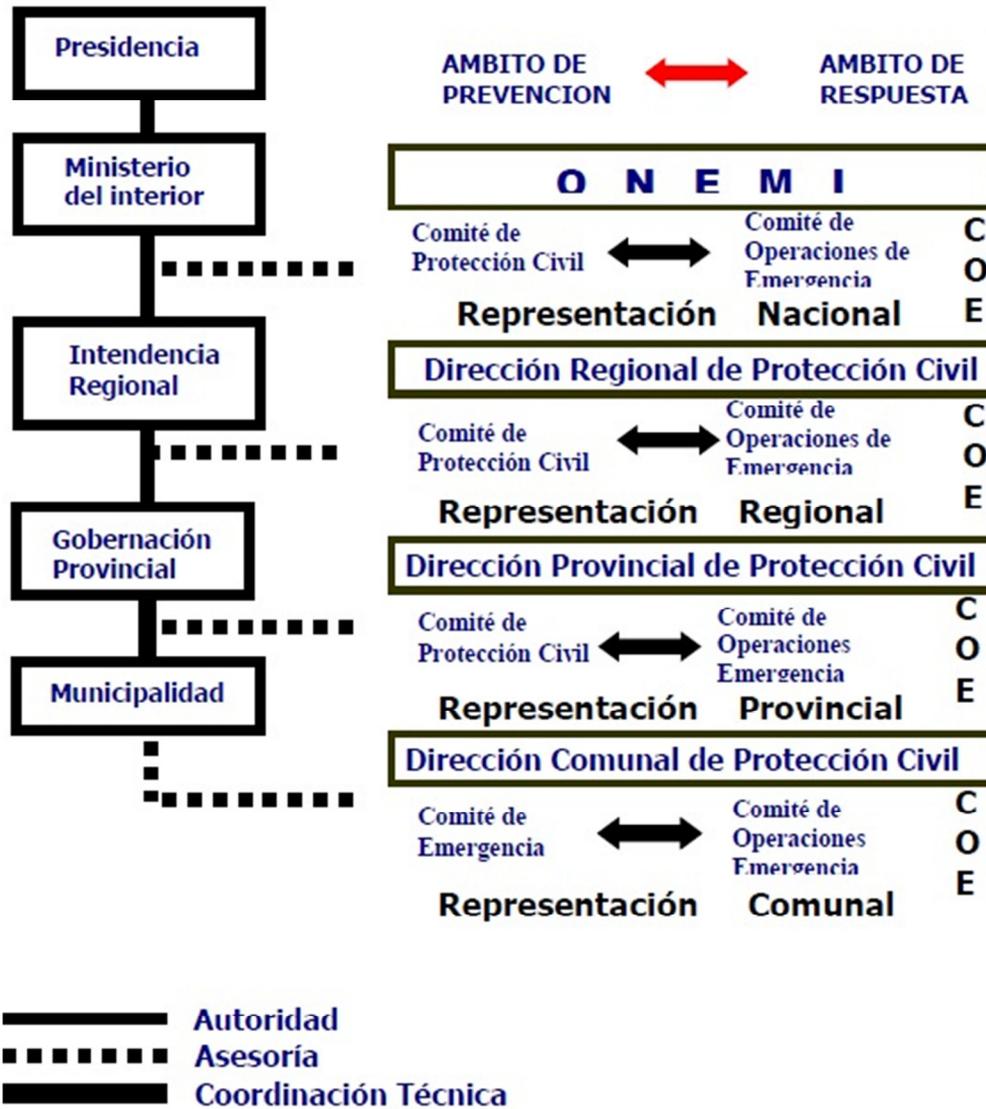
Finalmente se hace notar que la Protección Civil, entendida como la protección a las personas, a sus bienes y ambiente ante una situación de riesgo colectivo, sea éste de origen natural o generado por la actividad humana, es ejercida en Chile por un sistema integrado por Organismos, Servicios e Instituciones, tanto del sector público como del privado, incluyendo a las entidades de carácter voluntario y a la comunidad organizada.

### **2.5.3 Sistema Nacional de Protección Civil**

El Sistema Nacional de Protección Civil está organizado, coordinado y dirigido en el país, por oficinas que dependen de la Intendencia (a nivel regional), Gobernación (a nivel provincial) y las municipalidades (a nivel comunal), en cuyas áreas jurisdiccionales todos mantienen su identidad y estructura.

La ONEMI se encarga de dar asesoría y coordinación técnica a estas unidades, ya que no dependen administrativa, ni económicamente de ella.

Figura 3. Organigrama Sistema de Protección Civil



Fuente. Plan Nacional de Protección Civil

El Sistema se articula de acuerdo a relaciones verticales de Autoridad y relaciones horizontales de coordinación, estableciendo de este modo una

Red Global de Acción, destinada a proveer mayores y mejores condiciones de seguridad a las personas y sus bienes.

## **3. DEFINICION DEL PROYECTO**

### **3.1 Contexto del Problema**

A lo largo de la historia, diversos terremotos de diferentes magnitudes han azotado a Chile. En general se considera como “terremoto” a los eventos sísmicos que superan la magnitud de 7,0 en la escala sismológica de Richter.

En general los efectos que causan los desastres en Chile, conocidos como terremotos, varían mucho dependiendo de las características propias de los elementos expuestos, como ser: la población, el medio ambiente, la estructura física, la industria, comercio, servicios públicos, entre otros; y de la naturaleza del evento. Por ejemplo, el terremoto ocurrido en 1985 no produjo un tsunami debido a que se originó en una zona no cercana a la costa.

Las pérdidas directas que ocasionan este tipo de eventos están relacionadas con el daño físico, expresado en víctimas, en daños en la infraestructura de servicios públicos, en las edificaciones el espacio urbano, la industria, el comercio y el deterioro del medio ambiente, es decir, la alteración física del hábitat.

Por otro lado las pérdidas indirectas van relacionadas con los efectos sociales tales como la interrupción del transporte, los servicios públicos, de los medios de información, los efectos económicos como consecuencia en la baja de la producción, la desmotivación de la inversión y la generación de gastos en rehabilitación y reconstrucción.

Es así que, estos eventos de la naturaleza, en muchas ocasiones han afectado a la economía, medio ambiente e infraestructura de distintas

regiones del país. Como ejemplo se menciona que en el último evento de gran magnitud del 27 de febrero de 2010, el sismo produjo 521 fallecimientos y 56 aún desaparecidas, 75 % de la población nacional afectada y daños económicos por un monto de 30.000 millones de dólares correspondiendo aproximadamente al 16 % del PIB del año 2009 <sup>3</sup>. En el siguiente cuadro se muestra un resumen de las pérdidas asociadas a los eventos más destructivos de Chile.

**Tabla 1 – Grandes catástrofes ocurridas en Chile**

	<b>Terremoto 1960</b>	<b>Terremoto 1985</b>	<b>Terremoto 2010</b>
<b>Comunas afectadas</b>	Valdivia	Valparaíso	Maule
<b>Intensidad de Richter</b>	9.6	7.7	8.8
<b>Población nacional afectada</b>	38%	50%	75%
<b>Víctimas fatales</b>	6.000	167	521
<b>Daño total (Millones de US\$)</b>	3.089	2.106	30.000

Fuente: Plan de Reconstrucción Levantemos Chile – Ministerio de Planificación 2010

La evidencia muestra que, aunque Chile históricamente cuenta con una cultura sísmica y el número de víctimas fueron disminuyendo con el tiempo; los daños, y sus costos económicos han ido en aumento. Esto puede ser interpretado como una mejora en el manejo en las condiciones de preparación y manejo de emergencias. Sin embargo, los niveles de exposición de la población siguen siendo elevados. Particularmente el evento del 27 de febrero de 2010 dejó en evidencia este hecho. En este sentido, el rol que juegan, los municipios, es trascendental no solo durante el manejo de la emergencia al momento de dar respuesta ante un evento,

---

<sup>3</sup> Plan de Reconstrucción Levantemos Chile – Ministerio de Planificación, 2010

sino en el proceso de prevención y mitigación de la vulnerabilidad asociada a través de una planificación en la que se incluya la variable riesgo.

### **3.2 Principios básicos de la Protección Civil**

La Protección Civil se sustenta en dos principios: Ayuda Mutua y Empleo Escalonado de Recursos.

La Ayuda Mutua plantea que para ser eficaces en sociedad, las personas e instituciones requieren trabajar en equipos multidisciplinarios e interinstitucionales en el diseño y establecimiento de programas de Seguridad y Protección Civil.

El Empleo Escalonado de Recursos plantea la utilización eficiente de los medios disponibles; vale decir, un uso o movilización gradual de recursos humanos, técnicos y materiales desde el nivel individual hasta satisfacer las necesidades que demande un plan o un programa en particular.

Estos principios deben estar presentes en todo el proceso de planificación, sirviendo de sustento en el momento de la ejecución de los distintos programas que conforman el Marco de Acción en Protección Civil.

La acción principal de la Protección Civil está centrada en el concepto de Riesgo y contempla el manejo de este mediante una secuencia cíclica con etapas relacionadas. Estas etapas son: Prevención, Respuesta y Recuperación.

### **3.3 Fases y etapas manejo del ciclo del manejo del Riesgo**

#### **3.3.1 Prevención**

En la etapa de la Prevención están involucradas todas aquellas actividades destinadas a intervenir en el Riesgo, vale decir, las acciones y gestiones previas a la ocurrencia del daño o del evento adverso, a fin de evitarlo a suprimirlo definitivamente y, de no ser posible, reducir al máximo los efectos que puedan llegar a provocar algún evento de desastre, sobre las personas, sus bienes y el medio ambiente.

Esta fase metodológica considera las etapas de: Prevención, propiamente tal; Mitigación; Preparación y Alerta, comprendiendo todas aquellas actividades destinadas a evitar o reducir la amenaza y/o la vulnerabilidad ante el riesgo o sus consecuencias.

**Prevención - (Supresión):** Son todas aquellas actividades destinadas a suprimir o evitar definitivamente que sucesos naturales o generados por la actividad humana causen daño. (Ejemplo: Erradicación de viviendas desde lugares de riesgo; erradicación de industrias localizadas en zonas urbanas; sistema de cierre automático de válvulas para evitar escapes de sustancias químicas, y de extinción rápida para impedir incendios).

**Mitigación:** Son todas aquellas actividades tendientes a reducir o aminorar el riesgo, reconociendo que en ocasiones es imposible evitar la ocurrencia de un evento. (Ejemplos: códigos de construcción sismorresistentes de edificios; obras de represamiento o encauzamiento de ríos o canales; construcción de vías exclusivas para transporte, de carga peligrosa).

**Preparación:** conjunto de medidas y acciones previas al evento destructivo, destinadas a reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños,

organizando las medidas y procedimientos de respuesta y rehabilitación para actuar oportuna y eficazmente. (Ejemplos: Inventario de recursos humanos y financieros; elaboración de Planes de Respuesta; determinación de coordinaciones y sus procedimientos, ejercicios de simulacros y simulaciones; Capacitación de personal y de la comunidad; entrenamiento operativo; información a la comunidad).

**Alerta:** En su fase temprana, es un estado de vigilancia y atención permanente; a la vez que pasa a ser un estado declarado cuando se advierte la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso, con el fin de tornar precauciones específicas. La declaración de alerta debe ser: Clara y comprensible, accesible, vale decir, difundida por el máximo de medios; inmediata, sin demora, puesto que cualquier retardo puede sugerir que el evento no es ni probable ni cercano; coherente, sin contradicciones; oficial, procedente de fuentes autorizadas.

### **3.3.2 Respuesta**

Corresponde a las actividades propias de atención ante un evento destructivo y se llevan a cabo inmediatamente de ocurrido el evento. Tienen por objetivo salvar vidas, reducir el impacto en la comunidad afectada y disminuir pérdidas. (Ejemplos: búsqueda y rescate, asistencia médica, evacuación, alojamiento temporal, suministro de alimentos y abrigo)

### **3.3.3 Recuperación**

Corresponde a las actividades posteriores al evento destructivo y tienen por objetivo volver al estado de desarrollo previo y, más aún, intentando superar ese nivel. Considera las etapas de Rehabilitación y Reconstrucción.

**Rehabilitación:** corresponde al período de transición comprendido entre la culminación de las acciones de respuesta y el inicio de las acciones de reconstrucción. La Rehabilitación consiste en la recuperación, en el corto plazo, de los servicios básicos e inicio de la reparación del daño físico, social y económico. (Por ejemplo: restablecimiento del servicio de agua potable, de la energía eléctrica; despeje de caminos)

**Reconstrucción:** consiste en la reparación y/o reemplazo, a mediano y largo plazo, de la infraestructura dañada y, en la restauración y/o perfeccionamiento de los sistemas de producción. (Ejemplos: Construcción de viviendas y edificios públicos; reparación de carreteras y aeropuertos; reforestación; recuperación agrícola; pavimentación de carreteras; ordenamiento territorial).

El proyecto se centrará en la etapa de Prevención.

### **3.4 Estado actual de la evaluación y gestión de riesgos en Chile.**

El tema de la evaluación de los riesgos y la prevención de desastres ha sido tratado relativamente desde hace pocos años a nivel internacional y nacional. Durante la mayor parte del tiempo y en particular en los primeros años el énfasis se dirigió hacia el conocimiento de las amenazas por el sesgo investigativo y académico de quienes generaron las primeras reflexiones sobre el tema (Cardona, 2007). Sin embargo, en particular en países más avanzados, aún se conserva este énfasis, donde por su desarrollo tecnológico se intenta conocer con mayor detalle los fenómenos generadores de las amenazas, cosa de estar preparados para el siguiente evento.

A nivel nacional, el estudio sobre riesgos, ha sido enfocado principalmente en la perspectiva estructural específicamente el ordenamiento territorial cuya finalidad probablemente está asociada a la cuantificación en términos monetarios de las pérdidas que ocasionan los desastres.

La ONEMI<sup>4</sup>, entidad encargada de desastres, ha elaborado una serie de metodologías y planes orientados tanto a la fase preventiva como a la reactiva, dentro de la que se destaca la metodología AIDEP<sup>5</sup>. Esta metodología AIDEP se orienta a la gestión integral y participativa de prevención, preparación, respuesta y recuperación frente a emergencia y desastres, de acuerdo a la realidad local. Está destinada a facilitar los procesos locales de microzonificación de riesgos y recursos, para el diseño de planes de protección y seguridad, los que deben implementarse a nivel regional, a través de las Oficinas Regionales de Emergencia OREMIS en coordinación con los organismos públicos de este mismo nivel.

Por otro lado, la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (Ley No 18.695) dispuso, expresamente que estas corporaciones autónomas de derecho público pueden desarrollar directamente o con otros órganos de la Administración del Estado, funciones relacionadas con la prevención de riesgos y la prestación de auxilio en situaciones de emergencia<sup>6</sup>, actuando dentro del marco de los planes nacionales y regionales. Con todo, existe una debilidad del sistema de gestión de riesgo, ya que esta variable es casi inexistente o nula.

---

<sup>4</sup> ONEMI: Oficina Nacional de Emergencia

<sup>5</sup> AIDEP: A: Análisis histórico, I: Investigación en terreno, D: Discusión de prioridades, E: Elaboración de cartografía, P: Planificación.

<sup>6</sup> Plan Nacional de Protección Civil - ONEMI

Queda evidente la necesidad de incorporar la variable riesgo de manera transversal en el proceso de planificación, lo que consiste en desarrollar una comprensión de los fenómenos potencialmente peligrosos y los posibles efectos desastrosos que pueden causar en el desarrollo de las comunidades expuestas, generando información necesaria para adoptar decisiones sobre la implementación de acciones de prevención y emergencia.

### **3.5 Antecedentes de la zona de estudio - Región de Tarapacá**

La zona de estudio definida para el proyecto está dada por las comunas de la Región de Tarapacá. Se eligió esta Región, debido al conocimiento a priori de la ocurrencia de un evento de sismo de gran magnitud en un futuro cercano, por tal motivo resulta una oportunidad la determinación del nivel de vulnerabilidad y preparación de la institucionalidad frente a esta amenaza.

La Región de Tarapacá limita por el oeste con el Océano Pacífico, por el este con la frontera chileno-boliviana, por el norte con la Región de Arica – Parinacota y por el sur con la Región de Antofagasta. Se extiende entre los 17°30"y 21°39" de latitud sur y desde los 68°25"de longitud oeste hasta el océano Pacífico.

La población regional es de 307.426 habitantes y las ciudades que mayor crecimiento de población han registrado son: Iquique y Alto Hospicio alcanzando los 269.880 habitantes representando esto al 87% del total de la población regional.

Tarapacá está dividida administrativamente en 2 provincias Tamarugal e Iquique y en 7 comunas, de las cuales las más pobladas son Iquique, Alto Hospicio, Pozo Almonte, Pica y Huara. En términos de relación porcentual de la población urbana y rural, según el censo 2002, se tiene que un 94% de

la población de tipo urbano y un 5.4% representa a la población rural. En la tabla 2 se presenta una desagregación del tipo de población en la región.

**Tabla 2 – Población Región de Tarapacá**

Provincia	Población					
	Total		Urbana		Rural	
	Población	%	Población	%	Población	%
Iquique	216.419	90.6	204.732	94.6	11.687	5.4
Tamarugal	22.531	9.4	3.312	14.7	19.219	85.3
<b>TOTAL</b>	<b>238.950</b>	<b>100</b>				

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, INE Censo 2002

En el cuadro se puede observar que la provincia de Tamarugal presenta una población rural del orden del 85.3% a diferencia de Iquique que presenta una población en su mayoría urbana del orden del 94.6%<sup>7</sup>.

### 3.5.1 Sismicidad en la Región de Tarapacá

El extremo norte de Chile (18°27"S) puede ser dividido en tres áreas sísmicas bien diferenciadas. La zona más al norte comprende las áreas entre las latitudes 18°S y 20°S, la segunda región sísmica incluye el área ente los 20°S y 22°S; y la tercera región incluye el área entre los 22°S y 27°S<sup>8</sup>. La Región de Tarapacá que se encuentra dentro de la primera subdivisión se caracteriza porque registra al menos el 80% de los terremotos y más del 60%de tsunamis del mundo. Diversos estudios especializados concluyen que ante la ocurrencia de un sismo de mayor intensidad es esperable enfrentar un maremoto que afectaría todo el borde costero de la Región.

---

<sup>7</sup> Plan Regional de Emergencias – Región de Tarapacá

<sup>8</sup> Sismicidad en Chile- SHOA

Referente a las vías de comunicaciones terrestres en la ciudad de Iquique y las localidades del interior, así como también el Aeropuerto “Diego Aracena” y localidades costeras se hace notar que son limitadas. Por ello la ocurrencia de un terremoto y eventualmente un tsunami, puede provocar una situación de aislamiento geográfico dificultando la entrega de ayuda y medio logísticos de emergencia.<sup>9</sup>

Los servicios básicos como energía eléctrica y telefonía celular, por sus sensibilidad ante los fenómenos sísmicos y las posibilidad de un maremoto, como lo ha demostrado en los últimos acontecimientos de estas características a lo largo del país, no proporcionan un nivel de disponibilidad adecuado para afrontar tal emergencia, lo que hace necesario contar con alternativas que proporcionen cierta autosuficiencia y autonomía.<sup>10</sup>

En este sentido, la Región de Tarapacá a través de su Intendencia regional, en el marco del Plan Nacional de Protección Civil, pone a disposición de las autoridades locales, tanto del ámbito público como privado, el “Plan Regional de Emergencia” que permite enfrentar emergencias, mayores o desastres en la Región, de tal forma de abordar los factores de vulnerabilidad asociados a una amenaza<sup>11</sup>.

El objetivo del Plan es desarrollar una organización, definir tareas y articular la coordinación integral del manejo de emergencia con el propósito de proporcionar un sistema para mitigar las consecuencias de una emergencia, preservar la vida y minimizar el daño, responder eficazmente y brindar la atención necesaria a la población para que la comunidad regional pueda retornar a su situación normal en el más breve plazo.

---

<sup>9</sup> Plan Regional de Emergencias – Región de Tarapacá

<sup>10</sup> Plan Regional de Emergencias – Región de Tarapacá

<sup>11</sup> Plan Regional de Emergencias – Región de Tarapacá

La descripción realizada de la zona de estudio permite tener una visión de la situación actual de la Región de Tarapacá referente a la gestión de riesgos y protección civil. Claramente se evidencia que la Región está trabajando activamente en el tema de respuesta ante emergencias, sin embargo todavía se evidencia un vacío en el aspecto de prevención de riesgos.

### **3.6 Motivación del proyecto**

Los aspectos que motivaron la elaboración de la presente tesis, son producto de los diferentes problemas detectados principalmente a raíz del último terremoto y posterior tsunami ocurrido el 27 de febrero de 2010 es así que, después del evento, existieron muchos debates y controversias.

El terremoto liberó energía acumulada por más de 175 años, después de su antecesor del 20 de febrero de 1835 con similares características. Lamentablemente la gente olvida y muchas de las viviendas de material ligero y adobe, construidas en el borde costero fueron prolongadas en el tiempo para su relocalización. La exposición de la población frente a un evento de esta magnitud era evidente, lastimosamente pocas fueron las lecciones aprendidas después del evento similar de 1960.

El manejo de la emergencia estuvo marcado por diferentes debilidades detectadas, el más claro ejemplo fue cuando la presidenta en ejercicio, descartó la posibilidad de que se produjera un tsunami e hizo una llamada a que la población se mantuviera tranquila. Estas declaraciones las habría realizado en base a un error en el diagnóstico de la situación por parte de la

Armada, más precisamente el SHOA. La Armada reconoció su error al entregar información ambigua o errónea a la Presidenta<sup>12</sup>.

Lo anterior sumado a la vaga definición de competencias y la falta de legislación que organice el sistema de protección civil, ocasionaron la poca coordinación entre entidades y las múltiples autoridades dando su parecer inexacto y provocando decisiones equivocadas que no permitieron reducir las consecuencias del evento. Es evidente que la carencia de responsabilidades claras en el manejo del riesgo entre las diferentes entidades y/u organizaciones y las deficiencias en las herramientas regulatorias para la coordinación inter-territorial e inter-sectorial hacen que el manejo del riesgo cambie.

La infraestructura física y de comunicaciones, sufrieron un gran impacto. Desde el punto de vista sísmico, las construcciones en general resistieron, lo que se asocia la exigencia de las norma de diseño antisísmico, sin embargo el tsunami arrasó con las modestas localidades costeras. En cuanto a las instalaciones de salud, el primer catastro al 30 de marzo de 2010, indicaba que de los 132 recintos entre la Región de Valparaíso y la Región de la Araucanía, incluida la Región Metropolitana, reportaba 18 hospitales inutilizables, 31 con daños recuperables y 83 operativos. Se perdieron 4249 camas, de las cuales 297 eran críticas y 352 básicas<sup>13</sup>. Se vivió claramente

---

<sup>12</sup> Fuertes réplicas y alerta de tsunami en la zona centro-sur. La Nación, 11 de marzo de 2010. [Consultado el 29/04/2010].

<sup>13</sup> Ministerio de Desarrollo Social, Plan de Reconstrucción Terremoto y Maremoto 27 de Febrero de 2010, Santiago

<<http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/e60b893eb66a10139bfe68d2c6005636.pdf>>.

[Consultado 02/02/2011]

la poca capacidad en estas entidades y se demostró que no se estaba preparado con medidas de contingencia, como hospitales de campaña.

La falta de conectividad que existió, debido a que las comunicaciones cayeron, ocasionó que las autoridades estén desconectadas, no había equipos autónomos para abordar la emergencia en cada zona. No todas las celdas celulares contaban con equipos de generación eléctrica para cubrir el corte de suministro de luz, provocando una gran dificultad en el levantamiento y gestión de la información preliminar para realizar acciones relacionadas a la gestión de riesgos y manejo de emergencia en este caso de desastre.

Pese a que Chile es un país con una cultura sísmica desarrollada, la situación antes analizada demostró que todavía se mantiene el enfoque reactivo más que preventivo.

En resumen, los terremotos pueden causar cuantiosos daños y consecuencias considerables; y para que no vuelva a ocurrir, se debe avanzar en el mejoramiento del análisis y evaluación de los riesgos.

El tema del riesgo ha sido tratado ampliamente de manera específica por especialistas de diferentes disciplinas, es así que existen diferentes estudios referentes al riesgo, desde las perspectivas: Estructural, económica, psicológica, entre otras. Sin embargo, no existe un enfoque holístico que considere diferentes perspectivas y a eso se suma que desde hace poco se ha ido cuestionando la efectividad y eficiencia de la gestión del riesgo en el ámbito institucional; consecuencia de la poca asociación con la variable riesgo y en ocasiones con el uso de metodologías y técnicas de modelización un tanto crípticas para su estimación.

Si a lo anterior se añade la frágil interrelación entre los procesos que respaldan la teoría de la gestión de riesgo de desastre, que a pesar de ser claros, no obtienen buenos resultados, debido al bajo fortalecimiento de la institucionalidad, el bajo conocimiento de la temática y principalmente la poca *información precisa de los aspectos críticos hacen que una sociedad se vea vulnerable* ante este tipo de eventos.

Este es el marco que motivó el desarrollo de la tesis, intentando describir conceptual y metodológicamente la manera de evaluar la vulnerabilidad y riesgo frente a sismos de gran intensidad de manera holística e integral, reflexionado sobre la inclusión de diferentes variables que generen un conocimiento evitando llevar a una priorización implícita y fuera de lugar de las acciones a la hora de reducir los problemas de vulnerabilidad.

### **3.7 Objetivos y alcance del Proyecto**

Partiendo de la revisión del riesgo y estableciendo claramente que, el conocimiento es el primer factor a incrementar para reducir la vulnerabilidad desde el punto de vista de la prevención, se definió los siguientes objetivos:

“Formalizar y mejorar el proceso de gestión de riesgos, a través de un instrumento de evaluación holística de la vulnerabilidad, para fortalecer la gestión preventiva en el manejo del riesgo en la Oficina Nacional de Emergencia”.

Para lograr el objetivo general se definieron los siguientes objetivos específicos:

- a) Analizar las vulnerabilidades a través de indicadores a nivel comunal, integrando factores de exposición, institucional, socioeconómico y físico.

- b) Determinar la situación actual de cada comuna, desde la perspectiva de prevención y respuesta ante situaciones de desastres por cada factor y variable analizada.
- c) Determinar del potencial de mejora de cada factor y variable.
- d) Determinar una priorización de atención por orden de importancia, de las variables, para reducir los niveles de vulnerabilidad y mejorar el desempeño de la Gestión del Riesgo de Desastres.
- e) Estimar el riesgo a nivel comunal frente a sismos.

### **3.8 Factores Críticos de Éxito**

Para el éxito del proyecto resulta importante lo siguiente:

- Contar con información actualizada y fidedigna a nivel comunal.
- Contar con apoyo institucional para poder realizar una prueba piloto o de concepto.
- Contar con apoyo institucional a través de expertos, para tener una retroalimentación en la evaluación de los resultados.

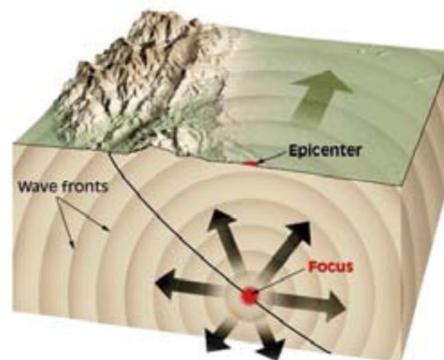
## 4. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

### 4.1 Nociones de Sismología y Sismicidad en Chile

Los terremotos son vibraciones de la corteza terrestre producidas por una rápida liberación de energía. La energía liberada se propaga en forma de ondas, desde el origen del terremoto, denominado foco o hipocentro. La proyección del foco sobre la superficie de la tierra se llama epicentro (Figura 4). Estas vibraciones se producen como consecuencia de la ruptura de rocas que han sido sometidas a esfuerzos que superan sus límites de resistencia, generalmente debido al deslizamiento de la corteza terrestre a lo largo de una falla. El movimiento que se produce a lo largo de las fallas puede explicarse acudiendo a la teoría de la tectónica de placas.

Las placas móviles interactúan entre sí, deformando las rocas en sus bordes, donde se producen la mayor parte de los terremotos. Además, en cuanto termina un terremoto, el movimiento continuo de las placas se reinicia, generando deformación en las rocas hasta que éstas vuelven a fracturarse.

**Figura 4 - Foco y epicentro de un terremoto**



Fuente: (Santibañez, 2006)

#### **4.1.1 Tectónica de Placas**

La corteza terrestre, que es la capa más externa y fina de la tierra, se divide en corteza oceánica y corteza continental. Su grosor oscila entre 3 kilómetros, bajo las dorsales oceánicas y alrededor de 70 kilómetros, bajo algunas cadenas montañosas, como los Andes o el Himalaya. La corteza terrestre se ubica sobre el manto superior, el cual es capaz de fluir lentamente bajo la corteza, permitiendo el desplazamiento de grandes masas rocosas.<sup>14</sup>

La corteza y parte del manto superior, forman una capa relativamente rígida y fría, denominada litosfera. A una profundidad de unos 660 kilómetros se encuentra una capa blanda y plástica, conocida con el nombre de astenosfera. Las rocas de la litosfera se vuelven más dúctiles a medida que aumenta la profundidad, debido a que también aumenta la temperatura, llegando a alcanzarse la temperatura de fusión de las rocas, sin embargo, a mayor profundidad, la mayor presión compensa los efectos de la mayor temperatura y las rocas vuelven a solidificarse. Esto permite la existencia de una porción de roca fundida, permitiendo a la litosfera moverse con independencia de las rocas situadas bajo la astenosfera.

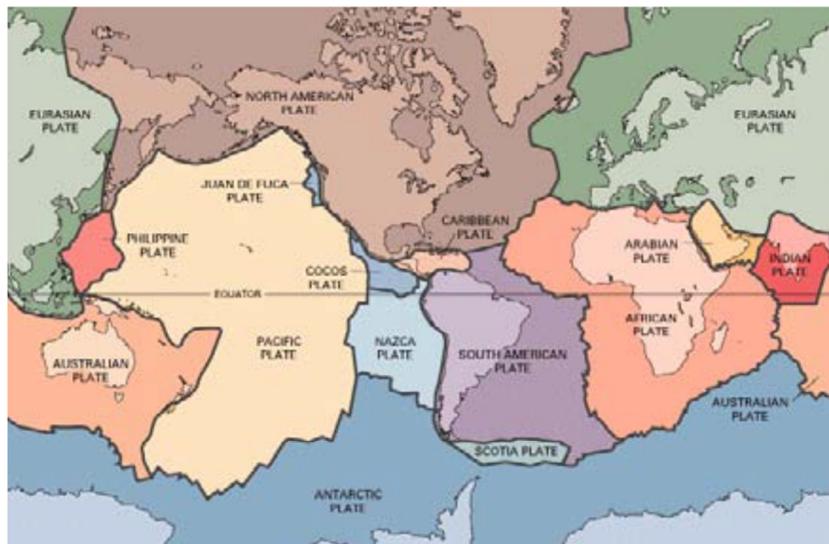
Este movimiento de la corteza terrestre a lo largo de millones de años ha modificado la superficie de la tierra y el fondo de los océanos, formando cadenas montañosas y dorsales submarinas. La teoría que modela y explica estos fenómenos se denomina tectónica de placas.

---

<sup>14</sup> Daniel H. Santibañez - Memoria de Tesis "Determinación del Potencial de Licuefacción de Suelos no Cohesivos Saturados bajo cargas Sísmicas usando el ensayo de Penetración Estándar". – 22 de enero de 2004

Según este modelo, la litosfera está dividida en fragmentos llamados placas, como muestra la figura 5. Existen siete placas principales, la placa Norteamericana, la placa Sudamericana, la placa del Pacífico, la placa Africana, la placa Euroasiática, la placa Australiana y la placa de la Antártica. También existen placas más pequeñas, como la placa de Nazca, la Filipina, la de Scotia, la de Arabia y la de Cocos. Estas placas se mueven a velocidades muy lentas, pero constantes, de unos pocos centímetros al año.

**Figura 5 - Placas tectónicas**



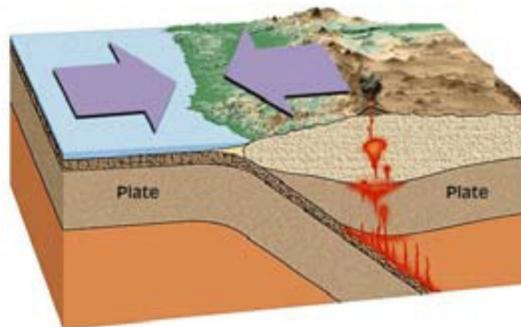
Fuente: (U.S. Geological Survey, 2004)

#### **4.1.2 Tipos de fallas**

Asociadas a los bordes de placa, se encuentran las fallas donde se producen los terremotos. Las fallas son fracturas en la corteza a lo largo de las cuales ha tenido lugar un desplazamiento apreciable. Los movimientos súbitos a lo largo de las fallas son la causa de la mayoría de los terremotos.

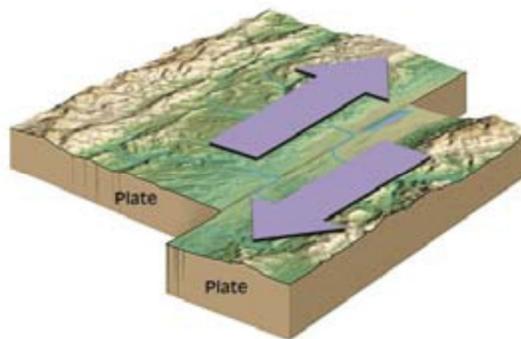
Se conocen varios tipos de fallas, las cuales pueden tener desplazamiento vertical (fallas normales y fallas inversas), o desplazamiento horizontal (fallas transformantes).

**Figura 6 - Borde Convergente**



Fuente: (Santibañez, 2006)

**Figura 7 - Borde de falla transformante**



Fuente: (Santibañez, 2006)

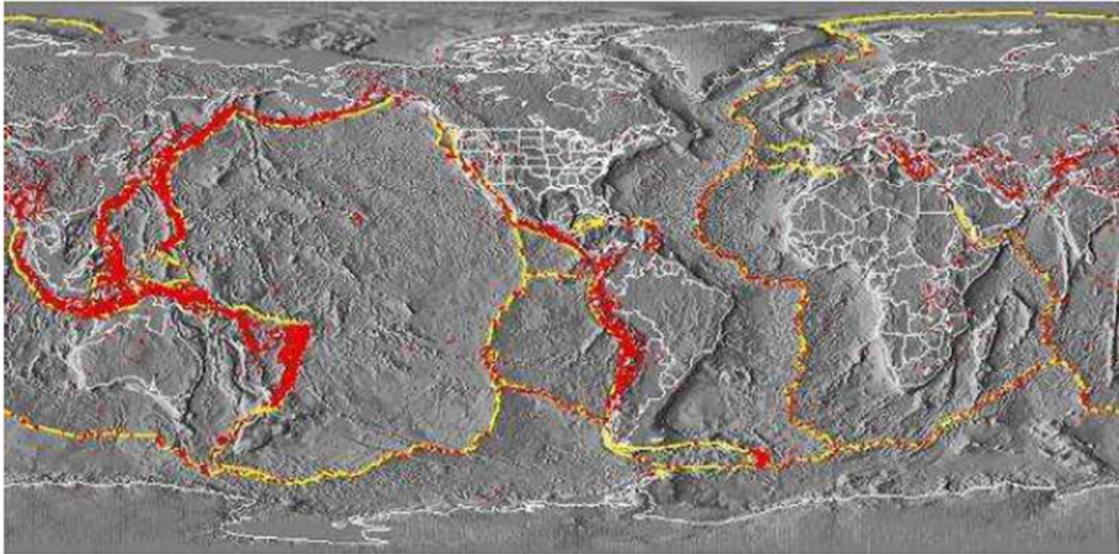
#### **4.1.3 Generación de los terremotos**

La estrecha relación entre los bordes de placa y la actividad sísmica ha sido demostrada a lo largo de los años mediante el análisis estadístico de los datos que han proporcionado los terremotos. Los sismos se originan por el

rompimiento de rocas de la litosfera, que han estado por varios años, sometidas a la acción de esfuerzos más o menos continuos. La distribución global de estos esfuerzos depende de dinámicas internas conocida como dinámica de placas, que son las que constituyen globalmente la denominada tectónica de placas. Por lo tanto, los sismos no se distribuyen aleatoriamente en la Tierra, sino principalmente en los bordes de las placas, que según la mecánica, son los sitios donde con mayor facilidad se libera la energía ocasionada por los esfuerzos. Figura 8.

Localmente un sismo se desarrolla en sitios de debilidad de las rocas, generalmente son sitios donde ya ha habido rompimiento y desplazamiento y que se conocen como fallas geológicas. En la figura puede observarse que la distribución de los terremotos en el mundo coincide con los bordes de placa mostrados anteriormente, en particular en las zonas de subducción, como en el caso de la costa de Chile.

**Figura 8 - Sismicidad mundial entre los años 1980 y 1990.**



Fuente: Washington University. Se representan en puntos rojos los epicentros con magnitud >5. Nótese de la forma que la sismicidad “ilumina” los límites de las placas tectónicas, dibujados en amarillo.

#### **4.1.4 Intensidad y Magnitud de los terremotos**

Existen dos maneras de medir la fuerza de un terremoto, la primera, llamada intensidad, está basada en el daño producido a las estructuras y en las reacciones de la gente, la segunda, llamada magnitud, mide la cantidad de energía liberada por el terremoto. A continuación se describen la escala de intensidad y las diferentes escalas de magnitud más usadas por los sismólogos.

#### **4.1.5 Intensidad de un terremoto**

La intensidad de un terremoto está basada en las observaciones de daño a los edificios, en la presencia de efectos secundarios, como deslizamientos,

licuefacción y grietas en el terreno, y en cómo ha sido sentido por las personas. La intensidad es fácil de definir en zonas urbanas por la cantidad de daños producidos, pero es muy difícil de evaluar en áreas rurales. La escala más utilizada para determinar la intensidad de un terremoto es la escala modificada de Mercalli (MM). El rango de intensidades de esta escala va desde un movimiento apenas sentido (Grado I), hasta un terremoto que produce una destrucción total (Grado XII).

En base a la información de las intensidades en los distintos lugares afectados por un terremoto, los sismólogos pueden dibujar un mapa con curvas de intensidad, análogas a las curvas de nivel en topografía, uniendo los puntos en los cuales la intensidad es la misma, llamadas isosistas. En general, se puede ubicar el epicentro del terremoto en las cercanías de la zona donde se alcanzan las mayores intensidades, sin embargo, esta regla no siempre se cumple debido al efecto local del suelo.

La escala que se utiliza actualmente en Chile corresponde a la escala modificada de Mercalli, definida en la norma chilena Escala de intensidad de los fenómenos sísmicos (NCh 3 Of 1961), la cual se puede consultar en el Anexo A. La escala de intensidad de Mercalli evalúa el daño producido por un terremoto en una localización específica, por lo tanto la intensidad depende no sólo de la fuerza del terremoto, sino también de la distancia al epicentro, la naturaleza de los suelos y el diseño de los edificios. Esta escala es muy importante para cuantificar el daño en términos sociales, sin embargo, no es una medida verdadera de la fuerza real del terremoto.

#### **4.1.6 Magnitud de un terremoto**

De acuerdo a Tarbuck y Lutgens (2000), para determinar la cantidad de energía liberada durante un terremoto, se utiliza la escala de Richter, que clasifica a los terremotos de acuerdo a su magnitud. El sistema desarrollado por Richter en 1935 determina las magnitudes de los terremotos a partir del análisis de los sismogramas. La escala de Richter se utiliza en todo el mundo, por lo que se ha establecido una distancia normalizada de 100 kilómetros y el instrumento Wood-Anderson como el dispositivo de registro normalizado, con el objeto de que las estaciones sísmicas de distintos lugares obtengan la misma magnitud para un terremoto dado sin importar donde se encuentren.

La magnitud Richter se determina midiendo la amplitud de la mayor onda registrada en el sismograma. Como la fuerza de los terremotos es muy variable, los grandes terremotos producen registros con amplitudes miles de veces superiores a los temblores débiles, se utiliza una escala logarítmica para expresar la magnitud. Ya que la magnitud es una cantidad basada en el logaritmo de la amplitud máxima del movimiento del suelo, grandes diferencias en los valores instrumentales registrados, sólo se reflejan como pequeñas diferencias en la magnitud del evento (Lüders eds., 1988). En esta escala, un aumento de diez veces en la amplitud de onda corresponde a un aumento de 1 en la escala de magnitud.

La escala de Richter no diferencia de manera adecuada los terremotos que tienen magnitudes muy altas, ya que estos terremotos tienen amplitudes de onda casi iguales, por lo que la escala de Richter se satura a este nivel. Debido a este problema se han ideado otras escalas para establecer la magnitud de un terremoto.

**Tabla 3 – Escala de Richter y Mercalli**

Escala Richter (Magnitud)		Escala Mercalli (Intensidad)	
Escala	Significado	Escala	Significado
< 3,5	No sentido, poco registrado	I	Imperceptible
3,5 – 5,4	A menudo sentido, Apenas daño	II	Muy ligero
5,5 – 6,0	Ligeros daños a edificios	III	Ligero
6,1 – 6,9	Destrucción en áreas pobladas	IV	Moderado
7,0 – 7,9	Gran terremoto. Daños serios	V	Bastante fuerte
> 8,0	Destrucción total en localidades próximas	VI	Fuerte
		VII	Muy fuerte
		VII	Destruccionivo
		IX	Altamente destructivo
		X	Extremadamente destructivo
		XI	Desastre
		XII	Gran desastre

Fuente: Elaboración propia en base a la literatura revisada.

## 4.2 Conceptos Relacionados a Desastres

El impacto de los desastres en las actividades humanas ha sido un tema tratado en los últimos años en un amplio número de publicaciones desarrolladas por diversas disciplinas que han conceptualizado sus componentes en forma diferente, pero en la mayoría de los casos de una manera similar.

La UNDRO<sup>15</sup> en conjunto con la UNESCO<sup>16</sup> promovió una reunión de expertos con el fin de proponer una unificación de definiciones que han sido ampliamente aceptadas en los últimos años. Estos conceptos se resumen a continuación:

<sup>15</sup> United Nations Disaster Relief Organization

<sup>16</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

- a) **Amenaza, peligro o peligrosidad:** es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un área determinada.
- b) **Vulnerabilidad:** es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo, resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde 0 a 1 o pérdida total.
- c) **Elementos del riesgo o Exposición:** Constituyen la población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, la infraestructura expuesta a un área de peligro.
- d) **Riesgo específico:** es el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.
- e) **Riesgo:** Se define como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efecto sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre, es decir el producto del riesgo específico, y los elementos en riesgo.

Ya por el 2004, Naciones Unidas presenta el documento “Vivir con el Riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres” en el cual se actualizan algunas definiciones siendo las más importantes la de amenaza natural, vulnerabilidad y riesgo, estos conceptos fueron contemplados y ampliamente divulgados en el informe “Terminología sobre reducción del riesgo de desastre” en el 2009.

- f) **Amenaza Natural**<sup>17</sup>: es un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que

---

<sup>17</sup> Las Amenazas naturales pueden ser de origen geológico, hidrometeorológico o biológico.

daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustentos y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

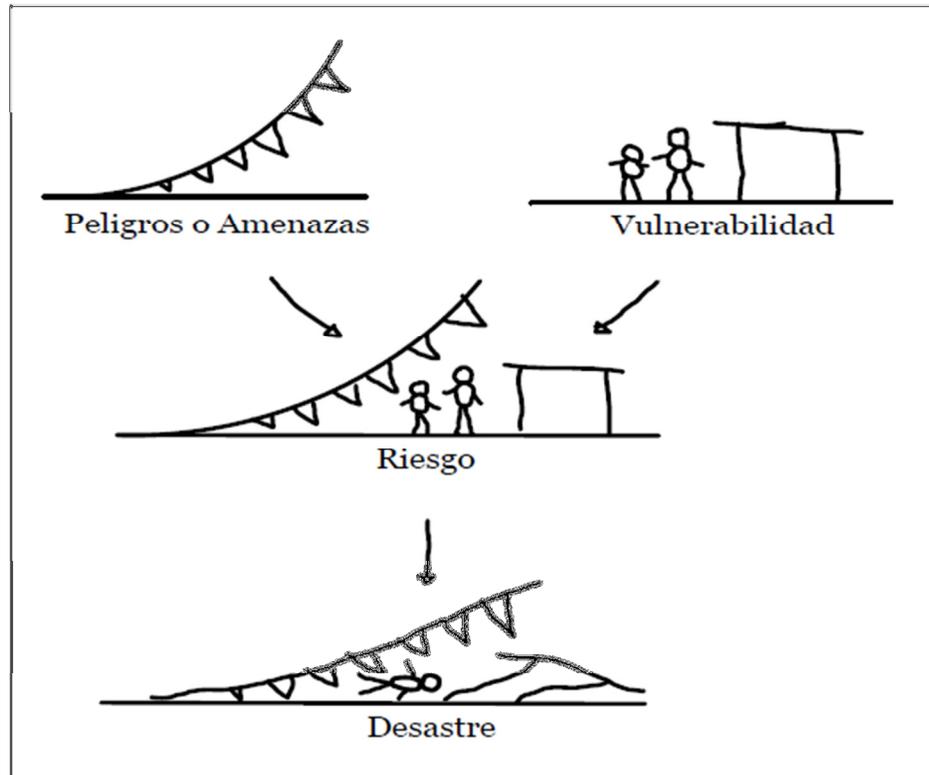
- g) Vulnerabilidad:** son las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bienes que son o hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.
- h) Desastre:** es una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos.
- i) Riesgo;** la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

## **4.3 Gestión de Riesgos**

### **4.3.1 Riesgo de desastre**

El riesgo de desastre es definido por Gómez (2007) como la “Probabilidad de ocurrencia de un desastre que podría causar pérdidas y perjuicios sociales, psíquicos, económicos o ambientales al combinarse con las condiciones de amenaza y vulnerabilidad o debido a las limitadas capacidades de la sociedad para prevenir o responder a los desastres”.

**Figura 9 - Esquema de los componentes del riesgo de desastre**



Fuente: Gómez et. al (2007)

#### **4.3.2 Enfoque holístico de la evaluación del riesgo de desastre**

En los últimos años, desde la perspectiva de los desastres naturales, el riesgo se ha intentado dimensionar, para efectos de la gestión, como las posibles consecuencias económicas, sociales y ambientales que pueden ocurrir en un lugar y en un tiempo determinado. Sin embargo el riesgo no ha sido conceptualizado de forma integral sino de manera fragmentada, de acuerdo con el enfoque de cada disciplina involucrada en su valoración. Para estimar el riesgo de acuerdo con su definición es necesario tener en cuenta, desde un punto de vista multidisciplinar, no solamente el daño físico

esperado, las víctimas o pérdidas económicas equivalentes, son o también factores sociales, organizacionales e institucionales, relacionados con el desarrollo de las comunidades. La deficiente información, comunicación y conocimiento entre los actores sociales, la ausencia de organización institucional y comunitaria, las debilidades en la preparación para la atención de emergencias, entre otros, contribuyen a tener un mayor riesgo. Por lo tanto, las consecuencias potenciales no sólo están relacionadas con el impacto del suceso, sino también con la capacidad para soportar el impacto y las implicaciones del mismo respecto del área geográfica considerada.

Por otra parte, existen serias razones por las cuales se puede dudar acerca de la efectividad de la gestión del riesgo. El incremento y la acumulación de la vulnerabilidad son alarmantes, como lo es la falta de conciencia y responsabilidad sobre el tema por parte de los tomadores de decisiones, las autoridades políticas y la misma comunidad. Esto podría explicar el por qué aunque se realicen muchos estudios de amenazas, vulnerabilidad e incluso riesgo desde el ámbito de diferentes disciplinas, en muchos lugares del mundo no se logra aun una intervención y gestión efectiva y decidida que mitigue o reduzca el riesgo al cual se encuentran sometidas. (Cardona, 2002)

La falta de una visión holística del riesgo, es decir, de una valoración integral y multidisciplinar del riesgo que permita desagregarlo en sus componentes de diferente índole, parece haber contribuido en buena parte a la falta de efectividad en su gestión.

Una concepción holística del riesgo, consistente y coherente, fundamentada en los planteamientos teóricos de la complejidad y que tenga en cuenta no sólo variables geológicas y estructurales, sino también variable económicas, sociales, políticas, culturales o de otro tipo, podría facilitar y orientar la toma

de decisiones para una determinada zona. Un enfoque de este tipo, integral y multidisciplinar podría tener en cuenta de manera más consistente las relaciones no lineales de los parámetros del contexto y la complejidad y dinámica de los sistemas sociales. Igualmente contribuir a mejorar la efectividad de la gestión y a identificar y priorizar medidas factibles y eficientes para la reducción del riesgo.

### **4.3.3 Gestión de Riesgos de desastre**

Mucho se ha hablado sobre la gestión de riesgos de desastres, conceptos que han ido evolucionando y cambiando debido a la importancia que se ha otorgado al riesgo y no al desastre; llegando finalmente a un enfoque sistémico que lo considera como un proceso transversal, interdisciplinario y complejo.

Se entiende por Gestión y Manejo del Riesgo al conjunto de actividades derivadas de la administración de la Protección Civil y que corresponden al esfuerzo de detección y dimensionamiento de los mismos, para prevenir su degeneración en eventos destructivos (emergencias o desastres), o bien, frente a los inevitables, responder minimizando las pérdidas y acrecentando las capacidades de recuperación ante sus efectos: emergencias.

Todas las actividades a ejecutar en cada una de las etapas, llevan integrado el concepto de desarrollo sostenible, entendido como el aumento acumulativo y durable o sostenible de cantidad y calidad de bienes, servicios y recursos de una comunidad, unido a cambios sociales y culturales, en función de un mejoramiento continuo y equitativo de la seguridad como factor de calidad de vida humana, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras.

**Figura 10. Estructura General de la Gestión de Riesgos**



Fuente: Elaboración propia en base a los conceptos revisados

#### 4.3.4 Dimensiones de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad, según Cardona (2002), puede tener varias dimensiones dependiendo de los diferentes aspectos que la caracterizan. Vistas desde diferentes perspectivas estas dimensiones se describen brevemente a continuación:

**a) Dimensión física.**

Concepto que corresponde al análisis de la infraestructura y equipamiento, este análisis considera los elementos estructurales y no estructurales que conforman la infraestructura. Expresa las características de ubicación en áreas propensas y las deficiencias de resistencia de los elementos expuestos, de los que depende su capacidad de absorber la acción del suceso que representa la amenaza. Como ejemplo se puede mencionar la sismoresistencia de un edificio, la ubicación de una comunidad.

**b) Dimensión económica**

Los sectores económicamente más deprimidos son los más vulnerables. La pobreza aumenta la vulnerabilidad. Al nivel local e individual este aspecto se expresa en desempleo, insuficiencia de ingresos, dificultad o imposibilidad de acceso a los servicios. En una escala nacional se traduce en una excesiva dependencia económica de factores externos incontrolables, la falta de diversificación de la base económica, restricciones al comercio internacional y la imposición de política monetarias.

**c) Dimensión Social**

Esta dimensión guarda relación con el grado de bienestar de las personas, las comunidades y la sociedad. Cuanto más esté integrada una comunidad, mejor puede superar los inconvenientes que suelen presentarse, resultará más fácil absorber las consecuencias de un desastre y podrá reaccionar con mayor rapidez que una comunidad que no lo esté. Las sociedades pueden ser más o menos vulnerables en el

sentido que pueden reaccionar como grupo organizado, mediante procesos de auto organización, o con intereses particulares primando sobre los grupales, con relaciones más estrechas entre sus integrantes, o relaciones meramente circunstanciales.

**d) Dimensión educativa**

La ausencia de conocimiento sobre las causas, los efectos y razones por las cuales se presentan desastres, el desconocimiento de la historia, la falta de preparación y desconocimiento del comportamiento individual y colectivo, en caso de desastre son aspectos que hacen que una comunidad sea más vulnerable. Una educación deficiente o que no tiene buena cobertura en una comunidad propensa y la falta de socialización de la información aumentan la vulnerabilidad.

**e) Dimensión Política**

Se expresa en el nivel de autonomía que tiene una comunidad con respecto a sus recursos y por la toma de decisiones que la afectan. La comunidad se hace más vulnerable bajo esquemas centralistas en la toma de decisiones y en la organización gubernamental. La debilidad en los niveles de autonomía a los problemas sentidos en estos niveles territoriales. En la medida que la comunidad participa más en las decisiones que la atañen es menos vulnerable.

**f) Dimensión Institucional**

Relacionada con las dificultades que tienen las instituciones para hacer una adecuada gestión del riesgo. Situación que se refleja en la falta de preparación para responder ante un suceso, o cuando aun sabiendo que

existe el riesgo no llevan a cabo acciones eficientes y efectivas para reducirlo o mitigarlo. Se expresa en la falta de flexibilidad y coordinación de las instituciones, en el exceso de burocracia, en el hecho de que prevalecen la decisión política y el protagonismo.

**g) Dimensión cultural**

Esta referida a la forma en que los individuos se ven a sí mismos en la sociedad y como colectividad, lo que influye en ocasiones de manera negativa debido a estereotipos perniciosos que no se cuestionan y que se consolidan. Al respecto, juegan un papel crucial los medios de comunicación, puesto que contribuyen a la utilización sesgada de imágenes o de información ligera o imprecisa sobre el medio ambiente, la misma sociedad y los desastres.

**h) Dimensión ambiental**

En esta dimensión, cabe mencionar el grado de agotamiento de los recursos naturales y su estado de degradación. Del mismo modo, la falta de resiliencia de los sistemas ecológicos y la exposición a contaminantes tóxicos y peligrosos son factores importantes que contribuyen a la vulnerabilidad ambiental. Estas circunstancias conducen al deterioro de los ecosistemas y a aumentar la vulnerabilidad debido a la incapacidad de auto ajustarse para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana o de sucesos de la misma naturaleza.

**i) Dimensión ideológica**

Está relacionada con las ideas o creencias que tienen las personas sobre el devenir y los hechos del mundo. Se expresa en actitudes pasivas,

fatalistas y creencias que limitan a capacidad de actuar de los individuos en ciertas circunstancias. La percepción dogmática de las cosas puede generar confusión acerca de un propósito, falta de reacción y muchas veces pérdida de la motivación, que debilitan una acción transformadora.

El resultado de un análisis de estas dimensiones, permite la visualización de la vulnerabilidad global, desde la perspectiva de múltiples vulnerabilidades individuales Este planteamiento, facilita el entendimiento de la vulnerabilidad como una condición dinámica cambiante. Además, permite su formulación como un proceso acumulativo de fragilidades, deficiencia o limitaciones que permanecen en el tiempo como factores que inciden en que exista o no una mayor o menor vulnerabilidad.

Desde el punto de vista de la gestión de riesgo, las acciones que reduzcan estos factores y que estimulen las fortalezas y capacidades de una comunidad entendida como los elementos expuestos, deben ser el objetivo de la planificación y la prevención-mitigación.

Esta lectura de la vulnerabilidad es de alguna manera compatible con los postulados de Anderson y Woodrow (1989) que plantean la vulnerabilidad integrada como una serie de aspectos que a largo plazo afectan la capacidad de la comunidad para responder a sucesos y la hacen susceptible a sufrir futuras consecuencias físicas, sociales, organizacionales, actitudinales entre otras.

Analizar la vulnerabilidad desde los patrones más amplios de la sociedad, supone encontrar las causas de fondo o subyacentes de la vulnerabilidad desde la perspectiva de los desastres. Estas causas de fondo que dan origen a la vulnerabilidad son procesos económicos, demográficos y

políticos, que afectan la asignación y distribución de recursos entre diferentes grupos de personas y reflejan la distribución de poder.

#### **4.3.5 Técnicas de modelización**

Para la modelar un sistema con fines de predicción o pronóstico existen diversas técnicas o herramientas, algunas más apropiadas que otras, debido al enfoque multidisciplinar y la naturaleza de las variables que se desean involucrar. Una técnica apropiada para modelar un sistema socio-técnico como un asentamiento humano, el cual puede ser tan complejo como se desee, es la evaluación multicriterio o multiobjetivo para la toma de decisiones.

### **4.4 Modelos multicriterio - Proceso de Análisis Jerárquico AHP**

Los problemas de toma de decisiones son procesos complejos en los cuales muchas veces, la opinión de una sola persona es insuficiente, sobre todo cuando se analizan problemas de gran complejidad. En situaciones de un problema de toma de decisión en la que se presentan diversos objetivos o criterios que simultáneamente deben incorporarse, se requiere de herramientas que permitan comprender estos problemas, traducirlos a términos analíticos y respaldar las decisiones. Un método multicriterio es el Proceso Analítico Jerarquizado AHP.

#### **4.4.1 Proceso Analítico Jerárquico - AHP**

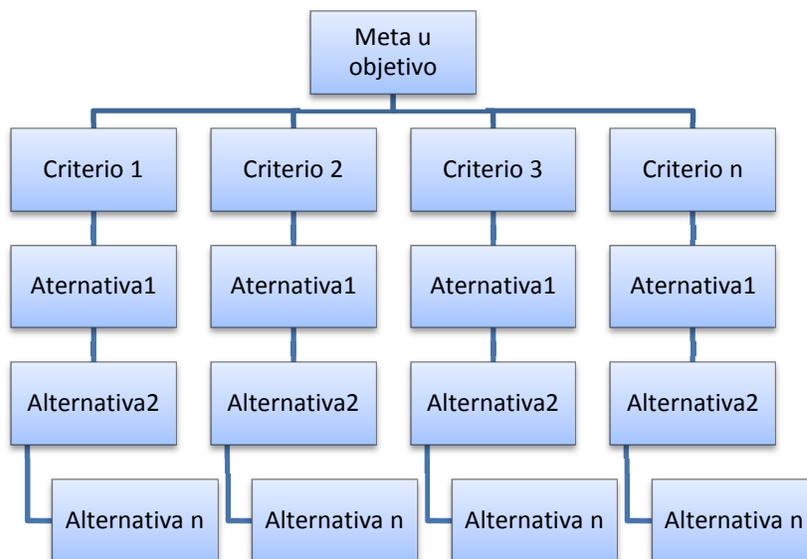
Modelo desarrollado por el matemático Thomas Saaty, y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El método AHP, se utiliza para

evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y se basa en el principio que considera la experiencia y conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso.

El primer paso del método AHP consiste en modelar el problema de decisión que se pretende resolver como una jerarquía. Este hecho es una de las principales características del método, de ahí que el término "jerárquico" aparece en su denominación. En la Figura 11, se presenta la forma general que adopta una jerarquía.

La estructuración del problema debe ser de forma visual, mediante la construcción de un Modelo Jerárquico que básicamente contiene 3 niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas, tal como se muestra en la figura 11. Este modelo jerárquico, permite de manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes, visualiza los efectos de cambios en los niveles y los sintetiza.

**Figura 11 - Estructuración de un problema en jerarquías**



Fuente: Satty T. (2008)

Un problema clave que se plantea en este punto es responder a cómo se puede asignar un valor numérico a cada criterio que represente, del modo más ajustado posible, la preferencia del decisor de un criterio frente a otro.

El método AHP utiliza una estrategia de asignación indirecta por la que el decisor sólo tiene que realizar una valoración sobre la importancia del criterio verbalizada en términos cualitativos y después acudir a una escala, que previamente ha sido establecida, para obtener los valores numéricos que se corresponden con su valoración. Por tanto, como paso previo a la resolución del problema de asignación de pesos, se debe definir la correspondencia entre la valoración cualitativa del decisor y la asignación numérica.

**Tabla 4. Escala de Satty**

<b>Escala Numérica</b>	<b>Escala Verbal</b>	<b>Explicación</b>
<b>1.0</b>	Ambos elementos son de igual importancia	Ambos elementos contribuyen con la propiedad de igual forma.
<b>3.0</b>	Moderada importancia de un elemento sobre otro	La Experiencia y el juicio favorece a un elemento por sobre el otro.
<b>5.0</b>	Fuerte importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente favorecido
<b>7.0</b>	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es muy fuertemente dominante.
<b>9.0</b>	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido, por lo menos con un orden de magnitud de diferencia.
<b>2.0, 4.0, 6.0, 8.0</b>	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Usados como valores de consenso entre dos juicios.
<b>Incrementos de 0.1</b>	Valores intermedios en la graduación más fina de 0.1 (Ejm. 5.2)	Usados para graduaciones más finas en los juicios.

Fuente: Satty T.(2008)

Una vez construido el modelo jerárquico, se realizan comparaciones de a pares entre dichos elementos (criterios, subcriterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales. Estos resultados son plasmados en *matrices de comparación*.

Posteriormente a la elaboración de las *matrices de comparación*, se siguiente paso es construir el *vector de prioridades o pesos* que evalúa la importancia relativa que la unidad decisora otorga a cada criterio. Los pesos relativos de los elementos de cada nivel son calculados como los componentes del auto vector normalizado asociado con el mayor auto valor de su matriz de comparación. Los pesos compuestos de las "alternativas de decisiones alternativas" se determinan por agregación de los pesos hacia arriba de la jerarquía. Esto se hace siguiendo una trayectoria desde arriba de la jerarquía de cada alternativa hacia el más bajo nivel y multiplexando los pesos a lo largo de cada segmento de trayectoria. El resultado de esta agregación es un vector normalizado con la totalidad de los pesos de las opciones.

#### **4.4.2 Metodología del Proceso Jerárquico AHP**

**Modelización:** Etapa de estructuración del modelo jerárquico, donde se representa el problema mediante identificación de metas, criterios, subcriterios y alternativas.

**Valorización:** Etapa donde se valoriza los elementos del modelo jerárquico, mediante la incorporación de matrices denominadas matrices de comparación por pares. Estas matrices reflejan la dominación relativa de un

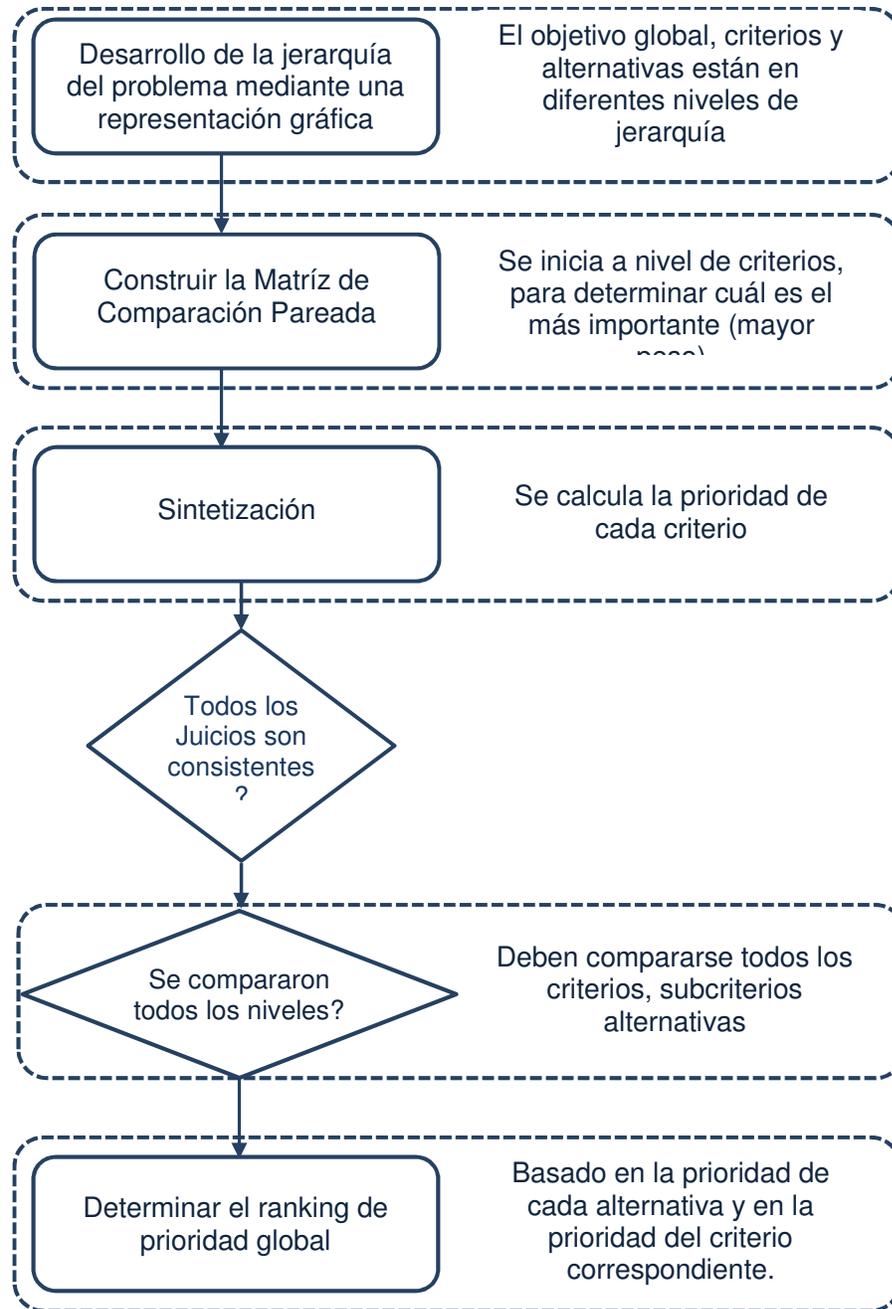
elemento frente a otro respecto a un atributo o propiedad común. De los dos elementos comparados, se toma como referencia el que posee en menor medida o grado la característica en estudio y se da un valor numérico de las veces que el “mayor” incluye, recoge domina o es más preferido que el “menor” respecto al atributo estudiado.

**Priorización y Síntesis:** Esta etapa proporciona las diferentes prioridades consideradas en la resolución del problema. En el análisis se toma en cuenta los siguientes tipos de prioridades: Locales, referidas a los elementos que cuelgan de un nodo común; Globales, referida a la importancia de esos elementos respecto a la meta global fijada para el problema; y final o total, donde de una alternativa se obtiene agregando las prioridades globales obtenidas para esta alternativa en los diferentes caminos que unen con la meta.

**Análisis de sensibilidad:** Evaluación del grado de sensibilidad del resultado obtenido al realizar cambios en las prioridades de los criterios principales.

Estas etapas pueden ser representadas mediante los pasos descritos en la siguiente figura:

**Figura 12. Diagrama de Flujo del Proceso Analítico Jerárquico AHP**



Fuente: (Satty T, 2008) Decisión Making with the analytically hierarchy process

## **5. MARCO METODOLOGICO**

Como metodología para el desarrollo del presente proyecto se propone: en primera instancia, aplicar el enfoque de la Ingeniería de Negocios propuesta en el libro “Ingeniería de Negocios, Diseño integrado de negocios, procesos y aplicaciones TI” (Barros, 2010) Ingeniería de Negocios.

La ingeniería de Negocios es una disciplina que busca formalizar y proveer una metodología para el diseño integral de los negocios. La metodología de Ingeniería de Negocios, permite aplicar las mejores prácticas para lograr una ventaja competitiva en la organización y/o empresa mediante un enfoque de integración de la Gestión de Empresas y las Tecnologías de Información.

Se aplicará la metodología de Ingeniería de Negocios para realizar un diseño integrado del negocio generando una arquitectura de procesos y soluciones TI alineadas con la estrategia planteada así como con el modelo de negocio de la organización.

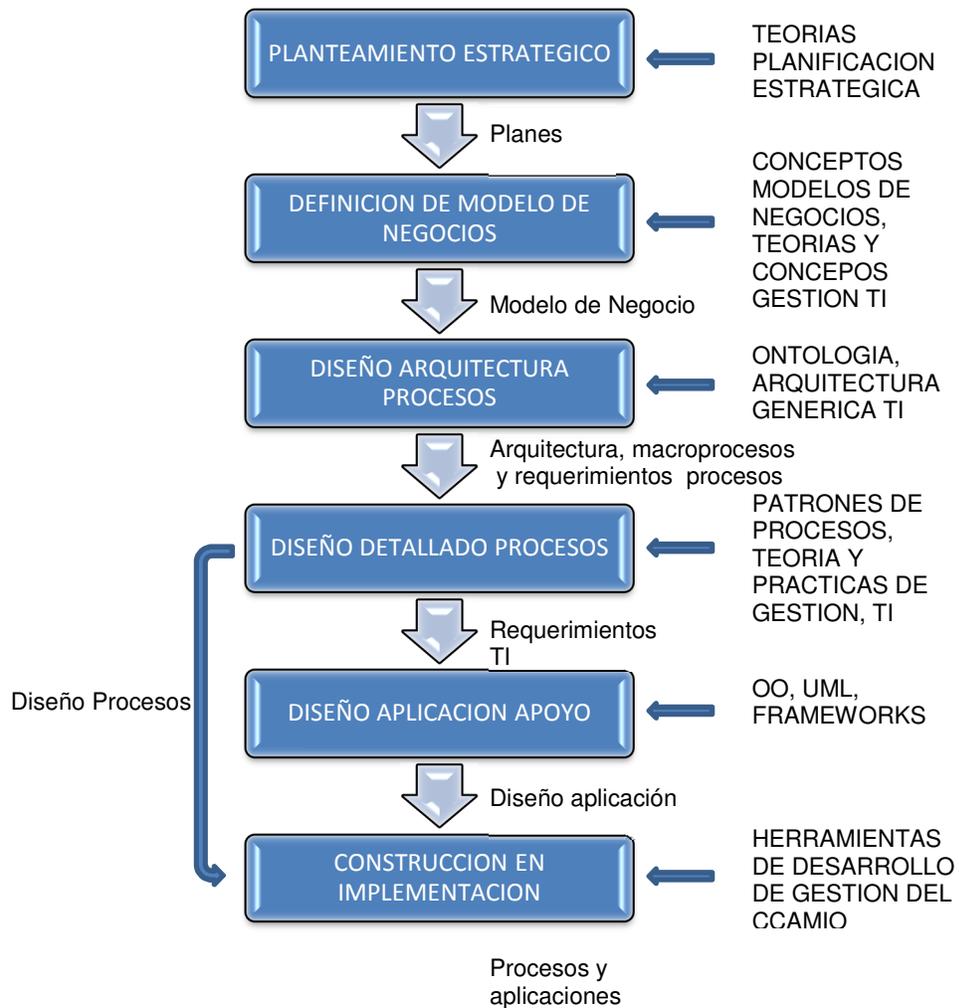
Las etapas del enfoque propuesto por Barros, se ilustra en el figura 13 y serán expuestas y desarrolladas en detalle en capítulos posteriores.

Por otro lado, se explicara la metodología para la creación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica en base a la referencia teórica explicada anteriormente y la que sera desarrollada en detale en capitulos posteriores.

### **5.1 Ingeniería de Negocios**

La figura 13 ilustra las etapas de la metodología empleada, las que seran implementadas a lo largo del desarrollo del proyecto.

**Figura 13. Etapas de la Ingeniería de Negocios**



Fuente: Barros O. (2010)

**Planteamiento Estratégico**, Punto inicial de la metodología propuesta y busca identificar y definir los lineamientos de una manera clara respecto al posicionamiento estratégico que quiere lograr. Es en esta etapa, que se puede apoyar con los conceptos desarrollados por Michael Porter (Porter, 1996) y Arnoldo Hax (Hax, 2010) para la definición de una estrategia para la

empresa. De la misma manera, se define un mapa estratégico BSC<sup>18</sup> con el detalle a más bajo nivel que permita identificar los procesos internos clave que se pretende mejorar con el proyecto.

**Definición del Modelo de Negocios**, Etapa donde se define la propuesta de valor para los clientes y donde se describe como se pretende llegar al posicionamiento estratégico antes definido. Un enfoque planteado para esta etapa se encuentra descrito en el artículo Reinventing Your Business Model escrito por (Johnson, Christensen, & Kagerman, 2008).

**Diseño de la Arquitectura de Procesos**, Etapa en la que se diseña la arquitectura de macroprocesos a partir del modelo de negocios ya definido. Se basa en ilustrar los procesos, y la relación entre ellos, de la empresa a través de la agrupación de manera macro de estos. El punto de partida en esta etapa se basa en los patrones de procesos propuestos en el paper Enterprise and Process Architecture Patterns (Barros & Julio, 2010). Para esto se utiliza la notación de modelamiento BPMN que aplica las convenciones de la metodología IDEF0<sup>19</sup>

**Diseño detallado de procesos**, Etapa donde se realiza un diseño más en detalle de los macroprocesos de la arquitectura. Etapa donde se puede identificar los procesos en detalle y la relación entre ellos. Para esto se apoya en los Patrones de Procesos de Negocios (Barros, Ingeniería de Negocios, 2010) y en la metodología IDEF0 y BPMN<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup> Balanced Score Card, Metodología propuesta por Kaplan y Norton, 1992.

<sup>19</sup> IDEF0 Integración Definition for Function Modeling

<sup>20</sup> Business Process Management Notation <http://www.bpmn.org>

**Diseño de las aplicaciones TI**, En esta etapa y a partir del diseño detallado de los procesos es que se definen el apoyo computacional que se requiere para lograr el objetivo de la empresa, esto puede ser a través de nuevos desarrollos o innovaciones o de la adaptación de los existentes, mediante la tecnología que se elija.

**Construcción e implementación de la Solución**, Etapa final en la que se implementa la solución mediante la construcción de las aplicaciones que apoyan a la ejecución de los procesos. Todo esto requiere de una adecuada gestión del cambio que permita una implementación exitosa.

## **5.2 Metodología y restricciones metodológicas para el tratamiento de los datos para el análisis de vulnerabilidad**

Es importante tomar en consideración la existencia de ciertas limitantes en la obtención de la información y en la calidad de la misma, por lo que algunas variables no fueron consideradas en el presente estudio, sin embargo pueden ser tomadas en cuenta a futuro si es que es posible la obtención de los datos, de esta manera enriquecer el análisis de vulnerabilidad.

Un requisito fundamental para poder desarrollar cualquier modelo es contar con la mayor cantidad y calidad de información referente a los desastres sucedidos en el pasado. Lamentablemente, la evidencia muestra que no existen registros en detalle de todos los eventos que ocurrieron, es por tal motivo que existen ciertas restricciones que se mencionan a continuación:

- Al trabajar con datos del CENSO 2002, se tienen datos que ya no tienen mucha relación con la actualidad.

- La creación de comunas nuevas hace que la distribución de estas por regiones varíe.

### **5.2.1 Tratamiento de datos**

En este apartado se describe cuál será la manera del tratamiento de los datos para lograr los objetivos correspondientes, para posteriormente finalizar con un análisis de riesgos.

Los métodos que se utilizaron son los siguientes:

**Método Binario**<sup>21</sup>, Considera la ausencia o presencia de las distintas categorías jerarquizadas de una zona determinada. Para lo cual se deben jerarquizar las variables escogidas y posteriormente se deberá conceptualizar los resultados. Ejemplo, la existencia o no de un recurso específico en un sector.

**Método Porcentual**, Trabaja con variables cuantitativas, donde se debe considerar el valor numérico de cada una de las categorías; para ello se realizó la ponderación a las distintas categorías de las variables de acuerdo a su nivel de importancia, luego se estableció el porcentaje que cada categoría representa dentro de un dominio de estudio y finalmente se procedió a relacionar los porcentajes obtenidos con la ponderación establecida.

#### **Normalización de variables**

Al trabajar con métodos diferentes, se tuvo que normalizar las variables analizadas, de manera tal, de obtener los datos bajo un mismo rango de

---

<sup>21</sup> Propuesta metodológica para la Determinación de Áreas Vulnerables, Plan de Alerta Temprana, Oficina Regional de Emergencia Región Metropolitana, 2008.

análisis o de comparación, transformando una variable aleatoria que tiene alguna distribución en una nueva variable aleatoria con distribución normal o aproximadamente normal y con valores expresados entre 0 y 1.

La fórmula que se aplicará es:

$$X(norm) = \frac{X_i - Min_{(v)}}{Max_{(v)} - Min_{(v)}}$$

Donde:

$X(norm)$  = Valor normalizado de la observación  $X_i$

$X(i)$  = Valor de la observación

$Min(v)$  = Valor mínimo de la variable

$Max(v)$  = Valor máximo de la variable

Finalmente, después de tabular y normalizar las variables, se puede obtener una estimación del índice de vulnerabilidad a través de la aplicación de una fórmula que integra cada variable según su nivel de importancia, para lo cual se utilizó los pesos calculados por el método AHP.

## **6. PLANTEAMIENTO ESTRATEGICO**

### **6.1 Marco del Planteamiento Estratégico - Modelos de Gestión estratégica**

Para abordar el planteamiento estratégico, en un inicio se hablará en resumen de los modelos que permiten definir una estrategia, punto donde se puede apoyar en los conceptos expuestos por Porter (1996) y Hax (2010). Además se comentará el Balanced Scorecard BSC de Norton & Kaplan (1996) junto a los Mapas Estratégicos (Kaplan & Norton, 2001), modelo que permite conectar la estrategia propuesta con acciones, su ejecución y medición de resultados.

El propósito de una estrategia de negocios es crear diferencias entre su posición y la de sus competidores. Por lo tanto, la estrategia de negocios de una organización y/o empresa significa una elección deliberada de la forma en la que desarrollará sus actividades principales y las de apoyo dentro de la cadena de valor de forma que creen un valor único.

Porter (1996), plantea un modelo donde sitúa a la industria como el foco de la atención de la estrategia. De acuerdo a este marco, las características estructurales de una empresa son las que mejor explican el desempeño de una empresa. También cree que existen industrias poco atractivas, donde los márgenes son bajos.

Desde la perspectiva de Porter, sólo existen dos formas de competir, con **bajos precios** o **diferenciación** de productos y/o servicios. Una de las maneras que tienen las empresas para alcanzar esta diferenciación es la efectividad operacional.

La **efectividad operacional** significa desempeñar actividades similares a la competencia pero de mejor forma, e incluye la eficiencia pero no se limita a ésta. Más bien se refiere a diferentes actividades que permiten, a manera de ejemplo, reducir desperdicios o fabricar en menor tiempo la misma producción. En contraste, la estrategia significa desarrollar actividades diferentes a las de la competencia o, en el peor de los casos, desarrollar actividades similares pero mejor y de forma diferente, es decir aplicar el concepto de Diferenciación.

Por otro lado, Arnoldo Hax (2001), propone el modelo Delta (Transformación y Cambio) que es una aproximación novedosa al desarrollo de una estrategia de negocios y a la gerencia estratégica, en una economía que está cada vez más interconectada por redes de todo tipo. Está formado por un conjunto de esquemas y métodos, para ayudar a articular e implementar estrategias en cada uno de los negocios y de la empresa como un todo. Expande el dominio de los actores estratégicos para incluir a los clientes, proveedores, competidores, sustitutos y un nuevo integrante: las empresas complementarias, que en conjunto agregan valor al producto o servicio final. Además de ser un nuevo modelo, el cual toma en cuenta lo que los otros modelos no previnieron: La Internet. En adelante se entrará en detalle al modelo.

### **6.1.1 Modelo Delta**

Este modelo propuesto por Hax(2001), se basa en tres opciones de estrategia: Mejor producto, Solución total al cliente y lock-in Sistémico, modelo que se ilustra en la figura 14.

Figura 14. Tres opciones Estratégicas diferentes Hax(2001)



Fuente: Hax A. & Dean L. Wilde; The Delta Project, (2001)

**Mejor Producto**, este enfoque indica que la mejor manera de atraer, satisfacer y retener al cliente es a través de las características del producto en sí. La atención se centra principalmente en la competencia que se quiere igualar o superar. Sus fuerzas impulsoras son la economía del producto y la cadena interna de distribución que mueve una producción eficiente del producto. La innovación se centra en el proceso interno de desarrollo de productos. La mayor limitación de este enfoque radica en que llega al mínimo de relaciones con el cliente.

**Solución Total al Cliente**, enfoque inverso al del Mejor Producto. Su centro se encuentra en los clientes. Busca comprender y relacionarse lo más

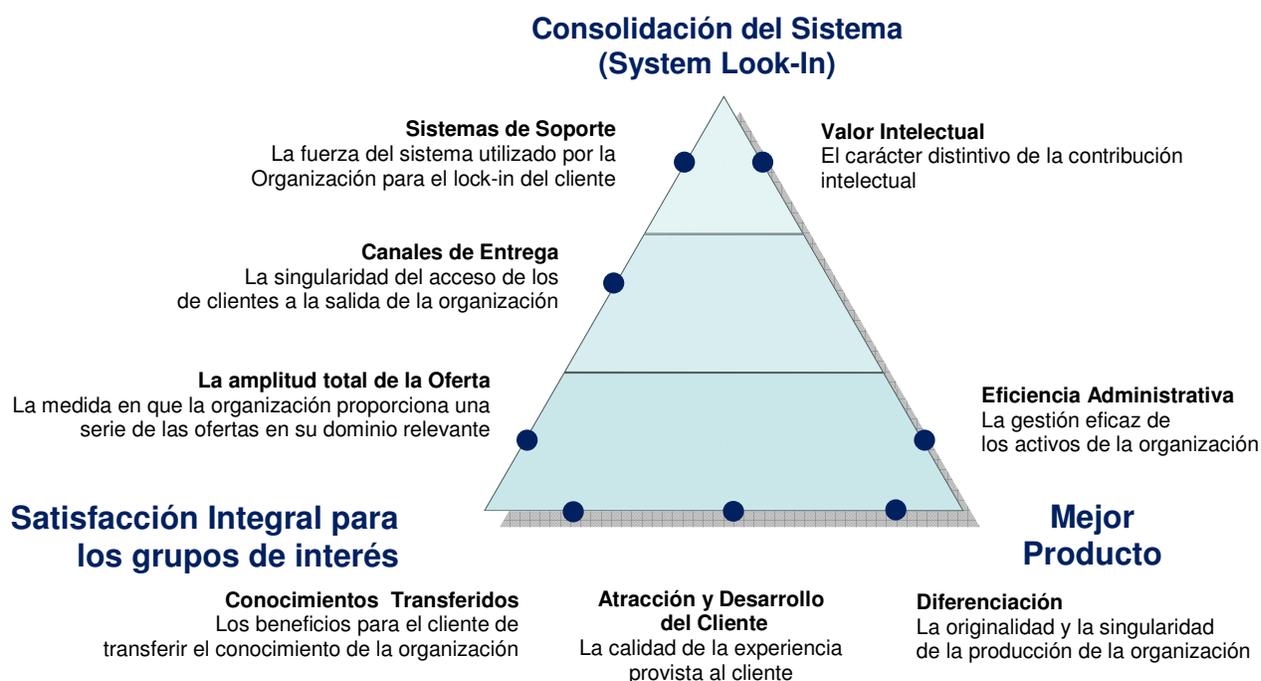
posible con los clientes, para poder crear propuestas valiosas a cada uno en particular, en lugar de ofrecer soluciones o productos uniformes u aislados. La estrategia se basa en no declarar la guerra a los competidores si no en afianzar la relación con sus sus clientes. El proceso de innovación no está orientado al diseño de productos estandarizados sino que apunta a iniciativas en conjunto a los clientes más importantes para desarrollar productos exclusivos.

**Lock-In del Sistémico**, Su alcance es más amplio, incluyendo a la empresa en extenso, la firma, los clientes, los proveedores y los complementadores, que no son más que empresas cuyos productos apoyan a la línea final de productos y servicios. El lograr encontrarse en esta posición significa tener un dominio del mercado y un liderazgo indiscutible, lo que asegura la salida hacia los clientes (*Dominant exchange*) y la exclusión de los competidores (*lock -out*).

El modelo DELTA, puede ser orientado a cualquier tipo de empresa o industria, sin embargo para las organizaciones sin fines de lucro, Hax, propone una variante al modelo cuyo enfoque está centrado en la calidad de los servicios ofrecidos a los clientes o grupos de interés más que en el lucro como fin último. Bajo esta visión, más integradora e innovadora de Hax, los Grupos de Interés son, o deberían ser, el eje de la estrategia de las organizaciones.

A continuación se presenta en la figura 15, un resumen de la variación del modelo DELTA definido por Hax para entidades sin fines de lucro en la cual se ve claramente que el foco principal son los clientes.

**Figura 15. Modelo Delta para organizaciones sin fines de Lucro**



Fuente: Hax A. & Dean L. Wilde; The Delta Project, (2001)

### 6.1.2 Eficacia Administrativa en la Institucionalidad encargada de Desastres - ONEMI

En base al marco definido anteriormente y considerando la permanente preocupación del Estado de velar por el desarrollo de la protección civil, incluidos sus aspectos de prevención de desastres y de coordinación de las actividades de las entidades públicas como privadas relacionadas con la

temática, y del empleo de los recursos humanos y materiales disponibles<sup>22</sup>; es que se adopta la estrategia de **Eficacia Administrativa**.

Este posicionamiento estratégico permitirá, a la institucionalidad, mejorar la efectividad y eficacia de la Gestión propia del Riesgo mediante la aplicación de nuevos paradigmas que plantean en relación con la manera de llevar a cabo la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo.

### **6.1.3 Balanced Scorecard: De la Estrategia a los Resultados**

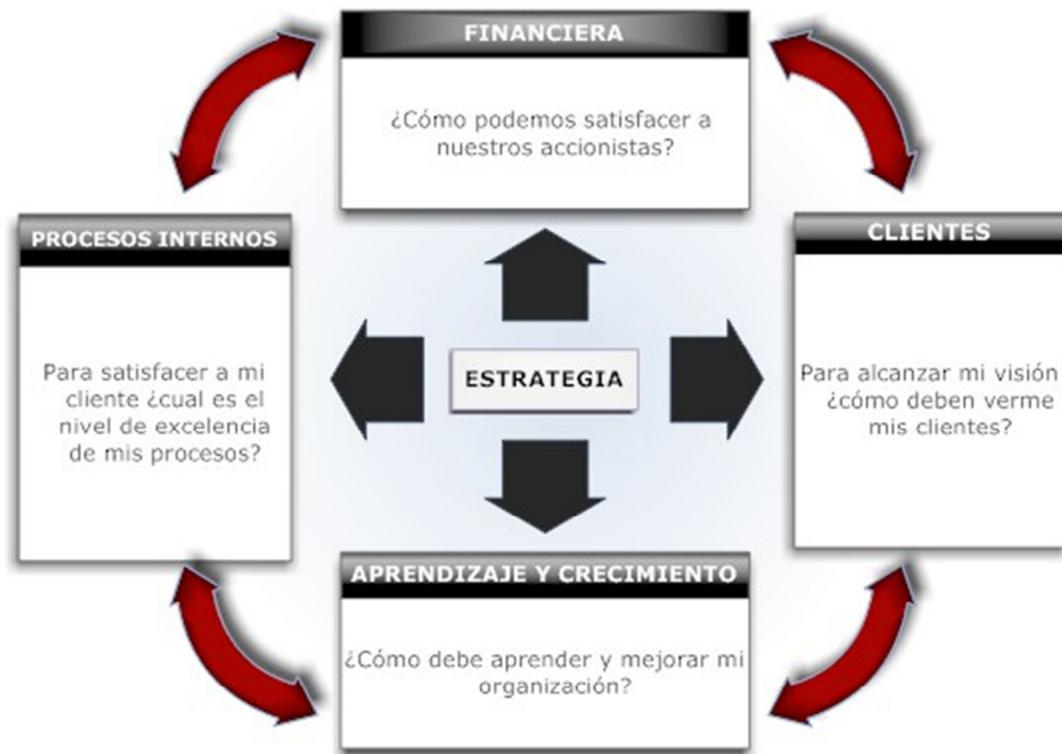
Una vez identificada y definida la estrategia no basta para tener éxito, resulta imprescindible poder ejecutarla, medirla y realizar un seguimiento a esta. Es en este sentido, el Balanced Scorecard BSC o Cuadro de Mando Integral es un modelo de gestión estratégica que facilita a la alta dirección la implantación de la estrategia en las organizaciones.

El Balanced ScoreCard BSC es un modelo de gestión estratégica, válido para cualquier tipo de organización pública o privada. Fue propuesto por Kaplan & Norton, (1992) y su objetivo es facilitar a la dirección la implementación de la estrategia en la organización. Este modelo traduce la Estrategia y la Misión en un conjunto de objetivos relacionados entre sí, medidos a través de indicadores asociados a planes de acción que permiten alinear el comportamiento de las personas a la estrategia empresarial.

---

<sup>22</sup> Plan Nacional de Protección Civil, Onemi

**Figura 16 - Estructura del Cuadro de Mando Integral**



Fuente: Robert S. Kaplan, D. P. N. "The Balanced Scorecard-Measures That Drive Performance". Harvard Business Review, January-February 1992.

El Balanced Scorecard crea un marco visual, a través de mapas estratégicos, alrededor de cuatro perspectivas básicas las mismas que contemplan: los objetivos estratégicos y objetivos de cada una de las perspectivas además de la relación entre ellos. El BSC incluye indicadores financieros que dan cuenta de los resultados de acciones ya tomadas y los complementa con indicadores operacionales sobre satisfacción de los clientes procesos internos y actividades de innovación y mejoramiento al interior de la organización.

Los pasos para definir un Balanced Score Card tal como fue propuesto por Kaplan y Norton involucra:

- Definir la Visión y la Misión
- Identificar opciones estratégicas
- Identificar perspectivas: financiera, clientes, procesos y aprendizaje e innovación.
- Establecer indicadores
- Evaluación y seguimiento constante

En adelante se describen cada una de las perspectivas del BSC.

#### **a) Perspectiva Financiera**

En general los indicadores financieros son el reflejo de lo que está ocurriendo con las inversiones y el valor añadido económico. Las mediciones de desempeño financiero indican si la estrategia de la empresa, la implementación y la ejecución están contribuyendo a mejorar la última línea de resultados. En una organización sin fines de lucro esta perspectiva puede enfocarse en el modo de cómo se maximiza el presupuesto.

#### **b) Perspectiva de los Clientes**

Parte del modelo de negocios está centrado en la identificación del mercado y el cliente hacia el cual se dirige el servicio o producto. La perspectiva del cliente, permite obtener información relevante acerca de los clientes e incluye aquellos objetivos estratégicos que tienen en cuenta la su satisfacción con el producto o servicio prestado. Entonces, una mejora en esta perspectiva, repercutirá directamente en las ganancias de la Organización, es decir en la perspectiva financiera.

### **c) Perspectiva de los Procesos Internos**

Esta perspectiva está relacionada con la mejora u optimización de los procesos internos, mediante la utilización de los recursos vía racionalización de costos o gastos, para alcanzar los objetivos tanto de los clientes como financieros.

### **d) Perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento**

Esta perspectiva incluye aspectos relacionados con los recursos humanos necesarios para poder implementar las mejoras en el resto de las perspectivas. Generalmente se muestra como la base del resto de las perspectivas, tanto en el aspecto operativo (para poder cumplir con las metas de mejora en los procesos internos), como en el aspecto de satisfacción de nuestros empleados, lo que es una condición necesaria para mejorar la atención a los clientes.

## **6.1.4 Mapa Estratégico – Balance Scorecard ONEMI**

Una vez descrito el marco referencial para el modelo Balanced Scorecard, a continuación se presenta un mapa estratégico y BSC para la ONEMI donde se observa los procesos a ser optimizados para poder lograr el cumplimiento de la estrategia definida.

Si bien, Kaplan & Norton establecen que la perspectiva con mayor relevancia es la financiera, ya que todas las acciones pueden ser traducidas en un beneficio económico, esto fue evolucionando con el tiempo y de acuerdo a la necesidades de cada entidad en particular. Es así que, para entidades sin fines de lucro la perspectiva de mayor relevancia es la de los clientes donde el objetivo es medir su satisfacción respecto a los productos o servicios ofrecidos.

Siguiendo los pasos establecidos para la construcción del BSC, el primer punto este referido a la definición de la misión, visión y estrategia.

La definición de la misión de la ONEMI está dada por:

*Planificar, impulsar, articular y ejecutar acciones de prevención, respuesta y rehabilitación frente a situaciones de riesgo colectivo, emergencias, desastres y catástrofes de origen natural o provocado por la acción humana, a través de la coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil para la protección de las personas, los bienes y el ambiente.*<sup>23</sup>

Por otro lado la visión Estratégica de la ONEMI está definida como:

*Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía, incorporando un mejor control y/o manejo de riesgos en las planificaciones para el desarrollo sostenible, a nivel nacional, regional, provincial y comunal, fundamentalmente en este último, por constituir el contexto inmediato de la comunidad y por ello, el más adecuado para el perfeccionamiento de las medidas de seguridad y protección de las personas, de sus bienes y ambiente.*

Tanto de la definición de la Visión como la Misión, se evidencia que la ONEMI está en busca de ser un entidad referencial para lograr la máxima eficiencia en el cumplimiento de sus tareas, mediante el estímulo y promoción de diversos mecanismos y acciones adecuadas para la reducción de las condiciones de riesgo existentes, poniendo un fuerte énfasis en la prevención.

---

<sup>23</sup> <http://www.onemi.cl> , Enero de 2011

Algunas de las estrategias definidas para la consecución de los objetivos son:

- Potenciar las capacidades preventivas, sin descuidar las actividades de preparación y atención de emergencias o desastres.
- Mejorar los procesos internos (Incorporar herramientas que coadyuven a identificar las causas de los riesgos mejorando su gestión.)
- Identificar la vulnerabilidad a nivel comunal para tener una visión de la realidad a nivel micro de los riesgos. (Analizar a nivel comunal los riesgos).
- Alianzas entre entidades del sector con competencias en la gestión de riesgos.

### **6.1.5 Perspectivas en la ONEMI**

#### **Perspectiva del cliente**

Se recuerda que, para el presente caso de estudio la definición de los clientes está dada por la sociedad en su conjunto.

Para los clientes, se pretende contribuir a su calidad de vida, incorporando planes y acciones mediante una adecuada gestión de riesgos, que permitan disminuir el nivel de vulnerabilidad comunal asociado a eventos de sismos,

Además, se pretende potenciar la capacidad de prevención y respuesta ante eventos de desastre (para el caso de estudio los sismos), a través de planes y acciones relacionadas con la transferencia de conocimiento y capacitación.

### **Perspectiva del Financiera**

En esta perspectiva se pretende una distribución de recursos eficiente de acuerdo a una priorización de ámbitos explícita, como resultado de un análisis de riesgos, poniendo énfasis en acciones que mitiguen las vulnerabilidades asociadas a nivel comunal. Esto trae como consecuencia el ahorro en costos y pérdidas de bienes tanto de vidas como de bienes materiales.

### **Perspectiva de los procesos internos**

En esta perspectiva se pretende la formalización del proceso de gestión de riesgos, generando una integración, interrelación y sistematización de los diferentes subprocesos que intervienen en este.

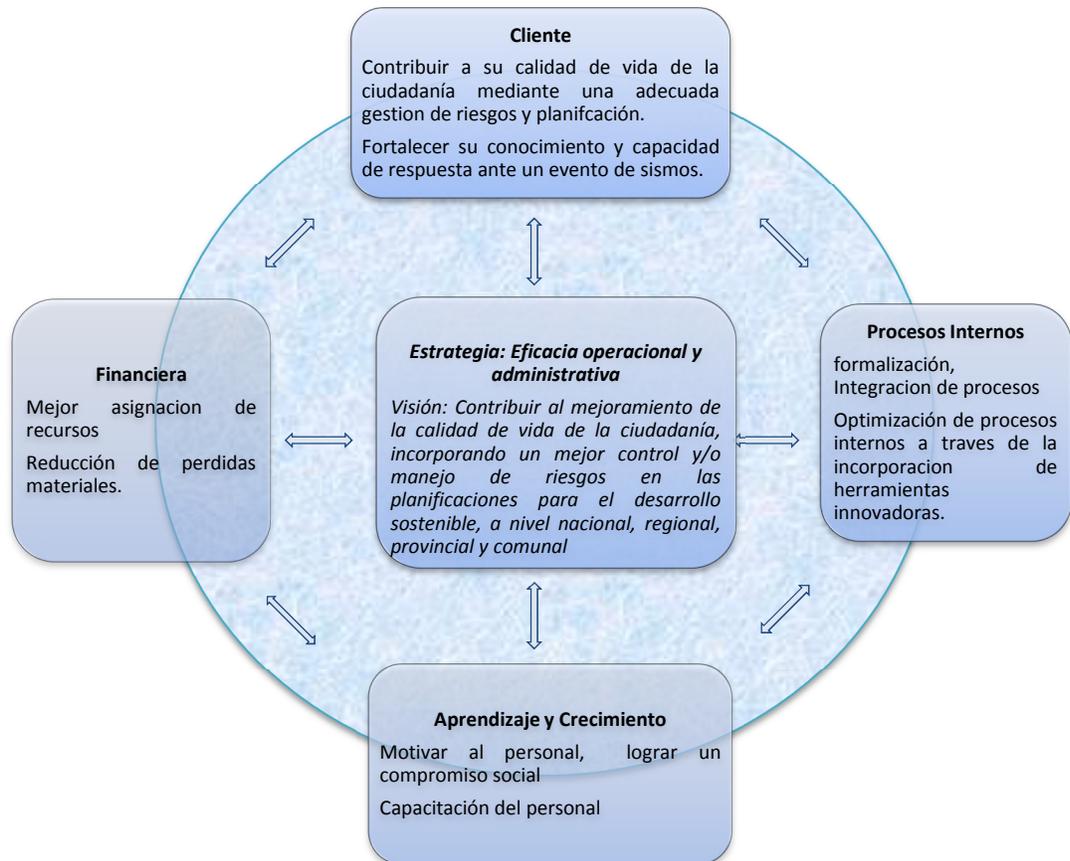
Además, se pretende la optimización de los procesos clave mediante la incorporación de herramientas innovadoras para su ejecución de manera eficiente.

### **Perspectiva del Aprendizaje y Crecimiento**

Mejorar la capacidad de los funcionarios dentro de la entidad, mediante opciones de crecimiento personal y capacitación motivándolos a adquirir nuevas destrezas y habilidades que les permita ejecutar de manera eficiente los procesos internos; Por otro lado, mantener un ambiente de motivación y compromiso del personal hacia el trabajo y la sociedad.

Las cuatro perspectivas expuestas se pueden esquematizar de la siguiente manera:

**Figura 17. Relación de las perspectivas del BSC**

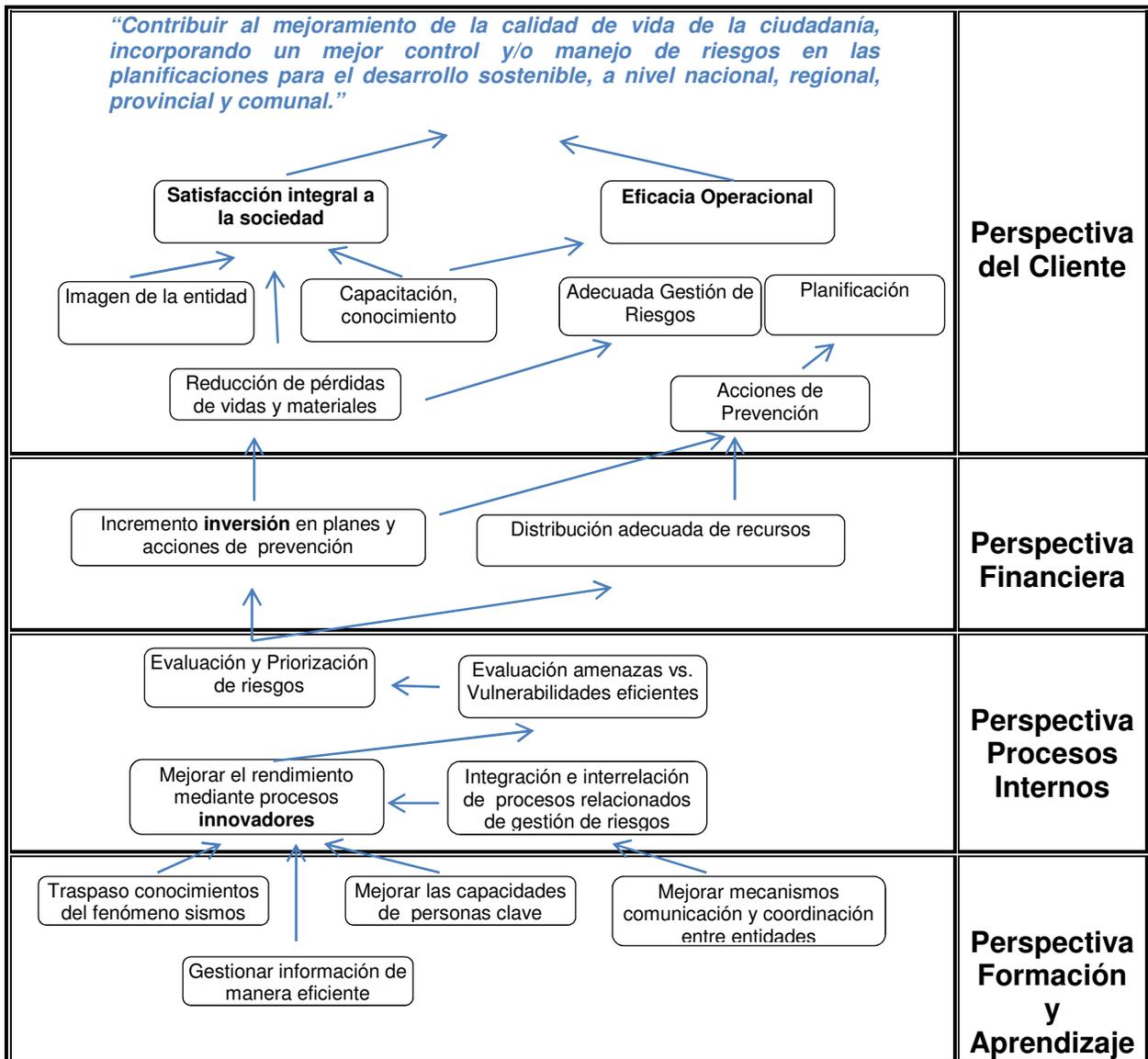


Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se realizó un mapa estratégico para la ONEMI en base a la misión y visión definida. Este mapa permitirá describir y visualizar la estrategia de manera coherente, integrada y sistemática. La relación causa-efecto de este diseño constituirá la hipótesis y el camino que se seguirá para la estrategia planteada.

Para la construcción del mapa estratégico fue necesario tener una buena definición de los objetivos que se pretenden alcanzar y que estos estén alineados con la estrategia, de otro modo no se logrará el éxito deseado. El esquema de la figura 18 muestra el mapa estratégico.

**Figura 18. Mapa estratégico – BSC**



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.6 Establecer indicadores

Finalmente los objetivos propuestos en el mapa estratégico deben ser medidos para poder hacerles un seguimiento, evaluarlos y crear o corregir planes de acción para alcanzar los objetivos planteados.

Para la consecución del objetivo planteado se definieron los siguientes indicadores y metas.

**Tabla 5. Indicadores y Metas Perspectiva del Cliente**

<b>Objetivo</b>	<b>Contribuir a la calidad de vida de la ciudadanía</b>
<b>Indicador</b>	Aumento en la satisfacción y seguridad de la población.  Disminución de las vulnerabilidades asociadas a un evento de sismo.
<b>Meta</b>	Nivel de satisfacción de la seguridad incrementado en un 50 % por año.  Generar conciencia en la población en el tema de prevención de sismos.
<b>Objetivo</b>	<b>Fortalecimiento de la capacidad de reacción ante eventos de desastres (Sismos).</b>
<b>Indicador</b>	Incremento de acciones en capacitación
<b>Meta</b>	Porcentaje de acciones de capacitación incrementado en un 50 % anual.
<b>Objetivo</b>	Reducción de la vulnerabilidad

Fuente: Elaboración propia

## Indicadores Perspectiva Financiera

**Tabla 6- Indicadores y Metas Perspectiva Financieras**

<b>Objetivo</b>	<b>Distribución eficiente de recursos</b>
<b>Indicador</b>	Cumplimiento de acciones y planes en su máxima potencia.
<b>Meta</b>	Lograr una adecuada planificación de acciones de acuerdo a una priorización de ámbito de acción.
	Lograr minimizar las pérdidas materiales en edificaciones e infraestructura.
<b>Objetivo</b>	<b>Reducción de pérdidas materiales</b>
<b>Indicador</b>	Cantidad de infraestructura dañada
<b>Meta</b>	Generar conciencia en el momento de ejecutar obras de construcción e infraestructura bajo normas establecidas

Fuente: Elaboración propia

## Indicadores Procesos Internos

**Tabla 7. Indicadores y Metas Perspectiva Procesos Internos**

<b>Objetivo</b>	<b>Formalización y Optimización de los procesos internos</b>
<b>Indicador</b>	Productividad
	Convenios entre entidades del sector establecidos
<b>Meta</b>	Medir la productividad en la generación y ejecución de acciones de prevención.
	Integrar a todos los actores de las distintas entidades que ejecutan procesos relacionados en gestión de riesgos.

Fuente: Elaboración propia

## Perspectiva del Aprendizaje y Crecimiento

**Tabla 8. Indicadores y metas perspectiva Aprendizaje y Crecimiento.**

<b>Objetivo</b>	<b>Contar con personal capacitado, motivado y comprometido</b>
<b>Indicador</b>	Cantidad de cursos o eventos de capacitación para el personal.  Evaluaciones de desempeño.
<b>Meta</b>	Fortalecer las destrezas y habilidades del personal  Lograr un compromiso por parte del personal con el trabajo que realizan.

Fuente: Elaboración propia

## **7. MODELO DE NEGOCIO**

Siguiendo con el proyecto, se puede plasmar el modelo de negocios para la ONEMI, tomando como marco de referencia a Kagerman (Kagermann, Johnson, & Christensen, 2008), donde define un modelo de negocios como la interrelación de 4 elementos que juntos crean y entregan valor. Estos elementos son: Propuesta de valor al cliente, Formula de beneficio, Procesos clave y Recursos clave.

### **7.1 Propuesta de valor para el cliente – PVC**

El primer paso, y el de mayor relevancia para la definición del modelo de negocio, se refiere a la creación de valor al cliente, para lo cual resulta fundamental identificar a los verdaderos clientes de la ONEMI.

Al ser la ONEMI, al ser un ente gubernamental, cuya misión está relacionada con la protección de las personas a través del Sistema de Protección Civil, claramente tiene como su principal cliente a toda la ciudadanía.

Identificado el cliente, la propuesta de valor PVC para éste, se resume en “Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía, incorporar las más adecuadas medidas de seguridad y protección de las personas de sus bienes y ambiente ante situaciones de riesgo.” Para lograr este desafío se definieron las siguientes tareas:

- Incorporar una adecuada gestión de riesgos que involucre en su evaluación herramientas que permitan explicitar las prioridades de atención y planificar acciones que mitiguen el riesgo a nivel comunal.

Especificando la propuesta de valor del cliente hacia el proyecto referido al análisis de la vulnerabilidad, esta viene a ser:

- Fortalecer la capacidad de prevención y mitigación de situaciones de riesgo, a través de un conocimiento explícito, la generación de conciencia tanto de las autoridades como de la población, y la ejecución de acciones que permitan mitigar la vulnerabilidad a la que se encuentran expuestas.

Finalmente, de lo anteriormente planteado, se identificó la oferta que permitirá satisfacer la necesidad del cliente. Esta está dada por: la “Generación de conocimiento oportuno y explícito que permitirá una adecuada planificación para reducir la vulnerabilidad”.

## **7.2 Formula de Beneficio**

La fórmula de beneficio es el plan que define cómo la empresa crea valor para ella misma mientras brinda valor a los clientes y está relacionado con los siguientes puntos: Modelo de ingresos, Estructura de costos, Modelo de márgenes y Velocidad de los recursos.

Para el proyecto el beneficio está dado por una distribución eficiente de los recursos en acciones de prevención, generando un ahorro en pérdidas tanto de vidas como materiales, además de ahorro en costos de inversión en reconstrucción y rehabilitación ante un posible evento de desastre.

## **7.3 Recursos Clave**

Los recursos identificados clave que coadyuvan a la generación de valor al cliente están dados por: el acceso a la información de manera oportuna y

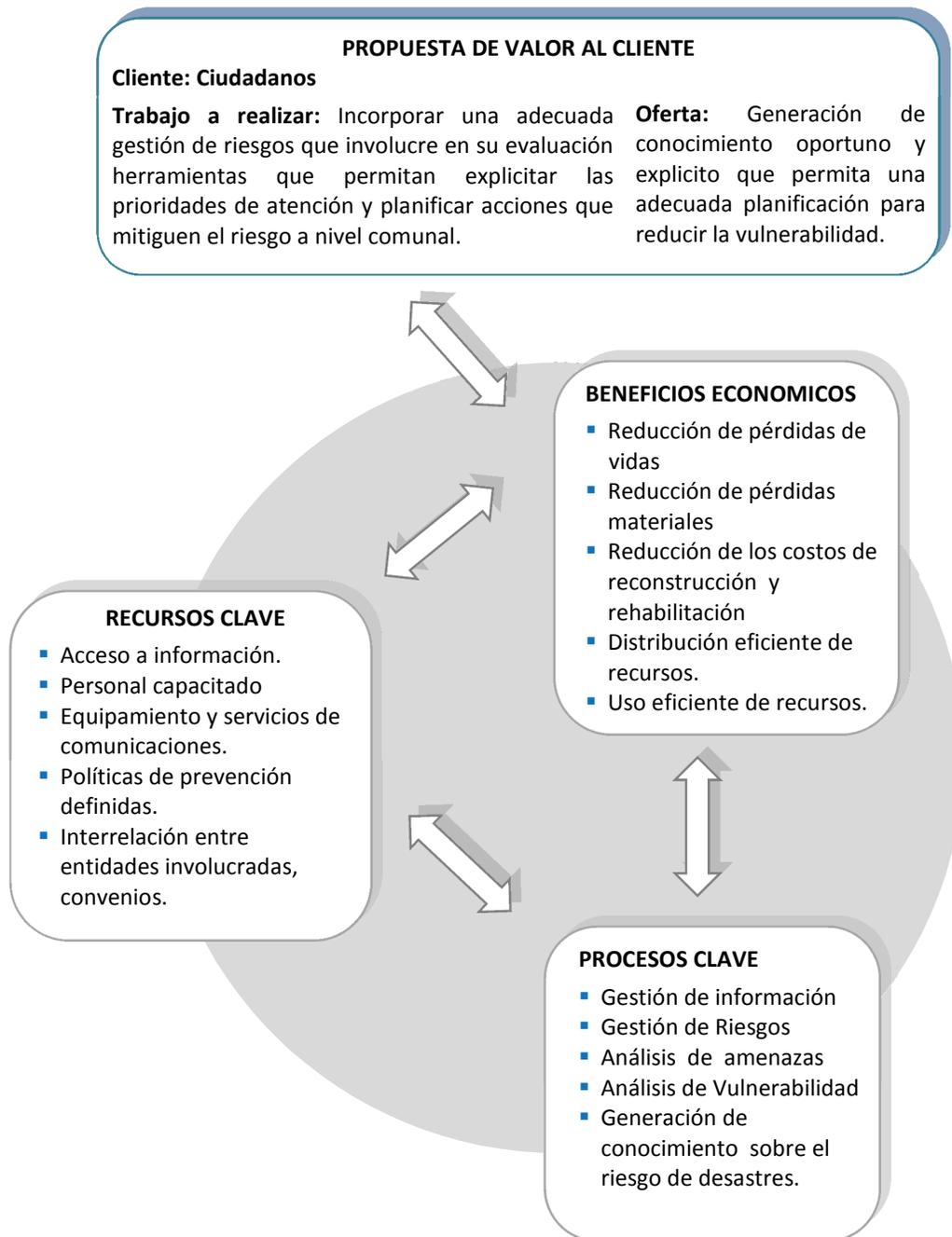
poder generar un conocimiento para una adecuada toma de decisiones, personal capacitado, motivado y comprometido; Equipamiento y servicios de comunicaciones, Políticas de prevención definidas. Es importante generar algún tipo de interrelación entre las entidades que proveen la información relacionada con el tema de desastres, la misma que puede ser establecida a través de convenios.

#### **7.4 Procesos Clave**

Los procesos clave identificados, son: Gestión de riesgos, Análisis de amenazas y Análisis de la vulnerabilidad. Gestión de la información, Normativa vigente para la protección civil.

En la figura 19 se presenta un esquema que resume el modelo de negocio para el proyecto.

**Figura 19. Modelo de Negocio de acuerdo al impacto del proyecto**



Fuente: Elaboración propia

## **8. LOGICAS DE NEGOCIO - MODELO PARA LA ESTIMACION DEL INDICE DE RIESGO FRENTE A SISMOS**

A continuación se detallará la lógica de modelización para la estimación del índice de riesgos frente a sismos, y en la que se pondrá mayor énfasis en la etapa de la evaluación de la vulnerabilidad.

### **8.1 Marco de Referencia**

#### **8.1.1 Amenaza Sísmica**

Debido a que no puede predecirse con certeza la manifestación de futuros terremotos, no puede modelarse el fenómeno sísmico en una forma simple y determinista. Sin embargo, en base de análisis estadísticos de terremotos en el pasado y su aceleración estimada para diferentes sitios, se puede obtener la probabilidad de ocurrencia de ciertas aceleraciones en el futuro. Reconociendo que muchos aspectos de los terremotos y su ocurrencia son desconocidos, se puede considerar este fenómeno como un proceso discreto estocástico en el tiempo. Igualmente, la aceleración del suelo causada por los terremotos se puede entender como un proceso similar y por lo tanto, se puede concluir que es posible aplicar un análisis estadístico. Para esto, se requiere contar con un registro de eventos en el pasado que permita definir la distribución de las aceleraciones.<sup>24</sup>

Sin embargo, usualmente no se cuenta con un amplio inventario de registros de dichas aceleraciones en cada sitio. Por esta razón, ha sido necesario

---

<sup>24</sup> Tesis Doctoral Omar Darío Cardona

desarrollar modelos que permitan determinar el valor de aceleración probable en cada lugar en interés.

Entonces, la amenaza sísmica puede cuantificarse en términos del valor de la probabilidad durante un lapso de tiempo. Es decir, la probabilidad de excedencia corresponde a la estimación que un evento de cierta magnitud o más, ocurra en un lugar determinado, en un período de tiempo y que pueda producir efectos no deseados o dañinos. Para definir esta probabilidad  **$p(m)$**  se requiere conocer el período de retorno ( $t$ ) definido como el tiempo inferior entre eventos de igual característica o tiempo promedio. El cálculo de la probabilidad de excedencia corresponde a  **$P(m) = 1/t$** . Este análisis tiene como objetivo el predefinir escenarios futuros de ocurrencia y de esta forma planear las acciones tanto ex - ante como ex – post necesarias para disminuir los daños y pérdidas que se estiman pueden ocurrir.

Por ejemplo, la probabilidad que se presente un terremoto que genere una aceleración pico del suelo igual o superior a un porcentaje de la aceleración, por ejemplo 20%, de la gravedad ( $g$ ), en un período de 100 años. En este caso el valor de la amenaza sería el valor de la probabilidad, es decir, el valor que puede estar entre cero y uno. En términos probabilísticos un valor cercano al uno da la referencia que existe una alta posibilidad de que, durante el tiempo de exposición, 100 años, se presente un evento que genere una aceleración en esa región igual o superior a la aceleración de referencia, 20% $g$ . Por el contrario, un valor cercano a cero, se puede interpretar como muy poco posible la presencia de un terremoto en esa región, que genere una aceleración de esa intensidad durante el tiempo de exposición ya mencionado.

En conclusión, la amenaza está referida a la probabilidad de que una determinada acción sísmica se produzca sobre un punto del territorio con una cierta extensión, intensidad y duración.<sup>25</sup>

### **8.1.2 Regionalización Sísmica de Chile**

Diversos estudios se han realizado para poder establecer una Regionalización sísmica en Chile en base a diferentes métodos y bancos de datos. Entre los dos últimos estudios de mayor relevancia se encuentran el de Barrientos (1980) y de Martin (1990). Sin embargo, el 2009 Leyton (2009) propone una Zonificación Sísmica en Chile Continental, de Arica a la Península de Taitao (es decir, desde 18°S a 46°S).

Barrientos determina las regiones sísmicas considerando la localización, tamaño y promedio de ocurrencia de los sismos; utilizando para ello la relación empírica de Gutenberg y Richter como lo hizo Labbé(1976).

Para el análisis utiliza un catálogo de 1095 eventos, en el que reúne todos los eventos de magnitud  $M_s$  mayor o igual a 5.5. Para homogeneizar la información emplea las técnicas aplicadas por Labbé trabajando finalmente con un catálogo reducido de 443 eventos.

Además, Barrientos plantea por primera vez una división del país en zona costera y zona cordillerana, introduciendo así, la posibilidad que la actividad sísmica varíe de acuerdo a la longitud y no solo con respecto a la latitud como se había reconocido hasta ese momento. La división de las zonas se realizó empleando dos métodos: el método de análisis de componentes principales y el método de estimación del coeficiente “b” de la fórmula

---

<sup>25</sup> A. Macau Roig “Microzonificación sísmica”, pág. 3, Universidad Politécnica de Cataluña, 2008

empírica de Gutenberg y Richter para las diferentes regiones del país. La propuesta realizada por Barrientos se resume en la siguiente tabla 9.

**Tabla 9. Regionalización de Barrientos**

<b>Zona Costera</b>	<b>Límites (Latitud)</b>	<b>Zona Cordillerana</b>	<b>Limites (Latitud)</b>
Zona A	18°S - 20°S	Zona E	18°S - 26°S
Zona B	20°S - 25°S	Zona F	26°S – 27.5°S
Zona C	25°S – 33.5°S	Zona G	27.5°S – 33.5°S
Zona D	33.5°S - 45°S	Zona H	33.5°S - 45°S

Fuente: Elaboración propia

Martin (1990), propuso una nueva regionalización sísmica para Chile, utilizando dos criterios de división, uno transversal y otro longitudinal, calculando los parámetros de la ecuación de Gutenberg y Richter para cada una de las zonas definidas. Para ello, se agruparon por grado de latitud sur entre los 15°S y los 57°S un total de 2224 registros de magnitud Ms mayor o igual a 4.5.

En cuanto a la división longitudinal que propuso Martin, se considera la interacción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana, resultando dos grandes zonas sísmicas: una cordillerana caracterizada por sismos de subducción cuyos focos se encuentran a grandes profundidades, y otra costera en la que los focos sísmicos se encuentran a profundidades menores que 40 Kms. Por su parte la división por latitud es una subdivisión de las zonas longitudinales, dando como resultado las zonas detalladas en la tabla 10.

**Tabla 10. Regionalización de Martín**

<b>Zona Costera</b>	<b>Límites (Latitud)</b>	<b>Zona Cordillerana</b>	<b>Limites (Latitud)</b>
Zona 1	15°S - 25°S	Zona 4	15°S - 18°S
Zona 2	25°S - 36°S	Zona 5	18°S - 25°S
Zona 3	36°S - 47°S	Zona 6	25°S - 31°S
		Zona 7	31°S - 38°S
<b>Zona Cordillerana Superficial</b>	<b>Límites (Latitud)</b>	<b>Zona de Magallanes</b>	<b>Limites (Latitud)</b>
Zona 8	27°S - 33°S	Zona 9	51°S - 57°S

Fuente: Elaboración propia

La zonificación sísmica propuesta por Leyton (2009), se basa en el cálculo del peligro sísmico probabilístico para un período de retorno de 475 años. A partir de los resultados del peligro sísmico probabilístico para el período definido, es posible definir zonas las cuales se espera la misma demanda sísmica. Estas zonas se definen en los siguientes niveles:

**Tabla 11. Zonificación sísmica en Chile**

<b>Nro</b>	<b>Zona</b>	<b>Aceleración</b>
<b>1</b>	Demanda sísmica Muy alta	$PGA \geq 0.8 g$
<b>2</b>	Demanda sísmica Alta	$0.8 g \geq PGA > 0.6 g$
<b>3</b>	Demanda sísmica Media	$0.6 g \geq PGA > 0.4 g$
<b>4</b>	Demanda sísmica Baja	$PGA \leq 0.4 g$

Fuente: Propuesta de zonificación para Chile Continental. Leyton, 2009

.Siendo PGA la aceleración horizontal máxima para un período de 475 años y “g” la aceleración de la gravedad. En el anexo C, se describe detalle la propuesta realizada por Leyton (2009).

En base a las distintas propuestas, queda de manifiesto que Chile es un país altamente sísmico y que las características de las diferentes zonas son las que determinan la forma en que un sismo las afectará. Por ello, es necesario tener en consideración estos aspectos al momento de la gestión de riesgos ante este tipo de eventos.

### **8.1.3 Vulnerabilidad Sísmica**

La vulnerabilidad sísmica se refiere a la predisposición intrínseca a ser afectado o sufrir daño debido a la incapacidad para absorber, poner resistencia o adaptarse al cambio generado por un evento sísmico potencialmente dañino.

Existen diferentes factores que se resultan relevantes para la determinación de la vulnerabilidad sísmica sin embargo es importante considerar que a mayor cantidad de variables se consideren la complejidad del modelo aumenta, y por tanto se hace más difícil la interpretación de resultados y en general no aporta valor. Por tanto, es importante analizar qué variables aportan mayor valor al estudio de riesgos además, si se tienen disponibles o es factible el acceso a la información de estas. Estas variables por lo general expresadas en indicadores de exposición, educación, socioeconómico, institucional, físico, coyuntural y cultural.

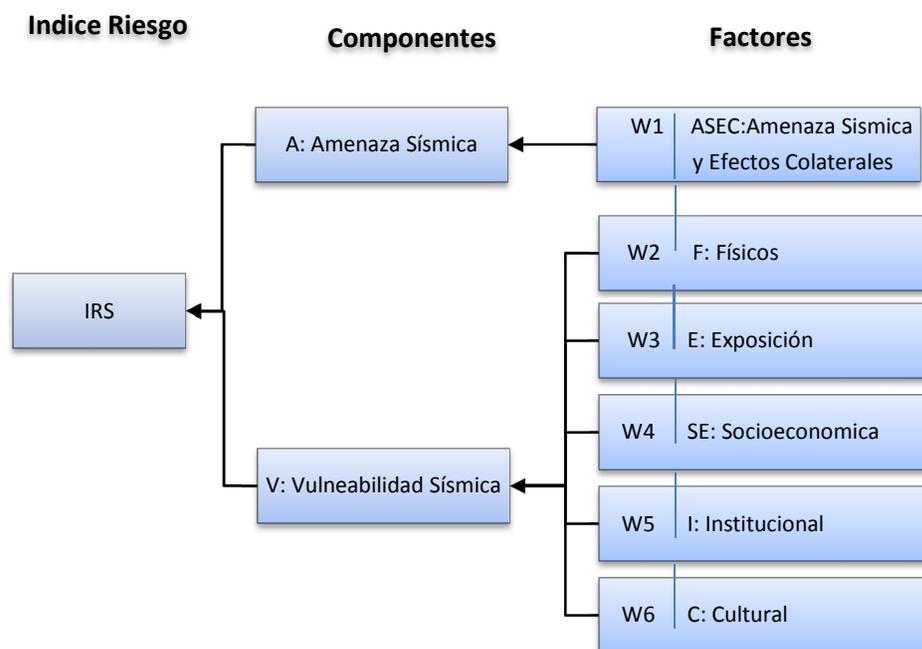
### **8.1.1 Estructura del índice de riesgo sísmico y técnica de modelización**

Para determinar el índice de riesgo frente a un evento de sismos se propone partir de la estimación de un descriptor de amenaza sísmica relativa y de su convolución con un descriptor de vulnerabilidad del contexto, que de acuerdo con lo planteado previamente se basa en indicadores de

exposición, físico, institucional, entre otros; todos los valores relativos asociados a la comuna como unidad de análisis.

La estructura general que determina el índice de riesgo sísmico se muestra en la figura 20.

**Figura 20. Estructura del índice de riesgo frente sismos**



Fuente: Elaboración propia

El procedimiento, parte de la identificación de las unidades de análisis,  $k$ , que representan las áreas para las cuales se determina el índice de riesgo sísmico y que puede ser expresado como la ecuación:

$$IRS(k) = A(k) * V(k)$$

La desagregación de los componentes de la formula está dada por:  $W_1$

$$A(k) = W1 * ASEC$$

$$V(k) = W2 * FI + W3 * FE + W4 * FS + W5 * FF$$

Donde:

*ASEC = Amenaza sísmica y efectos colaterales*

*FF: Factor Físico*

*FE = Factor Exposición*

*FS = Factor Socioeconómico*

*FI = Factor Institucional*

*Wi = Valor de la ponderación generado por los expertos para los factores.*

Para obtener el valor de cada uno de los factores, se multiplican las variables que los conforman por sus respectivos pesos de ponderación y seguidamente se suman.

### **8.1.2 Ponderación de los factores, variables y parámetros**

Puesto que los indicadores utilizados en el modelo no tienen la misma importancia relativa, resulta pertinente, llevar a cabo una ponderación de los mismos. Para lo anterior existen distintas alternativas como ser los métodos de regresión, el de análisis de componentes principales y la evaluación subjetiva. De los tres métodos, el primero requiere que las variables dependientes sean medidas directamente; el segundo método, requiere que los indicadores estén correlacionados; por el contrario, el tercer método facilita la evaluación subjetiva que capture el criterio, la experiencia y el juicio de los expertos.

Las principales ventajas de la evaluación subjetiva es que aumenta la legitimidad, la aceptación de los resultados y rescata la experiencia y conocimiento de los expertos.

Para el proyecto, se adoptó el tercer método ya que no es posible medir directamente las variables que componen el riesgo y los indicadores no están bien correlacionados.

Por lo tanto, para realizar la ponderación se utiliza técnicas derivadas de la teoría de decisión como el proceso jerárquico analítico AHP que permite medir la consistencia de las valoraciones de los expertos.

## **8.2 Modelización del índice de Riesgo frente a sismos para el proyecto**

En base al marco descrito previamente, se propone un modelo que nos permita la estimación de un índice de Riesgos frente a sismos, considerando los siguientes criterios:

- Para la evaluación de la amenaza, en este caso los sismos, se utilizará los resultados de la propuesta realizada por Leyton (2009), que define niveles de riesgo y clasifica al territorio Continental en diferentes zonas sísmicas. Sin embargo, no se entrará en un detalle de análisis profundo de la amenaza.
- El enfoque propuesto para la estimación de una vulnerabilidad global regional, (considerando variables relacionadas a la amenaza en estudio) toma en cuenta aspectos económicos, sociales e institucionales, relacionados con la capacidad de respuesta frente a un evento. El propósito de incluir este conjunto de variables está orientado a una toma de decisiones de prevención efectiva fortaleciendo al sistema de

protección civil, entendida como la protección de las personas, a sus bienes y el medio ambiente.

En base a estas consideraciones, las etapas a seguir son. Definición del área de estudio, Recolección de datos, definición de los factores y variables, estructuración del modelo y determinación de los pesos para cada variable.

### **8.2.1 Etapa 1: Definición del área de estudio**

Como célula básica de análisis se trabajó con la unidad político – administrativa “comuna”, utilizando una serie de datos e indicadores definidos a nivel comunal, obtenidas de diferentes entidades y relacionadas con el área de estudio.

Para tener una visión efectiva de la situación del riesgo ante sismos en Chile y, considerando los datos que se disponen para el estudio, se ha seleccionado como zona de estudio las comunas de la Región de Tarapacá en el norte del país; donde además, se estima la ocurrencia de un evento de considerable magnitud en un futuro próximo. Es importante considerar que el análisis propuesto, es posible de replicar en las demás comunas del resto del país.

### **8.2.2 Etapa 2: Recolección de datos**

La recopilación y análisis de los datos consideró información de las siguientes entidades:

Instituto Nacional de Estadística – INE, entidad que cuenta con datos estadísticos acerca de las características socio-económicas del país<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> [http://www.ine.cl/canales/base\\_datos/base\\_datos.php](http://www.ine.cl/canales/base_datos/base_datos.php)

Ministerio de Desarrollo Social<sup>27</sup>, entidad encargada de evaluar la situación socioeconómica así como el impacto de los programas sociales en las condiciones de vida de la población, cuenta con la encuesta CASEN<sup>28</sup>, que en la actualidad es su principal instrumento de medición socioeconómica para el diseño y evaluación de la política social existente en el país.

Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo - SUBDERE<sup>29</sup>, con el objetivo de coordinar, impulsar y evaluar el desarrollo regional realizó el estudio del diagnóstico de territorios aislados.

Propuesta de Zonificación Sísmica en Chile Continental, de Arica a la Península de Taitao (desde 18°S a 46°S) hecha por Leyton (2009). Ver Anexo C.

### **8.2.3 Etapa 3. Definición de los factores y variables para el análisis de la vulnerabilidad del proyecto**

Siguiendo la base conceptual ya descrita, para la estimación del índice de vulnerabilidad, se establecieron cuatro factores en el proyecto, principalmente por contar con la información relacionada a estos, por la relación con la amenaza en estudio y el valor que genera al análisis. Los factores se describen a continuación:

- **Exposición**, relacionado a las características propias de la población. Se define como la cantidad, concentración y discapacidad de las personas sujetas a la acción de un evento sísmico. El objetivo es

---

<sup>27</sup> <http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen/>

<sup>28</sup> Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional

<sup>29</sup> <http://www.subdere.gov.cl/>

analizar y visualizar la información para determinar el nivel de exposición de cada comuna ante un evento.

- **Socioeconómico**, se define como el nivel de cohesión interno que posee una comunidad (Marksey, 2003) y la posibilidad de cada individuo de tener acceso a diferentes bienes y servicios de acuerdo de sus recursos económicos.
- **Físico**, se define como la capacidad que poseen las estructuras físicas para poder absorber los efectos de un evento sísmico.
- **Institucional**, se define como la capacidad de la institucionalidad, para prevenir y enfrentar un desastre natural provocado por un evento sísmico en un momento dado. La institucionalidad, por lo general, está representada por un Comité de protección civil y conformada por diferentes entes a la cabeza del representante del Gobierno Municipal.

Cada factor está compuesto por distintos indicadores y variables, que junto con sus ponderaciones determinan el índice de vulnerabilidad comunal. El nivel de detalle de las variables para el presente estudio fue condicionado principalmente a la existencia y accesibilidad de la información ya que este es el principal problema en Chile sin que esto signifique que el resultado no es una estimación de la realidad del país.

A continuación se describe en detalle las variables de cada factor:

#### **8.2.4 Factor exposición**

- **Tasa de Dependencia (TD)**

Relacionada con el grupo etéreo de la población; el criterio tomado para el análisis de esta variable se basa en que las personas adultas mayores y ancianos, seguido de los niños y preadolescentes en general necesitan

de alguna ayuda para desplazarse de un lugar a otro, aumentando su nivel de vulnerabilidad.<sup>30</sup>.

- **Porcentaje de Discapacidad**

Se conoce que en Chile al 2010, viven cerca de 2.500.000 de personas que tienen algún grado de discapacidad<sup>31</sup>, física, psíquica, sensorial u orgánica, congénita o adquirida, en cualquiera de sus grados; representando aproximadamente el 15% del total de la población. Es así que el país reconoce esta situación como una temática necesaria para la inclusión de estas personas a la sociedad, a través de trabajo o con la ayuda económica para mejorar su calidad de vida. De la misma manera, resulta importante incluir esta variable a estudios como el de riesgo, por el aporte que significa para la estimación más exacta de la vulnerabilidad, proponiendo iniciativas y evaluando en mayor detalle las mejoras y facilidades en su capacidad de respuesta ante un evento. Por ejemplo, en algunos países, está previsto implementar alertas a través de mensajes por televisión o celulares, para personas sordas.

- **Índice de Concentración / Dispersión**

Esta variable describe la dificultad de acceso a las principales redes de comunicación comunal y con ello, a los servicios de la cabecera comunal, provincial o regional.

---

<sup>30</sup> Propuesta Metodológica para la Determinación de Áreas Vulnerables, Plan de Alerta Temprana, Dirección Regional de Protección Civil y Emergencia Región Metropolitana, año 2008.

<sup>31</sup> <http://www.fnd.cl/discapacidadenchile.html>, [Consultado 20/02/2012]

Esta variable aporta valor al análisis, desde el punto de vista de la eficiencia en el momento de dar respuesta y prestar ayuda en un evento de desastre, resultando favorable cuando la población está concentrada ya que las acciones de rescate o ayuda se centraliza en un solo lugar y por el contrario, cuando la población está más dispersa requiere de una mayor planificación y logística para poder brindar ayuda.

Para otro tipo de análisis, una población urbana con un nivel alto de concentración puede presentar daños mayores a diferencia si el nivel de dispersión es alto puede ser desfavorable, sin embargo no es el enfoque del presente estudio.

#### **8.2.5 Factor Socio económico**

- **Índice de Pobreza**

Diferentes estudios demuestran que existe una relación directa entre la pobreza y la vulnerabilidad, tal como lo señala Andrew Makrey: *“los sectores económicamente más deprimidos de la humanidad son, por esta misma razón, los más vulnerables frente a los riesgos naturales”* (Marksey A, 2003).

Bajo este criterio, el incluirla para la estimación de la vulnerabilidad resulta relevante puesto que población pobre se encuentra más expuesta a sufrir daños en un evento de desastre.

- **Índice de acceso a servicios básicos**

Variable que mide la distribución porcentual de hogares que acceden a servicios básicos, específicamente el agua potable. Se basa en el criterio de la capacidad de una comuna de subsistir temporalmente ante un desastre.

- **Índice de conectividad comunicacional**

Variable que contempla a la cantidad de hogares en cada comuna que cuentan con la presencia de televisores, radio e internet.<sup>32</sup>

### **8.2.6 Factor Institucional – Gestión en protección civil**

La misión de la Protección Civil abarca la Prevención, como supresión del evento y la Mitigación, para reducir al máximo el impacto de un evento destructivo; la Preparación adecuada, mediante Planes concretos de respuesta; Ejercitación y clara información, para responder eficaz y eficientemente cuando una emergencia o desastre no ha podido evitarse.<sup>33</sup>

Bajo esta premisa, la gestión en Protección Civil debe responder a la realidad de un área jurisdiccional determinada, interrelacionando amenazas, vulnerabilidades y recursos, como un proceso participativo y continuo en el tiempo, de revisión y perfeccionamiento permanente.<sup>34</sup>

Es así, que el factor Institucional es de relevancia para a estimación del análisis de vulnerabilidad, ya que permite evaluar el compromiso de las autoridades en la eficiencia de las iniciativas especialmente en los ámbitos preventivos y de preparación frente a las amenazas en un territorio, ya sea a nivel de instrucción, coordinación, organización y de respuesta ante posibles eventos. Las variables consideradas en este caso fueron las siguientes:

---

<sup>32</sup> Estudio de Índice de Aislamiento , SUBDERE, 2008

<sup>33</sup> Plan Nacional de Protección Civil, ONEMI, 2002

<sup>34</sup> Plan Nacional de Protección Civil, ONEMI, 2002

- **Existencia de Planes de Respuesta frente a emergencias y/o desastres**

Variable que evalúa la existencia o ausencia de planes de respuesta y acciones relacionados a la atención de una emergencia y/o desastre natural.

- **Constitución del Comité de Protección Civil**

Debe constituirse comités de protección civil a nivel nacional y en cada región, provincia y comuna del país, siendo presididos cada uno de ellos, según corresponda, por el Ministro del Interior, por el intendente regional, gobernador provincial y alcalde respectivos, quienes tendrán la facultad de fijar, por resolución instituida, las normas especiales de funcionamiento de los mismos, convocar a los miembros que los integrarán y el orden de subrogación.<sup>35</sup>

La presencia de un comité de protección civil a nivel comunal resulta relevante ya que puede permitir una evaluación permanente del riesgo de cada comuna y poder establecer de manera puntual acciones para la gestión del riesgo ante un sismo.

Sin embargo, para una eficiente y efectiva acción en protección civil, y frente a la emergencia o desastre, se debe trabajar coordinadamente con los organismos o instituciones del Sistema de Protección Civil de un área jurisdiccional determinada. Este equipo de trabajo se denomina comité de protección civil y lo deben integrar instituciones y organismos públicos y privados que por mandato legal, competencia o interés, puedan aportar a la gestión de protección civil.<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> Plan Nacional de Protección Civil – ONEMI, 2002

<sup>36</sup> Plan Nacional de Protección Civil – ONEMI, 2002

- **Existencia de planes de prevención y mitigación de riesgos**

Relacionado con la existencia de planes, programas o proyectos que vayan en concordancia con la prevención y mitigación de riesgos ante terremotos. Como ejemplo podemos mencionar: planes de fiscalización de cumplimiento de normas, planes de demolición de viviendas declaradas no habitables, capacitación a la sociedad y funcionarios, desarrollo de simulacros, etc.

- **Participación Comunitaria**

La participación comunitaria conocido como el proceso que permite involucrar a la población, autoridades locales, instituciones públicas y a los sectores social y privado en los programas y acciones de la gestión de riesgos. Aunque su fundamento reposa en la idea de que la concientización de los desastres y la planeación adecuada pueden ser mejor manejadas por los gobiernos locales y los dirigentes cívicos, es importante identificar roles importantes que deben desempeñar los gobiernos nacionales, las ONG y los grupos del sector privado que pueden brindar ayuda mediante conocimientos técnicos, análisis de la información y advertencia anticipada a las organizaciones de base comunitaria.

- **Existencia de catastro de recursos**

Un aspecto importante a considerar esta referido a la presencia o ausencia de un catastro recursos e infraestructura de uso público y privado a nivel comunal y regional. Para efectos del presente estudio, se considerara como publico aquellos organismos que tienen un rol y servicios a la comunidad no como organismos fiscales, incluyendo en esta categoría a los bomberos y primeros auxilios que tienen un rol de

servicio pero no con órganos fiscales. El registro de los recursos debe estar catalogado por tipo, calidad y cantidad, además del acceso a estos servicios de otras comunas cercanas en base a una coordinación previa.

Teniendo la información actualizada permite potenciar la gestión y toma de decisiones en el momento de dar respuesta ante un evento.

### **8.2.7 Factor físico**

- **Indicador de calidad de vivienda**

Relacionado con la distribución porcentual de los hogares por indicador de materialidad. Este indicador permite conocer las condiciones materiales de las viviendas en que viven los hogares. Se construye a partir de los materiales predominantes en paredes exteriores, cubierta de techo y pisos. Establece las categorías de Aceptable, Recuperable e Irrecuperable para los muros, techos y piso.<sup>37</sup>

- **Índice de Infraestructura estratégica de transportes**

Variable relacionada a la presencia o ausencia de cierta infraestructura de transporte que es considerada estratégica: puertos, aeropuertos y aeródromos. Este indicador fue calculado estableciéndose los tiempos de viaje entre la cabecera comunal y la infraestructura<sup>38</sup>.

Una vez, establecidos los factores y variables para el análisis de vulnerabilidad, además entendiendo que esta es dinámica y depende de los factores y variables que se tomen en cuenta; es importante mencionar que existen diferentes denominaciones de vulnerabilidad, para el caso en

---

<sup>37</sup> Encuesta CASEN – Ministerio de Desarrollo Social, 2011

<sup>38</sup> Estudio del Índice de Aislamiento – SUBDERE, 2008

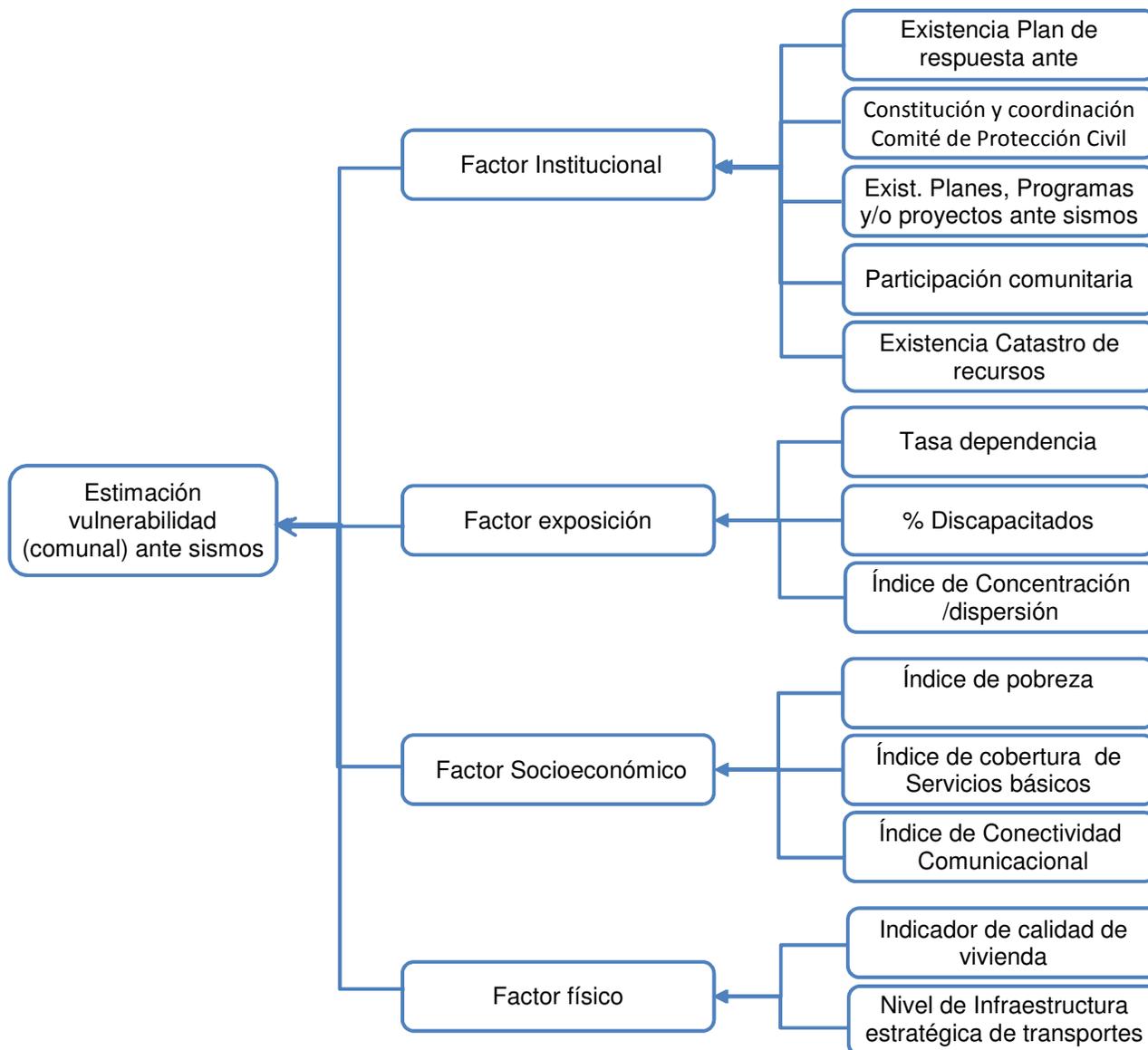
particular, se abordara el concepto de *vulnerabilidad general*, a nivel comunal, que permite visualizar el grado de exposición que se encuentra una población frente a una amenaza sísmica, todo esto en base a datos que generan diferentes organismos públicos, relacionados con la información demográfica, socioeconómica, gestión de protección civil y físicos de las viviendas.

Finalmente se muestra el árbol de jerarquía construido a partir de los factores y variables identificados y siguiendo el método AHP.

#### **8.2.8 Etapa 4: Estructura jerárquica: elementos de la intervención validado por expertos.**

La figura 21 ilustra el esquema base para la evaluación de la vulnerabilidad, mostrando las variables por orden de importancia para los objetivos del proyecto

**Figura 21. Jerarquía de factores y variables para la estimación de la vulnerabilidad frente a sismos**



Fuente: Elaboración propia.

### **8.2.9 Etapa 6: Determinación de los pesos para las variables**

Como el enfoque del presente estudio propuesto, está centrado en el fortalecimiento de la gestión en Protección Civil, se clasificaron los factores considerados por orden de importancia, siendo el factor institucional, el más relevante en el tema de fortalecimiento institucional para la prevención.

La determinación de los pesos, se basó en el modelo AHP, proceso analítico jerárquico, considerando el criterio de varios expertos en el tema. Los expertos que apoyaron a la definición de este punto fueron: el Jefe Sección Análisis y Estudios ONEMI, José Abumohor, el Coordinador del Centro de Alerta Temprana y Operaciones de Emergencia, CATOE, Jaime Romero; Jefe de la Unidad de Ordenamiento Territorial ONEMI, Juan Piedra.

Para el proceso de la información se utilizó el programa informático Expert Choise. Los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 12. Ponderadores para el análisis de vulnerabilidad**

<b>Resultados de los ponderadores para el análisis de vulnerabilidad</b>				
<b>Criterio</b>	<b>Ponderación criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Ponderación indicador</b>	<b>Total Pond. <math>W_i</math></b>
<b>Institucional</b>	35%	Constitución y coordinación del Comité de Protección Civil	30%	11%
		Existencia Plan de respuesta ante emergencias.	24%	8%
		Proyecto y/o medidas de prevención ante sismos aprobado/ejecutado.	25%	9%
		Programa de participación comunitaria	11%	4%
		Existencia de Catastro de recursos	10%	4%
		<b>Exposición</b>	30%	Tasa dependencia
Porcentaje Discapacitados	30%	8%		
Índice Concentración/Dispersión	11%	3%		
<b>Socioeconómico</b>	20%	Índice de Pobreza	53%	13%
		Índice de cobertura servicios básicos – agua	29%	5%
		Índice de conectividad Comunicacional	18%	2%
<b>Físico</b>	15%	Indicador de Calidad de Vivienda	71%	9%
		Nivel de Infraestructura estratégica de transportes	29%	4%
<b>Total</b>	100%			100%

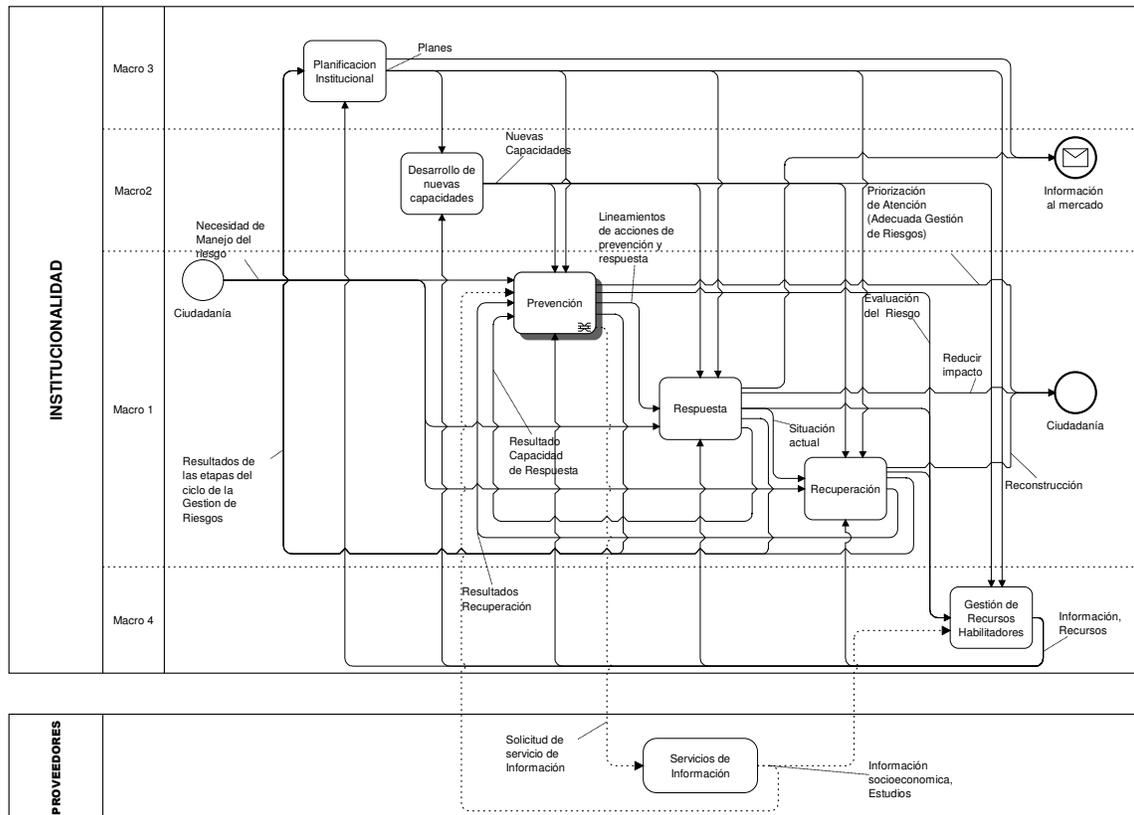
Fuente: Elaboración propia en base a criterio de expertos

## 9. ARQUITECTURA DE MACROPROCESOS

La siguiente etapa está relacionada con el diseño de la arquitectura de macro-procesos, fundamentada en la propuesta de Barros (Barros, Ingeniería de Negocios, 2009). Estos Macroprocesos corresponden a modelos de referencia, denominados patrones de procesos, que señalan cómo debería ser la estructura y funcionamiento de toda una clase de procesos que caen bajo un dominio en cuestión.

A continuación se ilustra la arquitectura definida para el proyecto.

Figura 22. Esquema de Macroprocesos



Fuente: Elaboración propia basada en la arquitectura de Macroprocesos (Barros, 2009)

Como se puede observar en la gráfica anterior la arquitectura se asemeja a la propuesta por el patrón ya que las macros correspondientes a la planificación estratégica (Macro 3), desarrollo de nuevas capacidades (Macro 2) y gestión de recursos habilitantes (Macro 4) no sufrieron ninguna modificación, ni de forma ni fondo, ya que únicamente fueron adecuadas sus descripciones a la realidad de la entidad encargada de desastres ONEMI; por ejemplo: la planificación estratégica fue modificada por planificación institucional.

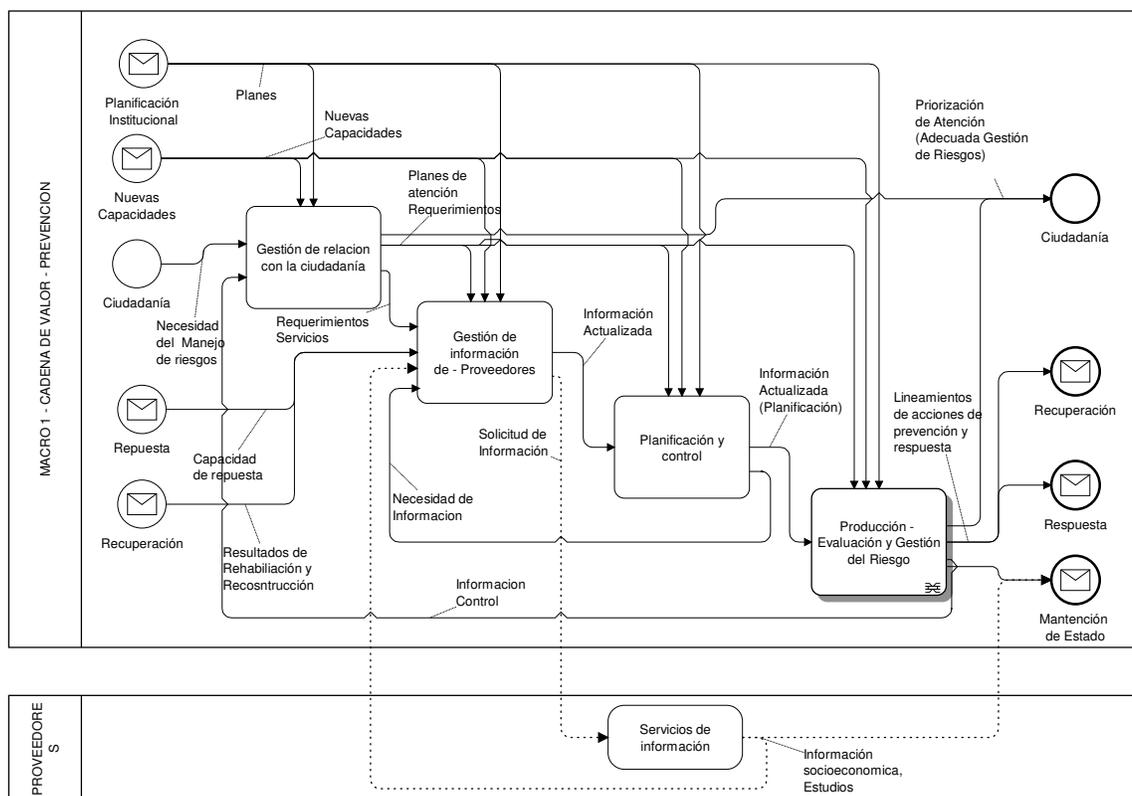
Para el proyecto, el proceso relevante y en el que se centrará el presente trabajo, son los correspondientes a la cadena de valor o macro 1, la misma que está dividida en otros tres procesos: *Prevención, Respuesta, y Recuperación*. Esta división se fundamenta en las etapas del ciclo del manejo del riesgo, y el principal proceso de interés para el proyecto es la Prevención.

## **9.1 Cadena de valor: Prevención**

El objetivo de este proceso es proporcionar a la entidad, información relevante tanto de la amenaza en estudio, los sismos, como de las características que hacen vulnerable a una población frente a esa amenaza. Esta información servirá como entrada para la determinación del potencial de mejora de diferentes ámbitos en cuestión; además de la generación de conocimiento sobre los ámbitos prioritarios de atención para reducir al máximo la vulnerabilidad a la que se encuentran expuestos en una comuna.

En la figura 23 se ilustra los procesos involucrados en la cadena de valor, los que se detallan más adelante.

**Figura 23. Patrón de Prevención**



Fuente: Elaboración propia

### 9.1.1 Gestión de relación con la ciudadanía

Proceso que a partir de la información, de requerimientos de los clientes (ciudadanos), se realiza un análisis para identificar las necesidades de los mismos. Se debe realizar una planificación para poder priorizar y satisfacer los requerimientos.

### 9.1.2 Gestión de información de proveedores

Comprende la gestión de toda la información requerida para la evaluación del riesgo. Esta información proviene de diferentes entidades que de alguna

manera es generadora de información relacionada con el tema de riesgos. Además recibe como entrada información de los procesos de Respuesta y Recuperación de la cadena de valor como retroalimentación.

### **9.1.3 Planificación y Control**

Elaborar la planificación para la evaluación del riesgo a partir de la información y recursos disponibles.

### **9.1.4 Producción - Evaluación y Gestión del Riesgo**

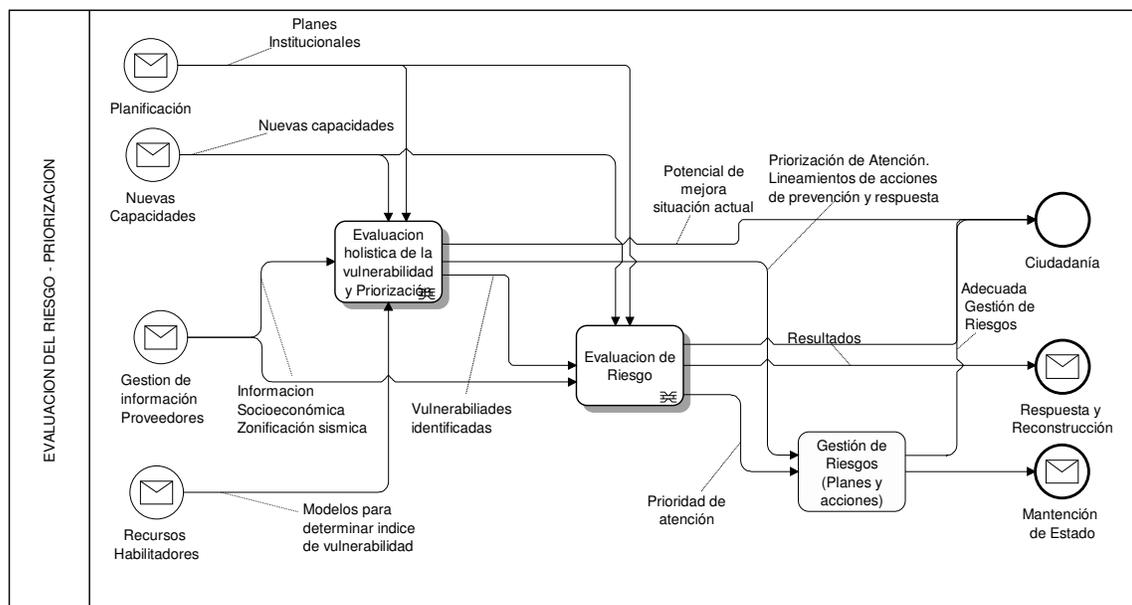
Este proceso tiene como entrada principal información, por un lado, del riesgo sísmico clasificado en zonas de riesgo; y por otro, información socioeconómica que describen las características propias de la zona de estudio: Comuna. Es este el proceso que será objeto de estudio y mejora ya que involucra las actividades propias de la evaluación del riesgo comprendida como la evaluación de la amenaza como de la vulnerabilidad. Sin embargo, tal como se mencionó, con anterioridad no se considera el análisis de la amenaza enfocándose el centro de la tesis en la evaluación holística de la vulnerabilidad tomando en cuenta diferentes variables, relacionadas con el evento en estudio, que permitirán estimar un índice de vulnerabilidad global de cada comuna, que en combinación de la variable amenaza, permite estimar un índice de riesgo frente a sismos. El resultado de esta actividad está reflejado en información tácita de los ámbitos prioritarios de atención para reducir el nivel de vulnerabilidad y riesgos a nivel comunal.

## 10. REDISEÑO DE PROCESOS

El rediseño de procesos propuesto en esta tesis, se basa e inicia a partir del rediseño del proceso “*Producción - Evaluación y Gestión del Riesgo*”.

La importancia del rediseño se centra en los procesos de: *Evaluación holística de la vulnerabilidad y priorización*, *Evaluación del riesgo* y *Gestión del Riesgo* (Figura 24); siendo este último parte de otro proyecto del mismo magister, referido a la definición de acciones preventivas y de respuesta.

**Figura 24. Proceso Producción – Evaluación y Gestión del Riesgo**



Fuente: Elaboración propia

### 10.1.1 Evaluación holística de la vulnerabilidad y Priorización

Proceso mediante el cual se pretende realizar la evaluación de la vulnerabilidad mediante un enfoque holístico que considere variables de

diferentes ámbitos que permitan estimar un índice de vulnerabilidad global, que describa el nivel de exposición al que se encuentra la zona en estudio. Resulta importante recordar que la selección de variables debe estar en estrecha relación a los objetivos que se desean satisfacer es decir el fortalecimiento de la protección civil.

El resultado de este proceso se refleja en: por un lado la identificación de las vulnerabilidades asociadas a cada comuna de la zona en estudio que, en conjunto al resultado de un análisis de la situación actual determina el potencial de mejora y priorización de atención para los ámbitos y variables en cuestión, para reducir o mitigar la vulnerabilidad.

#### **10.1.2 Evaluación del Riesgo**

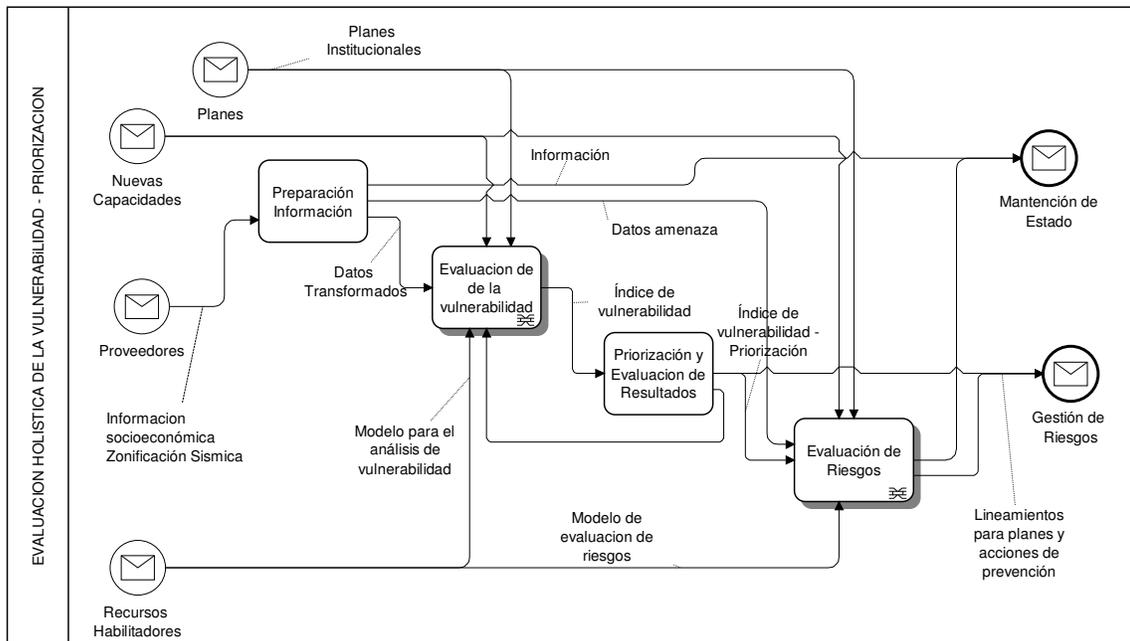
Este proceso recibe como entrada el resultado del análisis de la vulnerabilidad que en combinación con información de la variable amenaza, dan como consecuencia el nivel del riesgo frente a sismos de cada comuna. Los resultados, permiten tener una visión clara y explícita de los ámbitos que son de prioridad considerar dentro de la planificación en acciones de prevención y respuesta.

#### **10.1.3 Gestión de Riesgos**

Proceso mediante el cual se pretende definir políticas, planes y acciones de prevención que serán ejecutadas en base a la información de descritos con anterioridad. Como se mencionó en un punto anterior, este proceso es parte de otro proyecto del mismo magister.

## 10.2 Evaluación holística de la vulnerabilidad y priorización.

Figura 25. Rediseño del proceso de Evaluación holística de la vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

### 10.2.1 Preparación de Información

Proceso que permite la recopilación y clasificación de información. Para contar con estos datos se pretende recurrir a entidades externas proveedoras de información relacionadas con el área de estudio.

Como estrategia para la colaboración entre entidades, se sugiere el establecimiento de convenios institucionales, a través de los cuales se tenga la disponibilidad de toda la información requerida en el momento y lugar oportunos.

Una actividad importante de este proceso se refiere a la selección y transformación de los datos, debido a la necesidad de contar con la información bajo una misma escala de medición antes de aplicar el modelo.

### **10.2.2 Evaluación de la Vulnerabilidad**

Con la información recopilada y seleccionada se pretende realizar una evaluación de la vulnerabilidad propia de cada comuna. Este análisis, se apoya en la ejecución de la ejecución de la lógica de modelización propuesta capítulos anteriores.

Las actividades asociadas a este proceso están relacionadas con la ejecución de la lógica de evaluación de la vulnerabilidad descrita en el capítulo 8.

Las salidas de este proceso tienen que ver con una determinación de pesos estimados por variable en estudio, la estimación del índice de vulnerabilidad, un potencial de mejora como resultado de un análisis realizado de la situación actual de la zona de estudio. Estas se almacenan en una aplicación para que pueda ser utilizado en cualquier momento para la evaluación de la vulnerabilidad.

### **10.2.3 Priorización y Evaluación de Resultados**

Proceso mediante el cual, el analista puede considerar la incorporación o supresión de variables, o respetar el resultado para poder seguir con la siguiente actividad. En esta etapa también se debe ejecutar la lógica de priorización que es el resultado de la combinación del potencial de mejora con la vulnerabilidad estimada todo a nivel de variable y comuna.

#### **10.2.4 Evaluación de Riesgos**

Las entradas a este proceso son: el resultado del análisis de vulnerabilidad y la información de amenazas (que en estricto rigor debe ser resultado de un proceso de evaluación, sin embargo en este proyecto no se considera esta etapa).

Con la información de entrada apoyándose en las lógicas de negocio definidas se puede estimar un índice de riesgo ante sismos, dando como resultado información tácita para la toma de decisiones.

El proceso es iniciado por un analista responsable y los resultados son almacenados en una aplicación informática como un escenario de análisis que puede ser utilizado para futuros análisis de comparación y como instrumento de planificación.

### **10.3 Árbol de procesos**

Como paso previo al detalle del último nivel de procesos, se muestra un mapa de procesos que visualiza a todos los procesos descritos con anterioridad en forma de árbol.

**Figura 26. Árbol de procesos**



Fuente: Elaboración propia

## 11. DIAGRAMA DE PISTAS BPMN

Descritos los procesos a nivel operacional, el siguiente paso es detallar las actividades que se requieren llevar a cabo, utilizando la notación del lenguaje BPMN.

Los diagramas de pistas que se detallaran corresponden a las actividades del último nivel de los procesos a ser rediseñados y relevantes en el presente proyecto. Los procesos para los cuales se desarrollaron diagramas de pistas son:

### **Preparación de datos**

La preparación de datos se considera relevante por ser la actividad encargada de consumir información de diferentes proveedores es decir agentes externos al sistema. Se recuerda que para que esto sea factible es importante establecer convenios de colaboración entre entidades.

Para lograr esto se pretende utilizar diferentes medios como servicios web u archivos digitales entre otros que permitan al analista almacenar los datos que se requieran para un posterior análisis de riesgos.

El resultado de esta actividad se refleja en una base de datos propia para la entidad que evalúe la vulnerabilidad y el riesgo.

### **Evaluación de vulnerabilidades**

Esta actividad contempla la lógica con mayor complejidad del proyecto para lo cual se requiere como requisito tener a disposición en cualquier momento de los datos sobre los cuales se pretende realizar un análisis de vulnerabilidades.

El analista debe seguir la lógica de modelización del índice de vulnerabilidad como riesgo descritos en capítulos anteriores.

### **Evaluación de riesgos**

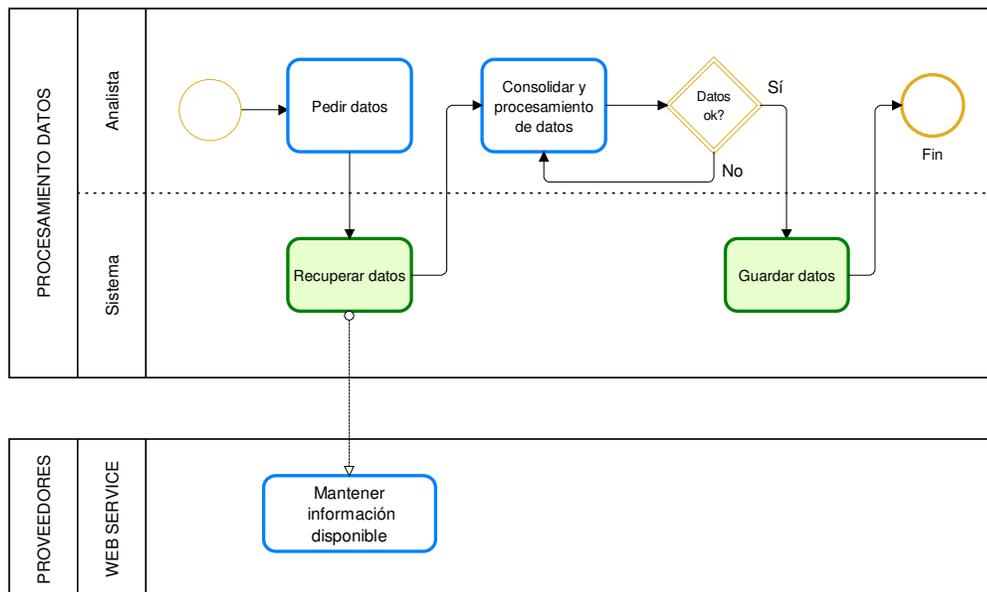
Al igual que la anterior actividad esta actividad requiere de información disponible para poder utilizarla en el análisis, en este caso utiliza información resultante del proceso previo *evaluación de vulnerabilidad* e información relacionada a la amenaza, bajo la premisa que esta se encuentra disponible en el sistema.

## 11.1 Diagrama BPMN – Preparar Información

### 11.1.1 Preparación de Datos

Como ya se mencionó, esta etapa resulta importante para la estandarización de los datos, como paso previo a la aplicación del modelo jerárquico AHP y posterior evaluación de la vulnerabilidad. Al contar con datos de diferentes fuentes, se hace necesario un análisis previo de limpieza y procesamiento si es que así se requiere, como ser la normalización de los datos o una transformación tal que se tenga una misma escala de análisis. Una vez que los datos estén listos, son almacenados en sistema para un uso posterior.

Figura 27. Preparación de Datos



Fuente: Elaboración Propia

### **11.1.2 Evaluación Holística de la Vulnerabilidad**

La figura 28 ilustra las actividades necesarias para la estimación de un índice de vulnerabilidad global asociado a las comunas de la zona de estudio.

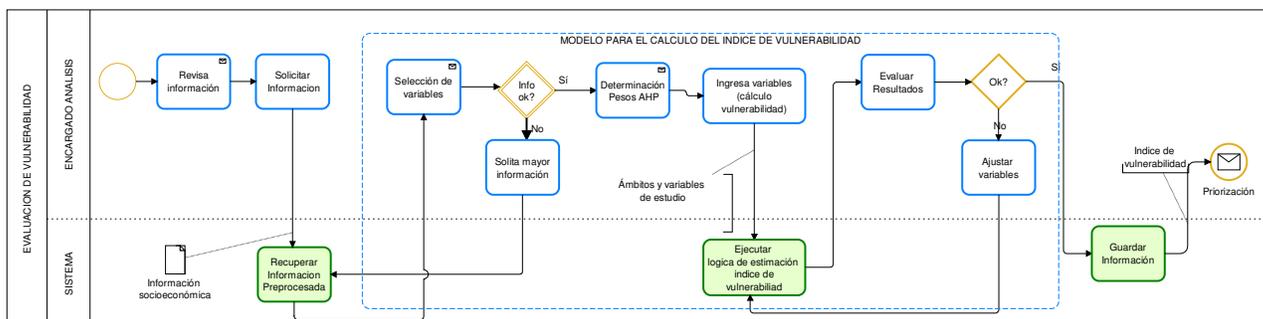
El responsable de ejecutar este proceso recupera la información ya procesada en una etapa anterior, que se encuentra almacenada en sistema. De esta información es seleccionada de manera tal que de acuerdo a juicio experto obtiene un conjunto de variables con las que se pretende evaluar la vulnerabilidad.

En caso de requerir mayor información el analista puede solicitar mayor detalle o pasar a la siguiente actividad referida a la determinación de los pesos por variable seleccionada en base al modelo jerárquico AHP, Posteriormente se ejecuta de la lógica que calcule o estime un índice de vulnerabilidad tomando como entrada ingresando las variables seleccionadas para tal efecto y los pesos determinados para estas.

Los resultados obtenidos, son evaluados por el experto y si no satisfacen los requerimientos puede volver a un paso previo y realizar los ajustes que crea conveniente.

Si los resultados satisfacen los requerimientos del analista, estos son almacenados en sistema como un escenario de análisis de vulnerabilidades y para su posterior uso para una posible priorización de ámbitos y evaluación de riesgos.

**Figura 28. Determinación de la vulnerabilidad**



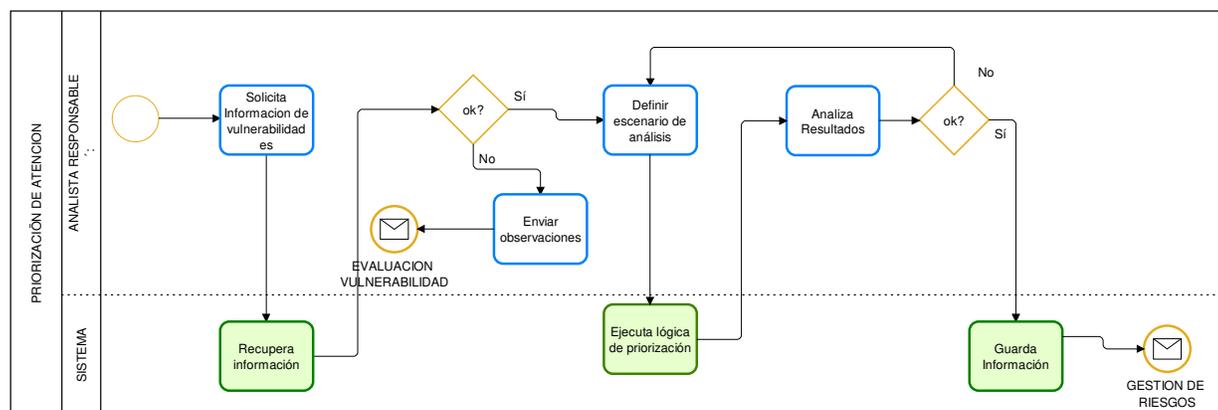
Fuente: Elaboración Propia

### 11.1.3 Priorización de atención de la vulnerabilidad

Este proceso tiene como entrada por un lado los resultados del índice de vulnerabilidad (estimado previamente) por ámbito y variable a nivel comunal y, por otro, los resultados del análisis de la situación actual y potencial de mejora por ámbito y variable de cada comuna. Teniendo estas entradas se ejecuta la lógica de priorización que convoluciona<sup>39</sup> el índice de vulnerabilidad estimado con el resultado del análisis de la situación actual (potencial de mejora alto). Esta lógica se basa en el principio de que, no necesariamente tiene mayor prioridad de atención (acciones de reducción mitigación de la vulnerabilidad) los ámbitos con mayor potencial de mejora, debido a que depende del nivel de vulnerabilidad asociado en ese ámbito. Bajo esta lógica de análisis el proceso entrega como primer resultado, que aporta valor, la prioridad de atención para reducir o mitigar las vulnerabilidades con un criterio explícito.

<sup>39</sup> Se entiende por **convolución** a un operador matemático que transforma dos funciones  $f$  y  $g$  en una tercera función que en cierto sentido representa la magnitud en la que se superponen  $f$  y una versión trasladada e invertida de  $g$ .

**Figura 29. Priorización y evaluación de Resultados**



Fuente: Elaboración propia

#### 11.1.4 Evaluación de Riesgos

Proceso mediante el cual se obtiene la estimación de un índice de riesgo frente a sismos, para lo cual se requiere información de la amenaza como vulnerabilidades.

Para poder entender el proceso es necesario considerar lo siguiente:

La información de entrada referente a la amenaza en estudio, es decir los sismos, cambia muy esporádicamente (cada vez que ocurre un evento sísmico) se tomará esta como un *dato duro* que será utilizado en el modelo de riesgos, sin ningún proceso complejo detrás de este.

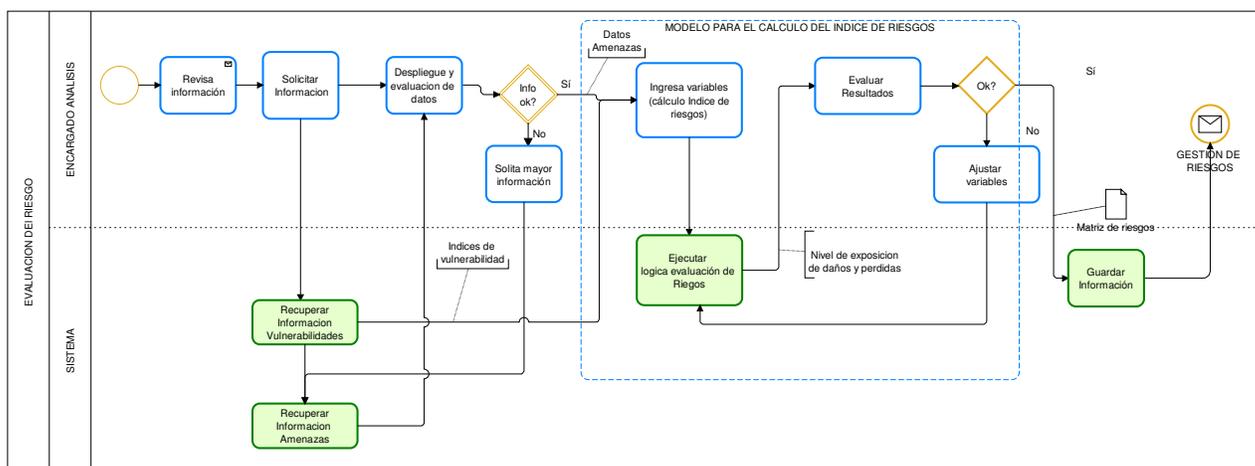
Por otro lado, la información acerca de la vulnerabilidad varía en mayor medida ya que cada vez que se ejecute una acción, elimina o reduce alguna vulnerabilidad minimizando el índice de la comuna y como consecuencia también se reduce el índice de riesgos. Sin embargo, la

ejecución de esta actividad dependerá de la necesidad real de la institucionalidad a cargo<sup>40</sup>.

Entrando ya en el detalle del proceso, se puede ver que, este inicia se inicia a través de un analista quien solicita información al sistema, misma que por un lado se encarga de proporcionar información acerca de los factores de vulnerabilidad y por otro información relacionada con las amenazas es decir la probabilidad de ocurrencia de un terremoto o predicciones.

El producto de esta actividad es almacenada como un posible escenario y se traspasa a otra instancia para su priorización y tomar medidas y acciones que mitiguen o eliminen las vulnerabilidades detectadas disminuyendo de esta manera el riesgo.

**Figura 30. Evaluación del Riesgo**



Fuente: Elaboración propia

<sup>40</sup> Según el Responsable de la SUBDERE Sr. Leonardo Céspedes, no se tiene un plazo establecido para determinar los índices de riesgos asociados a un evento. Sin embargo resulta interesante contar con un modelo que permita determinar los índices de riesgos en cualquier momento para evaluar la aplicación de diferentes alternativas y escenarios.

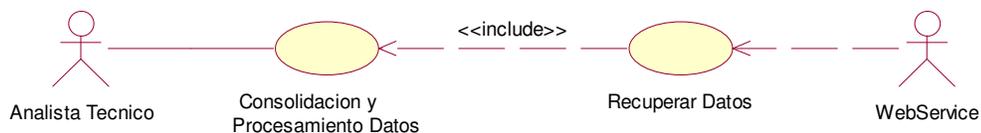
## 12. DISEÑO DE LAS APLICACIONES COMPUTACIONALES

### 12.1 Diagrama de Casos de Uso

A continuación, se muestran los diagramas de casos de uso para los procesos que se está rediseñando en el presente proyecto, los mismos que serán explicados de manera separada.

#### 12.1.1 Preparación de Datos

**Figura 31. Diagrama de Casos de Uso - Preparación de Datos**



Fuente: Elaboración propia

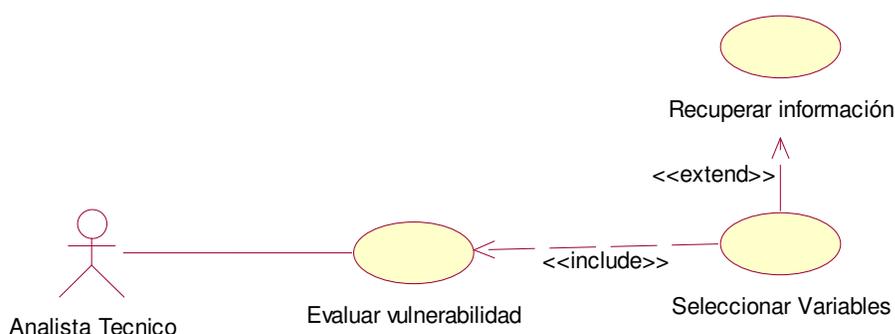
La actividad de preparación de datos se ocupa del procesamiento, transformación y la consolidación de la información de diferentes proveedores para lo cual hace uso de la acción de lectura de datos a través de los medios como los servicios web. Esta información después de ser pre-procesada es almacenada en el sistema para disposición en cualquier instante.

#### 12.1.2 Evaluación de vulnerabilidad

El diagrama de la figura 32 muestra los casos de uso diseñados para llevar adelante la estimación de la vulnerabilidad.

Inicialmente el analista recupera datos del Sistema acerca de todas las características socioeconómicas, sobre la cual se pretende realizar un análisis. Posteriormente en base a esta información es probable que se requiera algún tipo de transformación en los datos del sistema que anteriormente no fue realizada esto debido a la necesidad propia de cada modelo de contar con los datos con un estándar definido.

**Figura 32. Diagrama de Casos de Uso - Evaluación de la vulnerabilidad**



Fuente: Elaboración propia

#### I. Seleccionar variables

Caso de uso que realiza una selección de variables de acuerdo al objetivo que se persigue. Para tal efecto, se requiere recuperar los datos que fueron recopilados y procesadas en un proceso previo.

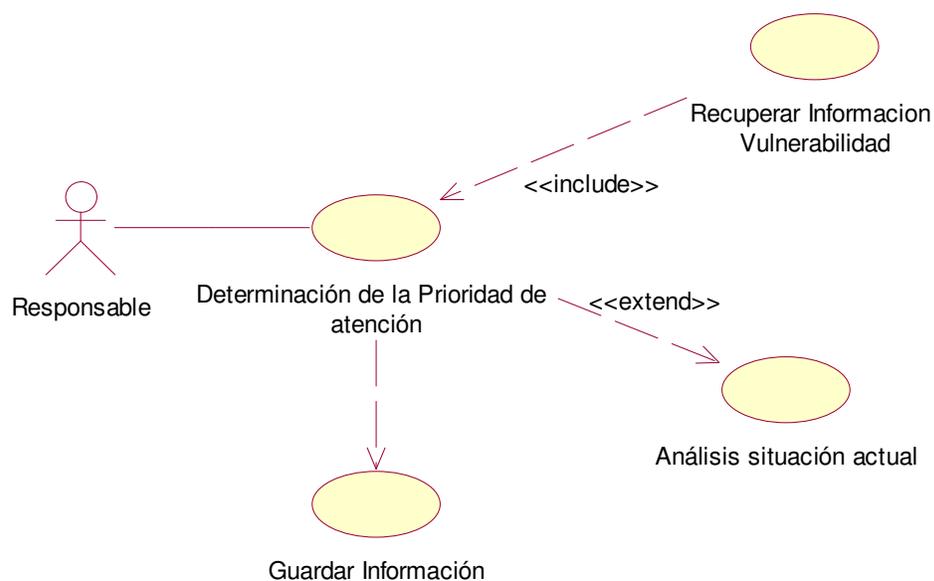
#### II. Evaluación de la vulnerabilidad

Este caso de uso es responsable de ejecutar la lógica que realiza una estimación del índice de vulnerabilidad asociado a cada comuna, tomando como entrada diversos factores y variables previamente identificadas y seleccionadas. Este proceso puede ser ejecutado las

veces que se requiera, de acuerdo a los parámetros que el analista determine, esto ya sea con el objetivo de obtener diferentes escenarios de análisis o comparación.

### 12.1.3 Priorización y Evaluación de resultados

**Figura 33. Diagrama de Casos de Uso - Priorización**



Fuente: Elaboración propia

La figura 33 esquematiza el subproceso relacionado con el diagrama BPMN Priorización y Evaluación de resultados, el mismo que encierra todas las actividades necesarias para poder ejecutar la lógica de priorización.

El caso de uso relevante en este escenario y el cual encierra la lógica de negocios están en la “Determinación de la prioridad de atención”.

### I. Consultar Información de Riesgos

Este caso de uso, ejecuta la lógica de recuperar la información resultante del análisis de vulnerabilidad.

### II. Análisis de la Situación Actual

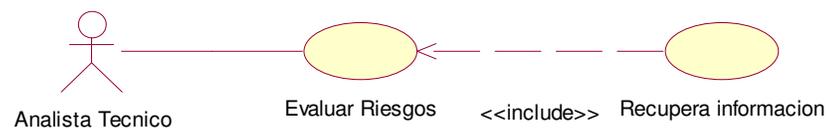
Este caso de uso, ejecuta la lógica del análisis de la situación actual de la zona de estudio en relación a la gestión de protección civil. Del mismo se puede determinar los ámbitos que mayor potencial de mejora presentan.

### III. Ejecutar Lógica de Priorización

Ejecuta la lógica de priorización tomando como entrada información de las 2 actividades previamente descritas (índice de vulnerabilidad y situación actual), permitiendo determinar diferentes escenarios de análisis y evaluación.

## 12.1.4 Evaluación de Riesgos

**Figura 34. Diagrama de Casos de Uso - Evaluación de riesgos**



Fuente: Elaboración propia

### I. Evaluación de Riesgos

Este caso de uso ejecuta la lógica de evaluación de riesgos utilizando información por un lado, los resultados del índice de vulnerabilidad e

información de la amenaza en cuestión. Como en el caso de la determinación de vulnerabilidades, la evaluación de riesgos puede ser invocado con en el momento el analista así lo requiera ya sea para determinar un nuevo escenario de análisis o simplemente con el objetivo de simulaciones y análisis.

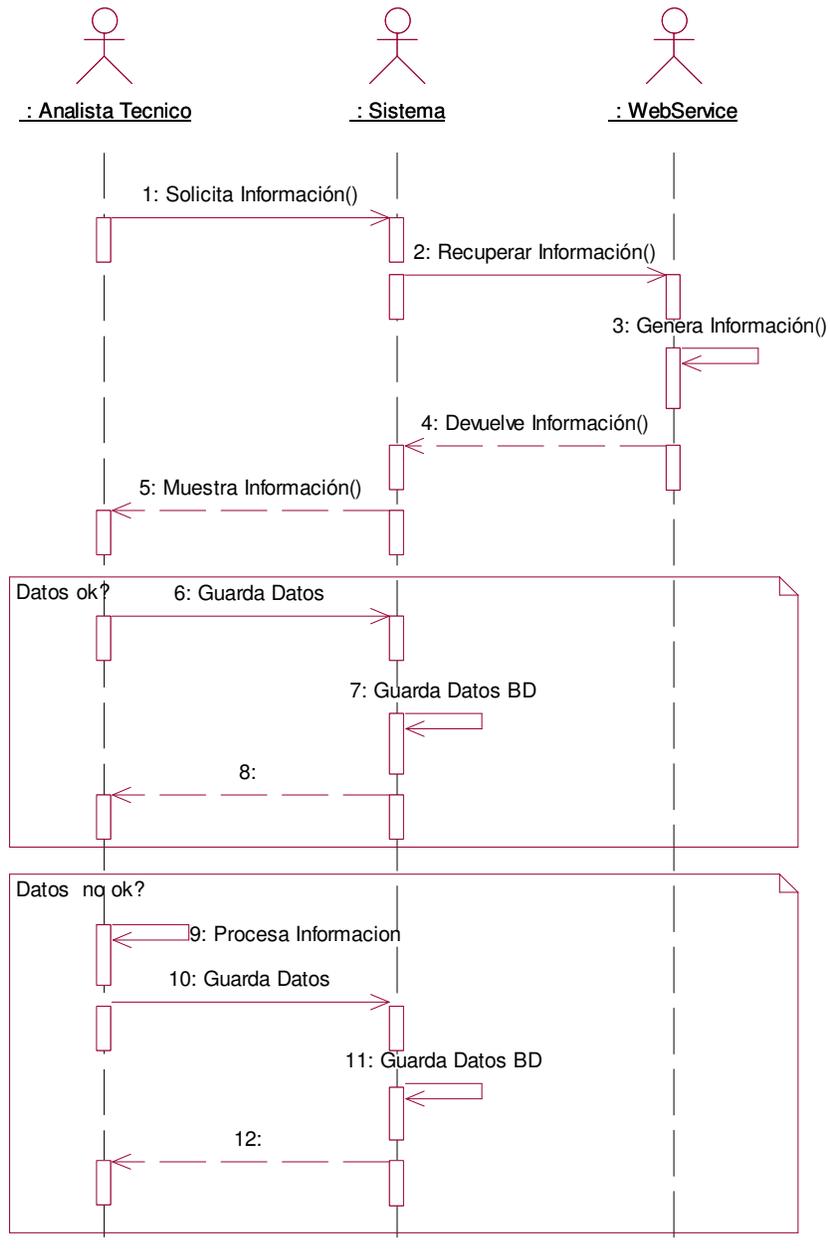
## **12.2 Diagramas de Secuencia – Escenarios**

### **12.2.1 Escenario – Preparación de datos**

Escenario de Preparación de datos, mediante el cual el analista es quien requiere de información y recopila datos de diferentes instancias o proveedores. Este paso se apoya en los servicios de los Web Services publicados de las entidades para poder entregar los datos al usuario.

Una vez recopilada la información, el analista realiza todo el procesamiento o transformaciones necesarios, si así lo requiere y la almacena en una base de datos propia del sistema de manera de tenerlos disponibles de manera local para futuras acciones. Esto se ilustra en el diagrama de la figura 35

**Figura 35. Diagrama de Secuencia - Escenario Procesamiento de datos**



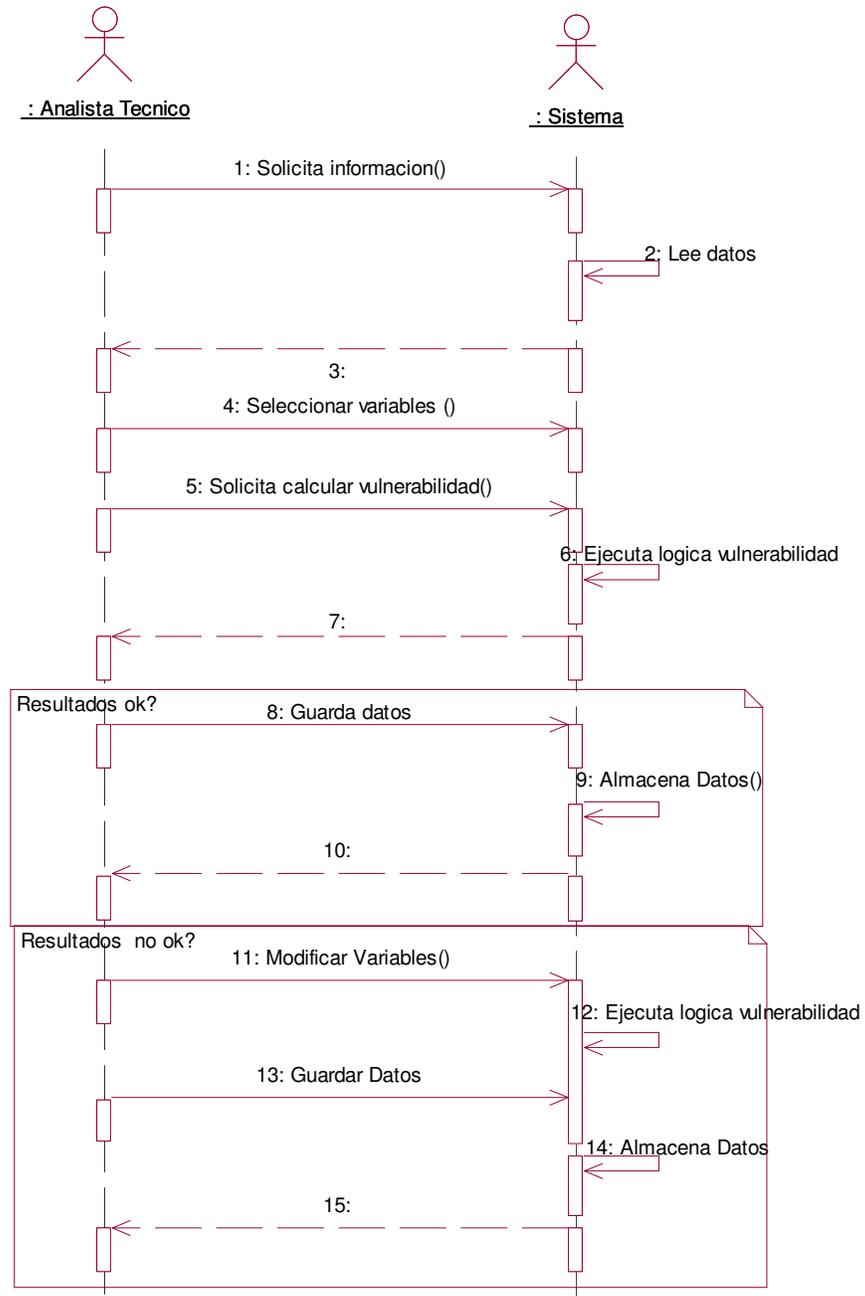
Fuente: Elaboración propia

### **12.2.2 Escenario – Evaluar vulnerabilidad**

Escenario correspondiente a la estimación del índice de vulnerabilidad, para lo cual se ejecuta la lógica descrita en los diagramas BPMN.

En este escenario un analista técnico es quien solicita ejecutar la lógica, en base a los datos previamente procesados y almacenados en el sistema propio. Para tal efecto, en primera instancia selecciona las variables en base a las que se estimará la vulnerabilidad a nivel comunal. Si los resultados satisfacen los requerimientos del analista entonces son almacenados en el sistema, caso contrario se realiza los ajustes o la selección de nuevas variables a analizar.

**Figura 36. Diagrama de Secuencia - Escenario de Evaluación de vulnerabilidad**

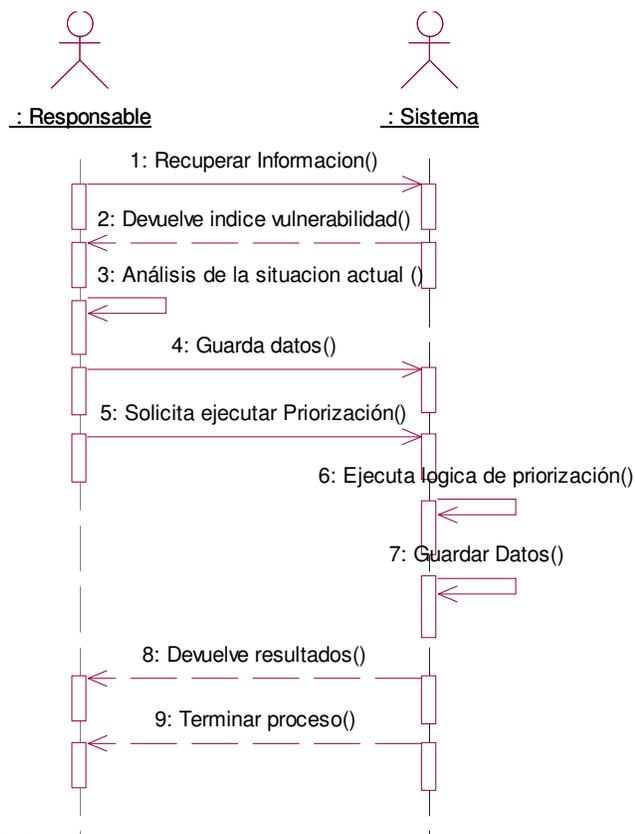


Fuente: Elaboración propia

### 12.2.3 Escenario – Ejecutar Lógica de Priorización

Escenario de Priorización, mediante el cual un Responsable es quien solicita al sistema ejecutar la lógica de Priorización de atención relacionado a los ámbitos y variables que determinan la vulnerabilidad de cada comuna

**Figura 37. Diagrama de Secuencia - Escenario de Priorización**



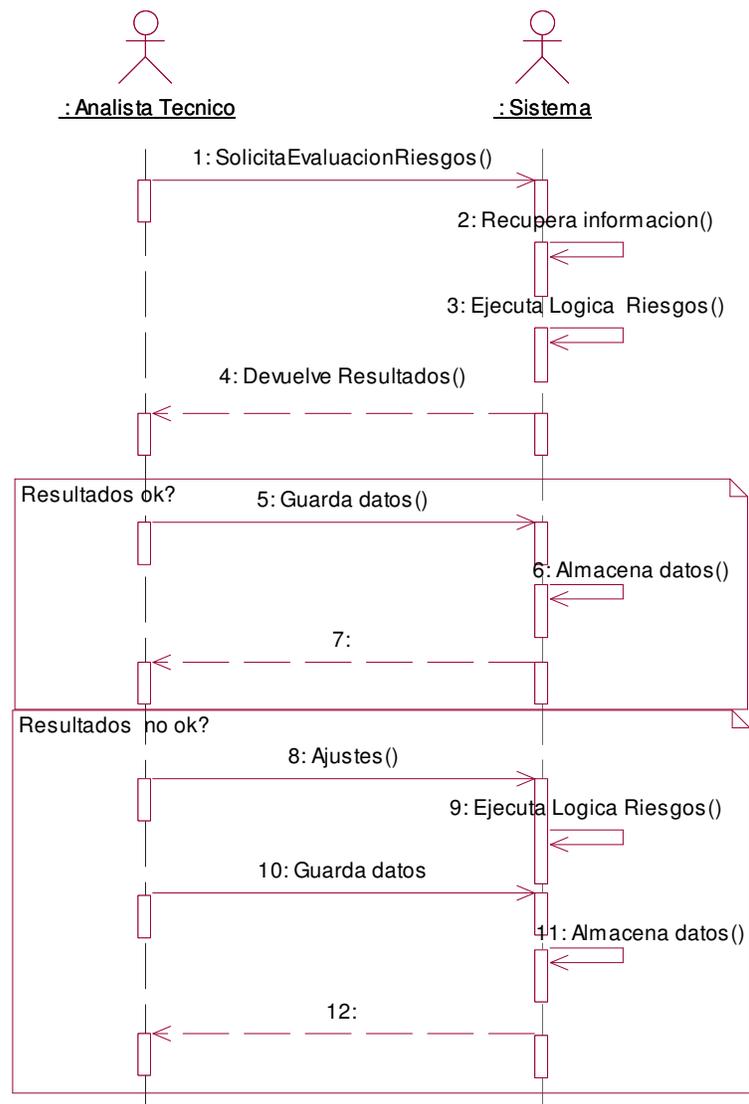
Fuente: Elaboración propia

### 12.2.4 Escenario – Evaluación de Riesgos

Escenario correspondiente a la evaluación de riesgos, donde como primera instancia, es el analista quien solicita la ejecución de la lógica de evaluación de riesgos para lo cual recupera información de la amenaza en estudio

como los datos acerca de la vulnerabilidad calculada en un paso anterior, si los resultados satisfacen los requerimientos del analista entonces este es almacenado en el sistema, caso contrario se realizan ajustes a los parámetros de entrada para un nuevo cálculo.

**Figura 38. Diagrama de Secuencia - Escenario Evaluación de Riesgos**



Fuente: Elaboración propia

## 12.3 Diagramas de Realización o de Secuencia extendido

Una vez diseñados los diagramas de secuencia correspondiente a los diagramas BPMN, corresponde realizar los diagramas de secuencia extendidos o realizaciones en las que se puede identificar las clases *lógicas* que interactúan entre sí.

Se hace notar que los diagramas de realización son diseñados de los casos más relevantes o que contienen la lógica de negocios de mayor relevancia.

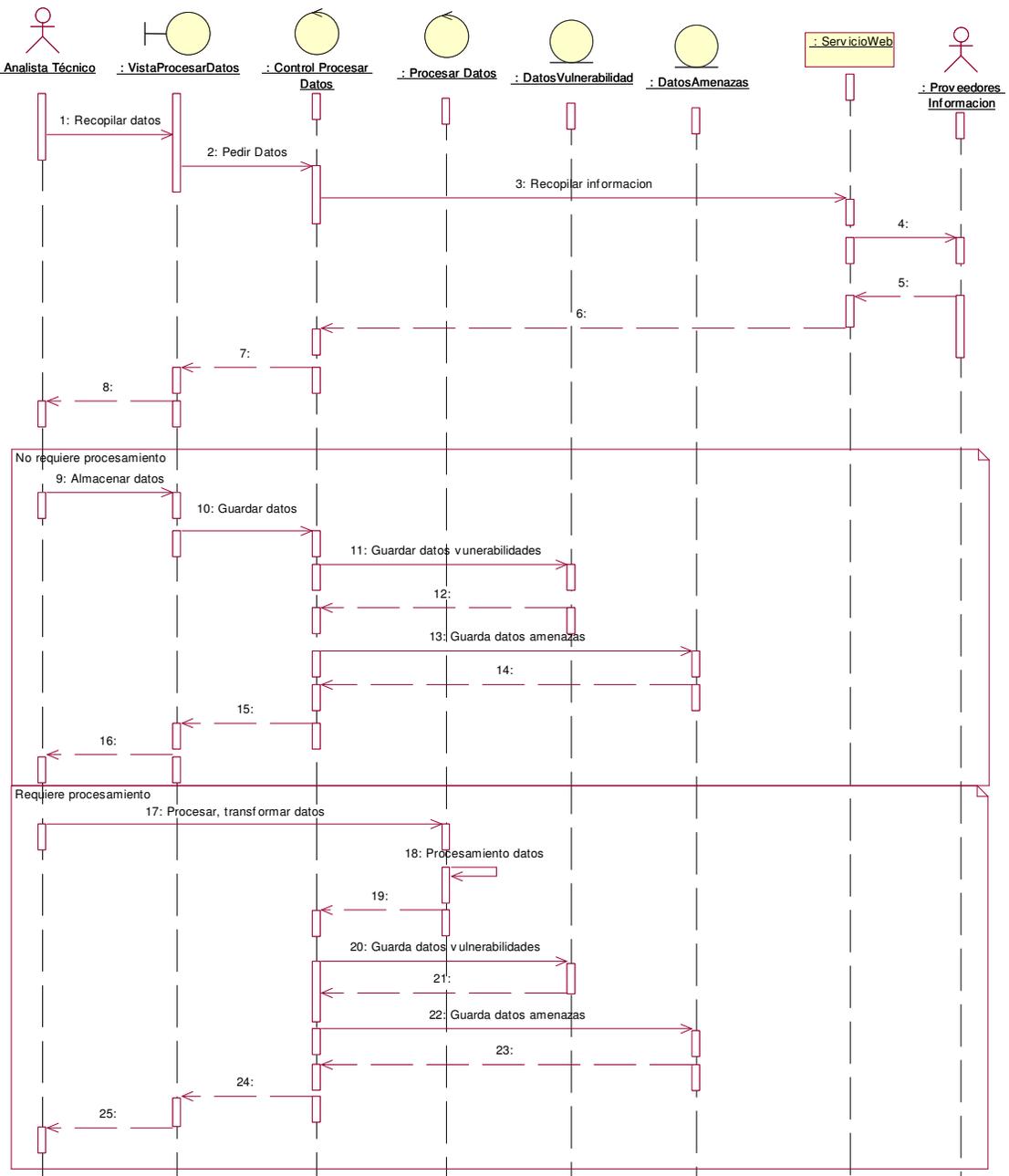
### 12.3.1 Realización – Preparación de Datos

La figura 39 muestra el diagrama de realización correspondiente al procesamiento de datos. Se puede observar que se tiene una clase *vista* que será la interfaz con el usuario, de la misma manera se cuenta con dos clases *controladoras* una de *datos*, que servirán para la interacción de los datos con otras entidades y la otra para ejecutar la lógica referida al procesamiento y/o transformaciones que se requieren realizar con los datos recopilados.

Por otro lado, se cuenta con 2 clases entity propias del sistema que almacenarán la información resultante de este proceso y que será utilizada en procesos posteriores.

La fuente de información para este paso se refiere a todas las entidades externas proveedoras de información tanto de amenazas como características asociadas a cada comuna que determine en nivel de vulnerabilidad asociado a estas. Para tal efecto, se apoyará en los servicios web otros mecanismos que permitan extraer los datos que se requieren para el análisis en cuestión.

Figura 39. Diagrama de Realización – Preparación de datos



Fuente: Elaboración propia

### 12.3.2 Realización – Evaluación de vulnerabilidad

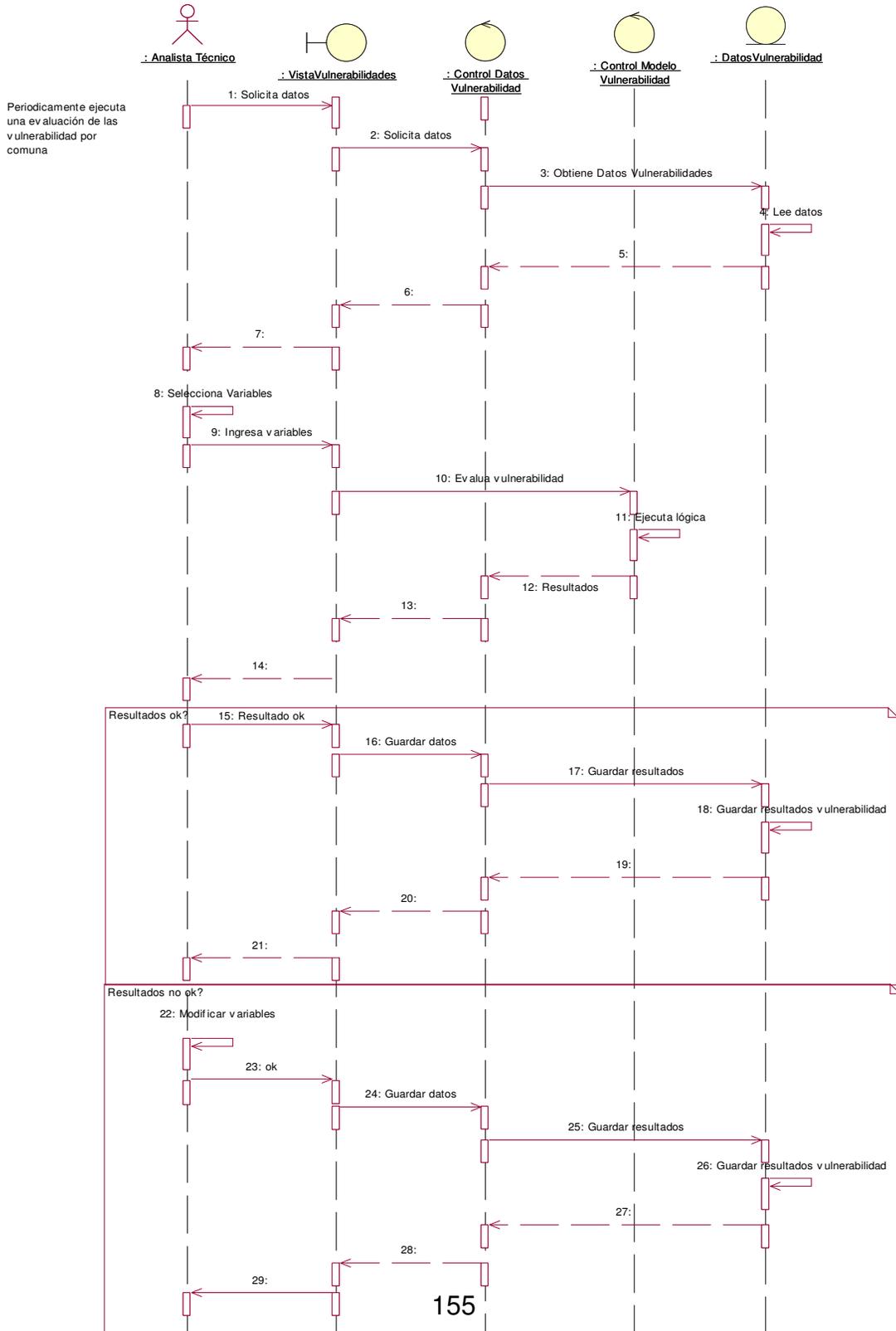
La figura 40 muestra el diagrama de realización para la evaluación de vulnerabilidad. Este diagrama es uno de los más complejos ya que involucra la ejecución de la lógica que determina el índice de vulnerabilidad.

Se puede observar que se tiene una clase *vista* que será la interfaz con el usuario, de la misma manera se cuenta con dos clases *controladoras* que servirán para la interacción de los datos con otras entidades y otra que específicamente se encarga de ejecutar la lógica de determinación del índice de vulnerabilidad.

Finalmente se cuenta con una clase *entity* que es propia del sistema. Esta clase, contiene información referente a los datos previamente procesados en un proceso anterior.

Quien inicia el proceso es el analista responsable a través de la recuperación de datos y selección de variables, posteriormente mediante el control *Modelo de vulnerabilidad*, ejecuta la lógica de vulnerabilidad la misma que puede ser almacenada o no dependiendo de si satisface sus requerimientos o e necesita de algún ajuste a las variables de entrada.

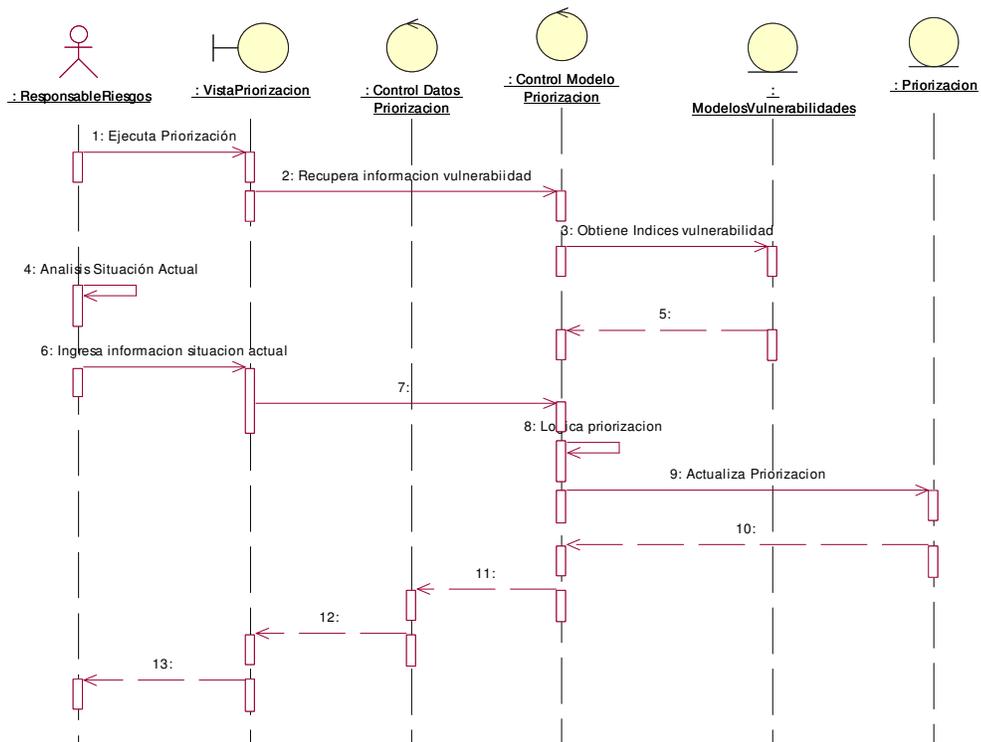
**Figura 40. Diagrama de Realización – Evaluación de vulnerabilidad**



### 12.3.3 Realización – Priorización de atención

Para el caso, Modelo de Priorización de atención, nuevamente se utilizó clases *boundary* vista para mostrar los resultados al usuario. El control *Modelo Priorización*, es quien en primera instancia recupera la información de riesgos para posteriormente ejecutar una priorización de la misma. Una vez ejecutada la lógica de priorización de riesgos el resultado es almacenado y traspasado por el mismo control a una interfaz la que finalmente muestra al usuario la información resultante.

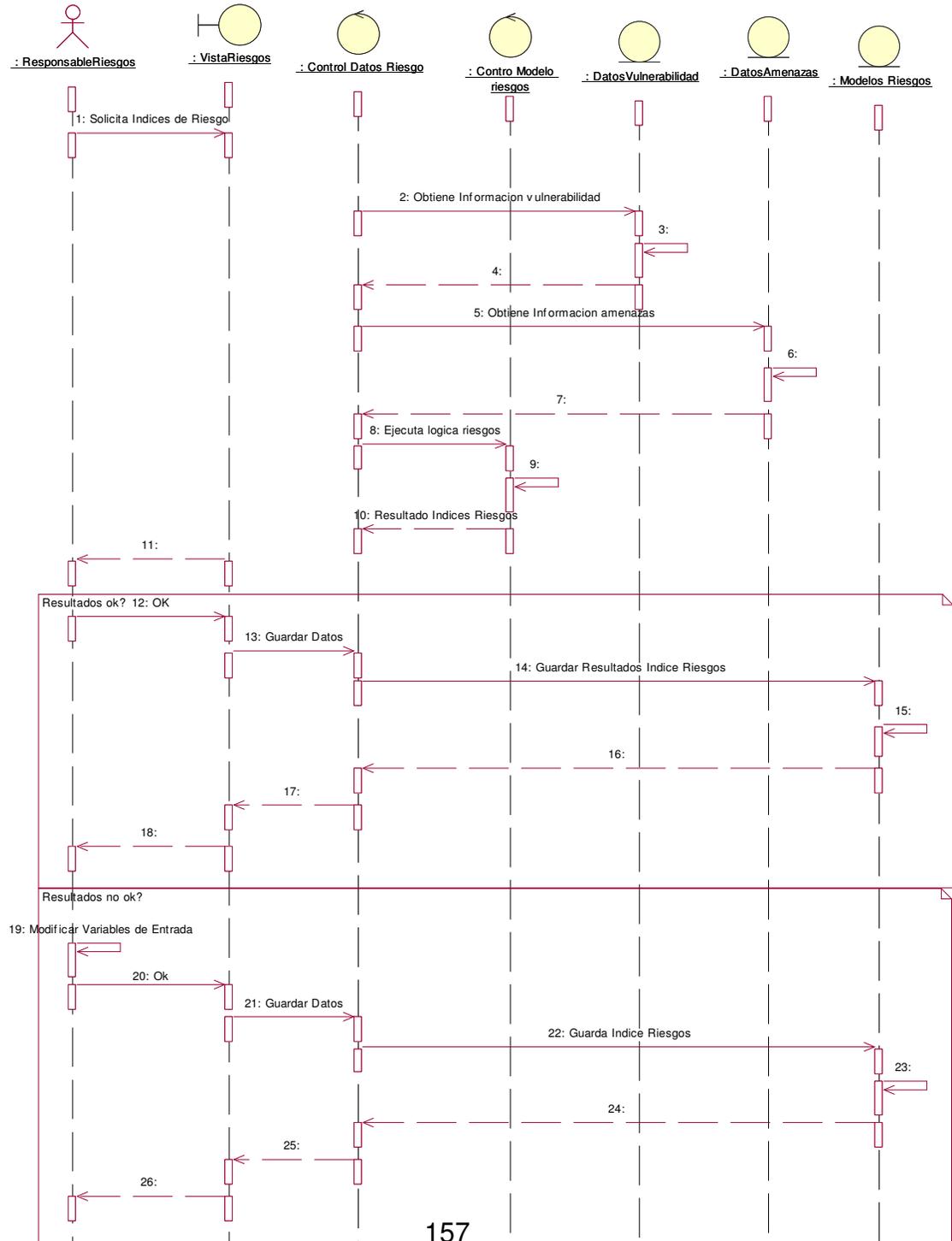
Figura 41. Diagrama de Realización - Priorización



Fuente: Elaboración Propia

### 12.3.4 Realización – Evaluación de Riesgos

Figura 42. Diagrama de Realización - Evaluar Riesgos



Para el escenario de evaluación de riesgos se utilizaron como en el caso anterior una clase *boundary o vista* de ingreso de datos y para mostrar los resultados al usuario. Las dos clases de *control de datos y control evalua riesgos*, permitirán recuperar información tanto de las amenazas como las vulnerabilidades almacenadas mediante en la etapa de procesamiento de datos descrita anteriormente.

Una vez ejecutada la lógica de evaluación de riesgos el resultado es almacenado si es que no se requiere algún tipo de ajuste o modificación a las variables de entrada siendo estos resultados almacenados en una entidad propia para el almacenamiento de los escenarios de evaluación de riesgos.

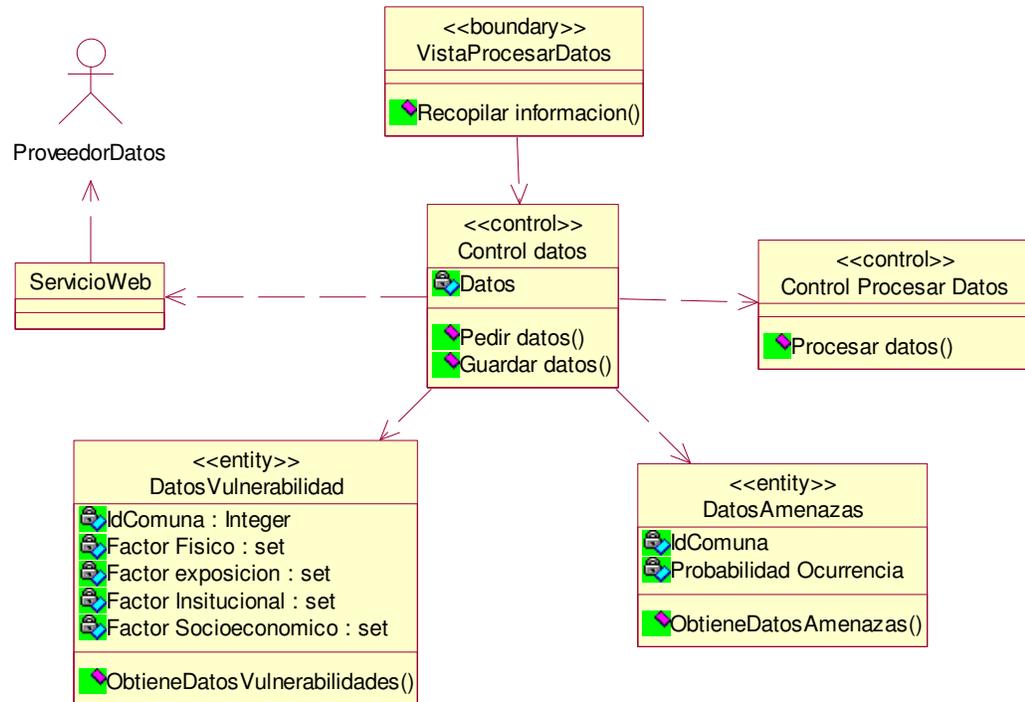
## **12.4 Diagramas de Clases**

El siguiente paso en el diseño del apoyo computacional, es el diagrama de clases lógico es el mismo que busca mostrar una coherencia de la interacción entre las clases utilizadas en el punto anterior.

### **12.4.1 Diagrama de Clases - Preparación de datos**

Este diagrama está compuesto por seis clases las que permiten recopilar información de proveedores externos y después de un procesamiento de los mismos, si es que fuera necesario, se almacena en la base de datos del sistema.

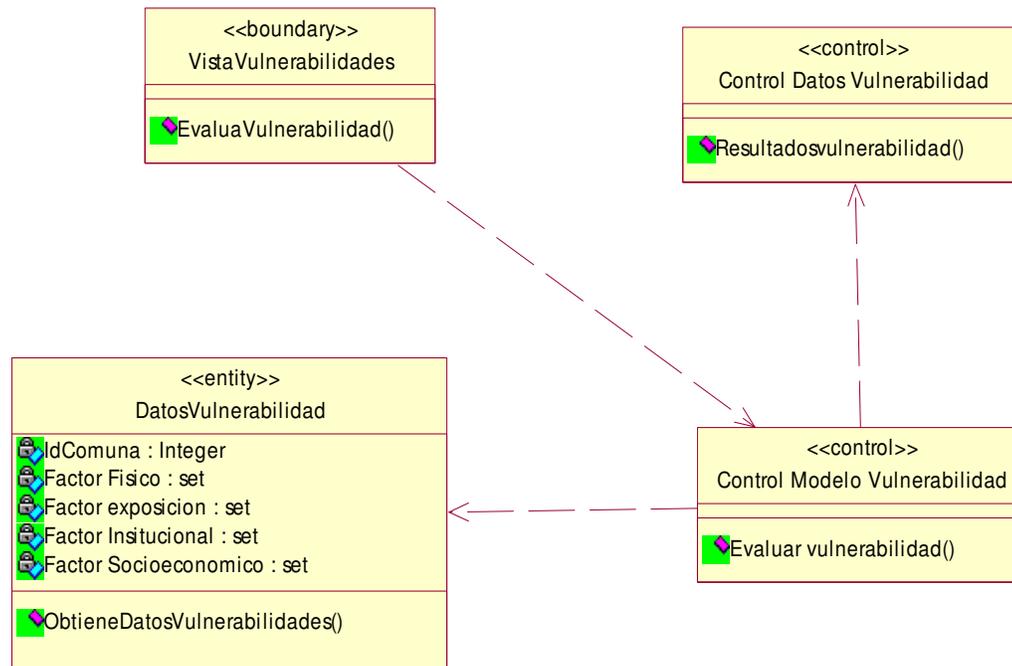
Figura 43. Diagrama de clases Preparación de datos



Fuente: Elaboración propia

## 12.4.2 Diagrama de Clases – Evaluación vulnerabilidad

Figura 44. Diagrama de Clases Lógico - Evaluación de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

### I. Vista

Clase que forma parte de la vista, mediante la cual el usuario puede interactuar con el sistema e ingresar información para poder realizar la lógica que determine la vulnerabilidad.

### II. Control datos

Clase que interactúa y controla las invocaciones entre clases del sistema y el usuario.

### III. Control Modelo Vulnerabilidad

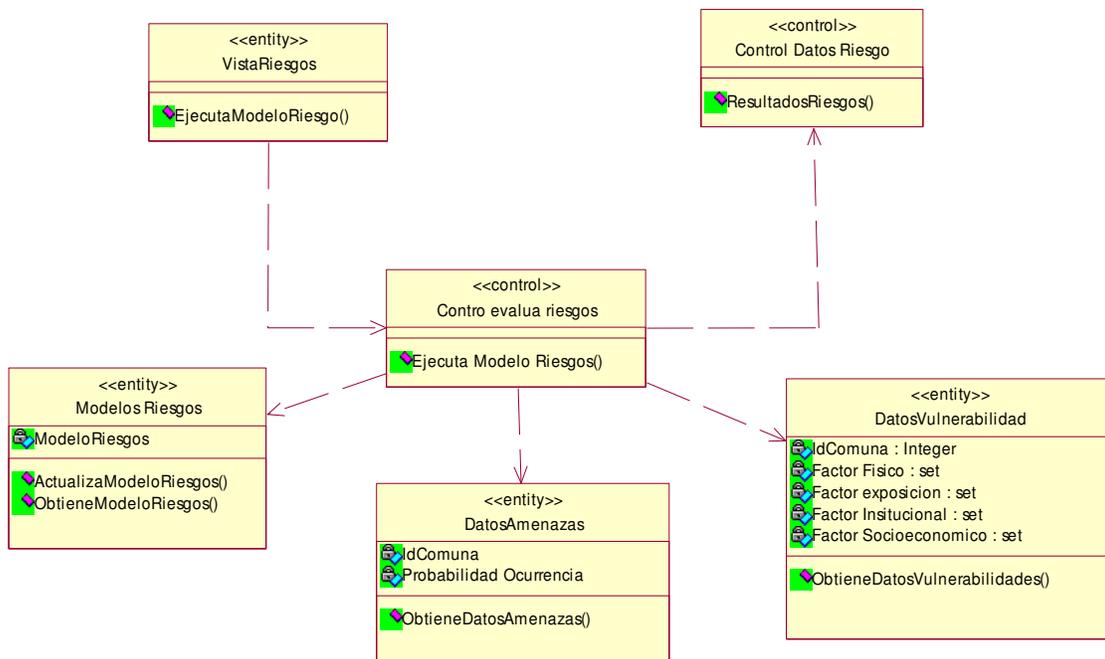
Clase de control que se encarga de ejecutar la lógica de determinación de vulnerabilidad en si para lo cual utiliza los datos almacenados en una etapa anterior. Por otro lado, una vez ejecutada la lógica de determinación de vulnerabilidad se almacena en esta clase la información de los resultados.

#### IV.Datos Vulnerabilidad

Clase diseñada para el almacenamiento de toda la información sobre las características y variables de las comunas. Se hace notar que esta clase es una abstracción de un conjunto de clases que serán detalladas en la etapa de diseño más adelante.

### 12.4.3 Diagrama de Clases – Ejecutar Modelo de Riesgos

Figura 45. Diagrama de Clases Lógico - Ejecutar Modelo de Riesgos



Fuente: Elaboración propia

I. Vista

Tal como se describió en el punto anterior esta clase permitirá interactuar al sistema con el usuario.

V. Control datos

Clase que interactúa y controla las invocaciones entre clases del del sistema.

II. Control Evalúa Riesgos

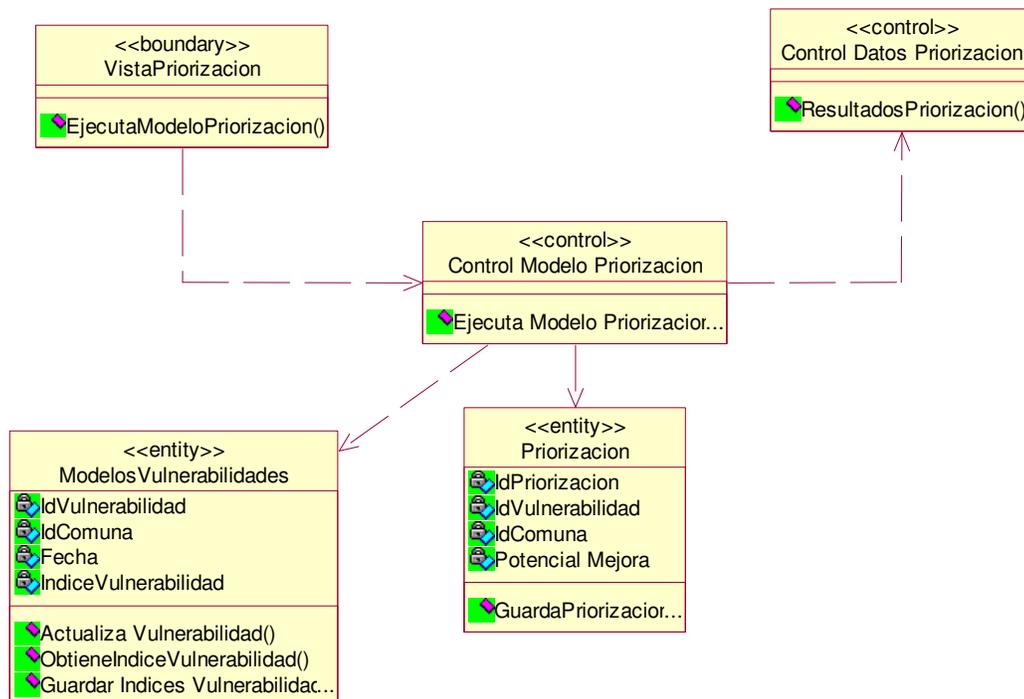
Clase de control que contiene métodos que permiten la ejecución del modelo de Riesgos, con la información tanto de vulnerabilidades como de amenazas, datos que son recuperados a través de las clases de *datos de vulnerabilidad* y *datos de amenazas*.

III. Modelos de Riesgos

Clase de modelo, que almacena información resultante de la ejecución de la evaluación de riesgos.

#### 12.4.4 Diagrama de Clases – Priorización

Figura 46. Diagrama de Clases Lógico - Ejecutar Modelo de Priorización



Fuente: Elaboración propia

##### I. Ejecuta Priorización

Clase de control que se encarga de ejecutar el proceso de priorización de riesgos, previamente realizada la evaluación de estos.

##### II. Modelo Vulnerabilidades

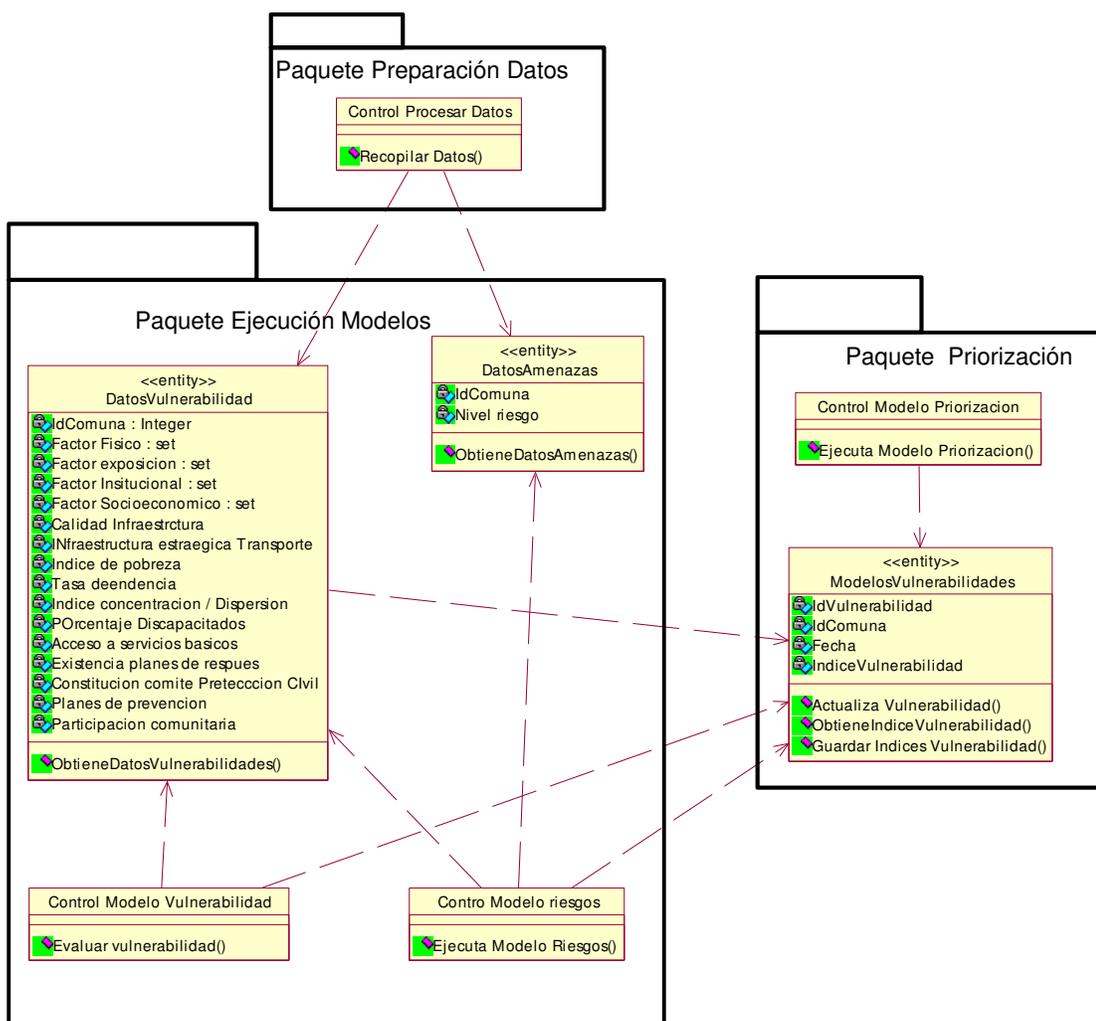
Clase de modelo, que almacena información del índice de vulnerabilidad por ámbito y variable a nivel comunal, la cual es utilizada para poder realizar la priorización correspondiente.

##### III. Datos Priorización

Clase de modelo, que almacena información sobre la priorización realizada.

## 12.5 Diagrama de Paquetes

Figura 47. Diagrama de paquetes



Fuente: Elaboración propia

El conjunto de clases se agruparon en 3 paquetes cuyas funcionalidades se describen a continuación.

I. Paquete Preparación de Datos

Este paquete permite al operador consumir datos de las entidades proveedoras de datos de los cuales almacenará los necesarios para posteriores análisis.

En este paquete existen clases controladoras que permiten acceder a los datos de los proveedores y de la misma manera existen clases controladoras que interactúan con las clases *entity*.

II. Paquete Ejecución de Modelos

Este paquete tiene la funcionalidad de ejecutar las lógicas de evaluación de la vulnerabilidad como de los riesgos para finalmente obtener los índices deseados por comuna.

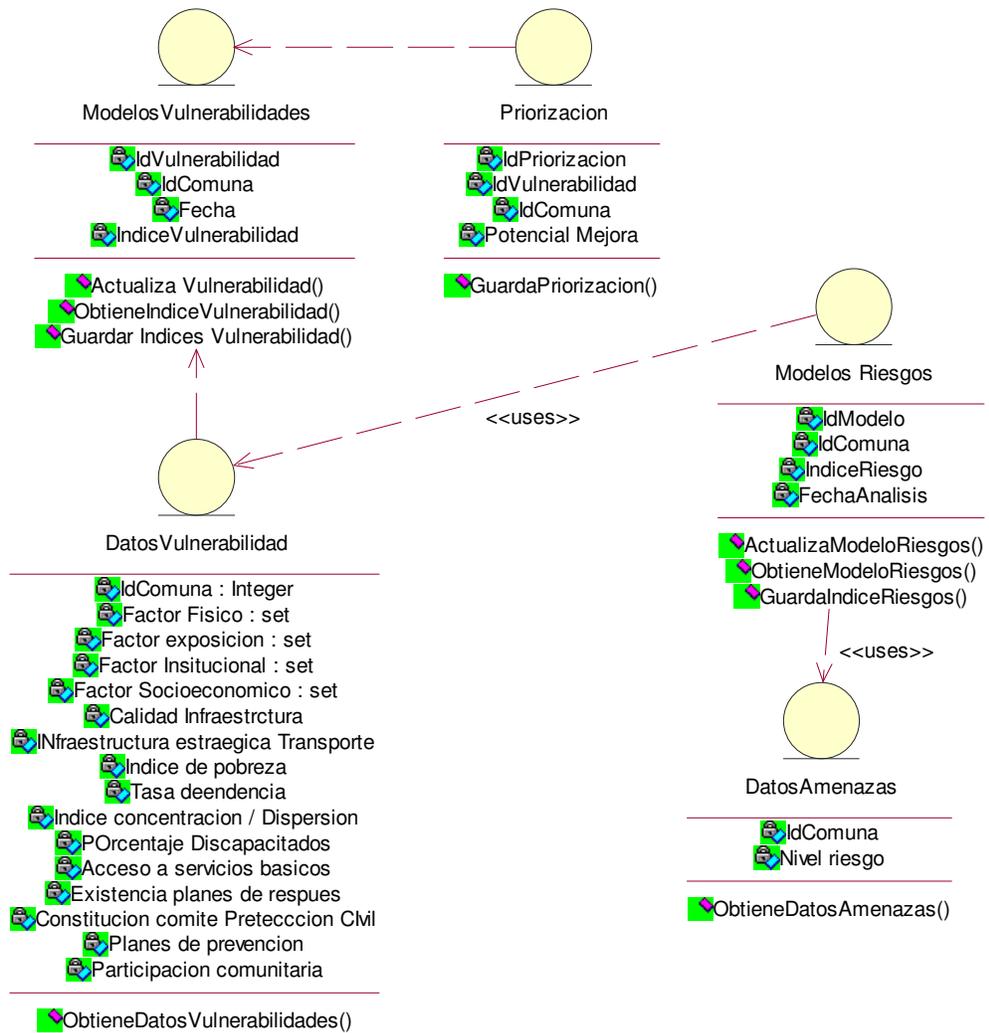
De la misma manera que el primer paquete, contiene clases controladoras que sirven de intermediarios entre el usuario y las clases de datos *entity*.

III. Paquete Priorización

El paquete de priorización, permite al usuario ejecutar la lógica de priorización de los resultados finales obtenidos a través de la evaluación de vulnerabilidad y situación actual de la zona en estudio; y también existen clases que orquestan todas las clases a la que accede.

## 12.6 Diagrama de Datos físico

Figura 48. Diagrama de datos físico



Fuente: Elaboración propia

El diagrama de datos físico permite visualizar la estructura necesaria para poder almacenar la información en Bases de Datos.

## **13. PRUEBA DE CONCEPTO**

Continuando con el desarrollo del proyecto, el siguiente paso está referido a la implementación del mismo. Sin embargo, en este caso se elaborará una prueba de concepto para la Oficina Regional de Emergencia de la Región de Tarapacá. La razón de esta opción se apoya en que, para su implementación se requiere obtener diferentes permisos y protocolos que están fuera del alcance del proyecto.

El objetivo de la prueba de concepto es mostrar que el procedimiento propuesto en el proyecto, efectivamente puede mejorar el diagnóstico en la evaluación del riesgo a través de la aplicación de un modelo jerárquico en la etapa de análisis de vulnerabilidad. Se hace notar que la etapa de evaluación es un paso previo e importante para hacer una gestión del riesgo (implementación de acciones) más apropiada.

### **13.1 Contexto de la prueba**

Entrando en el contexto de la prueba de concepto, se hace hincapié en que la prueba estará centrada en el proceso de evaluación de vulnerabilidad apoyado en el modelo jerárquico AHP<sup>41</sup> propuesto para este análisis.

La primera actividad está referida a la estimación del índice de vulnerabilidad que cuenta la región a nivel comunal a través de la metodología propuesta para lo cual se trabajó con las comunas de la Región de Tarapacá como unidad de análisis. Los antecedentes de la Región fueron descritos en detalle en el punto 3 del documento.

---

<sup>41</sup> Los resultados del modelo AHP se muestran en el capítulo 8 – Logica de modelización del índice de riesgo frente a sismos

Posteriormente se realiza una estimación de la situación actual en que se encuentra cada comuna en relación a la gestión de protección civil, es decir, si se tienen contempladas acciones o proyectos referidas a la prevención y respuesta ante un evento de sismos. La idea de esta actividad es, determinar si la comuna tiene conocimiento o conciencia de los puntos en los que es más vulnerable (de acuerdo a las acciones que realiza) y si a esta situación se suma la presencia de alguna amenaza en particular a la que está expuesta, determinar si está preparada para enfrentarla.

Lamentablemente, el acceder y contar con la información de todas las comunas involucradas significan un costo de tiempo y recursos muy altos, razón por la que se trabajó con información secundaria en la mayoría de los casos. Las fuentes de información consultadas se mencionan a continuación:

- Consultas a través de encuestas al Director Regional ONEMI <sup>42</sup>
- Planes de desarrollo comunales
- Sitios web oficiales de la municipalidad de cada comuna
- Planes de emergencia regional
- Datos del Sistema Nacional de Información Municipal SINIM <sup>43</sup>

Para poder determinar la situación actual de cada comuna se consideró las siguientes premisas a) Si existen planes, proyectos o acciones que estén directamente relacionadas con alguna de las variables que fueron utilizadas para la estimación de la vulnerabilidad; y b) si la comuna cuenta con indicadores favorables que indiquen que tiene abordado o resuelto en gran medida el problema. Esto fue evaluado en una escala de uno a tres entendiendo al puntaje tres como favorable es decir, que sí cuenta con

---

<sup>42</sup> Sr. Mario Hernández – Director Regional ONEMI - Región de Tarapacá

<sup>43</sup> <http://www.sinim.gov.cl>

proyectos o la comuna tiene abordado el problema que se está evaluando; el valor dos expresa que tiene parcialmente abordado el problema y uno representa una situación desfavorable, es decir que no tiene cubierto ni se cuentan con acciones para poder resolver el problema. En el anexo F se detalla el procedimiento en detalle para cada comuna.

Como siguiente paso y teniendo la situación actual de cada comuna se determinó el valor potencial de mejora como resultado de la brecha existente, entre una situación ideal (favorable) versus la situación actual combinado con el peso (resultado del modelo AHP) asociado a cada variable.

Sin embargo los ámbitos que conciben un mayor valor potencial de mejora no necesariamente son los de mayor prioridad al momento de ser abordados, deduciéndose esto, mediante la incorporación a este análisis los resultados de la vulnerabilidad previamente estimados.

De esta manera se puede tener una mejor visión acerca de, si el enfoque de las acciones que se están ejecutando o se tienen planificadas son por un lado, las que mayor valor aportan para la mitigación de la vulnerabilidad y por otro, de acuerdo a la prioridad deducida, las autoridades pueden tener una idea clara dónde enfocar las acciones de prevención y respuesta.

## **13.2 Tratamiento de los datos**

Al contar con datos de diferentes fuentes, se requirió un procesamiento previo de la información para obtener con una misma escala. Se aplicó los métodos ya descritos en el capítulo de Metodología y restricciones metodológicas para el tratamiento de los datos.

Para una mejor comprensión del análisis de los datos, se trabajará en base a la lógica que, a mayor valor dentro del ámbito de estudio de cada variable,

corresponde a una condición desfavorable respecto a la vulnerabilidad. Por el contrario, mientras menor sea el valor obtenido corresponderá a una condición favorable. En términos cuantitativos uno corresponde a una alta vulnerabilidad y cero a baja vulnerabilidad.

El procesamiento se describe en detalle en el Anexo E – Tratamiento de los datos.

### **13.3 Evaluación de la vulnerabilidad**

Una vez realizado el tratamiento y/o transformación de las variables, se procedió a estimar el índice de vulnerabilidad. A continuación y para efectos de una mejor comprensión, se muestra el resumen de las variables seleccionadas para el análisis junto con la ponderación dada por el modelo AHP. (Vienen del punto 8).

**Tabla 13 – Resumen de las variables a analizar**

Resultados de los ponderadores para el análisis de vulnerabilidad						
Criterio	Ponderación criterio		Indicador	Ponderación indicador %	Ponderación Total indicador %	
<b>Institucional</b>	35%	Inst	Constitución y coordinación del Comité de Protección Civil	30%	11%	
			Existencia Plan de respuesta ante emergencias.	24%	8%	
			Proyecto y/o medidas de prevención ante sismos aprobado/ejecutado.	25%	9%	
			Programa de participación comunitaria	11%	4%	
			Existencia de Catastro de recursos	10%	4%	
<b>Exposición</b>	30%	TD	Tasa dependencia	59%	15%	
			Disc	Porcentaje Discapacitados	30%	8%
			Disp	Índice Concentración/Dispersión	11%	3%
<b>Socioeconómico</b>	20%	Pob reza	Índice de Pobreza	53%	13%	
			Acc Ser	Índice de cobertura servicios básicos – agua	29%	5%
			Con ec	Índice de conectividad Comunicacional	18%	2%
<b>Físico</b>	15%	Cali d	Indicador de Calidad de Vivienda	71%	9%	
			InfE st	Nivel de Infraestructura estratégica de transportes	29%	4%
<b>Total</b>	100%				100%	

Fuente: Elaboración propia en base a criterio de expertos (Modelo AHP)

### 13.3.1 Estimación del Índice de vulnerabilidad

Para la estimación del índice de vulnerabilidad se utilizó la fórmula ya descrita en la lógica de negocio (punto 8) pero para efectos prácticos, se recuerda a continuación:

$$Indice(v) = W_1FI + W_2FE + W_3FS + W_4FF$$

Los intervalos definidos para la categorización de los resultados son los siguientes:

**Tabla 14. Intervalos definidos evaluación del riesgo**

Categoría	Intervalos
Baja	0.000 - 0.250
Media	0.251 - 0.500
Alta	0.501 - 0.750
Critica	0.751 - 1.000

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos después del tratamiento de datos para cada variable fueron los siguientes:

**Tabla 15. Datos asociados a cada comuna por variable**

Código	Nombre Comuna	Inst	TD	Disc	Disp	Pobr	AccSer	Conec	Calid	InfEst
1405	Pica	0.742	0.135	0.016	0.243	0.065	0.448	0.286	0.321	0.220
1402	Camiña	0.742	0.275	0.016	1.000	0.116	0.926	0.857	0.539	0.378
1403	Colchane	0.677	0.240	0.045	1.000	0.346	0.800	0.857	0.559	0.537
1404	Huara	0.742	0.258	0.037	1.000	0.069	0.792	0.714	0.534	0.147
1401	Pozo Almonte	0.677	0.186	0.022	0.335	0.055	0.593	0.429	0.273	0.112
1101	Iquique	0.032	0.192	0.017	0.020	0.060	0.151	0.143	0.238	0.014
1107	Alto Hospicio	0.097	0.206	0.015	0.020	0.170	0.179	0.143	0.331	0.058

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo la lógica propuesta, una vez obtenido los datos bajo una misma escala se aplicó la relación de la fórmula de la vulnerabilidad para

lo cual se utilizaron los pesos establecido por los expertos. A manera de ejemplo se muestra el resultado de la comuna de Pica.

Para cada factor se realiza:

*Factor Exposición (Pica)*

$$= (0.135 * 0.17) + (0.016 * 0.11) + (0.243 * 0.03) = 0.032$$

Se hace notar que cada factor de la fórmula hace referencia de la vulnerabilidad por cada variable. Estos resultados se muestran en adelante en el análisis a detalle por comuna.

Una vez obtenido el resultado a nivel de factor se suman estos, tal como se muestra a continuación:

$$Vulnerabilidad (Pica) = 0.260 + 0.032 + 0.056 + 0.038 = 0.385$$

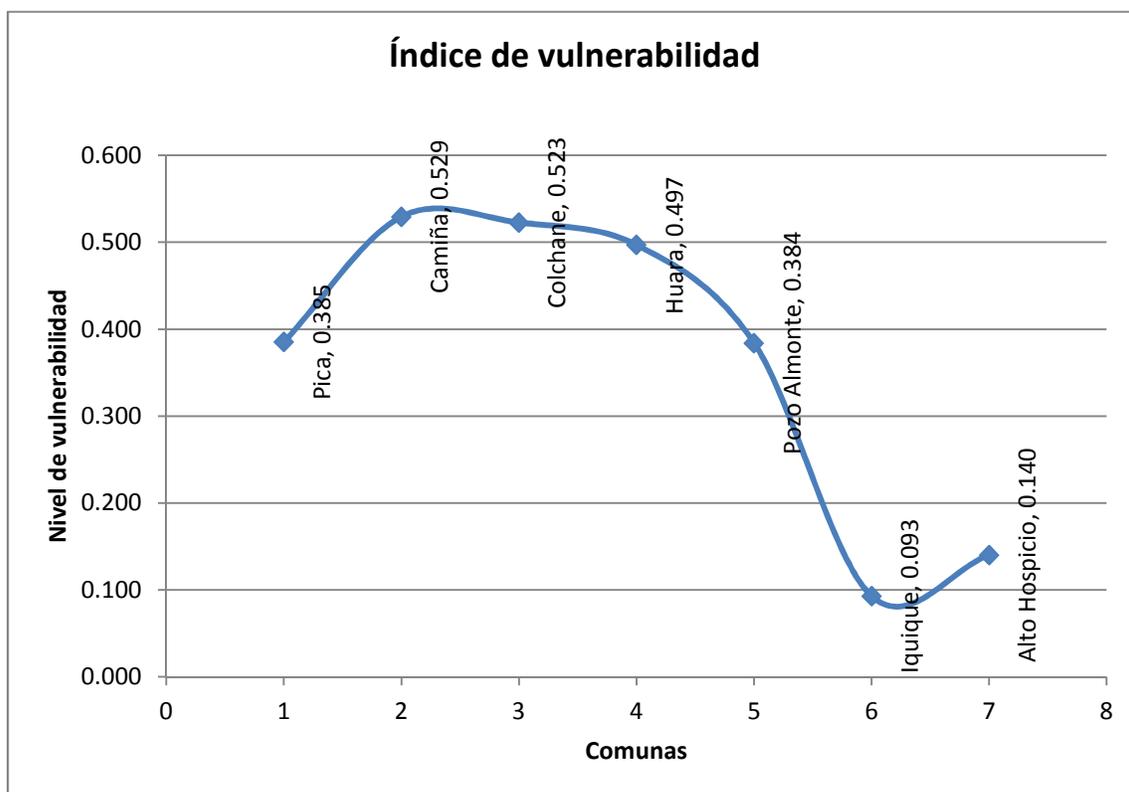
El resumen de la vulnerabilidad obtenida a nivel de criterios o factores, se muestra en el cuadro a continuación:

**Tabla 16. Resultados a nivel de factores**

Código	Nombre Comuna	FI	FE	SE	FF	Vulnerabilidad	Categoría
1405	Pica	0.260	0.032	0.056	0.038	0.385	MEDIA
1402	Camiña	0.260	0.079	0.127	0.064	0.529	ALTA
1403	Colchane	0.237	0.076	0.138	0.072	0.523	ALTA
1404	Huara	0.260	0.078	0.105	0.054	0.497	MEDIA
1401	Pozo Almonte	0.237	0.044	0.074	0.029	0.384	MEDIA
1101	Iquique	0.011	0.035	0.025	0.022	0.093	BAJA
1107	Alto Hospicio	0.034	0.037	0.037	0.032	0.140	BAJA

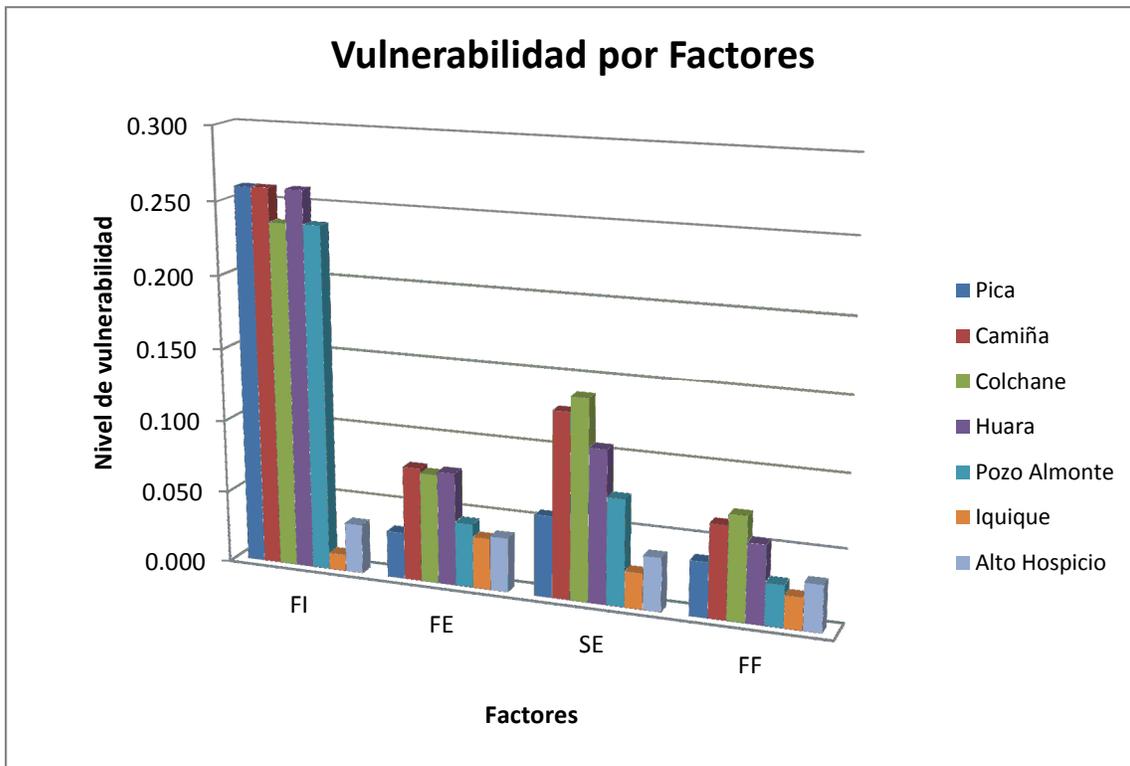
Fuente: Elaboración propia

Figura 49 Índice de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia

**Figura 50. Variación de los factores de la vulnerabilidad**



Fuente: Elaboración propia

### 13.3.2 Comentarios generales de los resultados de vulnerabilidad

Analizando los resultados obtenidos con más de detalle, se puede observar que a nivel Institucional se tiene un avance positivo, esta situación, se produce a causa del evento del 27 de febrero de 2010, que alertó a la Institucionalidad y autoridades sobre el estado de la gestión del riesgo ante terremotos de magnitudes considerables. A partir de este evento, fueron estableciéndose diferentes políticas y normativas de prevención.

En la figura 50 claramente se ve la influencia positiva del factor *Institucional* (Gestión de protección civil) dentro del modelo.

En todos los casos el factor Socioeconómico (SE) es el que aporta mayor valor con respecto a la generación de condiciones inseguras, en términos generales la comuna de Colchane es la presenta mayor índice de pobreza la que por su misma naturaleza esta situación la hace más vulnerable.

Respecto al factor Exposición, y entrando en detalle a este factor (recordando que su composición está dada por las variables: Tasa de dependencia, % de discapacitados e índice de dispersión/concentración); desde un punto de vista de movilidad, como ser la evacuación de las personas frente a un terremoto, es posible incorporar en los planes de Respuesta comunales la identificación por un lado de establecimientos críticos como hogares de ancianos, jardines infantiles o escuelas de discapacitados, entre otros y además establecer acciones de prevención.

Como primera apreciación, en el factor Físico, es necesario hacer notar que en la zona Norte de la Región, prácticamente las comunas de Colchane, Camiña y Huara donde los valores de vulnerabilidad son más altos, es decir, tienen un gran porcentaje de viviendas deficitarias, a diferencia de las comunas en la zona sur que presentan un mayor porcentaje de viviendas con condiciones buenas, en este caso se destacan las comuna de Iquique y Pozo Almonte. Una variable que aporta al cálculo de este factor está dado por la infraestructura estratégica de transportes la misma que destaca a la comuna de Iquique por tener un valor favorable, ya que al ser capital provincial cuenta con todos los servicios de acceso a aeropuertos, aeródromos, caminos, etc. Las comunas de Colchane, Camiña y Pica son las comunas que tienen un mayor valor negativo en esta variable sumando la vulnerabilidad de estas comunas.

La **vulnerabilidad en general** de la Región indica que las comunas de Colchane y Camiña ambas localizadas en la zona extrema de la capital

presentan un nivel de vulnerabilidad ALTO, seguidas de las comunas de Huara, Pica, y Pozo Almonte que presentan un índice de vulnerabilidad MEDIO y siendo las comunas más privilegiadas Iquique y Alto Hospicio con un índice BAJO. Cabe recalcar que esta situación está dada en gran medida por la concentración de la mayor parte de población urbana en la zona y en gran medida también al fortalecimiento que se ha venido haciendo en la Gestión de Protección Civil por estar en una zona costera.

### **13.3.3 Análisis de la Situación actual**

La siguiente etapa, después de haber obtenido el índice de vulnerabilidad, se refiere al análisis de la situación actual de la zona de estudio. Para ello se analizó por cada variable definida en estudio, si la comuna en estudio cuenta con indicadores favorables que signifique tener resuelto el problema en gran medida o si ha sido, está siendo o se tiene planificado abordar la problemática a través de la definición de algún proyecto durante los últimos dos años. Pese a que la Región de Tarapacá y Chile en general tienen desarrollada una cultura sísmica, queda en evidencia que aún se tiene un enfoque reactivo más que preventivo, circunstancia que lleva a una priorización de acciones implícita y en ocasiones improvisadas en las que se observa la ausencia de fundamentos científicos válidos de planificación para poder reducir la vulnerabilidad.

Con estas consideraciones, se situó al analista en la gestión actual suponiendo que desea determinar cuál es la situación hasta el año 2011, para esto se consideró las fuentes de información detalladas en el contexto del presente capítulo.

Explicando en detalle el significado de cada columna, tomando como ejemplo la comuna de Iquique y asumiendo la misma interpretación para el resto de las comunas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 17. Análisis de la Comuna de Iquique**

IQUIQUE						
FACTORES	$W_f$ (AHP)	Variables	$W_i$ (AHP)	Situación actual	Brecha	Potencial de mejora
Factor Institucional	35%	CC	11%	1,00	0,00	0,00%
		PE	8%	1,00	0,00	0,00%
		PP	9%	1,00	0,00	0,00%
		PC	4%	0,50	0,50	5,25%
		CR	4%	0,00	1,00	10,50%
Factor Exposición	30%	TD	17%	0,50	0,50	8,25%
		Disc	11%	0,00	1,00	10,50%
		Disp	3%	1,00	0,00	0,00%
Factor Socioeconómico	25%	Pobreza	9%	0,50	0,50	4,50%
		AccSer	8%	1,00	0,00	0,00%
		Conec	5%	1,00	0,00	0,00%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	1,00	0,00	0,00%
		InfEst	4%	1,00	0,00	0,00%
<b>Total</b>			<b>100%</b>			

Fuente: Elaboración propia en base a criterio de expertos

En la columna  $W_i$  se detalla el peso que cada variable tiene, esto como resultado del modelo jerárquico AHP.

La columna de situación actual contiene los resultados de la evaluación que se le dio a la comuna por cada variable analizada. (Se recuerda que fue medida bajo una escala de 1 a 3 siendo 3 el valor óptimo o que tiene gran

parte del problema resuelto, 2 que se encuentra parcialmente resuelto y 1 situación desfavorable). Los resultados se muestran normalizados.

Una vez obtenida en qué situación se encuentra la comuna a nivel variable, es posible determinar la brecha susceptible de mejora. Dicho en otras palabras, cuánto falta por mejorar para llegar a una situación óptima o favorable. Estos valores se muestran en la columna *Brecha*.

La última columna refleja el valor potencial de mejora dada por la relación que existe entre la brecha (a mejorar) y la importancia asociada a cada variable definido por el peso estipulado por los expertos (Modelo AHP). Haciendo un simple ranking de los resultados se puede identificar cuál es la o las variables que mayor valor aporta al momento de mejorar la situación de la comuna.

Con estos resultados tenemos identificados la situación actual de la comuna por cada ámbito analizado y el valor potencial de mejora que cada uno significa. Si se considera solamente este aspecto para la priorización de acciones, es posible que las decisiones tomadas se encuentren fuera de lugar debido a que no se está considerando la vulnerabilidad que la comuna presenta frente al problema en cuestión. Por ejemplo, es posible que el valor de *potencial de mejora* sea alto en la variable *Catastro de Recursos (CR)*, sin embargo la vulnerabilidad asociada a ese ámbito es baja disminuyendo su valor de prioridad en gran medida esto en relación a las demás variables. En resumen, este es el aporte fundamental que se obtiene a través de la aplicación del modelo, además de la estimación del nivel de vulnerabilidad poder identificar si las acciones que se están ejecutando son las correctas o se encuentran bien enfocadas. Esto se muestra en el siguiente acápite.

#### **13.3.4 Capacidad de diagnóstico a través del modelo**

Para efectos de ilustración acerca de la mejora en la capacidad de diagnóstico y priorización a través del modelo propuesto se seleccionaron dos comunas: Una que presente el menor índice de vulnerabilidad y la otra con el mayor índice de vulnerabilidad; para tal efecto se describe los resultados de las comunas de Iquique y Colchane. El análisis de las comunas restantes se muestra en el Anexo G.

El cuadro muestra el resumen del análisis de la situación actual más otras 2 columnas que se añadieron: *Vulnerabilidad* y *Prioridad de atención*.

La columna de *vulnerabilidad* que describe el nivel de vulnerabilidad asociado a cada variable, resultado obtenido después de realizar la fase de estimación del índice vulnerabilidad, expuesto en el punto 13.3.1. En el caso del *Factor Institucional* se muestra valor global (se recuerda que este factor fue medido en conjunto para todas las variables bajo el método binario).

Tal como se mencionó en el punto previo, si bien se obtuvo el *valor potencial de mejora* como resultado de la relación entre la brecha y el peso asociado por expertos, no significa que la prioridad al momento de tomar atención en cada ámbito esté definida por ese dato. Para determinar *la prioridad de atención* real de cada variable, será necesario considerar el análisis de la situación actual (Qué se está haciendo por cada variable) y además, tomar en cuenta el nivel de vulnerabilidad específico que cada variable tiene asociado. Nuevamente, mediante un ranking de estos resultados es posible ver la prioridad en la que deben ser atendidas cada ámbito o problemática. Esto se observa en la columna *prioridad de atención*.

Este análisis permite al analista, tener una visión clara de los ámbitos a los cuales debe enfocarse las acciones de gestión preventiva que ayuden a

mitigar la vulnerabilidad a la que se encuentran expuestos y los efectos adversos ante un evento de desastre.

En los cuadros siguientes, se describe el análisis para las comunas de Iquique y Colchane.

**Tabla 18. Análisis de Comuna Iquique**

IQUIQUE							
FACTORES	Variables	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulnerabilidad	Situación actual	Brecha	Valor potencial de mejora	Prioridad de atención
Factor Institucional	CC	11%	1.13%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
	PE	8%		1,00	0,00	0,00%	0,00%
	PP	9%		1,00	0,00	0,00%	0,00%
	PC	4%		0,50	0,50	5,25%	2,43%
	<b>CR</b>	<b>4%</b>		<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>10,50%</b>	<b>3,44%</b>
Factor Exposición	<b>TD</b>	<b>17%</b>	<b>3.16%</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>8,25%</b>	<b>5,11%</b>
	<b>Disc</b>	<b>11%</b>	<b>0.18%</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>10,50%</b>	<b>1,38%</b>
	Disp	3%	0.06%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
Factor Socioeconómico	Pobreza	9%	0.54%	0,50	0,50	4,50%	1,56%
	AccSer	8%	1.21%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
	Conec	5%	0.71%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
Factor Físico	Calidad	9%	2.18%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
	InfEst	4%	0.06%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>0.092</b>				

Fuente: Elaboración propia

La situación actual de Iquique, refleja en gran medida valores positivos o favorables al municipio, esto se debe probablemente a que por ser capital de provincia cuenta con una gran cantidad de servicios cubiertos; si a esto se añade el conocimiento a priori de la ocurrencia de un terremoto en un futuro próximo, por lo tanto, se ha venido ejecutando diferentes acciones y proyectos que ha ido fortaleciendo a la institucionalidad.

Se observa que las variables que presentan un gran potencial de mejora (debido a que no se encuentran cubiertas en la actualidad o no están siendo atendidos) son *Catastro de Recursos (CR)* y la variable *Nivel de discapacidad (DISC)* ambas con un valor de 10.50% de potencial de mejora, seguidos por la variable *Tasa de Dependencia (TD)* con un valor del 8,25%; Sin embargo, si se observa los resultados de la columna *Prioridad de atención*, para las mismas variables se tienen los valores de 3,44%; 1,38% y 5,11% respectivamente, situación que ubica a la variable *Tasa de Dependencia* como prioritaria frente a las demás.

El análisis anterior, lleva a la conclusión que las acciones que se están ejecutando están fuera de lugar probablemente debido a una priorización implícita sin considerar mecanismos ni instrumentos de planificación. Los resultados de la priorización se observa mediante un ranking en orden ascendente de la columna *prioridad de atención*.

Se recuerda, que la selección de las variables para el análisis de la vulnerabilidad fue sujeta al evento en estudio que son los sismos. Por lo tanto el que la variable *tasa de dependencia (TD)* tenga un valor alto en relación a las demás, podría dar a entender que las autoridades deben tener alerta para este ámbito debido al alto índice relevante de ancianos y niños con los que cuenta la comuna a través de acciones específicas para este segmento de la población. Queda claro que la decisión en última instancia depende de la experticia del analista apoyado en los resultados obtenidos.

Finalmente, se hace notar que, los resultados con valor cero no significan que los demás ámbitos no sean atendidos a través de proyectos, sino que son variables que cuentan con una situación favorable o con mayor ventaja frente a las demás.

En la tabla se muestra el resumen del valor potencial de mejora vs la prioridad de atención, donde se puede visualizar que no necesariamente las variables con mayor valor potencial de mejora son las que son de prioridad en la atención.

**Tabla 19. Variables Comuna Iquique**

<b>IQUIQUE</b>			
Descripción Indicador		Valor potencial de mejora	Prioridad de atención
Tasa dependencia	<i>TD</i>	<b>8,25%</b>	<b>5,11%</b>
Existencia de Catastro de recursos	<i>CR</i>	<b>10,50%</b>	<b>3,44%</b>
Programa de participación comunitaria	PC	5,25%	2,43%
Índice de Pobreza	Pobreza	4,50%	1,56%
Porcentaje Discapacitados	<i>Disc</i>	<b>10,50%</b>	<b>1,38%</b>
Constitución y coordinación del Comité de Protección Civil	CC	0,00%	0,00%
Existencia Plan de respuesta ante emergencias	PE	0,00%	0,00%
Proyecto y/o medidas de prevención ante sismos aprobado/ejecutado.	PP	0,00%	0,00%
Índice Concentración/Dispersión	Disp	0,00%	0,00%
Índice de cobertura servicios básicos – agua	AccSer	0,00%	0,00%
Índice de conectividad Comunicacional	Conec	0,00%	0,00%
Indicador de Calidad de Vivienda	Calidad	0,00%	0,00%
Nivel de Infraestructura estratégica de transportes	InfEst	0,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la comuna de Colchane, los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 20. Análisis Comuna Colchane**

COLCHANE								
FACTORES	W <sub>x</sub> (AHP)	Variables	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulnerabilidad Actual	Situación Actual	Brecha por mejorar	Valor potencial de mejora	Prioridad de Atención
Factor Institucional	35%	CC	11%	23,71%	0.50	0.50	5.25%	11.68%
		PE	8%		0.50	0.50	4.20%	10.44%
		PP	9%		0.00	1.00	8.75%	15.07%
		PC	4%		0.50	0.50	1.93%	7.07%
		CR	4%		0.00	1.00	3.50%	9.53%
Factor Exposición	30%	TD	17%	3,97%	0.00	1.00	16.50%	8.09%
		Disc	11%	0,47%	0.00	1.00	10.50%	2.22%
		Disp	3%	3,00%	0.00	1.00	3.00%	3.00%
Factor Socioeconómico	25%	Pobreza	9%	3,11%	0.00	1.00	9.00%	5.29%
		AccSer	8%	6,40%	0.00	1.00	8.00%	7.16%
		Conec	5%	4,29%	0.00	1.00	5.00%	4.63%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	5,11%	0.00	1.00	9.15%	6.84%
		InfEst	4%	2,25%	0.00	1.00	4.20%	3.08%
Total			100%	0,523				

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se puede ver que las tres variables TD (Tasa de dependencia) con un 16.50%, Disc (*Nivel de discapacidad*) con un 10.50% y *calidad* de vivienda son las que mayor valor potencial de mejora presentan, sin embargo la prioridad de atención debería estar enfocada a la planificación e implementación de planes de prevención ante sismos representado por la variable *PP* con un nivel de importancia del 15.07%, seguido de la

constitución del Comité Comunal en Gestión de Protección Civil representada por la variable CC con un valor de 11,68% , la definición de un plan comunal de respuesta ante emergencia ante desastres con un 10.44%, y los demás ámbitos siguiendo el orden de prioridad de las demás variables.

**Tabla 21. Comuna Colchane**

<b>COLCHANE</b>			
Descripción Indicador		Valor potencial de mejora	Prioridad de Atención
Proyecto y/o medidas de prevención ante sismos aprobado/ejecutado.	PP	8.75%	15.07%
Constitución y coordinación del Comité de Protección Civil	CC	5.25%	11.68%
Existencia Plan de respuesta ante emergencias	PE	4.20%	10.44%
Existencia de Catastro de recursos	CR	3.50%	9.53%
Tasa dependencia	TD	16.50%	8.09%
Índice de cobertura servicios básicos – agua	AccSer	8.00%	7.16%
Programa de participación comunitaria	PC	1.93%	7.07%
Indicador de Calidad de Vivienda	Calidad	9.15%	6.84%
Índice de Pobreza	Pobreza	9.00%	5.29%
Índice de conectividad Comunicacional	Conec	5.00%	4.63%
Nivel de Infraestructura estratégica de transportes	InfEst	4.20%	3.08%
Índice Concentración/Dispersión	Disp	3.00%	3.00%
Porcentaje Discapacitados	Disc	10.50%	2.22%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente hace notar que la efectividad del modelo depende mucho de la selección de variables, los datos con que se cuente y de una evaluación concienzuda de la situación actual, ya que como se demostró mediante la prueba de concepto, no solo es posible determinar la brecha a mejorar en

cada ámbito, sino visualizar las áreas prioritarias de atención a través del modelo propuesto.

La siguiente etapa, dentro del proceso de evaluación del riesgo, está referida a su estimación agregando la variable amenaza al modelo. Esta fase fue realizada son entrar en detalles ni en mayor profundidad, debido a que el estudio se centra en la etapa de vulnerabilidad.

### 13.4 Evaluación del riesgo

Posterior a la etapa de evaluación de la vulnerabilidad la etapa siguiente esta referida a la evaluación de la amenaza, es decir a probabilidad de ocurrencia del evento en estudio. Sin embargo, al no ser el centro de estudio de la tesis, solamente se considero los resultados obtenidos en la propuesta de zonificación realizada por Leyton (2009), en el cual se establece 4 zonas de riesgo sísmico como Muy Alta, Alta, Media y Baja (Ver Anexo C). Para cada categoría se asocia una probabilidad en un rango de 1 a 0 tal como se muestra en las tabla a continuación:

**Tabla 22 Categorización de la demanda sísmica**

Nro	Zona de riesgo sísmico	Probabilidad riesgo
1	Muy alta	1.00
2	Alta	0.75
3	Media	0.50
4	Baja	0.25

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se establece el nivel de riesgo asociado a cada comuna. Para esto, se determinó la relación entre las zonas de riesgo establecidas por Leyton y la ubicación geográfica de cada comuna (Ver Anexo C). Los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 23. Relación entre comunas y el nivel de Riesgo**

Nombre Comuna	Nivel de riesgo	Categoría riesgo
Pica	0.750	ALTA
Camiña	0.750	ALTA
Colchane	0.500	MEDIA
Huara	1.000	MUY ALTA
Pozo Almonte	1.000	MUY ALTA
Iquique	1.000	MUY ALTA
Alto Hospicio	1.000	MUY ALTA

Fuente: Elaboración propia

Teniendo los resultados tanto de la vulnerabilidad como de la amenaza, es posible determinar una estimación del nivel del riesgo a la que se encuentra expuesta una comuna (*vulnerabilidad vs amenaza*).

Para recordar, la fórmula para este objetivo está dada por:

$$\text{Indice Riesgo}(k) = \sqrt{A(k) \times V(k)}$$

Según la literatura el índice de riesgos está dado por el producto (operación matemática) entre sus componentes. Sin embargo, según SALAZAR<sup>44</sup>, cuando en la literatura se hace alusión acerca del producto de la amenaza y la vulnerabilidad se habla en sentido informativo, es decir, que se refieren a que en el cálculo del riesgo intervienen ambos elementos, pero no que la relación matemática funcional sea el producto.

Para el modelo propuesto se eligió la expresión matemática de la media geométrica, por ser recomendada para el manejo de índices y generar resultados que satisfacen sus límites naturales de cero a uno.

---

<sup>44</sup> Victor Salazar – Estadista que apoyo en el manejo y tratamiento índices

Con las consideraciones mencionadas se procedió a determinar el índice de riesgo a nivel comunal y como ejemplo realizaremos el procedimiento para la comuna de Huara, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Indice Riesgo}(\text{Huara}) = \sqrt{A(0.75) \times V(0.497)} = 0.705$$

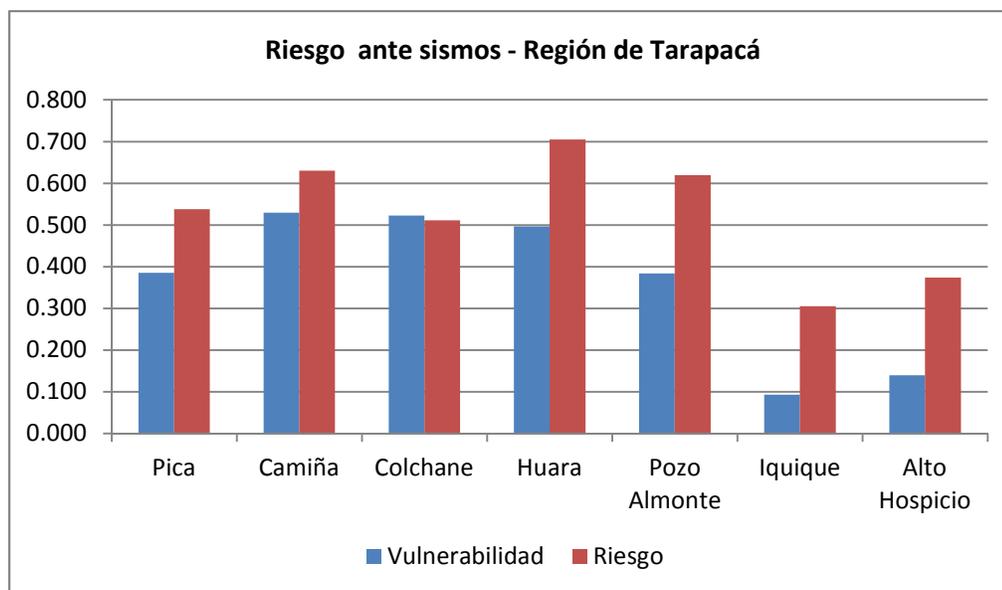
Siguiendo el mismo procedimiento, los resultados obtenidos para el resto de las comunas son:

**Tabla 24 - Estimación del Índice de Riesgo**

Código Comuna	Nombre Comuna	Vulnerabilidad.	Categoría Vuln.	Riesgo estimado	Categoría Riesgo
1405	Pica	0,385	MEDIA	0,538	ALTA
1402	Camiña	0,529	ALTA	0,630	ALTA
1403	Colchane	0,523	ALTA	0,511	ALTA
1404	Huara	0,497	MEDIA	0,705	CRITICA
1401	Pozo Almonte	0,384	MEDIA	0,620	ALTA
1101	Iquique	0,093	BAJA	0,305	MEDIA
1107	Alto Hospicio	0,140	BAJA	0,374	MEDIA

Fuente: Elaboración propia

**Figura 51 – Comparación entre la vulnerabilidad y el riesgo**



Fuente: Elaboración propia

#### 13.4.1 Comentarios generales de la estimación del riesgo

Se hace notar que, el objetivo de la figura 51 no es hacer una comparación entre comunas, sino ilustrar la relación existente entre la vulnerabilidad y riesgo a nivel comunal haciendo una interpretación por comuna de acuerdo a sus propias características.

Se puede observar que las comunas de Iquique, Alto hospicio, Huara y Pozo Almonte, si bien cuentan con un nivel de vulnerabilidad relativamente medio-bajo, el índice de riesgo estimado se incrementa debido a la gran amenaza sísmica que presentan las zonas de ubicación de estas.

Por el contrario, las comunas Camiña y Pica cuentan con niveles de vulnerabilidad medio-alto, y el nivel de riesgo que presentan se mantiene en niveles altos por la demanda sísmica que presentan.

En el caso de las comunas de Colchane, el índice de riesgo es alto, pese a que el nivel de la demanda sísmica es bajo, esto se debe al nivel alto de vulnerabilidad que presenta.

## **14. IMPLEMENTACION ORGANIZACIONAL**

### **14.1 Contexto Organizacional**

La Región de Tarapacá, a través de su Dirección Regional ONEMI, se encuentra en un constante accionar frente al conocimiento a priori de la ocurrencia de un sismo de gran magnitud en los próximos años. Esta situación hace que este en busca de estrategias de reducción de los efectos de emergencia y desastres poniendo énfasis en las actividades que dicen relación con la prevención, a mitigación y la preparación.

En este sentido la implementación del proyecto tiene un impacto a nivel táctico y estratégico representando un desafío en la gestión del cambio debido a que se quiere generar una cultura de preventiva, comprensión y concientización del riesgo.

### **14.2 Desafíos para la Gestión del Cambio**

Los desafíos para la Gestión del Cambio, se refiere básicamente a mostrar los beneficios que se obtendrá con la implementación del proyecto.

1. Seducir a los mandos ejecutivos de la ONEMI, para lograr pleno apoyo para el proyecto además de financiamiento para el mismo.
2. Comprometer a los mandos medios y técnicos, logrando apoyo en la obtención de información y participación en el desarrollo del proyecto.
3. Formar una coalición conductora de manera de tener poder y autoridad en el proyecto para ayudar a la comunicación del sentido de urgencia y además de los objetivos que se pretende lograr con el proyecto.

## 14.3 Estrategia para Gestión de Cambio

### 14.3.1 Sentido de Urgencia

Como primera etapa de la Gestión del cambio se refiere al establecimiento de un sentido de urgencia en la ONEMI para poder tener pleno apoyo con el proyecto.

A continuación se muestra la prioridad establecida en el Marco de Accion de Hyogo (Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres,2005) cuya declaración se ilustra en la siguiente figura:

**Figura 52. Sentido de urgencia**

1	<b>Lograr que la reducción del riesgo de desastres sea una prioridad:</b> Garantizar que la reducción del riesgo de desastres (RRD) sea una prioridad nacional y local con una sólida base institucional para su implementación.
2	<b>Conocer el riesgo y tomar medidas:</b> Identificar, evaluar y observar de cerca los riesgos de los desastres, y mejorar las alertas tempranas.
3	<b>Desarrollar una mayor comprensión y concientización:</b> Utilizar el conocimiento, la innovación y la educación para crear una cultura de seguridad y resiliencia a todo nivel.
4	<b>Reducir el riesgo:</b> Reducir los factores fundamentales del riesgo.
5	<b>Esté preparado(a) y listo(a) para actuar:</b> Fortalecer la preparación en desastres para una respuesta eficaz a todo nivel.

Fuente: Marco de Accion de Hyogo(2005)

Con el evento pasado del 28 de febrero de 2010, quedó demostrado que Chile aún tiene mucho que abordar en el tema de prevención de riesgos

ante desastres naturales, sumando a este punto la cultura reactiva y no preventiva que tiene la sociedad.

Por otro lado la gestión de riesgos no es considerado como un proceso formal en las diferentes actividades que se realiza a nivel gubernamental, esto se ve claramente en el tema de asentamientos de comunas en lugares donde existen riesgos.

Es en los últimos años que, se da una mayor importancia y a la formalización de la gestión de riesgos y la inclusión de esta variable en el desarrollo de planes regionales, además del establecimiento de planes de prevención para mitigarlos.

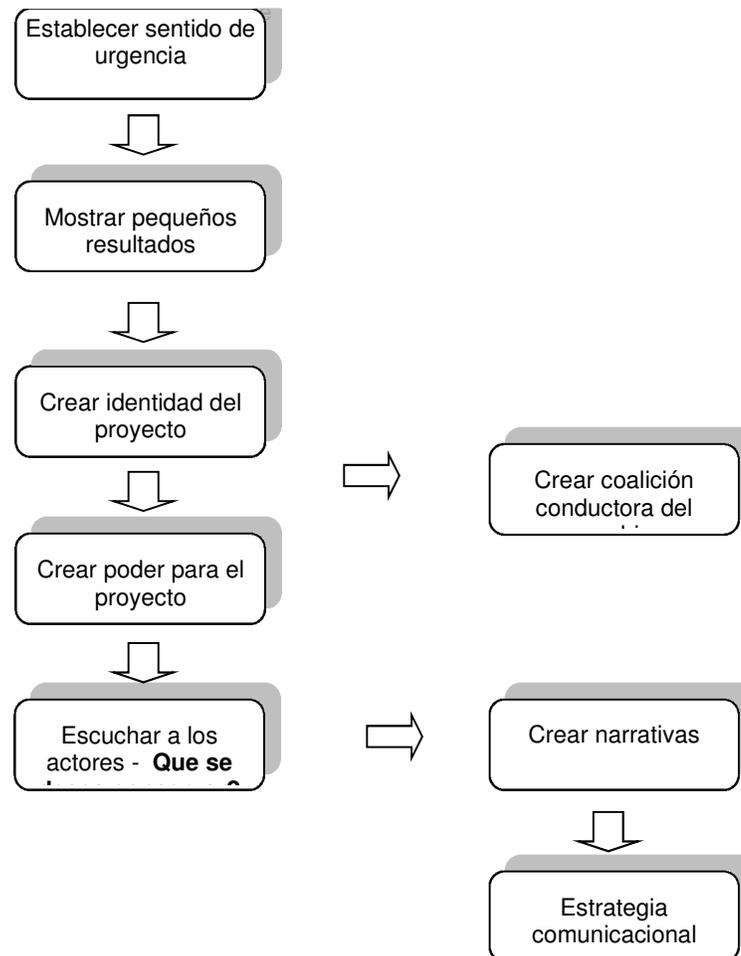
Es en este sentido que, resulta urgente la necesidad de contar con aplicaciones que ayuden a la gestión de riesgos como un proceso formal dentro de la definición de planes regionales.

#### **14.3.2 Primeros Pasos**

Para lograr una aceptación del proyecto se pretende establecer pequeños hitos e ir mostrando resultados del modelo evaluación de riesgos. La idea es, seleccionar variables que determinen la vulnerabilidad de las comunas, contrastar estos resultados con los actores e ir añadiendo o disminuyendo variables en cada hito.

A continuación se muestra un esquema general de cómo se pretende manejar el cambio para el proyecto.

**Figura 53. Pasos para la gestión del cambio en el proyecto**



Fuente: Elaboración propia

### 14.3.3 Gestión del Poder

Para la gestión del poder existen actores clave que resulta decisivo el identificarlos para poder analizar la relación con el proyecto, ir construyendo narrativas para cada uno y formar una coalición conductora del proyecto.

En el mapa de poder se encuentran los Directores tanto de la ONEMI Nacional como Regional que si están de acuerdo con el proyecto dirigida por el Sr. Jose Abuhomor, Jefe de la División de Análisis ONEMI Nacional y el Sr. Mario Hernandez, Director Regional ONEMI Tarapacá.

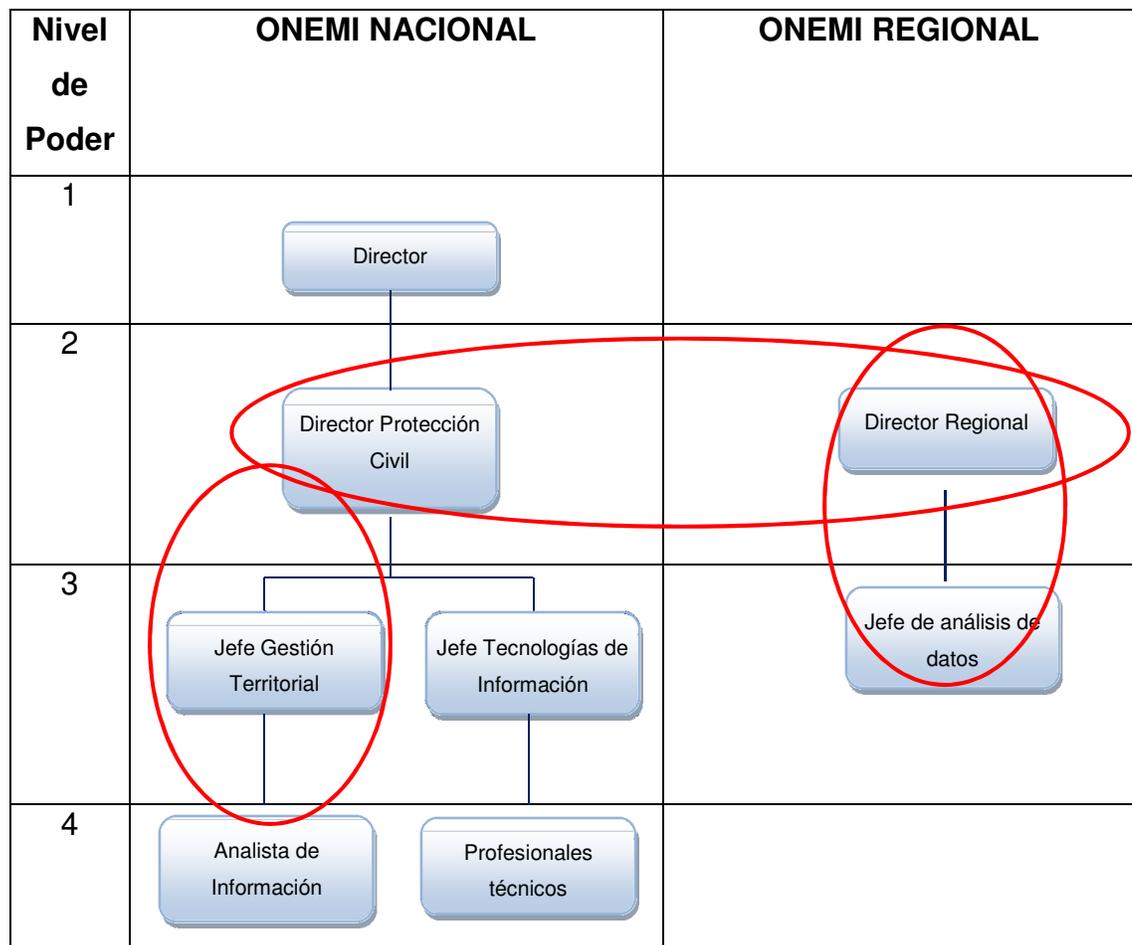
También resulta importante contar con el apoyo de los mandos medios como técnicos para la ejecución, evaluación y contrastación de resultados del modelo.

**Tabla 25. Mapa de poder**

Actor o grupo	Rol	Tipo de poder	Sintonía con el proyecto
Director General de la ONEMI	Dirige a toda la entidad	Cargo autoridad formal	Es quien define si el proyecto se lleva a cabo dentro de la ONEMI
Director de Protección Civil	Dirige a Unidad de Protección civil	Cargo autoridad formal	Mediante esta persona que tiene la aprobación del proyecto en la ONEMI.
Director Gestión de Riesgos SUBDERE	Encargado del tema de gestión de riesgos en el SUBDERE Y CEPAL	Cargo y Know how	Persona que oriento con conocimientos en el tema de gestión de riesgos y proporciono información
Jefe de Análisis de datos SUBDERE	Encargado del análisis y proceso de información estadística.	Cargo y Know How	Proporcionó información estadística de estudios realizados para cada comuna como ser el <i>índice de aislamiento</i>
Analista de información	Encargado de analizar los datos y hacer reportes estadísticos para las autoridades de la ONEMI	Know How	Persona que lleva años en la ONEMI y tiene mucho conocimiento en el tema de respuesta ante eventos.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 26. Esquema del mapa de poder y coalición conductora**



Fuente: Elaboración propia

#### 14.3.4 Definición de Coalición Conductora

Una vez identificados los diferentes actores del proyecto se define la creación de la coalición conductora. Este grupo de actores se detallan en el siguiente cuadro:

**Tabla 27. Coalición Conductora**

<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>
Rodrigo Nicolau	Director Protección Civil ONEMI
Mario Hernández	Director Regional ONEMI – Región de Tarapacá
José Abumor	Jefe División de Análisis y estudios Información ONEMI
Juán Piedra	Jefe Dpto. Gestión Territorial ONEMI
Matias Poch	Jefe Análisis de Datos SUBDERE
Litzy Castro	Gestor del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

#### **14.3.5 Gestión de Narrativas**

Una vez identificados los diferentes actores del proyecto se define la creación de la coalición conductora. Este grupo de actores se detallan en el siguiente cuadro:

**Tabla 28. Gestión de Narrativas**

Actor	Narrativa
Director de Protección Civil ONEMI	La implementación del proyecto, le permitirá poder formalizar el proceso de gestión de riesgos, involucrar instrumentos que coadyuven al diagnóstico para conocer la realidad tácita de las prioridades de atención de los ámbitos que generan mayor valor a nivel comunal de la vulnerabilidad.
Director Regional ONEMI Tarpacá	Con el desarrollo del proyecto se tendrá una visión más precisa de la vulnerabilidad asociados a diferentes eventos, teniendo la herramienta que permita el soporte para la toma de decisiones y definición de acciones en el tema de prevención de riesgos ante sismos
Jefe de Gestión territorial ONEMI	Con el desarrollo del proyecto tendrá una herramienta que apoye a la planificación de la gestión territorial basada en análisis de riesgos.
Analistas de información	Los resultados del modelo le permitirá contar con mayor claridad en el comportamiento de la vulnerabilidad de las comunas para poder realizar propuestas o medidas de prevención ante los ejecutivos de la empresa.

Fuente: Elaboración propia

### 14.3.6 Estrategia Comunicacional

Para definir la estrategia de comunicación del proyecto, se pretende utilizar las siguientes herramientas:

*Información*, Transmisión de datos que proporcionan información objetiva sobre el proyecto, sobre el tema de gestión de riesgos. Hacer una presentación con un texto como por ejemplo “*La analítica en el proceso de toma de decisiones de la gestión de desastres*” cosa de generar interés en el tema a exponer sin dar mucha información. Para esto se pretende programar diferentes presentaciones periódicas ante los diferentes actores.

*Persuasión*, Proceso mediante el cual se pretende comunicar a los actores el objetivo y el sentido de urgencia del proyecto y beneficios que este presenta de manera de influenciar a los participantes. Para esto se pretende ir mostrando resultados a ejecutivos los cuales, por el nivel de poder que cuentan dentro de la entidad, vayan generando conciencia en los siguientes niveles.

*Promoción*, Se refiere a generar confianza con la gente involucrada, que permita familiarizarse con el proyecto y tome conciencia del mismo hasta que lo acepte, creando interés en el mismo. Para eso se pretende definir el medio de comunicación puede ser mail a diferentes actores o algunas presentaciones claramente orientadas para cada objetivo, etc.

#### **14.3.7 Evaluación y Cierre del Proceso de Cambio**

El proceso de cambio se puede dar por terminado cuando se demuestre que el proceso de gestión de riesgos mejoró con la implementación del proyecto es decir cuándo:

- Exista un cambio en la cultura de realizar acciones de prevención antes de solamente actuar de manera reactiva ante eventos como sismos.
- Se haya generado conciencia de la importancia de la gestión de riesgos para la definición de acciones de prevención ante sismos.
- Los profesionales de nivel técnico utilicen periódicamente los resultados del modelo para el desarrollo de sus actividades.

## **15. EVALUACION ECONOMICA**

### **15.1 Evaluación Económica**

Una metodología ampliamente utilizada en los países desarrollados para la determinación indirecta del nivel de riesgo y reiterativamente planteada en muchos artículos técnicos, es el análisis de coste y beneficio, en el cuál se relaciona la inversión en seguridad con el potencial daño de las infraestructuras y el peligro para la vida. En áreas altamente propensas, en donde ocurren con frecuencia sucesos de dimensiones moderadas, cualquier aumento en los costes de prevención – mitigación se verá compensado por la reducción en los costes de los daños que se presentan. Sin embargo, en áreas menos propensas o que no involucran grandes inversiones económicas amenazadas, los requisitos de reducción de riesgos se pueden justificar sólo en términos de seguridad para la vida, pues los ahorros esperados en daños por sucesos que ocurren con muy poca frecuencia no son lo suficientemente cuantiosos para justificar un aumento en los costos de la prevención – mitigación. Esta circunstancia ocurre particularmente en los países pobres, donde el análisis de coste y beneficio en términos económicos no es una buena metodología para argumentar las bondades de la prevención – mitigación. En estos casos el costo social debe ser el que oriente la tomas de decisiones.

#### **15.1.1 Medición de Beneficios**

Para la medición de los beneficios de este tipo de proyectos sociales se considerará el valor que implica la pérdida de las vidas de las personas ante un fenómeno de desastre natural.

Entonces los beneficios pueden estar dados por el ahorro mitigando pérdidas de vidas:

$$f(x) = x * PP * PO$$

Donde:

X = Valor estimado de una vida

PP = Probabilidad de que el Gobierno implemente o no el proyecto cuyo valor es 0.5.

PO = Probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno natural (Sismo) cuyo valor es 0.1.<sup>45</sup>

Existen diferentes estimaciones del costo de una vida a nivel internacional determinadas de diferentes maneras, el recuadro siguiente se muestra un resumen recopilado de diferentes fuentes.

---

<sup>45</sup> La probabilidad de ocurrencia de un sismo (cada 10 años) con una magnitud similar al evento del 27 de febrero de 2010, dato proporcionado por el Director Regional de la ONEMI Coquimbo Sr. Mario Pérez.

**Tabla 29. Estimaciones del valor del costo de una vida**

<b>Comparación de los resultados de la estimación del valor de la vida estadística a nivel internacional</b>			
<b>PAIS</b>	<b>VALOR aprox (millones de dolares 2005)</b>	<b>METODOLOGIA EMPLEADA</b>	<b>FUENTE</b>
Peru	0.557	Transferencia de Valores	Oficina de Estudios Economicos-Osinerg
Chile	0.721 - 0.939	Transferencia de Valores	Bradley, Bowland y Beghin (2001)
Mexico	0.236 - 0.330	Enfoque de Salarios Hedonicos	Hammit y Ibarraran (2004)
India	1.354 - 1.693	Enfoque de Salarios Hedonicos	Shanmugan (1996)
India	4.633	Enfoque de Salarios Hedonicos	Shanmugan (2001)
Taiwan	0.227 - 1.018	Enfoque de Salarios Hedonicos	Liu, Hammitt y Liu (1997)
Corea del Sur	0.903	Enfoque de Salarios Hedonicos	Kim y Fishback (1993)
Hong Kong	1.921	Enfoque de Salarios Hedonicos	Siebert y Wei (1998)
Canada	5.763 - 5.987	Enfoque de Salarios Hedonicos	Meng y Smith (1999)
Canada	2.421	Valuacion Contingente	Krupnick (2000)
Nueva Zelanda	1.870	Valuacion Contingente	Miller y Guria (1991)
EEUU	5.988	Enfoque de Salarios Hedonicos	Viscusi (1978a, 1979)
EEUU	3.390 - 11.639	Enfoque de Salarios Hedonicos	Moore y Viscusi (1988)
EEUU	23.503	Enfoque de Salarios Hedonicos	Moore y Viscusi (1990)
EEUU	15.030	Enfoque de Salarios Hedonicos	Leigh (1987)
EEUU	4.291	Valuacion Contingente	Corso, Hammit y Graham (2000)
Gran Bretaña	1.870	Valuacion Contingente	Carthy (1999)
Gran Bretaña	5.939	Valuacion Contingente	Jones-Lee (1989)

Fuente: Elaboración propia

Los beneficios asociados al desarrollo del proyecto se pueden dividir en:

- Beneficios Intangibles sociales: referidos al valor de la vida de las personas que pueden ser salvadas con el hecho de realizar acciones de prevención. Se consideró el costo menor de vida en Chile valor estimado en 0.721 Millones de dólares, siendo un valor conservador en relación a otros países.
- Beneficios indirectos: El impacto que puede causar la implementación del presente proyecto en la planificación de las acciones de prevención de riesgos ante eventos desastrosos como un sismo. Por ejemplo teniendo información de las comunas con mayor índice de riesgo se puede determinar con mayor precisión las acciones que se pueden realizar incluso teniendo una mejor asignación de recursos.

#### **15.1.2 Medición de Costos**

Para determinar los costos se tomó en cuenta el desarrollo de proyectos similares. En resumen se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- La moneda esta expresada en Miles de Dólares Americanos
- 12 meses de plazo para el desarrollo y puesta en marcha en del proyecto.
- El hardware asociado al desarrollo y otros materiales no serán incluidos en el proyecto bajo la consideración de que se dispondrá de estos en la ONEMI.

- Inversión inicial de un servidor y configuración del mismo para la implementación y almacenamiento de la lógica e información que sea utilizada para la generación de la matriz de riegos.
- Se considerara un costo de mantención del modelo y lógica constante por tanto se consideró la contratación de un profesional de planta.
- Se consideró los costos que realiza el gobierno en acciones de prevención, (p.e. innovaciones, capacitación, etc.). En este caso se tiene información de los costos aproximados de un estudio de selección de sistemas de alarma y de vías de evacuación.
- También se consideró los costos asociados al proyecto fase II desarrollado por del Sr. Carlo Arámbulo estudiante del mismo Magister y que es un complemento del presente estudio.

Por lo tanto, los costos se resumen en:

**Tabla 30. Costos Fijos**

<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costo Mes \$us</b>	<b>Total \$us</b>
Ingeniero MBE	1	12	3,000	36,000
Especialista desarrollo SW	1	12	2,000	24,000
Analista en gestion territorial	1	12	2,400	28,800
<b>TOTAL</b>				<b>88,800</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 31. Costos en Mantención**

<b>COSTOS EN ADMINISTRACION Y MANTENCION</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Costo Mes \$us</b>	<b>Total \$us</b>
<b>Analista de sistemas</b>	1	12	1,000	12,000
<b>TOTAL</b>				12,000

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 32. Inversión Inicial**

<b>INVERSION TANGIBLE</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo \$us</b>	<b>Total \$us</b>
Servidores	1	10,000	10,000
Instalacion y configuracion	1	1,500	1,500
			11,500

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 33. Costos del Gobierno en Planes de prevención**

<b>COSTOS DEL GOBIERNO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo \$us</b>	<b>Total \$us</b>
Estudio de selección de sistema de alarma	1	60,000	60,000
Estudio de vías de evacuación	1	400,000	400,000
			460,000

Fuente: Elaboración Propia

### 15.1.3 Construcción del Flujo de Caja

Para la construcción del Flujo de caja se tomará en cuenta un porcentaje conservador 5 % del total de víctimas del último evento de 2010, es decir 26 vidas hubiese sido factible salvar con la implementación del proyecto.

En la siguiente figura se muestra a cantidad de vidas fatales en los 3 últimos eventos de intensidades similares.<sup>46</sup>

**Figura 54. Cuantificación de víctimas últimos terremotos en Chile**

	Terremoto 1960	Terremoto 1985	Terremoto 2010
Intensidad (Richter)	9.6	7.7	8.8
Población nacional afectada	38%	50%	75%
Víctimas fatales	6.000	177	521 <sup>1</sup>
Daño total (millones de US\$)	3.089	2.106	30.000
Pérdida de stock de capital	5%	2%	11%

<sup>1</sup>56 casos de presunta desgracia

Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de ilustrar el impacto que tiene el incremento porcentual de ahorro de vidas en el VAN se considerará 3 posibles escenarios: Conservador, 5 % de vidas salvadas, Pesimista, 0% de vidas salvadas, Optimista, 10 % de vidas salvadas.

Finalmente se menciona que la tasa de descuento que se ocupara es del 6% debido a que se trata de un proyecto de inversión social.

---

<sup>46</sup> Felipe Kast, PLAN DE RECONSTRUCCION LEVANTEMOS CHILE - MINISTERIO DE PLANIFICACION, 2010

Por lo anteriormente expuesto se construyó el flujo de caja bajo los 3 escenarios posibles:

▪ **Escenario 1 : Conservador, 5 % de vidas salvadas**

Items/Monto \$us	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4
<b>Ahorros</b>		306,800.00	306,800.00	306,800.00	306,800.00
<b>Costos Directos</b>					
Ingeniero MBE	(36,000.00)	-	-	-	-
Especialista desarrollo SW	(24,000.00)	-	-	-	-
Analista en gestion territorial	(28,800.00)	-	-	-	-
<b>Costos Mantencion</b>	-	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)
<b>Inversión Inicial</b>	<b>(11,500.00)</b>				
<b>COSTOS TOTALES FASE I</b>	<b>(100,300.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>
<b>Costos Gobierno en Prevención</b>		230,000.00	230,000.00	230,000.00	230,000.00
<b>Costos Proyectos Fase II</b>	(96,000.00)	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00
<b>RESULTADO OPERACIONAL</b>	<b>(196,300.00)</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>(207,800.00)</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>
<b>Flujo de caja</b>	(207,800.00)	76,800.00	76,800.00	76,800.00	76,800.00
<b>VAN</b>	58,320.11				
<b>TIR</b>	18%				

▪ **Escenario 2 : Pesimista, 0% de vidas salvadas**

Items/Monto \$us	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4
<b>Ahorros</b>		11,800.00	11,800.00	11,800.00	11,800.00
<b>Costos Directos</b>					
Ingeniero MBE	(36,000.00)	-	-	-	-
Especialista desarrollo SW	(24,000.00)	-	-	-	-
Analista en gestion territorial	(28,800.00)	-	-	-	-
<b>Costos Mantencion</b>	-	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)
<b>Inversión Inicial</b>	<b>(11,500.00)</b>				
<b>COSTOS TOTALES FASE I</b>	<b>(100,300.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>
<b>Costos Gobierno en Prevención</b>		230,000.00	230,000.00	230,000.00	230,000.00
<b>Costos Proyectos Fase II</b>	(96,000.00)	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00
<b>RESULTADO OPERACIONAL</b>	<b>(196,300.00)</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>(207,800.00)</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>
<b>Flujo de caja</b>	(207,800.00)	(218,200.00)	(218,200.00)	(218,200.00)	(218,200.00)
<b>VAN</b>	(963,886.04)				

▪ **Escenario 3 : Optimista, 10% de vidas salvadas**

Items/Monto \$us	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4
<b>Ahorros</b>		660,800.00	660,800.00	660,800.00	660,800.00
<b>Costos Directos</b>					
Ingeniero MBE	(36,000.00)	-	-	-	-
Especialista desarrollo SW	(24,000.00)	-	-	-	-
Analista en gestion territorial	(28,800.00)	-	-	-	-
<b>Costos Mantencion</b>	-	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)	(12,000.00)
<b>Inversión Inicial</b>	<b>(11,500.00)</b>				
<b>COSTOS TOTALES FASE I</b>	<b>(100,300.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>	<b>(12,000.00)</b>
<b>Costos Gobierno en Prevención</b>		230,000.00	230,000.00	230,000.00	230,000.00
<b>Costos Proyectos Fase II</b>	(96,000.00)	12,000.00	12,000.00	12,000.00	12,000.00
<b>RESULTADO OPERACIONAL</b>	<b>(196,300.00)</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>(207,800.00)</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>	<b>230,000.00</b>
<b>Flujo de caja</b>	(207,800.00)	430,800.00	430,800.00	430,800.00	430,800.00
<b>VAN</b>	1,284,967.50				
<b>TIR</b>	205%				

Del resultado de los tres escenarios se puede ver que tomando en cuenta un porcentaje muy conservador del 5% el VAN es de Sus 28.320,11.

#### 15.1.4 Análisis de Sensibilidad

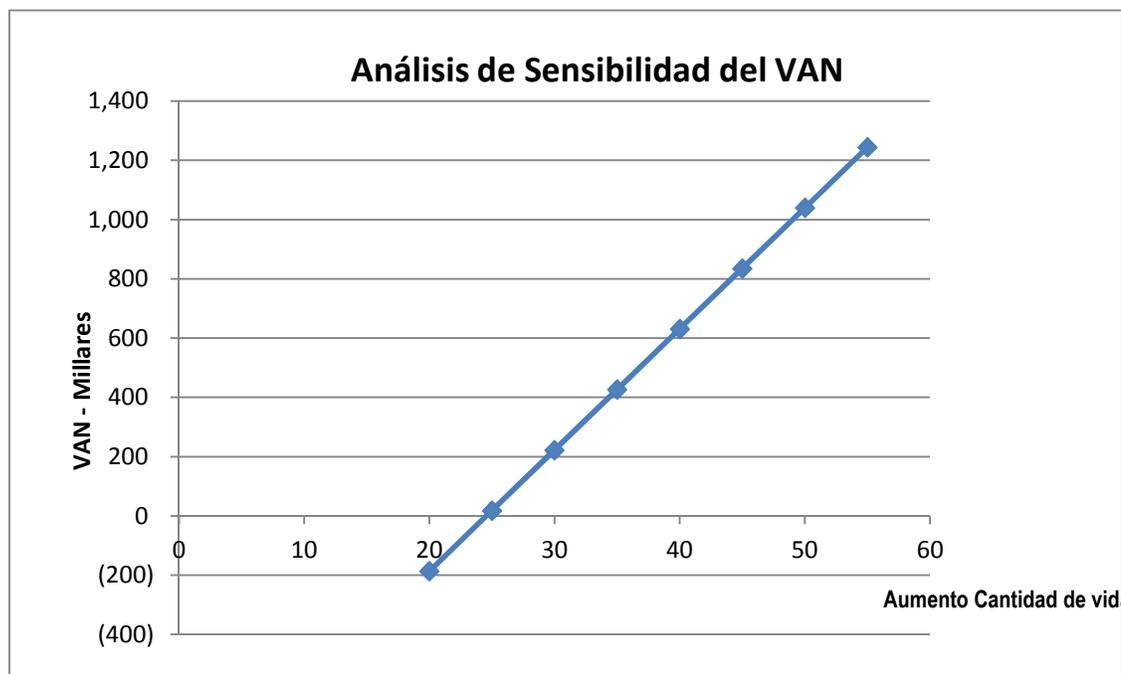
Mediante este análisis se pretende mostrar la variación del VAN frente a la variación en el ahorro de vidas salvadas. Es decir, con cuántas vidas salvadas se obtiene el punto de quiebre en el que el VAN da un valor positivo. En la siguiente tabla se ilustra este análisis.

**Tabla 34. Análisis de Sensibilidad**

<b>Cantidad Vidas</b>	<b>Ahorro Vidas %</b>	<b>VAN MM\$us</b>
20	3.84	(187,009)
25	4.80	17,432
30	5.76	221,873
35	6.72	426,314
40	7.68	630,756
45	8.64	835,197
50	9.60	1,039,638
55	10.56	1,244,079

Fuente: Elaboración propia

**Figura 55. Análisis de Sensibilidad. frente al aumento de la cantidad de vidas salvadas**



Fuente: Elaboración propia

Del análisis podemos observar que con una cantidad de ahorro de 25 personas es factible el proyecto, equivalente al 4,8 % del total de víctimas fatales del último terremoto de febrero 2010.

### 15.1.5 Algunas consideraciones

Es importante dejar mencionado algunas consideraciones para un mejoramiento futuro del proyecto.

- Para la determinación de los beneficios se consideró tomar un valor del total de víctimas del último evento, pudiendo esto variar si se determinaría a futuro trabajar solo con una comuna afectada específica.

- Resulta ambicioso pensar que con solo la implementación del proyecto se salven vidas ante un evento de sismo, siendo esto la consecuencia de las políticas, planes y acciones en prevención que se ejecuten teniendo el proyecto implementado.

## **16. GENERALIZACION DE LA EXPERIENCIA**

En términos generales, la generalización consiste en sacar conclusiones acerca de lo que es común en diferentes objetos de manera de abarcarlas a todas en un concepto general. Es en este sentido que mediante el conocimiento adquirido a través del proyecto acerca de la gestión de riesgos de desastres y la aplicación de las mejores prácticas en conjunto con los patrones de procesos, es posible extender la experiencia a diferentes sectores en el tema de eventos naturales.

La aplicación de patrones de procesos de negocio, a un dominio particular, permite formalizar y detallar los procesos de la empresa, considerando no sólo las actividades de los procesos diseñados, sino también los flujos de información que hay entre ellas (Barros, 2004).

Cada proceso tiene asociado lógicas que explican cómo deben ser ejecutadas las actividades. Por lo tanto resulta trascendental la definición y formalización de dichas lógicas para comprender el rol que cumplen en la generación del producto o servicio.

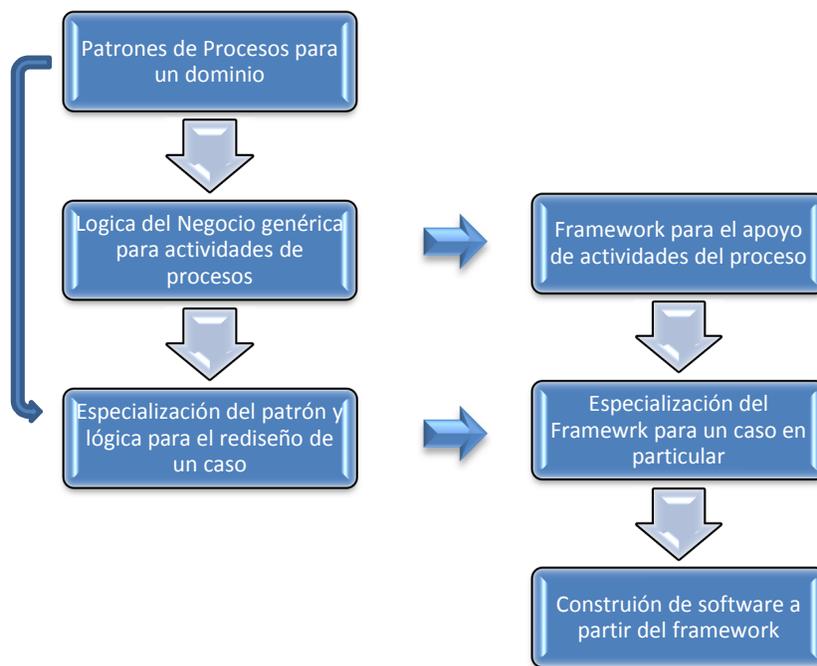
Un framework define, en términos generales, a una estructura genérica que empaqueta clases y lógica de negocios complejas, que sirve como referencia para enfrentar y resolver nuevos problemas de índole similar. Bajo este esquema es posible, a la hora de enfrentar nuevos desafíos en un dominio similar, concentrar los esfuerzos en las especificaciones de la aplicación y reducir costos en tiempo y mano de obra en desarrollo.

De acuerdo a la ilustración 58 que hace referencia al flujo para la utilización de un framework, se puede evidenciar que tomando a los Patrones de

Procesos de Negocio o PPN para un dominio en particular es posible especializar el patrón y las lógicas de negocio para finalmente construir una aplicación.

Por otro lado, tal como se mencionó con anterioridad, a partir de la formalización de las lógicas de cada actividad es posible formular un framework que apoye a los procesos, el mismo que puede ser especializado para un caso en particular bajo una misma dominio.

**Figura 56. Diagrama de flujo para la utilización de patrones y frameworks –**



Fuente: Oscar Barros (2000)

De la figura 56, se puede evidenciar los pasos fundamentales para la elaboración de un framework, los que se detallan a continuación:

**Procesos para un dominio definido:** Es importante definir el dominio de acción del framework, ya que éste influirá directamente en las etapas posteriores. Para determinar el dominio, es importante que se definan los requisitos de éste y, sobre todo, cuáles son las características generales que definen el proceso propuesto en el trabajo.

**Lógica de Negocios Genérica:** Establecer una lógica de negocios que soporte al dominio de forma genérica, teniendo en consideración diferentes especializaciones que acotaran el dominio de acción de la lógica de negocio.

**Diseño del Framework:** Aquí se definen las abstracciones del framework y se procede a modelar las clases comunes y particulares, manteniendo la flexibilidad necesaria para actuar en el dominio definido.

## **16.1 Alcance del Framework**

En primera instancia, antes de continuar con la definición del framework, es importante limitar el alcance que tendrá este.

En el desarrollo del presente proyecto el proceso fundamental que se diseño tiene que ver con la Gestión de Riesgos de desastres particularmente ante eventos de sismos. Este proceso involucra el proceso de evaluación y determinación del índice de vulnerabilidad sísmica que es el centro del presente estudio.

Por lo tanto, el alcance de la propuesta de construcción del framework está relacionado con el tema de gestión de riesgos ante una amenaza, para lo cual se requiera la intervención en los factores de vulnerabilidad de los sistemas a analizar que en el tiempo permita reducir este riesgo asociado.

## **16.2 Definición del Dominio**

Para la definición del dominio, se hizo un análisis de cómo el trabajo realizado puede servir de referencia para futuros proyectos que de alguna manera realizan gestión de riesgos.

Para tal efecto, se hace notar que los desastres naturales es un tema que en los últimos años tomó gran importancia a nivel mundial por diferentes países debido a la gran cantidad de desastres naturales ocurridos. Es así, que la variable riesgo<sup>47</sup> está siendo incorporada en las entidades no solo gubernamentales si no también entidades que en alguna instancia prestan servicios a la sociedad en diferentes procesos ya sea de planificación o acciones a seguir en el afán del desarrollo de cada país.

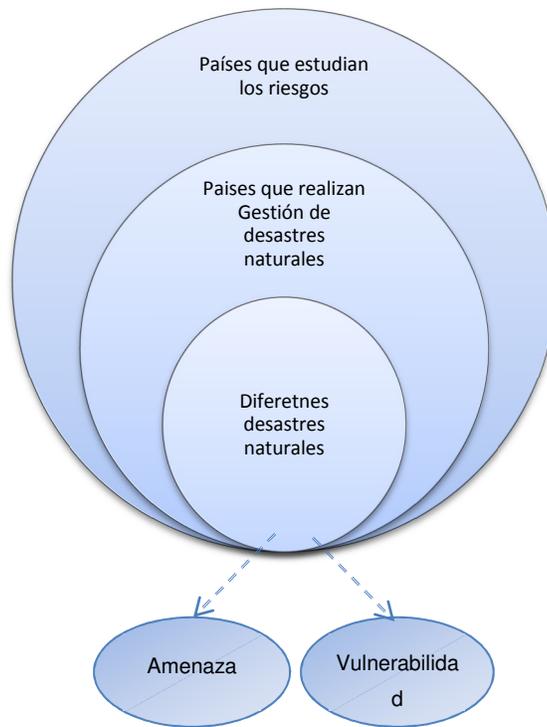
La necesidad de muchos países de prevenir posibles pérdidas futuras ante la ocurrencia de un evento de desastre hace que se genere un dominio que en alguna instancia realizan gestión de riesgos de desastres.

Dicho lo anterior a continuación se muestra el diagrama del dominio de gestión de riesgos naturales.

---

<sup>47</sup> Leonardo Céspedes – Jefe de Gestión de Riesgos SUBDERE

**Figura 57. Definición del Dominio**



### 16.3 Construcción del Framework

La construcción del framework involucra los siguientes pasos, los que serán detallados en adelante.

- Identificación de la amenaza
- Selección de variables
- Construcción del índice de vulnerabilidad
- Construcción del índice de riesgos
- Priorización

### **16.3.1 Identificación de la amenaza**

Etapa que consiste en identificar cual es la amenaza que será analizada en un ámbito en particular. Esto puede ser realizado mediante un análisis de exposición que consiste en verificar que sistemas o parte de ellos coinciden con el área de influencia de la amenaza que se ha decidido estudiar.

### **16.3.2 Selección de variables**

El siguiente paso y el más importante se refiere a la identificación de los factores de vulnerabilidad y como inciden estos para la amenaza en sí.

Para esto es importante contar con información histórica y la opinión de los expertos debido a que cada sistema es afectado de diferente manera frente a una amenaza y sus parámetros establecidos.

Esta etapa también involucra el tratamiento de los datos a analizar cómo ser la limpieza y normalización de los mismos.

### **16.3.3 Construcción del índice de vulnerabilidad**

Como siguiente paso esta la construcción del índice de vulnerabilidad, en base a la lógica definida en capítulos anteriores.

Esta etapa requiere del juicio de expertos para poder evaluar el criterio de incidencia y la importancia de cada variable en relación con las demás ante una amenaza.

### **16.3.4 Construcción del índice de riesgos**

Etapa que involucra la construcción del índice de riesgos como resultado de la evaluación de los factores de vulnerabilidad vs la amenaza en estudio.

### 16.3.5 Priorización

Priorización de los ámbitos de atención para reducir la vulnerabilidad.

## 16.4 Diseño del Framework

El framework debe incluir clases que, en primera instancia permitan obtener un diseño orientado a objetos, capaz de integrarse a otros sistemas de la empresa u organización.

Es en este sentido que, se requieren de clases de *control* para la interacción entre las diferentes entidades del sistema y, clases *entity* con una estructura adecuada para el resguardo tanto de datos relacionada a las amenazas y vulnerabilidad así como de los diferentes escenarios resultantes de los análisis realizados.

### 16.4.1 Clases de control

**Figura 58. Clases de Control**



Fuente: Elaboración propia

### Control Procesar Datos

Clases encargadas de la recuperación de información, realizar el procesamiento y/o transformación de los mismos, en caso de ser necesario, y almacenarla en la base local.

## Control Modelo Vulnerabilidad y Control Modelo Riesgos

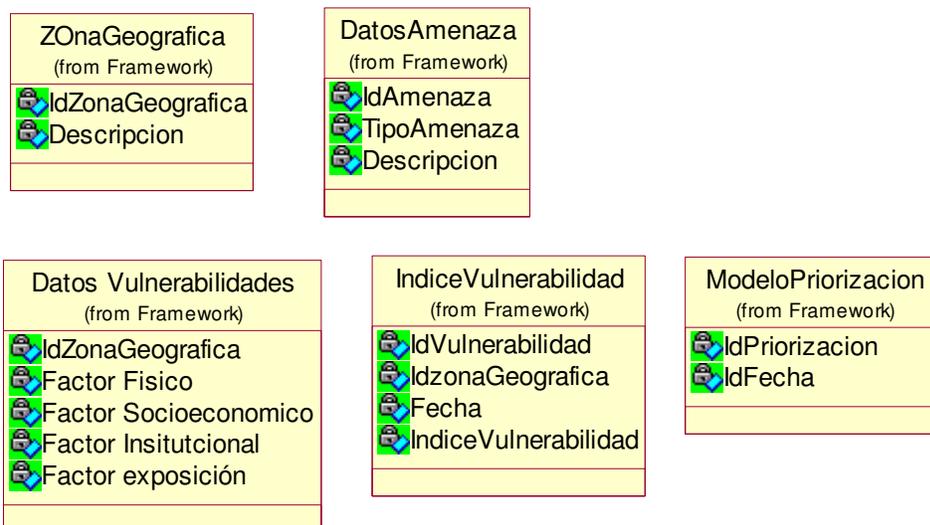
Clases encargadas de ejecutar la lógica para la determinación del índice tanto de vulnerabilidad como de riesgos.

## Control Modelo Priorización

Clases encargadas de ejecutar la lógica de priorización de los resultados, una vez obtenidos los índices de riesgos por cada comuna.

### 16.4.2 Clases entidades

Figura 59. Clases de Entidades



Fuente: Elaboración propia

## Zona Geográfica

Clase entity, que almacena datos referentes a la zona que será susceptible del análisis de riesgos.

### **Datos amenaza**

Clase *entity*, que almacenará datos referentes a la historia de eventos y la probabilidad de ocurrencia de un evento de diferentes eventos de desastres.

### **Datos vulnerabilidad**

Clase *entity*, que almacenará datos referentes a las diferentes características sociales, económicas, geográficas de cada zona geográfica que se analice. Los datos almacenados tienen que ver con los factores físicos, de exposición, Institucional y socioeconómico, sobre los cuales podremos determinar la vulnerabilidad de la zona que se esté estudiando.

### **Modelo Vulnerabilidad y Riesgos**

Clases *entity* que almacenan información resultante del análisis de vulnerabilidades como de riesgos realizado, esto con el fin de tener distintos escenarios de comparación para análisis.

### **Modelo Priorización**

Clase que almacena la información resultante de la priorización del análisis de riesgos realizado, la priorización de establecerá en orden ascendente de acuerdo al nivel determinado para cada zona geográfica.

## **17. CONCLUSIONES**

En el presente capítulo se muestran las principales contribuciones y conclusiones de la investigación.

### **De la Ingeniería de Negocios**

Resulta evidente la importancia de la formalización e innovación continua en entidades que están al servicio de la sociedad y esto puede lograrse a través de la Ingeniería de Negocios que presenta una oportunidad para rediseñar el modelo de gestión de riesgos mediante procesos bien diseñados y alineados con la estrategia de la institucionalidad.

### **De la Información**

Para lograr el objetivo planteado se recurrió a diferentes entidades generadoras de información que tengan alguna relación en la gestión de riesgos de desastres, pero el acceso a esta información, resulta complicada por diferentes motivos de norma de cada entidad y si a esto se añade que los datos no se encuentran en un solo repositorio o no existen, esto se constituye en una limitante para cualquier análisis que se requiera.

La recomendación en este sentido va en relación a la ONEMI que por la facultad que le otorga la Ley de solicitar con carácter obligatorio la entrega de información a diferentes organismos, esto puede ser realizado a través de convenios determinando el tipo de información y periodicidad del traspaso de la misma.

## **De la gestión de Riesgos**

Tal como se mencionó en el punto previo, existen diferentes entidades que generan información relacionada a la gestión de riesgos. De este conjunto de entidades, se pudo constatar que existe un mayor desarrollo en el estudio en la etapa del *análisis de amenazas*, pero que no lo es necesariamente, debido al establecimiento de planes de gestión de riesgo, sino a que diferentes entidades por su misma razón de existir o funciones que cumplen, se dedican a esta área como ser el Departamento de Sismología de la Universidad de Chile. Por otro lado, es evidente que existe un vacío en la etapa del *análisis de la vulnerabilidad*.

Esto da cuenta de una realidad en Chile que tiene una gran capacidad de respuesta en atención de la emergencia, es decir capacidad de reacción ante una amenaza y no así capacidad de prevención y mitigación que se ve con una desigualdad en su desarrollo. Esto hace que no se tenga un diagnóstico preciso y explícito de la realidad en el país que permita tomar acciones concretas de prevención y mitigación.

En este sentido, resulta factible incluir la propuesta realizada, para el diagnóstico y monitoreo de los factores que configuran la vulnerabilidad y el riesgo frente a sismos y la efectividad de las medidas tomadas en cuanto a su gestión.

Finalmente se resalta que, la flexibilidad del modelo hace que sea posible realizar adaptaciones e incluir nuevas variables y ponderadores evaluados por expertos. De la misma manera puede ser actualizada de manera periódica motivando a las autoridades en ejercicio a la ejecución de sus planes en esta materia.

## **18. REFERENCIAS**

**Davison R, 2002.** An urban earthquake disaster risk index. Disponible en:  
[www.geotecnica.unina.it/filipposan/old/1.2.pdf](http://www.geotecnica.unina.it/filipposan/old/1.2.pdf)

**BARROS O., 2010.** Ingeniería de Negocios.

**HAX A., 2010.** Delta Model - Reinventing yotur business Startegy

**CARDONA O., 2002.** Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos; Tesis Doctoral Universitat Politècnica de Catalunya. Agosto 2002

**CARDONA O., 2008.** Medición de la gestión del riesgo en América Latina.

**EMS (98)** Escala Macrosísmica Europea 1998. Comisión Sismológica Europea. Grupo de Trabajo sobre Escalas Macrosísmicas Subcomisión de Ingeniería Sísmica.

**EIRD (2004)** Vivir con Riesgo: Informe Mundial sobre iniciativas para la Reducción de Desastres.

**EIRD (2006)** Estrategia Internacional para la reducción de de desastres.  
[www.eird.org](http://www.eird.org)

**Instituto Nacional de Estadísticas (2002)**, “Como ha Cambiado la Vida de los Chilenos”, Pág. 31.

Kaplan & Norton, The Balanced Scorecard: Translating Strategy to Action, 1996

**LÜDERS, C.; J. VASQUEZ, eds. 1988.** Lecciones del sismo del 3 de Marzo de 1985. Santiago. Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón.

**MASKREY A. (1993)** Los desastres no son naturales. Editado por la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

**McEntire, D., (1999)** Issues in disaster relief: progress, perpetual problems and prospective Solutions. Disaster Prevention and Management, (8)5, p.351-61.

**PREDECAM (2009)** Gestión de Riesgos de Desastres. Un enfoque basado en procesos. Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina

**MARQUEZ RODRIGO (2006)** El diseño de índices sintéticos a partir de datos secundarios en metodologías y estrategias para el análisis social”, Pág. 136.

**NACIONES UNIDAS (2002)** Report of the World Summit on Sustainable Development: Johannesburg, South Africa, 26 August- 4 September 2002. United Nations publication, New York.

**NACIONES UNIDAS (2004)** Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres, Kobe-Hyogo, Japón 2005, Primer Anuncio. Naciones Unidas, pp 2-9.

**NACIONES UNIDAS - BID (2005)** El Impacto de los desastres naturales en el desarrollo: Documento metodológico básico para estudios nacionales de caso.

**NACIONES UNIDAS - BID (2005)** Programa de información para la gestión de desastres: estudio de caso chile.

**LA RED** - Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina - <http://www.desenredando.org>.

**Leyton, F., Ruiz, S., & Sepúlveda, S.A.(2009)** Preliminary re-evaluation of probabilistic seismic hazard assessment in Chile: from Arica to Taitao Peninsula, *Advances in Geosciences*, 22, 147–153.

**Leyton, F. Ruiz, S. & Sepúlveda, S.(2010)** Re evaluación del Peligro Sísmico en Chile Central, *Amdean Geology*

**PNUD (2000)**, “Desarrollo Humano en las Comunas de Chile”, Pág. 9.

**PREVAC** - Instrumentos de apoyo para el análisis y la gestión de riesgos naturales: Guía para el especialista  
[http://www.prevac.org.ni/Desc\\_Manuales/Guia\\_Especial.pdf](http://www.prevac.org.ni/Desc_Manuales/Guia_Especial.pdf)

**SANTIBAÑES D.(2004)** Memoria de Tesis: Determinación del Potencial de Licuefacción de Suelos no Cohesivos Saturados bajo cargas Sísmicas usando el ensayo de Penetración Estándar.

**Satty T. (2008)**, *Decisión Making with the analityc hierarchy process*

**SUBDERE** -  
[http://www.goretarapaca.gov.cl/prot/SUBDERE\\_GuiaAnalisisdeRiesgos.pdf](http://www.goretarapaca.gov.cl/prot/SUBDERE_GuiaAnalisisdeRiesgos.pdf)

**TARBUCK, E.; F. LUTGENS. 2000.** *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física. Sexta Edición. Madrid. Prentice Hall.*

**WEISS Y INDURKHYA, 199.** *Revisión de técnicas de agrupamiento de minería de datos espaciales en un SIG.*

**WILCHES, G.** “La vulnerabilidad global”, En: *los desastres no son naturales*, A. MASKREY (Compilador), LA RED, Tercer Mundo Editores, Santa Fe de Bogotá, Colombia. 1993.

## 19. ANEXOS

### 19.1 Anexo A

**Tabla 35. Principales sismos de gran intensidad registrados en Chile**

Región	Ciudad	Fecha	Magnitud Ritcher	Intensidad Mercalli
<b>Tarapacá</b>	Chusmisa	13-07-2005	7,80	IX – X
<b>Antofagasta</b>	Calama	09-12-1950	8,00	IX – X
	Tal Tal	28-12-1966	7,80	VIII
	Antofagasta	30-07-1995	7,80	VIII – IX
<b>Atacama</b>	Copiapó	04-12-1918	7,80	IX – X
	Vallenar	10-11-1922	8,40	X – XI
<b>Coquimbo</b>	Coquimbo	06-04-1943	8,30	X – XI
<b>Valparaíso</b>	Valparaíso	16-08-1906	8,60	X – XI
	La Ligua	09-07-1971	7,50	IX
	San Antonio	03-03-1985	7,80	VIII – IX
<b>Maule</b>	Talca	01-12-1928	8,00	IX – X
<b>BioBio</b>	Chillan	24-01-1939	8,30	X – XI
	Chillan	06-05-1953	7,60	IX – X
	Concepción	21-05-1960	7,80	IX – X
	Cobquecura	27-02-2010	8,80	IX – X
<b>Araucanía</b>	Angol	10-05-1975	7,80	VII – VIII
<b>Los Ríos</b>	Valdivia	22-05-1960	9,50	XI
<b>Magallanes</b>	Punta Arenas	17-12-1949	7,80	VIII – IX

Fuente: Onemi, 2010

## 19.2 Anexo B

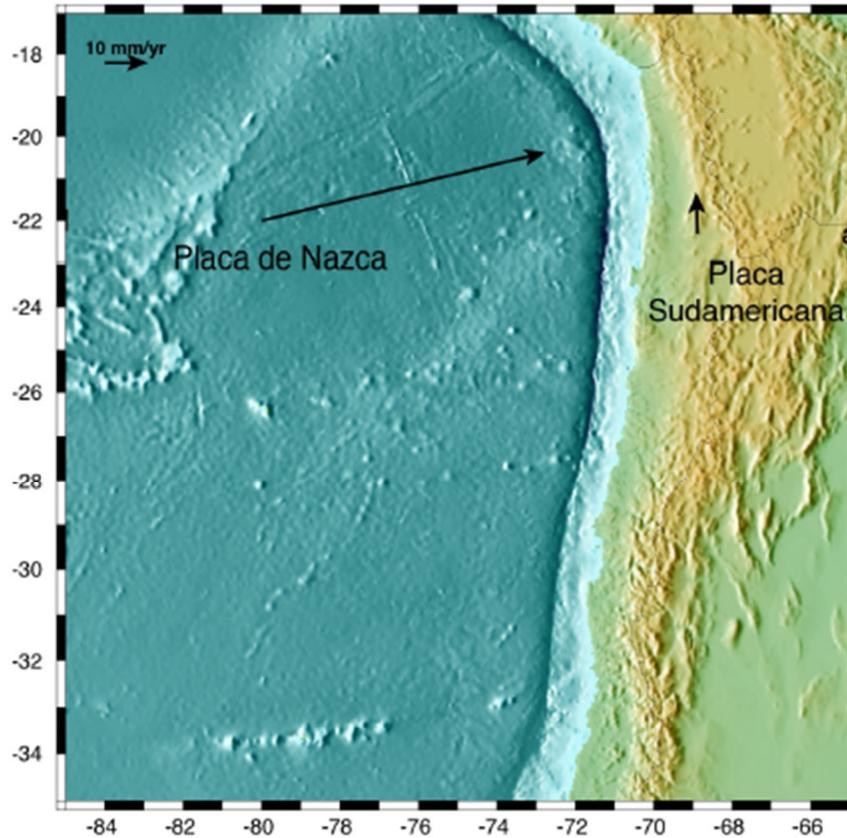
Tabla 36. Escala de Mercalli

Grado de Intensidad	Descripción
I	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.
II	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los edificios.
III	Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica, por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo.
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aun durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general, se dejan oír las vibraciones de la vajilla, puertas y ventanas. Se sienten crujir los tabiques de madera. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V	La mayoría de las personas lo perciben aun en el exterior. En el interior, durante la noche, muchas personas despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aun pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.
VI	Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos caen de los armarios. Los cuadros suspendidos de las murallas caen. Los muebles se desplazan y se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles y arbustos, o bien, se les oye crujir. Se siente el tañido de las campanas pequeñas de iglesias y escuelas.
VII	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es perceptible por los conductores de automóviles en marcha. Se producen daños en estructuras débiles de albañilería. Se dañan los muebles. Caen trozos de estucos, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia. Los terraplenes y taludes de arena o grava experimentan pequeños deslizamientos o hundimiento. Se dañan los canales de hormigón para regadío. Tañen todas las campanas.
VIII	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aun el derrumbe parcial en estructuras débiles de albañilería. En estructuras de albañilería bien proyectadas y construidas sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casas e industrias. Caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aun se salen totalmente de sus bases. Los tabiques se desprenden. Se quiebran las ramas de los árboles, se producen cambios en las corrientes de aguas y en la temperatura de vertientes y pozos. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de las pendientes escarpadas.
IX	Se produce pánico general. Las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construidas se destruyen. Las estructuras corrientes de albañilería bien construidas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Las estructuras de albañilería bien proyectadas y bien construidas se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Las estructuras de maderas son removidas de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas aparecen grietas aun en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo.
X	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de las estructuras de madera. Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se destruyen. Se producen grandes daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, etc., sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arena se desplazan horizontalmente sobre playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados.
XI	Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías) subterráneas quedan totalmente fuera de servicio.
XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos, saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

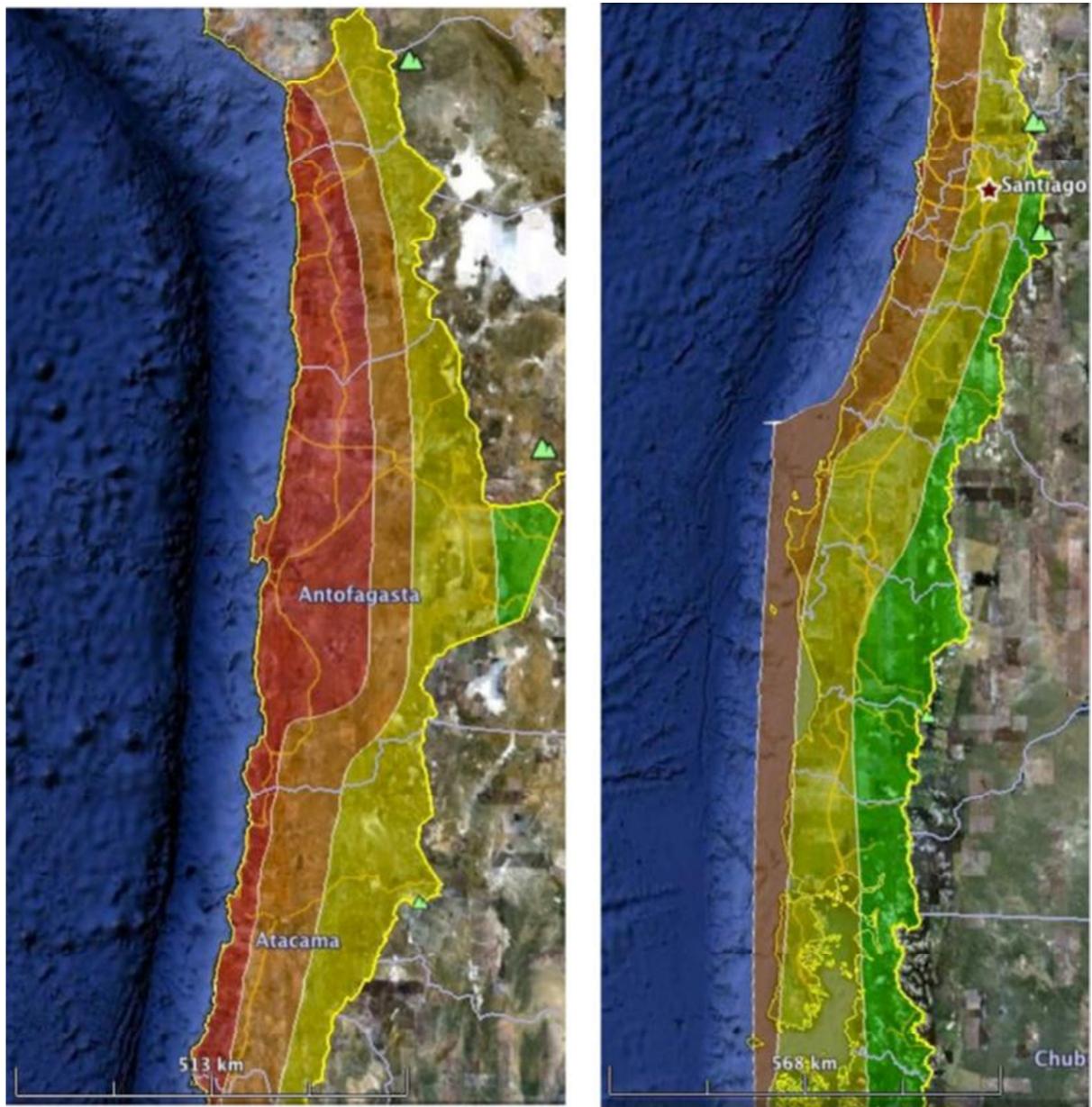
### 19.3 Anexo C

#### Propuesta de zonificación sísmica de Chile.

Figura 60. Principales placas tectónicas, presentes en la zona desde Arica a la Península de Taitao



**Figura 61. Zonas Sísmicas definidas en el estudio de Leyton (2009)**



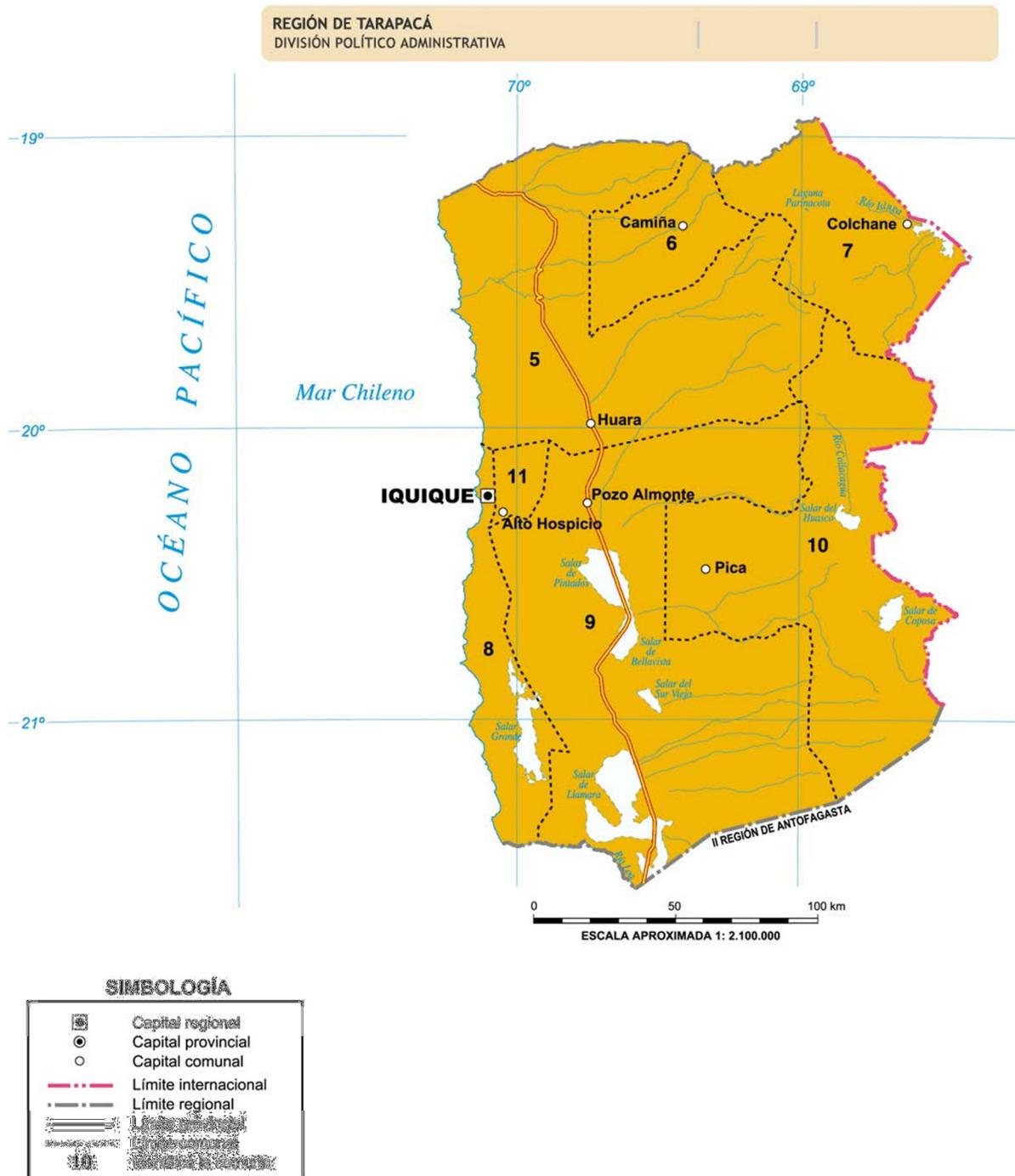
Fuente: Propuesta de zonificación para Chile Continental - Felipe Leyton (2009)

En rojo se muestra la zona de Demanda Sísmica Muy Alta ( $PGA > 0.8 g$ ), en naranja la zona de Demanda Sísmica Alta ( $0.8 g \geq PGA > 0.6 g$ ), en amarillo la zona de Demanda Sísmica Media ( $0.6 g \geq PGA > 0.4 g$ ) y en verde la

zona de Demanda Sísmica Baja ( $0.4 g \geq \text{PGA}$ ), siendo el PGA la aceleración horizontal máxima en un período de retorno de 475 años y  $g$  la aceleración de gravedad.

## 19.4 Anexo D

### Mapa Región de Tarapacá



## 19.5 Anexo E

### Tratamiento de los datos

Con los datos obtenidos de las diferentes fuentes, se aplicó los métodos ya descritos en el capítulo de Metodología y restricciones metodológicas para el tratamiento de los datos para el análisis de vulnerabilidad.

#### Paso 1. Ponderación de las variables y determinación de Porcentaje

Las variables analizadas bajo el método porcentual, descrito en la metodología propuesta, fueron las siguientes:

- Pobreza
- Tasa de dependencia
- Discapacidad
- Calidad de vivienda

Para efectos de comprensión se mostrara en detalle como ejemplo el tratamiento de datos de la comuna de Alto Hospicio.

#### Pobreza

Los datos están catalogados en dos categorías: Pobre y No pobre. Para objetivos del presente estudio la categoría Pobre es considerada la de mayor relevancia, quedando el orden como sigue:

Nro	Población	Ponderación
1	Pobre	2
2	No Pobre	1

El paso siguiente es relacionar los datos de cada comuna con la ponderación establecida. En este caso los datos se encuentran representados en porcentaje, teniendo que representarlos en valores expresados por 1.

**Tabla 37. Distribución porcentual de la pobreza**

Nro	Nombre Comuna	Distribución porcentual de pobreza		Distribución porcentual expresados por 1	
		% Pobre	% No Pobre	% Pobres	% No Pobres
1	Pica	6.51	93.49	0.07	0.93
2	Camiña	11.62	88.38	0.12	0.88
3	Colchane	34.56	65.44	0.35	0.65
4	Huara	6.93	93.07	0.07	0.93
5	Pozo Almonte	5.48	94.52	0.05	0.95
6	Iquique	6.00	94.00	0.06	0.94
7	Alto Hospicio	17.00	83.00	0.17	0.83

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente a obtener los datos en porcentaje, se debe relacionar los mismos con los ponderadores establecidos anteriormente. A continuación se muestra un ejemplo para la comuna de Alto Hospicio:

$$CT = (0.17*2) + (0.83*1)=1.17$$

Este procedimiento se repite para todas las comunas obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 38. Ponderación de la variable Pobreza**

Nro	Nombre Comuna	Valor Ponderado
1	Pica	1.07
2	Camiña	1.12
3	Colchane	1.35
4	Huara	1.07
5	Pozo Almonte	1.05
6	Iquique	1.06
7	Alto Hospicio	1.17

Fuente: Elaboración Propia

Se procedió con la misma metodología para las variables cuantitativas obteniendo como resultado los siguientes cuadros:

### Tasa de dependencia

Nro	Población	Ponderación
1	Población 65 o más	3
2	Población 0 -14	2
3	Población 15 - 64	1

**Tabla 39. Ponderación de la variable Tasa de Dependencia**

Nro	Nombre Comuna	% Pob. 0-14	%Pob. 15-64	% Pob. 65 o más	Valor ponderado
1	Pica	0.145	0.793	0.062	1.269
2	Camiña	0.362	0.544	0.094	1.551
3	Colchane	0.283	0.618	0.099	1.481
4	Huara	0.288	0.598	0.114	1.516
5	Pozo Almonte	0.261	0.683	0.055	1.372
6	Iquique	0.252	0.683	0.066	1.383
7	Alto Hospicio	0.364	0.612	0.023	1.411

Fuente: Elaboración Propia

### Discapacidad

Nro	Población	Ponderación
1	Discapacitados	2
2	No Discapacitados	1

**Tabla 40 Ponderación de la variable Discapacidad**

Nro	Nombre Comuna	% Discapac.	% No Discapac.	Valor ponderado
1	Pica	0.016	0.984	1.016
2	Camiña	0.016	0.984	1.016
3	Colchane	0.045	0.955	1.045
4	Huara	0.037	0.963	1.037
5	Pozo Almonte	0.022	0.978	1.022
6	Iquique	0.017	0.983	1.017
7	Alto Hospicio	0.015	0.985	1.015

Fuente: Elaboración Propia

### Calidad de vivienda

Nro	Tipo Vivienda	Ponderación
1	Deficitarias	4
2	Recuperables	3
3	Aceptables	2
4	Buenas	1

**Tabla 41. Ponderación de la variable Calidad de vivienda**

Nr o	Nombre Comuna	% Buenas	% Aceptables	% Recuperables	% Deficitarias	Valor ponderado
1	Pica	0.54	0.17	0.08	0.21	1.962
2	Camiña	0.20	0.30	0.16	0.33	2.618
3	Colchane	0.22	0.19	0.28	0.31	2.676
4	Huara	0.21	0.28	0.21	0.30	2.603
5	Pozo Almonte	0.61	0.12	0.10	0.16	1.820
6	Iquique	0.60	0.22	0.05	0.13	1.714
7	Alto Hospicio	0.52	0.13	0.17	0.18	1.994

Fuente: Elaboración Propia

### **Dispersión de entidades pobladas**

En este caso no se realiza tratamiento a los datos, ya que los valores se encuentran normalizados, considerando 0 como favorable y 1 desfavorable. La misma situación se presenta para las variables de Acceso a Servicios básicos, Integración Comunicacional e Infraestructura estratégica de transportes. En el caso de Alto Hospicio, al haber sido creada el año 2004 (posterior al censo del 2002), se considera el valor de la comuna de Iquique debido a que el índice fue estimado analizando los datos de ambas comunas.

**Tabla 42. Índice de dispersión**

<b>Nro</b>	<b>Nombre Comuna</b>	<b>Índice de dispersión</b>
1	Pica	0.0292133
2	Camiña	0.1200000
3	Colchane	0.1200000
4	Huara	0.1200000
5	Pozo Almonte	0.0401994
6	Iquique	0.0024000
7	Alto Hospicio	0.0024000

Fuente: Elaboración Propia

### Acceso a servicios básicos (agua)

**Tabla 43. Acceso a Servicios básicos**

Nro	Nombre Comuna	Acceso a servicios básicos
1	Pica	0.020504
2	Camiña	0.033210
3	Colchane	0.048361
4	Huara	0.011448
5	Pozo Almonte	0.011132
6	Iquique	0.000000
7	Alto Hospicio	0.000000

Fuente: Elaboración Propia

### Integración Comunicacional

**Tabla 44. Integración Comunicacional**

Nro	Nombre Comuna	Índice de Integración Comunicacional
1	Pica	0.0200000
2	Camiña	0.0600000
3	Colchane	0.0600000
4	Huara	0.0500000
5	Pozo Almonte	0.0300000
6	Iquique	0.0100000
7	Alto Hospicio	0.0100000

Fuente: Elaboración Propia

## Infraestructura Estratégica de Transportes

**Tabla 45. Infraestructura Estratégica de Transportes**

Nro	Nombre Comuna	Índice de Transportes
1	Pica	0.0153768
2	Camiña	0.0264766
3	Colchane	0.0375764
4	Huara	0.0102851
5	Pozo Almonte	0.0078411
6	Iquique	0.0000000
7	Alto Hospicio	0.0040733

Fuente: Elaboración Propia

## Gestión en Protección Civil

Para el análisis de las variables que componen el factor de protección civil se utilizará el método binario, mismo que permite analizar las variables por la presencia o ausencia de las diferentes características dentro de una unidad administrativa. Entonces, para este factor las variables fueron analizadas en su conjunto. Cada componente fue ordenado de acuerdo al nivel de importancia.

**Tabla 46. Gestión en Protección Civil**

Gestión en Protección Civil	Jerarquía
Constitución y coordinación del Comité Comunal de Protección Civil (CC)	5
Existencia de planes de respuesta ante emergencia. (PE)	4
Existencia de planes de prevención ante terremotos.(Sismos)	3
Participación Comunitaria (PC)	2
Existencia de Catastro de recursos (CR)	1

Fuente: Elaboración Propia

Es importante mencionar, que para poder contar con la información de protección civil a nivel comunal de las zonas de estudio se tuvo el apoyo de autoridades relacionadas a ONEMI y Protección Civil. En el caso de las comunas de la región de Tarapacá, el Jefe de la unidad de Gestión Territorial de la ONEMI. El procedimiento en general es una encuesta de la presencia o ausencia de las variables dentro de su planificación, siendo este procedimiento replicable para las demás comunas.

**Tabla 47. Evaluación del factor Gestión en Protección Civil**

Nro	Nombre Comuna	Protección Civil				
		CC	PE	PT	PC	CR
1	Pica	0	1	0	0	0
2	Camiña	0	1	0	0	0
3	Colchane	0	1	0	1	0
4	Huara	0	1	0	0	0
5	Pozo Almonte	1	1	0	1	0
6	Iquique	1	1	1	1	0
7	Alto Hospicio	1	1	1	0	0

Fuente: Elaboración Propia

El siguiente paso después de obtener los datos es convertirlos a números reales, para lo cual se utiliza el método de conversión de binario a decimal.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

**Tabla 48. Conversión Binario – Decimal factor Gestión en Protección Civil**

Nro	Nombre Comuna	Protección Civil	
		Valor binario	Valor decimal
1	Pica	01000	8
2	Camiña	01000	8
3	Colchane	01010	10
4	Huara	01000	8
5	Pozo Almonte	01010	10
6	Iquique	11110	30
7	Alto Hospicio	11100	28

Fuente: Elaboración Propia

## Paso 2. Normalización

Una vez obtenidos los valores ponderados y reales mediante diferentes métodos, resulta importante la normalización de los datos para que estos se encuentren bajo un mismo parámetro. Para tal efecto, se utilizó la formula ya descrita en el punto 5.2 de la metodología.

A continuación se muestran los resultados de las variables tratadas.

**Tabla 49. Variable Pobreza normalizado**

<b>Pobreza</b>			
<b>Nro</b>	<b>Nombre Comuna</b>	<b>Valor Ponderado</b>	<b>Valor Normalizado</b>
1	Pica	1.07	0.07
2	Camiña	1.12	0.12
3	Colchane	1.35	0.35
4	Huara	1.07	0.07
5	Pozo Almonte	1.05	0.05
6	Iquique	1.06	0.06
7	Alto Hospicio	1.17	0.17

Valor máximo = 2

Valor mínimo = 1

**Tabla 50. Variable Tasa de Dependencia normalizado**

<b>Tasa Dependencia</b>			
<b>Nro</b>	<b>Nombre Comuna</b>	<b>Valor ponderado</b>	<b>Valor Normalizado</b>
1	Pica	1.269	0.13
	Camiña	1.551	0.28
3	Colchane	1.481	0.24
4	Huara	1.516	0.26
5	Pozo Almonte	1.372	0.19
6	Iquique	1.383	0.19
7	Alto Hospicio	1.411	0.21

Valor máximo = 3

Valor mínimo = 1

**Tabla 51. Variable Discapacidad normalizado**

Discapacidad			
Nro	Nombre Comuna	Valor ponderado	Valor normalizado
1	Pica	1.016	0.02
2	Camiña	1.016	0.02
3	Colchane	1.045	0.04
4	Huara	1.037	0.04
5	Pozo Almonte	1.022	0.02
6	Iquique	1.017	0.02
7	Alto Hospicio	1.015	0.01

Valor máximo = 2

Valor mínimo = 1

**Tabla 52. Variable Calidad de vivienda normalizado**

Calidad de Vivienda			
Nro	Nombre Comuna	Valor ponderado	Valor Normalizado
1	Pica	1.962	0.32
2	Camiña	2.618	0.54
3	Colchane	2.676	0.56
4	Huara	2.603	0.53
5	Pozo Almonte	1.820	0.27
6	Iquique	1.714	0.24
7	Alto Hospicio	1.994	0.33

Valor máximo = 4

Valor mínimo = 1

Las variables de acceso a servicios básicos, índice de dispersión, integración comunicacional e infraestructura estratégica de transportes ya se encuentran normalizados por lo tanto se mantendrán los mismos valores.

En el caso de la variable de protección civil el resultado es el siguiente:

**Tabla 53. Factor Protección Civil normalizado**

Protección Civil					
Nro	Nombre Comuna	Valor Binario	Valor decimal	Valor normalizado	Valor Inverso normalizado <sup>48</sup>
1	Pica	01000	8	0.26	0.74
2	Camiña	01000	8	0.26	0.74
3	Colchane	01010	10	0.32	0.68
4	Huara	01000	8	0.26	0.74
5	Pozo Almonte	01010	10	0.32	0.68
6	Iquique	11110	30	0.97	0.03
7	Alto Hospicio	11100	28	0.90	0.10

Valor máximo = 31

Valor mínimo = 0

---

<sup>48</sup> Se invierten los valores debido a la lógica de evaluación de los índices 0 para un valor óptimo y 1 desfavorable

## 19.6 Anexo F

### Análisis de la situación actual Región de Tarapacá.

Tabla 54. Comuna de Iquique

IQUIQUE		
Variables	Existen planes, proyectos? Existe o tiene un indicador favorable?	NOTA 1 - 3
CC	Cuenta con un comité de gestión de protección civil	3
PE	Cuenta con un plan de emergencia comunal	3
PP	Se cuenta con planes ejecutados en los dos últimos años: 1.Familia preparada 2. Agachate, cúbrete y afirmate. 3. Verano seguro	3
PC	Se ha venido fortaleciendo la participación comunitaria en la elaboración del plan de respuesta a emergencia y desastres (Capacitación junta de vecinos)	2
CR	Solo conocimiento por juicio experto	1
TD	Se tiene implementado el plan integral de seguridad escolar	2
Disc	No se considera al segmento de discapacitados en las acciones	1
Disp	Cuenta con un indicador favorable (0.002). El mayor porcentaje de la población está concentrada	3
Pobreza	Cuenta con un 14 % de población pobre	2
AccSer	Un 98 % de las viviendas acceden al servicio de agua potable	3
Conec	Un 80% de la población cuenta con acceso a telefonía, sin embargo no existe una red de emergencia establecida formalmente	3
Calidad	Un porcentaje alto 86 % tienen buena calidad de vivienda	3
InfEst	Al ser capital de provincia, cuenta con todos los servicios como aeropuertos, caminos, entre otros	3

**Tabla 55. Comuna Pica**

<b>PICA</b>		
<b>Variables</b>	<b>Existen planes, proyectos? Existe o tiene un indicador favorable?</b>	<b>NOTA 1 – 3</b>
<b>CC</b>	No cuenta con un comité establecido de gestión en protección civil	1
<b>PE</b>	Cuenta con un plan de emergencia Regional no Comunal	2
<b>PP</b>	No se tienen planes comunales de prevención ante sismos.	1
<b>PC</b>	Existe participación parcial de la comunidad en el proceso de planificación	2
<b>CR</b>	No se cuenta con un catastro de recursos (técnico, humanos) disponibles	1
<b>TD</b>	No se ha implementado ningún plan específico (ejm. Jardines infantiles)	1
<b>Disc</b>	No se considera al segmento de discapacitados en las acciones	1
<b>Disp</b>	Cuenta con un indicador medio de dispersión (0.29) en relación a las demás. Es decir la población esta medio dispersa.	2
<b>Pobreza</b>	Cuenta con un 14 % de población pobre	2
<b>AccSer</b>	Un 90 % de las viviendas acceden al servicio de agua potable	3
<b>Conec</b>	No existe una red de emergencia establecida formalmente	1
<b>Calidad</b>	Un porcentaje medio alto aproximadamente 80 % tienen buena calidad de vivienda	2
<b>InfEst</b>	Cuenta con carreteras de comunicación, sin embargo no cuenta con todos los servicios ejm aeropuertos	2

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 56. Comuna Camiña**

<b>CAMIÑA</b>		
<b>Variables</b>	<b>Existen planes, proyectos? Existe o tiene un indicador favorable?</b>	<b>NOTA 1 - 3</b>
<b>CC</b>	No cuenta con un comité establecido de gestión en protección civil	1
<b>PE</b>	Cuenta con un plan de emergencia Regional no Comunal	2
<b>PP</b>	No se tienen planes comunales de prevención ante sismos.	1
<b>PC</b>	Existe participación parcial de la comunidad en el proceso de planificación	2
<b>CR</b>	No se cuenta con un catastro de recursos (técnico, humanos) disponibles	1
<b>TD</b>	No se ha implementado ningún plan específico para este segmento	1
<b>Disc</b>	No se considera al segmento de discapacitados en las acciones	1
<b>Disp</b>	Cuenta con un indicador desfavorable (0.120). El mayor porcentaje de la población está dispersa	1
<b>Pobreza</b>	Cuenta con un 15 % de población pobre	2
<b>AccSer</b>	Apenas un 15 % de las viviendas acceden al servicio de agua potable	1
<b>Conec</b>	No existe una red de emergencia establecida formalmente	1
<b>Calidad</b>	Un porcentaje alto 85 % tienen buena calidad de vivienda	2
<b>InfEst</b>	Cuenta con carreteras de comunicación, sin embargo en caso de desastre a distancia a la capital es considerable	1

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 57. Comuna Colchane**

COLCHANE		
Variables	Existen planes, proyectos? Existe o tiene un indicador favorable?	NOTA 1 - 3
<b>CC</b>	Cuenta con un comité establecido de gestión en protección civil. Sin embargo sus reuniones no son periódicas	2
<b>PE</b>	Cuenta con un plan de emergencia Regional no Comunal	2
<b>PP</b>	No se tienen planes comunales de prevención ante sismos.	1
<b>PC</b>	Existe participación parcial de la comunidad en el proceso de planificación	2
<b>CR</b>	No se cuenta con un catastro de recursos (técnico, humanos) disponibles	1
<b>TD</b>	No se ha implementado ningún plan específico para este segmento.	1
<b>Disc</b>	No se considera al segmento de discapacitados en las acciones	1
<b>Disp</b>	Cuenta con un indicador desfavorable (0.120). El mayor porcentaje de la población está dispersa	1
<b>Pobreza</b>	Cuenta con un alto porcentaje aproximadamente del 37 % de población pobre	1
<b>AccSer</b>	Un 60 % de las viviendas acceden al servicio de agua potable. Es decir un 40% no acceden a este servicio.	1
<b>Conec</b>	No existe una red de emergencia establecida formalmente	1
<b>Calidad</b>	Un porcentaje alto aproximadamente 30 % tienen una calidad deficitaria de vivienda	1
<b>InfEst</b>	Cuenta con carreteras de comunicación, sin embargo en caso de emergencia la distancia a la capital es considerable	1

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 58. Comuna Huara**

<b>HUARA</b>		
<b>Variables</b>	<b>Existen planes, proyectos? Existe o tiene un indicador favorable?</b>	<b>NOTA 1 - 3</b>
<b>CC</b>	No cuenta con un comité establecido de gestión en protección civil	1
<b>PE</b>	Cuenta con un plan de emergencia Regional no Comunal	2
<b>PP</b>	No se tienen planes comunales de prevención ante sismos.	1
<b>PC</b>	Existe participación parcial de la comunidad en el proceso de planificación	2
<b>CR</b>	No se cuenta con un catastro de recursos (técnico, humanos) disponibles	1
<b>TD</b>	No se ha implementado ningún plan específico para este segmento	1
<b>Disc</b>	No se considera al segmento de discapacitados en las acciones	1
<b>Disp</b>	Cuenta con un indicador desfavorable(0.120). El mayor porcentaje de la población está dispersa	1
<b>Pobreza</b>	Cuenta con un 10 % de población pobre	3
<b>AccSer</b>	Solo un 53 % de las viviendas acceden al servicio de agua potable	1
<b>Conec</b>	No existe una red de emergencia establecida formalmente	1
<b>Calidad</b>	Un porcentaje medio alto 80 % tienen buena calidad de vivienda	2
<b>InfEst</b>	Cuenta con carreteras de comunicación, sin embargo no cuenta con todos los servicios ejm aeropuertos	2

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 59. Comuna Pozo Almonte**

<b>POZO ALMONTE</b>		
<b>Variables</b>	<b>Existen planes, proyectos? Existe o tiene un indicador favorable?</b>	<b>NOTA 1 - 3</b>
<b>CC</b>	No cuenta con un comité establecido de gestión en protección civil	1
<b>PE</b>	Cuenta con un plan de emergencia Regional no Comunal	2
<b>PP</b>	No se tienen planes comunales de prevención ante sismos.	1
<b>PC</b>	Existe participación parcial de la comunidad en el proceso de planificación	1
<b>CR</b>	No se cuenta con un catastro de recursos (técnico, humanos) disponibles	1
<b>TD</b>	No se ha implementado ningún plan específico para este segmento.	1
<b>Disc</b>	No se considera al segmento de discapacitados en las acciones	1
<b>Disp</b>	Cuenta con un indicador medio de dispersión (0.40). El mayor porcentaje de la población está dispersa.	2
<b>Pobreza</b>	Cuenta con un 13 % de población pobre	2
<b>AccSer</b>	Un 85 % de las viviendas acceden al servicio de agua potable	3
<b>Conec</b>	No existe una red de emergencia establecida formalmente	2
<b>Calidad</b>	Un porcentaje alto 85 % tienen buena calidad de vivienda	2
<b>InfEst</b>	Cuenta con carreteras de comunicación, sin embargo no cuenta con todos los servicios ejm aeropuertos	2

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 60. Comuna Alto Hospicio**

<b>ALTO HOSPICIO</b>		
<b>Variables</b>	<b>Existen planes, proyectos? Existe o tiene un indicador favorable?</b>	<b>NOTA 1 - 3</b>
<b>CC</b>	Cuenta con un comité establecido de gestión en protección civil	3
<b>PE</b>	Cuenta con un plan de emergencia Regional no Comunal	2
<b>PP</b>	Cuenta con planes comunales de prevención ante sismos. (Familia preparada, Agáchate, cúbrete y afírmate)	3
<b>PC</b>	Existe participación parcial de la comunidad en el proceso de planificación	2
<b>CR</b>	No se cuenta con un catastro de recursos (técnico, humanos) disponibles	1
<b>TD</b>	Se ha implementado parcialmente planes para este segmento(Programa integral de seguridad escolar)	2
<b>Disc</b>	No se considera al segmento de discapacitados en las acciones	1
<b>Disp</b>	Cuenta con un indicador favorable. El mayor porcentaje de la población está concentrada	3
<b>Pobreza</b>	Cuenta con un 20 % de población pobre	1
<b>AccSer</b>	Un 97 % de las viviendas acceden al servicio de agua potable	3
<b>Conec</b>	No existe una red de emergencia establecida formalmente	2
<b>Calidad</b>	Un porcentaje medio alto 84 % tienen buena calidad de vivienda	3
<b>InfEst</b>	Al estar casi al lado de la capital Iquique es posible acceder a casi todos los servicios en relación a infraestructura de transportes.	3

Fuente: Elaboración Propia

## 19.7 Anexo G

### Resultados del análisis de vulnerabilidad Región de Tarapacá

Tabla 61. Resultados Comuna Iquique

IQUIQUE								
FACTORES	W <sub>f</sub> (AHP)	Variab les	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulne rabili dad	Situ ació n actu al	Brech a	Valor potenci al de mejora	Priori dad de atenci ón
Factor Institucional	35%	CC	11%		1,00	0,00	0,00%	0,00%
		PE	8%		1,00	0,00	0,00%	0,00%
		PP	9%	1.13%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
		PC	4%		0,50	0,50	5,25%	2,43%
		CR	4%		0,00	1,00	10,50%	3,44%
Factor Exposición	30%	TD	17%	3.16%	0,50	0,50	8,25%	5,11%
		Disc	11%	0.18%	0,00	1,00	10,50%	1,38%
		Disp	3%	0.06%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
Factor Socioeconó mico	25%	Pobreza	9%	0.54%	0,50	0,50	4,50%	1,56%
		AccSer	8%	1.21%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
		Conec	5%	0.71%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	2.18%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
		InfEst	4%	0.06%	1,00	0,00	0,00%	0,00%
		<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>0.092</b>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 62. Resultados Comuna Pica**

PICA								
FACTORES	W <sub>f</sub> (AHP)	Variab les	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulne rabili dad	Situ ació n actu al	Brech a	Valor potenci al de mejora	Priorida d de atenció n
Factor Institucional	35%	CC	11%	1.13%	0.00	1.00	10.50%	16.51%
		PE	8%		0.50	0.50	5.25%	11.68%
		PP	9%		0.00	1.00	10.50%	16.51%
		PC	4%		0.50	0.50	5.25%	11.68%
		CR	4%		0.00	1.00	10.50%	16.51%
Factor Exposición	30%	TD	17%	3.16%	0.00	1.00	16.50%	6.05%
		Disc	11%	0.18%	0.00	1.00	10.50%	1.34%
		Disp	3%	0.06%	0.50	0.50	1.50%	1.05%
Factor Socioeconómico	25%	Pobreza	9%	0.54%	0.50	0.50	4.50%	1.62%
		AccSer	8%	1.21%	1.00	0.00	0.00%	0.00%
		Conec	5%	0.71%	0.00	1.00	5.00%	2.67%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	2.18%	0.50	0.50	4.58%	3.66%
		InfEst	4%	0.06%	0.50	0.50	2.10%	1.39%
<b>Total</b>			<b>100%</b>	<b>0.092</b>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 63. Resultados Comuna Camiña**

CAMIÑA								
FACTORES	W <sub>f</sub> (AHP)	Variab les	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulne rabili dad	Situ ació n actu al	Brech a	Valor potenci al de mejora	Priori dad de atenci ón
Factor Institucional	35%	CC	11%	1.13%	0.00	1.00	10.50%	16.51 %
		PE	8%		0.50	0.50	4.20%	10.44 %
		PP	9%		0.00	1.00	8.75%	15.07 %
		PC	4%		0.50	0.50	1.93%	7.07%
		CR	4%		0.00	1.00	3.50%	9.53%
Factor Exposición	30%	TD	17%	3.16%	0.00	1.00	16.50%	8.66%
		Disc	11%	0.18%	0.00	1.00	10.50%	1.35%
		Disp	3%	0.06%	0.00	1.00	3.00%	3.00%
Factor Socioeconó mico	25%	Pobreza	9%	0.54%	0.50	0.50	4.50%	2.17%
		AccSer	8%	1.21%	0.00	1.00	8.00%	7.70%
		Conec	5%	0.71%	0.00	1.00	5.00%	4.63%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	2.18%	0.50	0.50	4.58%	4.75%
		InfEst	4%	0.06%	0.00	1.00	4.20%	2.58%
		<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>0.092</b>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 64. Resultados Comuna Colchane**

COLCHANE								
FACTORES	W <sub>f</sub> (AHP)	Variab les	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulne rabili dad	Situ ació n actu al	Brech a	Valor potenci al de mejora	Priori dad de atenci ón
Factor Institucional	35%	CC	11%	1.13%	0.50	0.50	5.25%	11.68 %
		PE	8%		0.50	0.50	4.20%	10.44 %
		PP	9%		0.00	1.00	8.75%	15.07 %
		PC	4%		0.50	0.50	1.93%	7.07%
		CR	4%		0.00	1.00	3.50%	9.53%
Factor Exposición	30%	TD	17%	3.16%	0.00	1.00	16.50%	8.09%
		Disc	11%	0.18%	0.00	1.00	10.50%	2.22%
		Disp	3%	0.06%	0.00	1.00	3.00%	3.00%
Factor Socioeconó mico	25%	Pobreza	9%	0.54%	0.00	1.00	9.00%	5.29%
		AccSer	8%	1.21%	0.00	1.00	8.00%	7.16%
		Conec	5%	0.71%	0.00	1.00	5.00%	4.63%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	2.18%	0.00	1.00	9.15%	6.84%
		InfEst	4%	0.06%	0.00	1.00	4.20%	3.08%
		<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>0.092</b>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 65. Resultados Comuna Huara**

HUARA								
FACTORES	W <sub>f</sub> (AHP)	Variab les	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulne rabili dad	Situ ació n actu al	Brech a	Valor potenci al de mejora	Priori dad de atenci ón
Factor Institucional	35%	CC	11%	1.13%	0.00	1.00	10.50%	16.51%
		PE	8%		0.50	0.50	4.20%	10.44%
		PP	9%		0.00	1.00	8.75%	15.07%
		PC	4%		0.50	0.50	1.93%	7.07%
		CR	4%		0.00	1.00	3.50%	9.53%
Factor Exposición	30%	TD	17%	3.16%	0.00	1.00	16.50%	8.38%
		Disc	11%	0.18%	0.00	1.00	10.50%	2.03%
		Disp	3%	0.06%	0.00	1.00	3.00%	3.00%
Factor Socioeconó mico	25%	Pobreza	9%	0.54%	1.00	0.00	0.00%	0.00%
		AccSer	8%	1.21%	0.00	1.00	8.00%	7.12%
		Conec	5%	0.71%	0.00	1.00	5.00%	4.23%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	2.18%	0.50	0.50	4.58%	4.73%
		InfEst	4%	0.06%	0.50	0.50	2.10%	1.14%
		<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>0.092</b>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 66. Resultados Comuna Pozo Almonte**

POZO ALMONTE								
FACTORES	W <sub>f</sub> (AHP)	Variab les	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulne rabili dad	Situ ació n actu al	Brech a	Valor potenci al de mejora	Priori dad de atenci ón
Factor Institucional	35%	CC	11%	1.13%	0.00	1.00	10.50%	16.51%
		PE	8%		0.50	0.50	4.20%	10.44%
		PP	9%		0.00	1.00	8.75%	15.07%
		PC	4%		0.00	1.00	3.85%	10.00%
		CR	4%		0.00	1.00	3.50%	9.53%
Factor Exposición	30%	TD	17%	3.16%	0.00	1.00	16.50%	7.11%
		Disc	11%	0.18%	0.00	1.00	10.50%	1.57%
		Disp	3%	0.06%	0.50	0.50	1.50%	1.23%
Factor Socioeconó mico	25%	Pobreza	9%	0.54%	0.50	0.50	4.50%	1.49%
		AccSer	8%	1.21%	1.00	0.00	0.00%	0.00%
		Conec	5%	0.71%	0.50	0.50	2.50%	2.31%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	2.18%	0.50	0.50	4.58%	3.38%
		InfEst	4%	0.06%	0.50	0.50	2.10%	0.99%
		<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>0.092</b>				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 67. Resultados Comuna Alto Hospicio**

ALTO HOSPICIO								
FACTORES	W <sub>f</sub> (AHP)	Variab les	W <sub>i</sub> (AHP)	Vulne rabili dad	Situ ació n actu al	Brech a	Valor potenci al de mejora	Priori dad de atenci ón
Factor Institucional	35%	CC	11%	1.13%	1.00	0.00	0.00%	0.00%
		PE	8%		0.50	0.50	4.20%	10.44%
		PP	9%		1.00	0.00	0.00%	0.00%
		PC	4%		0.50	0.50	1.93%	7.07%
		CR	4%		0.00	1.00	3.50%	9.53%
Factor Exposición	30%	TD	17%	3.16%	0.50	0.50	8.25%	5.29%
		Disc	11%	0.18%	0.00	1.00	10.50%	1.28%
		Disp	3%	0.06%	1.00	0.00	0.00%	0.00%
Factor Socioeconó mico	25%	Pobreza	9%	0.54%	0.00	1.00	9.00%	3.71%
		AccSer	8%	1.21%	1.00	0.00	0.00%	0.00%
		Conec	5%	0.71%	0.50	0.50	2.50%	1.34%
Factor Físico	15%	Calidad	9%	2.18%	1.00	0.00	0.00%	0.00%
		InfEst	4%	0.06%	1.00	0.00	0.00%	0.00%
		<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>0.092</b>				

Fuente: Elaboración Propia