



posean el mismo valor de los parámetros de riesgo, definiendo nuevos contratos por grupo de riesgo y modelo como promedios ponderados de los individuos que integran el conglomerado y posteriormente de los modelos de dichos grupos de riesgo de manera análoga a como se definieron los grupos de riesgo en el modelo de Bühlmann-Straub. Los ponderadores se presentan a continuación.

Términos	Descripción
W_{Pj^r}	<p>Ponderador de las reclamaciones promedio de aquellas observaciones sujetas a los parámetros de riesgo (Θ_p, Θ_{pj}) en el momento r, y generalmente coincide con el número de observaciones que se presentaron en el periodo y bajos dichas condiciones.</p>
$W_{Pj} \bullet = \sum_{r=1}^t W_{Pj^r}$	<p>Ponderador correspondiente a cada una de los grupos de riesgo sujetos a (Θ_p, Θ_{pj}), tomando en cuenta todo el periodo de tiempo estudiado y corresponde al número de observaciones o reclamaciones presentadas.</p>
$W_{Pj^r} \bullet \bullet = \sum_{j=1}^k W_{Pj} \bullet = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^t W_{Pj^r}$	<p>Ponderador correspondiente a cada subportafolio sujeto al riesgo Θ_p y generalmente corresponde al número de observaciones existentes en ese sector, siendo equivalente de esta manera a la suma de los ponderadores por clase de contratos.</p>

Tabla 2.15. Términos en el Modelo Jerárquico de Jewell [7]



El objetivo será encontrar los estimadores de credibilidad para las primas que se deberán cobrar a cada clase de contratos, a los sectores y finalmente al portafolio total. Para obtener los resultados en el marco de los modelos de credibilidad y de esta manera poder obtener las primas se definen las siguientes relaciones y notación que simplifique las sumas ponderadas.

Términos	Descripción
$W_{p**} = \sum_{j=1}^k W_{pj*} = \sum_{j=1}^k \sum_{r=1}^l W_{pj*r}$	Ponderador del contrato p .
$Z_{pj} = \frac{aW_{pj*}}{s^2 + aW_{pj*}}$	Factor de credibilidad para determinar la prima que sería adecuado cobrar al grupo de riesgo j , es decir, a aquellos contratos que se encuentran sujetos a los mismos parámetros de riesgo (Θ_p, Θ_{pj}), permitiendo ponderar la prima que se obtendrá a partir de la experiencia de estos contratos con la prima determinada a partir de experiencia global.
$Z_{p*} = \sum_j Z_{pj}$	Factor acumulado de credibilidad para cada sector p , tomando en cuenta todas las posibles clases de contratos que agrupa dicho sector o subportafolio
$Z_p = \frac{bz_{p*}}{a + bz_{p*}}$	Factor de credibilidad correspondiente a todos aquellos contratos que pertenecen al subportafolio o sector p y que por lo tanto presentarán el mismo parámetro estructural Θ_p y que permitirá calcular la prima que le corresponde



$$X_{B^i w} = \sum_{r=1}^i X_{B^i r} \left(\frac{W_{B^i r}}{W_{B^i}} \right)$$

$$X_{pzw} = \sum_{j=1}^k X_{B^j w} \left(\frac{Z_{B^j}}{Z_p} \right)$$

$$X_{zzw} = \sum_{p=1}^P X_{pzw} \left(\frac{Z_p}{Z} \right)$$

combinando la experiencia individual de este subportafolio particular, con la prima que se cobra a toda la cartera.

Es el nuevo contrato para la clase j , y representa el promedio ponderado (utilizando los ponderadores naturales $w_{B^j r}$) de las reclamaciones presentadas por aquellos contratos sujetos a los riesgos (Θ_p, Θ_{B^j}) en cualquier momento.

Representa un nuevo contrato a nivel sector o subportafolio, integrado por el promedio ponderado de las reclamaciones (observaciones) presentadas en todas las clases sujetas al mismo factor de riesgo Θ_p , sin embargo en este caso el ponderador no será el natural, en su lugar, los ponderadores estarán dados en función de los factores de credibilidad.

Es el nuevo contrato general que considera el

promedio ponderado de las reclamaciones de todos los subportafolios, clases de contratos y los contratos individuales sin importar los parámetros estructurales correspondientes a cada uno, ni el momento de la reclamación.

Tabla 2.16. Términos en el Modelo Jerárquico de Jewell para sumas ponderadas [7]



2.5.2.2.2.1 Variables del factor de credibilidad z : Jewell.

Los factores dependen de los parámetros estructurales presentes en los contratos (por lo general desconocidos), lo cual genera la necesidad de estimarlos y se pueden estimar de forma insesgada debido a las relaciones de independencia condicional entre las observaciones, las clases de contratos y los subportafolios, por lo tanto se tienen estimadores manejables, útiles e interpretables y son:

Si se sustituyen los estimadores en el estimador de las primas a cobrar, tanto en la clase como en el sector, dado que los distintos parámetros de riesgo son desconocidos y por consiguiente sus momentos distintos, se obtienen estimadores lineales homogéneos de las primas de riesgo tanto de la clase como del sector, y se obteniendo como estimadores:

$$\hat{v} = (\theta_p) = N_p^a = (1 - z_p)X_{zzw} + z_p X_{pzw} \quad (2.6.23)$$

$$\hat{\mu} = (\theta_p, \theta_{pj}) = M_{pj}^a = (1 - z_{pj})X_{pzw} + z_{pj} X_{pjw} \quad (2.6.24)$$

$$\hat{m}_p = N_p = X_{pzw} \quad (2.6.18)$$

$$\hat{m} = N_0 = X_{zzw} \quad (2.6.19)$$

$$\hat{s}^2 = \frac{\sum_{p,j,r} w_{pjr} (X_{pjr} - X_{pjw})^2}{\sum_{p,r} (t_{pj} - 1)} \quad (2.6.20)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\sum_{p,r} z_{pj} (X_{pjw} - X_{pzw})^2}{\sum_p (Kp - 1)} \quad (2.6.21)$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_p z_p (X_{pzw} - X_{zzw})^2}{(P - 1)} \quad (2.6.22)$$



2.6.3 Análisis de sensibilidad para el factor z de los modelos de credibilidad.

En cada modelo descrito con anterioridad el valor del factor ponderador de la credibilidad z , se puede definir, en general, como:

$$z = \frac{A \cdot B}{C + A \cdot B}$$

Entonces, si variamos cada uno de los factores (de tiempo o agrupamientos B , nivel de heterogeneidad de la cartera A y dispersión C , válidos para cada uno de los modelos) que influyen dentro de la fórmula:

Variación de B

$B \rightarrow \infty$	$z = 1 (z \rightarrow 1)$	Mayor peso a las primas individuales, importancia a la heterogeneidad de la cartera.
$B \rightarrow 0$	$z = 0 (z \rightarrow 0)$	Mayor peso a las primas grupales, importancia a la homogeneidad de la cartera.

Tabla 2.17. Variación del factor B de la fórmula de credibilidad.

Variación de A

$A \rightarrow \infty$	$z = 1 (z \rightarrow 1)$	Mayor peso a las primas individuales, importancia a la heterogeneidad de la cartera.
$A \rightarrow 0$	$z = 0 (z \rightarrow 0)$	Mayor peso a las primas grupales, importancia a la homogeneidad de la cartera.

Tabla 2.18. Variación del factor A de la fórmula de credibilidad.

**Variación de C**

$C \rightarrow 0$	$z = 1 (z \rightarrow 1)$	Mayor peso a las primas individuales, importancia a la heterogeneidad de la cartera.
$C \rightarrow \infty$	$z = 0 (z \rightarrow 0)$	Mayor peso a las primas grupales, importancia a la homogeneidad de la cartera.

Tabla 2.19. Variación del factor C de la fórmula de credibilidad.

En conclusión, si existe poca variabilidad en los siniestros, se le da credibilidad a la prima de la experiencia individual, no obstante, a mayor variabilidad de siniestros, se toma como base la experiencia de la cartera o la prima global.

Ahora, mientras más años de experiencia posea la cartera, mayor heterogeneidad o menor variabilidad de los siniestros, lo que requiere que dentro del cálculo de la prima se tome la heterogeneidad (modelos de credibilidad), y por el otro lado la cartera es tomada como una cartera homogénea (alta variabilidad de siniestros), entonces es posible partir de la base de la prima grupal (métodos frecuentistas).

2.7 Análisis a posterior del cálculo de la prima

Al obtener la prima pura de técnica usando alguno de los modelos antes expuestos, es necesario obtener la que se conoce como **sobreprima de seguridad**, además de las otros recargos contemplados (apartado 2.3.1. del presente proyecto).

Existen herramientas estadísticas para la obtención de la sobreprima de seguridad, y las posibles fluctuaciones por error o causas directas de suposiciones del cálculo de la prima; las herramientas más utilizadas son:

- ▶ Desigualdad de Chebyshev.
- ▶ Intervalos de confianza.
- ▶ Ley del interés compuesto.
- ▶ Índice de siniestralidad.



2.7.1 Desigualdad de Chebyshev

El teorema de Chebyshev proporciona un límite superior a la probabilidad de que una variable aleatoria X cualquiera, presente, con respecto a su media μ , una desviación superior en módulo a un cierto número de veces la desviación cuadrática media σ . [3]

Considerando por tanto,

$$P(|X - \mu| > k\sigma)$$

Donde k es un parámetro positivo y siendo el suceso considerado idéntico a la suma de los sucesos incompatibles

$$\begin{cases} x < m - k\sigma \\ x > m + k\sigma \end{cases}$$

Se tiene entonces

$$P(|X - \mu| > k\sigma) = P(X < m - k\sigma) + P(X > m + k\sigma)$$

Desarrollando la ecuación obtenemos entonces la desigualdad de Chebyshev

$$P(|X - \mu| > k\sigma) < \frac{1}{k^2}$$

El límite superior $\frac{1}{k^2}$ es válido cualquiera que sea la distribución de la v.a. X (siempre que μ y σ existan). La probabilidad del suceso contrario $|x - \mu| \leq k\sigma$ tienen entonces como límite inferior



$$1 - \frac{1}{k^2}$$

Entonces

$$P(|x - \mu| \leq k \sigma) = 1 - \frac{1}{k^2}$$

Por lo tanto se tendría un rango de variación de la media de,

$$\left(1 - \frac{1}{k^2}, \frac{1}{k^2}\right) \text{ para } k > 1$$

El problema recae ahora en calcular k , para esto se toma el límite inferior y se iguala a un nivel de quasi-certidumbre η que se desea [3]

$$1 - \frac{1}{k^2} = \eta$$

De donde,

$$k = \sqrt{\frac{1}{1 - \eta}}$$

Ahora se tabularan los valores más usados del nivel η y su representación de k

η	k
0,9	3,162
0,8	2,246
0,7	1,826

Tabla 2.20. Valores de k según el nivel de quasi-certidumbre η .

Este teorema se aplicará entonces para obtener un primer valor (que no es necesariamente bueno) de la sobreprima de seguridad; si



$$\sigma = D(X)$$

Deseamos

$$P(E(X) - k\sigma \leq X \leq E(X) + K\sigma) > 1 - \frac{1}{k^2}$$

Si aplicamos a una muestra o cartera de seguros la ecuación anterior donde

$$S = \sum X_i$$

$$U = E(S) = \sum E(x_i) = n \cdot E(X)$$

$$D^2(S) = \sum D^2(x_i) = N \cdot \sigma^2$$

$$D(S) = \sigma \cdot \sqrt{n}$$

Se obtendrá que

$$P(U - K \cdot \sigma \cdot \sqrt{n} \leq S \leq U + K \cdot \sigma \cdot \sqrt{n}) > 1 - \frac{1}{k^2}$$

Dando como resultado el factor de sobreprima de seguridad

$$\frac{k \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$$

$$P = P_{\text{pura}} + \text{Sobreprima} = P_{\text{pura}} + \frac{k \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$$

Es posible decir entonces, que la **sobreprima** de seguridad es un factor que depende de la **desviación típica** del riesgo.



2.7.2 Intervalos de confianza

En el contexto de estimar un parámetro poblacional, un intervalo de confianza es un rango de valores (calculado en una muestra) en el cual se encuentra el verdadero valor del parámetro, con una probabilidad determinada.

La probabilidad de que el verdadero valor del parámetro se encuentre en el intervalo construido se denomina nivel de confianza, y se denota $1 - \alpha$. La probabilidad de equivocarnos se llama nivel de significancia y se simboliza α . El nivel de confianza $1 - \alpha$, establecido a priori por el experimentador (los usuales son **0.95**, **0.90** y **0.99**).

Los intervalos de confianza que serán utilizados, son sobre la estimación de la media donde la media y la varianza son desconocidas, y por otro lado intervalos de confianza para la varianza.

2.7.2.1 Intervalos de confianza para la media

En la práctica es posible conocer si una v.a se distribuye normalmente, pero el valor exacto de los parámetros μ y σ^2 no son conocidos. De ahí el interés en buscar intervalos de confianza para ellos.

Un estimador Θ del parámetro poblacional μ , que en este caso es la media muestral pero que, debido al desconocimiento de la varianza de la población, tendremos que reemplazar este último parámetro por la varianza muestral. El estadístico que emplearemos, relacionado con el parámetro μ , será:



$$\frac{\bar{X} - \mu}{s \cdot \sqrt{n}} \text{ donde } \bar{X} \text{ y } s^2 \text{ son la media y varianza muestral}$$

Por el teorema de Cochran sabemos que la distribución de probabilidades por la que se rige el estimador **T-Student** con **n-1** grados de libertad. Dada la distribución del estadístico y el nivel de confianza, se tiene la siguiente igualdad probabilística:

$$P(-t_{\alpha/2} \leq \frac{\bar{X} - \mu}{s \cdot \sqrt{n}} \leq t_{\alpha/2}) = 1 - \alpha$$

Donde, $t_{\alpha/2}$ es el valor crítico de la variable en estudio. La expresión anterior es equivalente

$$P(\bar{X} - t_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}) = 1 - \alpha$$

que hace referencia a que con una probabilidad **1- α** el **intervalo aleatorio**

$$(\bar{X} - t_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}})$$

contendrá el valor medio μ . El intervalo es aleatorio ya que sus extremos se determinan a partir de los estimadores media muestral y desviación típica muestral, tratándose de variables aleatorias.

Por tanto, si extraemos una muestra de tamaño **n** y con los datos u observaciones, x_1, x_2, \dots, x_n , calculamos los extremos del intervalo, dispondremos del concreto **intervalo de confianza para el parámetro μ** .



2.7.2.2 Intervalos de confianza para la varianza

Para estimar un intervalo de confianza para la varianza, nos ayudaremos de la siguiente propiedad de la distribución χ^2

$$\chi_{n-1}^2 = \sum \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma^2} = \frac{(n-1) \cdot S^2}{\sigma^2} \sim \chi_{n-1}^2$$

Consideremos dos cuantiles de esta distribución que nos dejen una probabilidad $1 - \alpha$ en la zona central de la distribución

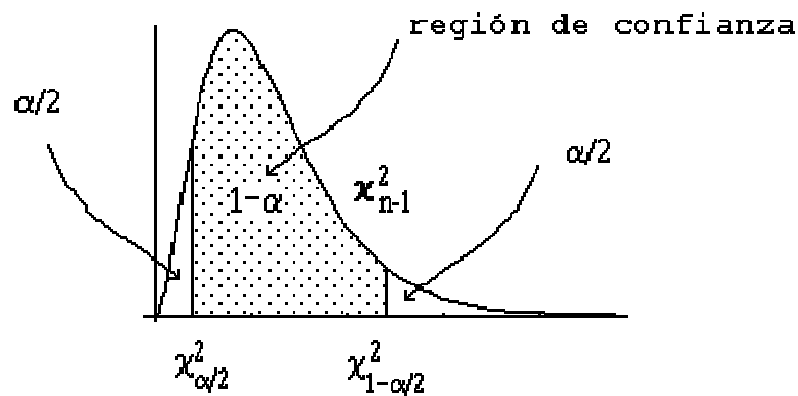


Figura 2.5 Cuantiles de la distribución χ_{n-1}^2

$$\begin{cases} \mathcal{P} [\chi_{n-1}^2 < \chi_{n-1, \alpha/2}^2] = \frac{\alpha}{2} \\ \mathcal{P} [\chi_{n-1}^2 > \chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2] = \frac{\alpha}{2} \end{cases} \implies \mathcal{P} [\chi_{n-1, \alpha/2}^2 \leq \chi_{n-1}^2 \leq \chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2] = 1-\alpha$$

Entonces un intervalo de confianza al nivel $1 - \alpha$ para la varianza de una distribución gaussiana (cuyos parámetros desconocemos) lo obtenemos teniendo en cuenta que existe una probabilidad $1-\alpha$ de que:



$$\begin{aligned}\chi_{n-1, \alpha/2}^2 \leq \chi_{n-1}^2 \leq \chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2 &\Rightarrow \\ \Rightarrow \chi_{n-1, \alpha/2}^2 < \frac{(n-1) \hat{S}^2}{\sigma^2} < \chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2 & \\ \Rightarrow \frac{(n-1) \hat{S}^2}{\chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2} \leq \sigma^2 \leq \frac{(n-1) \hat{S}^2}{\chi_{n-1, \alpha/2}^2} &\end{aligned}$$

Por lo tanto el intervalo de confianza que se busca es

$$\sigma^2 = \left[\frac{(n-1) \cdot \hat{S}^2}{\chi_{n-1, 1-\alpha/2}^2}, \frac{(n-1) \cdot \hat{S}^2}{\chi_{n-1, \alpha/2}^2} \right]$$

Los intervalos de confianza son de utilidad para estudiar y analizar a fondo las variables que componen el riesgo, el **número de los siniestros** y el **monto de los siniestros**, estableciendo así rango de variabilidad de los mismos que pueden ayudar a su comprensión y a la manera como estos se comportan dentro de la cartera, dando pie a establecer de esta manera posibles modelos probabilísticos para el comportamiento de las mismas.

2.7.3 Ley del interés compuesto

En el interés compuesto los intereses que se van generando se van incrementando al capital original en periodos establecidos y a su vez van a generar un nuevo interés adicional para el siguiente lapso. El interés se capitaliza.

Sea un capital invertido durante años a una tasa de interés compuesto por cada año. Durante el primer año el capital C produce un interés

$$I_1 = C \cdot i$$



El capital final al primer año será:

$$C_1 = C + I_1 = C + C \cdot i = C \cdot (1 + i)$$

Después del segundo año, el capital C_1 produce un interés

$$I_2 = C_1 \cdot i = C \cdot (1 + i) \cdot i = C \cdot (i + i^2)$$

El capital final al segundo año será:

$$C_2 = C_1 + I_2 = C \cdot (1 + i) + C \cdot (i + i^2) = C \cdot (1 + 2i + i^2) = C \cdot (1 + i)^2$$

y así sucesivamente.

Al cabo de n años el capital inicial C invertido en la modalidad de interés compuesto se convertirá en un capital final dado por la fórmula

$$C_n = C \cdot (1 + i)^n$$

Si el capital invertido en juego es la prima, se puede entonces decir que

$$P_{\text{interes}} = P_{\text{pura}} \cdot (1 + i)^n$$

Lo que generará, la prima con el interés que es válida en el tiempo, que traerá consigo un mejor rendimiento en el tiempo y una seguridad adicional para la compañía, pues se esta



seguro que será resistentes a las fluctuaciones de las tasas de interés económicas del ambiente permitiendo una prima más sensible.

Estudio similar, pero con más detalle y teniendo cuidado de no engrosar mucho la prima debe realizarse para **el índice inflacionario**, o asumir este en el estudio anterior.

2.7.4 Índice de siniestralidad

El índice de siniestralidad es aquel que mide la relación existente entre los siniestros ocurridos y los ingresos obtenidos por la compañía en forma de primas canceladas por los asegurados.

Este índice posee dos alternativas la **siniestralidad teórica** y la **siniestralidad real**, la primera mide la siniestralidad que debería ocurrir según la cantidad de clientes que se poseen y las primas que estos deben cancelar; mientras que la segunda da la medida según el momento en que se calcula el índice, es decir lo que hasta ahora ha obtenido de ingresos por las primas de los asegurados.

$$ST = \frac{\sum \text{Monto}_{\text{ sin iestros}_{\text{ ocurridos}}}}{\sum \text{Primas}_{\text{ clientes}_{\text{ en}_{\text{ teoria}}}} \times 100\%$$

$$SR = \frac{\sum \text{Montos}_{\text{ sin iestros}_{\text{ cancelados}}}}{\sum \text{Primas}_{\text{ recibidas}_{\text{ hasta}_{\text{ momento}}}} \times 100\%$$

El **punto de equilibrio** de la siniestralidad de la cartera se encuentra cuando el valor de la siniestralidad es del 100%, pues la relación entre costos e ingresos es de uno (1). Por lo tanto, en el ámbito asegurador se maneja como valor de referencia que la siniestralidad debe ser menor o igual a un 65%, pues para llegar a un equilibrio (100%) se necesita un



35% que puede ser disgregado en los gastos administrativos y tasas que deben ser aplicados a la prima al ser calculada, asegurando así, por lo menos, un equilibrio de siniestralidad.

Carteras con más del 65% de siniestralidad se consideran peligrosas y de alta incidencia siniestral.



Capítulo 3

Esquematización y Lineamientos para el Diseño del Laboratorio Actuarial: Metodología Propuesta (Metodología Ecléctica)



3.1 Preliminares

En este capítulo se seleccionarán y aplicarán los métodos y modelos para el cálculo de primas detallados en el capítulo anterior (frecuentistas y Bühlmann-Straub), para así esquematizar la metodología a seguir en el diseño de un laboratorio actuarial para seguros generales.

Desde la perspectiva actuarial, los seguros se dividen en **vida** y **no vida** o **generales**. Los seguros generales abarcan riesgos como:

SEGUROS DE PERSONAS
Accidentes Personales- Individual
Accidentes Personales-Colectivo
Hospitalización-Individual
Hospitalización-Colectivo
Seguros Funerarios
SEGUROS PATRIMONIALES
Incendio
Terremoto
Robo
Transporte
Ramos Técnicos
Riesgos Petroleros
Riesgos Combinados
Lucro Cesante
Automóvil Casco
Aeronaves
Naves
Agrícolas
Pecuario
Riesgos Bancarios
Joyerías
Riesgos Diversos
SEGUROS OBLIGACIONALES Y/O DE RESPONSABILIDAD
Responsabilidad Civil Automóvil
Responsabilidad Civil Patronal
Responsabilidad Civil General
Responsabilidad Civil Profesional
Fianzas
Fidelidad de Empleados
Responsabilidad Civil de Productos
Seguro de Crédito

Tabla 3.1. División de los seguros generales caso de Venezuela [21].



Las características fundamentales de dichos seguros son (según Gómez Déniz 2000) [5].

- ▶ Son operaciones a corto plazo. En la mayoría de los casos las coberturas son anuales, y renovables.
- ▶ Las probabilidades de los sucesos que dan lugar al pago de las indemnizaciones no sólo dependen, como en seguros de vida, del factor edad sino que existen multitud de factores que influyen en el acaecimiento del hecho que dan lugar a una mayor complejidad en los problemas de tarificación (más adelante se detallan los factores y su análisis).
- ▶ Los problemas de estabilidad son más complejos que en los seguros de vida, ya que la fluctuación entorno a los valores medios y las primas es mayor.

3.2 Resumen de los métodos y/o modelos para el cálculo de la prima.

A continuación se presenta una tabla resumen donde se exponen brevemente cada uno de los métodos explicados en el capítulo anterior, estableciendo un cuadro comparativo de ventajas y desventajas de cada uno de ellos:

Ventajas	Desventajas
Métodos frequentistas	
- Necesita escaso detalle de la información para el cálculo de la prima.	- Se obtienen <i>primas cuadradas</i> es decir primas iguales para todos los riesgos, homogeneidad , no diferencia entre los tipos de riesgo (heterogeneidad).
- Es de común uso dentro de las empresas venezolanas.	- No se toma en cuenta la experiencia del actuario dentro de su aplicación.
- Puede generar cálculos de primas sin considerar la información histórica disponible sobre el riesgo.	- Reduce al mínimo el análisis de riesgo pudiendo producir insuficiencia de las primas con respecto a los siniestros.
- Permite generar cotizaciones y tarifas muy rápidamente, si no se dispone de información histórica y si el nivel de	- Pérdida de mercado o negocios por el



detalle es poco. Por lo tanto, son una primera aproximación buena para el lanzamiento de un nuevo producto o póliza o afiliación de nuevos clientes

cobro desproporcionado de las primas (no hay jerarquización).

Modelo de Bühlmann

- Se obtienen primas por conglomerados en un nivel de detalle mucho mayor al de los métodos frecuentistas.
- Toma en cuenta la experiencia del actuario y de la compañía.
- Al ser aplicado mediante automatización pueden obtenerse primas en un tiempo relativamente corto.
- Cumple en un grado aceptable los criterios de equidad y suficiencia de las primas.
- Aplica la heterogeneidad en un grado básico.

- Requiere información histórica para su aplicación, en un nivel de detalle medio.
- Dificultad media de aplicación de los modelos para los actuarios, y para el diseño dentro de un Laboratorio Actuarial.
- Requiere amplios conocimientos actuariales por parte del personal encargado.
- Un margen de error considerable si la información para el cálculo de las primas no es fidedigno.

Modelo de Bühlmann-Straub

- Toma en cuenta la experiencia del actuario y de la compañía.
- Al ser aplicado mediante automatización puede obtenerse primas en un tiempo relativamente corto.
- Son la representación base del modelo jerárquico de Jewell.
- Cubren perfectamente los criterios de equidad y suficiencia de las primas calculadas.
- Utiliza la heterogeneidad de las carteras

- Requiere información histórica para su aplicación, en un nivel de detalle alto.
- Dificultad media de aplicación de los modelos para los actuarios, y para el diseño dentro de un Laboratorio Actuarial.
- Requiere amplios conocimientos actuariales por parte del personal encargado.
- Un margen de error considerable si la información para el cálculo de las



para el cálculo de las primas.	primas no es fidedigno.
- Se obtienen primas por conglomerados y por nivel de agrupación, es decir mayor detalle de la tarifa.	
Modelo Jerárquico de Jewell	
- Se obtienen primas personalizadas según la agrupación de las jerarquías, tomando en cuenta como base del cálculo de la prima la heterogeneidad de las carteras.	- Requiere información histórica para su aplicación, en un nivel de detalle bastante alto.
- Toma en cuenta la experiencia del actuario y de las compañías.	- Es el modelo más difícil de aplicar por parte de los actuarios pues requiere detalles y bastante trabajo, lo que a su vez, dificulta su implementación en un Laboratorio Actuarial.
- Al ser aplicado mediante automatización puede obtenerse primas en un tiempo relativamente corto, aunque el nivel de pre-proceso de los datos debe contener un análisis detallado de los factores de riesgo a escoger para jerarquizar por parte del actuario.	- Requiere amplios conocimientos actuariales por parte del personal encargado.
- Las primas que se obtienen son las que más cumplen con los criterios de suficiencia y equidad de todos los modelos.	- Un margen de error considerable si la información para el cálculo de las primas no es fidedigno.
	- Se requiere alto soporte de plataforma tecnológica.

Tabla 3.2. Ventajas y desventajas de los métodos y/o modelos para el cálculo de la prima.

El método del trapecio y del histograma de frecuencia es una herramienta heurística producto de estos tres (03) métodos (de Prof. Dante Conti Generali Group, Italia).[37]



3.3 Principios para la selección de un modelo para el cálculo de la prima.

Se exponen a continuación los principios para la toma de decisiones en la selección de un modelo [7]:

- ▶ **Nivel de detalle de la información** que se posee de los siniestros ocurridos en la cartera, pues esto permitirá una mejor estimación y mayor espectro de posibilidades a ser seleccionadas.
- ▶ Se utilizarán, para el caso de los modelos de credibilidad, los **estimadores insesgados** que fueron obtenidos en el capítulo 2.
- ▶ Resumen de la aplicación de los métodos y modelos para el cálculo de la prima de riesgos:

Métodos frecuentistas	<p>a) Se considera agrupaciones homogéneas de las carteras o individuos.</p> <p>b) Se dividen en clases de frecuencias de riesgo según el monto del siniestro mediante la fórmula de Sturgess.</p> <p>c) Se busca el monto promedio de los siniestros para cada clase por $y_i = \frac{M_{\text{maximo}} - M_{\text{minimo}}}{2}$ y la frecuencia relativa de cada clase $F_{\text{relativa-i}} = \frac{n_i}{j}$ donde $i = 1, 2, \dots, k$ es la clase de frecuencia, M_{maximo} es el monto máximo de la clase y M_{minimo} es el monto mínimo, n_i es el número de siniestros de la clase i y j las presencias amparadas por el riesgo.</p> <p>d) Se obtiene la prima como $P = \sum_{i=1}^k y_i \times Fr_i$ donde k son el número de clases de frecuencias.</p>
Modelo de Bühlmann	<p>a) Se considera la experiencia de carteras de cada tipo de individuo en el portafolio.</p>



b) Se agrupan los siniestros reclamados por cada uno de los **k** contratos que integran la cartera durante los últimos **t años**.

c) Se estima insesgadamente lo siguiente: \hat{m} (prima global), \hat{a} (heterogeneidad), \hat{s}^2 (variación promedio)

d) Se obtiene la prima de credibilidad $\hat{\mu}(\Theta) = M_{ja} = (1 - z)m + zM_j$ y

z es el factor de credibilidad
$$z = \frac{at}{s^2 + at}$$

Modelo de Bühlmann Straub

a) Se agrupan los individuos sujetos a un mismo parámetro de riesgo (Θ_j), según el estudio de los factores de riesgo a que esta expuesta la cartera o que caracterizan a la misma.

b) Se incorporan, al modelo, ponderadores para los grupos de riesgo en los que se agruparon las carteras w_j .

c) Se estima insesgadamente lo siguiente: \hat{m} (prima global), \hat{a} (heterogeneidad), \hat{s}^2 (variación promedio).

d) Una vez estimados los parámetros se obtiene la prima de credibilidad $\hat{\mu}(\Theta) = M_{ja} = (1 - z)m + zM_j$ donde $z = \frac{aw_j}{s^2 + aw_j}$

Modelo jerárquico de Jewell

a) Los grupos de riesgo sujetos a un mismo parámetro de riesgo (Θ_j), se subdividen en clases dentro de cada segmento o factor de riesgo seleccionado.

b) Lo anterior implica que el portafolio dividido ahora en subportafolios está formado por grupos de riesgo y modelo.

c) Se estima insesgadamente lo siguiente: \hat{m} (prima global), \hat{a} (heterogeneidad), \hat{s}^2 (variación promedio) y \hat{b}

d) Una vez estimados los parámetros se obtiene la prima de credibilidad $\hat{\mu}(\Theta_p, \Theta_{pj}) = M_{pja} = (1 - z_{pj})X_{pzw} + z_{pj}X_{pjw}$ donde

$$z_{pj} = \frac{aw_{pj}}{s^2 + aw_{pj}}$$

Tabla 3.3. Aplicación de los métodos y/o modelos para el cálculo de la prima [7].



3.3.1 Fases de la metodología propia para el diseño del Laboratorio Actuarial.

La estructura general de la metodología se plantea desde el punto de vista de **dos (02) fases principales o maestras**, las cuales son las fases de **ciencias actuariales** y la fase de **tecnologías de información y comunicación**. Basadas en ellas, se establecen o detallan dentro siete (07) sub-fases planteadas bajo la base de la **planeación preactiva**, la cual es una planeación de arriba hacia abajo con orientación estratégica constando en dos (2) partes: la predicción y la preparación; *la efectividad de la planeación preactiva depende de la precisión de los pronósticos para los que se prepara* [7].

Se aplicarán los modelos bajo siete (07) sub-fases:

▶ **Fase I: Ciencias Actuariales.**

- **Sub - Fase 1: Preparación y vista actual de la empresa.**
- **Sub - Fase 2: Planificación de los fines, metas y alcances.**
- **Sub - Fase 3: Planificación de los medios, métodos y herramientas.**
- **Sub - Fase 4: Planificación de los recursos y requerimientos.**

▶ **Fase II: Tecnologías de la información y comunicación.**

- **Sub - Fase 5: Análisis, diseño e implementación.**
- **Sub - Fase 6: Implantación del Laboratorio Actuarial.**
- **Sub - Fase 7: Pruebas, entregas y puesta en marcha.**



3.3.1.1. Fase I: Ciencias Actuariales.

En esta fase se describen los basamentos teóricos necesarios de las Ciencias Actuariales, con los cuales se definen métodos, modelos y teorías que permitan construir y definir los algoritmos pertinentes al laboratorio, para seguidamente, estructurar un problema de decisión de estos métodos y modelos que contendrá el Laboratorio Actuarial, como la aplicación de los mismos. De la gama de soluciones viables dadas por las ciencias actuariales, se seleccionó para este proyecto la herramienta más apta que cumpla con ciertas características esenciales:

- Se adapte a la localidad, en este caso a Venezuela.
- Tenga un gran espectro de acción.
- Posea un grado de error aceptable, es decir, que ataque con fortaleza la incertidumbre y el riesgo generado.
- Tenga la capacidad de ser reconfigurable.

En esta fase se manejarán conceptos propios de la gestión de seguros y que se explicarán en detalle a lo largo de los próximos capítulos de esta monografía. Los fundamentos teóricos incluyen referencias a:

- Teoría de Credibilidad
- Teoría del Riesgo.
- Inferencia Estadística.
- Estadística Univariante.
- Estadística Multivariante.
- Variables Económicas (micro y macro).



3.3.1.1.1. Sub – Fase 1: Preparación y vista actual de la empresa.

En esta sub-fase se establecen los pormenores de la situación actual de la empresa o institución donde se diseñará el Laboratorio Actuarial. El resultado debe ser un **informe técnico de gestión de negocios** que cubra las diferentes vistas de la compañía:

- Estadísticas.
- Modelos de negocios.
- Situación económica-financiera
- Recurso Humano.
- Actividades de la cartera.
- Tiempos de ejecución y respuesta a los siniestros y a los clientes.
- Atención al cliente.
- Métodos y/o modelos de tarificación actuales.
- Métodos para el cálculo de índices y tasas.
- Variables económicas tomadas en cuenta.
- Métodos de disminución del riesgo (si están presentes).
- Modelos de administración de carteras de seguros.

Además de toda aquella información de interés que permita a ejecutor de proyecto (diseño e implementación del Laboratorio Actuarial), tener especificado claramente y en detalle los procesos de negocios de la compañía y la manera que realizan sus operaciones.

Las **herramientas** que pueden ser utilizadas en esta sub-fase: *Entrevistas a todo nivel dentro de la compañía, cuestionarios para personal y clientes, informe de los accionistas, balance general de la compañía, bosquejo de las técnicas empleadas, base de datos históricas* para realizar la comparación a posterior de la eficiencia y eficacia de la implementación del nuevo Laboratorio Actuarial.



3.3.1.1.2. Sub – Fase 2: Planificación de los fines, metas y alcances.

Es aquí donde deben ser planteadas las metas, fines, mejoras y todos los cambios que la compañía espera y desea que sean introducidos con la aplicación del nuevo Laboratorio Actuarial.

El producto de esta fase es un **informe técnico de las necesidades y metas** planteadas por la compañía y el ejecutor, tomando en cuenta los puntos siguientes:

- Actualidad.
- Futuro:
 - Reducción de la siniestralidad y costos.
 - Ponderación y uso de las estadísticas (análisis y estudios).
 - Toma de decisiones acertadas y respaldadas.
 - Mayor confiabilidad.
 - Mejor capacidad de reacción.

Entre las **herramientas** a utilizar en esta sub-fase es el *informe técnico de la sub-fase 1*, para con este desarrollar de manera concisa y completa el producto que se desprende de esta sub-fase.

3.3.1.1.3. Sub – Fase 3: Planificación de los medios, métodos y herramientas.

Es en esta sub-fase donde se estudiarán los diferentes modelos y métodos que existen dentro de las ciencias actuariales, y de las demás ciencias y ramas del conocimiento que hacen vida dentro de una compañía de seguros (Economía, Financiera, Ingeniería, Gerencia, entre otras). En esta fase se propone seguir los siguientes pasos:

- Elaborar un ejercicio de toma de decisiones para seleccionas un(os) método(s) y/o modelo(s) más eficientes para el cálculo.



- Selección del (los) modelo(s) de cálculo de primas a utilizar y de las demás funciones y procesos del laboratorio.
- Aplicación de los modelos seleccionados.
- Análisis y estudios Actuariales.
- Diseñar o estudiar políticas de reducción del riesgo, vistas en el capítulo 2.
- Políticas de disminución de los costos administrativos.

Las **herramientas** que pueden ser utilizadas dentro de esta sub-fase son: *Modelos de Toma de decisiones, Datos e información de la empresa, productos de las sub-fases anteriores, Matrices de decisiones, Estadística Univariante y Multivariante*. El producto de esta sub-fase debe ser un **informe de decisiones** detallando las alternativas de decisión, especificando el algoritmo de cada método, las ventajas y desventajas de cada uno y las posibles consecuencias de optar por alguno de los métodos y/o modelos expuestos. A continuación se detallan los pasos a seguir dentro de esta sub-fase, especificando las herramientas y analizando los métodos de tarificación para el caso venezolano, y en general de Latinoamérica.

3.3.1.1.3.1. Selección de los de los algoritmos de tarificación.

Para la selección de los modelos a ser implementados dentro del laboratorio actuarial se empleará un ejercicio de toma de decisiones, por la vía de teoría de la decisión entonces se tiene un *problema de decisión*; las alternativas son los diferentes modelos de cálculo de prima, de los cuales se debe seleccionar los modelos más acordes al estudio que se plantea. La dificultad real es la incertidumbre existente en las situaciones. Antes de tomar una decisión serán necesarios estructurar el problema. Lo primero es construir el **espacio de decisiones**, que en este caso son los métodos y modelos señalados a lo largo de la investigación; y segundo, definir el conjunto de posibles sucesos relevantes que pudieran ocurrir al tomar una determinada alternativa. Este conjunto se le conoce como **sucesos inciertos**, que determina las consecuencias que trae consigo la elección de la alternativa.



Para el caso que compete en la metodología de diseño propuesta por el autor, se debe construir una matriz de decisión donde se especificarán las cualidades y factores determinantes y necesarios para la aplicación de cada uno de los métodos y/o modelos de cálculo de primas [7]. Allí, se plantean las consecuencias al elegir uno de los modelos basada en la cantidad de información que se posee para poder aplicarlo (información suministrada por la empresa), la información histórica y el análisis de riesgo.

Esta matriz de evaluación se esquematiza en las siguientes tablas según tres (03) parámetros: Información histórica de siniestros, nivel de detalle de la información y análisis del riesgo.

Métodos frecuentistas.

Información histórica de siniestralidad	Nivel de detalle de la información	Análisis de riesgo
Bajo Requiere información de siniestros de a lo más un año de experiencia, o en su defecto no incorpora información histórica de siniestralidad para tarificar.	Bajo Se requiere un nivel de detalle bajo para tarificar, la información no se necesita especificada por factores de riesgo. Si se desea hacer esto se forman conglomerados filtrando los datos según los factores, se calcula la prima para cada conglomerado y se compara. Ejemplo: se calcula agrupando por sexo, por edad y por zona y después se compara.	Medio Tradicionalmente en las compañías de seguros se aplican las primas teóricas a las carteras, es decir se aplican primas individuales a riesgos que pudieran presentar características especiales por formar parte de una cartera y estas no se consideran en la tarificación. Homogeneidad.

Tabla 3.4. Matriz de decisión para los métodos frecuentistas [7].

**Modelo de Bühlmann**

Información histórica de siniestralidad	Nivel de detalle de la información	Análisis de riesgo
Medio Requiere información histórica y tiene la ventaja de incorporar varios años de información en el método de tarificación.	Bajo Se requiere un nivel de detalle bajo para tarificar, la información no es detallada por factor de riesgo. Se toman en cuenta dos alternativas: a) Se utiliza credibilidad total hacia la prima teórica de la compañía para el riesgo de la cartera cuando no se tiene información disponible sobre los siniestros ocurridos en la cartera. b) Se utiliza credibilidad parcial y el ponderador se obtiene en función a la información de siniestralidad a nivel global de la cartera. Con este modelo se obtiene la prima de la cartera en general no se determina una prima por cada individuo o grupo de individuos en la cartera, sino que se determina una prima conjunta para toda la cartera.	Alto Mediante la aplicación de los modelos de credibilidad se proporciona la posibilidad de realizar análisis del riesgo al incorporar la información que el experto conocedor. De acuerdo con lo tratado en el capítulo 2 los fundamentos de la teoría de credibilidad se basan en la estadística bayesiana.

Tabla 3.5. Matriz de decisión para el modelo de Bühlmann [7].

**Modelo de Bühlmann-Straub**

Información histórica de siniestralidad	Nivel de detalle de la información	Análisis de riesgo
Medio Requiere información histórica y tiene la ventaja de incorporar varios años de información en el método de tarificación. En caso de que se disponga información de la cartera es posible tarificar utilizando la credibilidad total a la experiencia de la compañía.	Medio Se requiere un nivel de detalle medio para tarificar, la información es requerida por factores de riesgo. Se toman en cuenta dos alternativas: a) Se utiliza credibilidad total hacia la prima teórica de la compañía para el riesgo de la cartera cuando no se tiene información disponible b) Se utiliza credibilidad parcial y el ponderador se obtiene en función a la información detallada de siniestralidad a nivel del grupo de individuos conglomerados por un factor de riesgo específico que integra la cartera, esto es se obtiene la prima de la cartera particionada por cada grupo de individuo.	Alto Los modelos de credibilidad incorporan las bases bayesianas para justificar su base teórica, por lo que el análisis del riesgo descansa implícitamente en la esperanza de la función de densidad predictiva y en la estadística bayesiana. La aportación de este modelo a diferencia del Modelo de Bühlmann y Frecuentista es que permite analizar la cartera en función del grupo de individuos que conforma cada cartera. Heterogeneidad.

Tabla 3.6. Matriz de decisión para el modelo de Bühlmann-Straub [7].

**Modelo jerárquico de Jewell**

Información histórica de siniestralidad	Nivel de detalle de la información	Análisis de riesgo
Alto Requiere varios períodos de tiempo con el fin de tener información a nivel de más de dos factores de riesgo, aún se requiere mayor información que los modelos anteriores, debido a que estos modelos particionan en mayor grado.	Alto Se requiere un nivel de detalle alto para tarificar, La información es requisitada por mínimo de dos factores de riesgos. Se toman en cuenta dos alternativas: a) Se utiliza credibilidad total hacia la prima teórica de la compañía para el riesgo de la cartera cuando no se tiene información disponible b) Se utiliza credibilidad parcial y el ponderador se obtiene en función a la información detallada de siniestralidad a nivel de la agrupación de los individuos según factores de riesgo de manera jerárquica, es decir en forma de árbol invertido, que integran la cartera, o sea, se obtiene la prima de la cartera particionada por cada factor de riesgo.	Alto Los modelos de credibilidad a niveles jerárquicos permiten particionar la información de siniestros y encontrar las primas de credibilidad incorporando información adicional según los factores de riesgos seleccionados. Este resulta ser el modelo que requiere mayor grado de información para tarificar. La aportación de este modelo a diferencia de los modelos anteriores es que permite analizar al portafolio en varios niveles de detalle inclusive.

Tabla 3.7. Matriz de decisión para el modelo jerárquico de Jewell [7].



La decisión de que modelo utilizar para tarifar un riesgo depende directamente del grado de detalle de la información disponible para analizar el negocio y el comportamiento de los siniestros. Lo acertada de esta decisión, en cuanto a un modelo de tarificación, le ofrece a la compañía aseguradora la posibilidad de obtener mayor participación en el mercado, pues es posible ofrecer primas suficientes y a la vez competitivas; y por otro lado mejorar la percepción que se tiene de la empresa por parte de los clientes (asegurados) [7].

Ahora se expondrá una tabla donde se exponen las principales consecuencias que traerían consigo la aplicación de cada una de las alternativas para la tarificación. Esta tabla se basa estructuralmente de [7].

Alternativa	En relación al riesgo	En relación a la suficiencia de las primas	Competitividad en el mercado	Suficiencia de reservas
Frecuentistas	No existe una correcta evaluación del riesgo por el hecho de aplicar primas cuadradas, es decir primas iguales a riesgos distintos.	Probabilidad alta de tener insuficiencia de primas.	Pérdida de participación en el mercado o cancelación de negocios.	Probabilidad de no tener suficiencia de Reservas técnicas.
Bühlmann	Evaluación del riesgo utilizando información no detallada del riesgo, es decir se utiliza la información global de siniestralidad de la cartera, sin distinguir entre factores de riesgo.	Probabilidad media de tener insuficiencia de primas.	Competitividad promedio en la obtención de primas de carteras.	Probabilidad aceptable de obtener suficiencia de reservas.



Bühlmann- Straub	Evaluación del riesgo utilizando información detallada del riesgo, tomando en cuenta el tipo de individuos que integran la cartera.	Menor probabilidad de tener insuficiencia de primas, respecto a los dos (02) modelos anteriores.	Competitividad media alta en la obtención de primas de carteras.	Probabilidad media-alta de obtener suficiencia de reservas técnicas.
Jewell	Aplicación del conocimiento del experto utilizando información detallada por factores de riesgo de individuos que integran la cartera, esta información adicional permite evaluar el riesgo con mayor exactitud.	Baja probabilidad de tener insuficiencia de primas con respecto a los otros modelos.	Alta competitividad en la obtención de primas de carteras.	Alta probabilidad de obtener suficiencia de reservas técnicas.

Tabla 3.8. Consecuencias posibles relacionadas a los modelos para el cálculo de primas [7].

Al analizar los resultados: las ventajas y desventajas, los requerimientos, la descripción de los modelos y las posibles consecuencias que trae su aplicación; es posible entonces tomar una decisión.

Para el diseño del **Laboratorio Actuarial** que se plantea en el próximo capítulo (diseño bajo tecnología de la información), se escogen los **métodos frecuentistas** y el **modelo de Bühlmann-Straub**. El primero se selecciona por la facilidad y rapidez en la obtención de la prima, sobre todo cuando no se posee mucha información sobre la misma y además que



es el método más usado dentro de las compañías a nivel nacional. Por otra parte, para evitar los riesgos o consecuencias que trae la aplicación de este tipo de métodos es necesario que los ajustes posteriores al cálculo de la prima sean efectivos y basados en el conocimiento del ambiente asegurador y económico tanto de la empresa como del país, en resumen gran experiencia del actuario. La ventaja es que se tendría una prima estimada para tener un bosquejo de la cartera, siendo así un punto de partida o solución inicial.

En segundo lugar, se opta por el **modelo de Bühlmann-Straub** pues es el que está ubicado intermedio entre una heterogeneidad muy básica (modelo de Bühlmann) y una amplia heterogeneidad (modelo jerárquico de Jewell). Así se tiene como resultado que el nivel de detalle de la información medio, se utilicen pocos factores de riesgos minimizando de esa manera la complejidad de los cálculos de las primas (desventajas del modelo jerárquico de Jewell), pero generando una excelente aproximación de la prima de riesgos que incluyen un análisis alto y detallado de los riesgos tomando en cuenta la heterogeneidad y la homogeneidad de las carteras. Finalmente y debido a la manera en que se recolecta la información en la mayoría de las empresas de seguros venezolanas, la aplicación de un modelo como el de Jewell resulta infactible por la falta de detalle en la misma. Además constituye un híbrido que ha resultado útil en trabajos previos llevados a cabo por el tutor de esta investigación [37].

Es de hacer notar que el modelo ideal de aplicación para el cálculo de primas de riesgo es el modelo jerárquico de Jewell, pero debido a la complejidad de los requerimientos y al nivel de conocimiento que deben poseer los actuarios para su aplicación no será tomado en cuenta en este proyecto, aunque se alienta y recomienda (además de ser una línea de investigación de las personas involucradas en este proyecto) el análisis, diseño e implementación de este tipo de modelos, para tener así un **Laboratorio Actuarial** más robusto y eficiente.



3.3.1.1.3.2. Aplicación de los modelos para el cálculo de primas (Fase de ejecución).

Para la aplicación de los modelos de cálculo de primas se debe realizar un proceso que debe cumplir con las siguientes etapas:

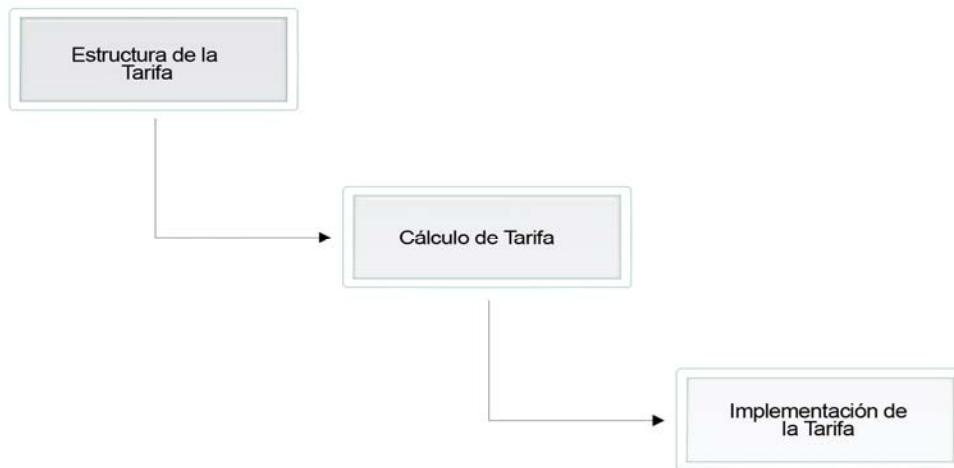


Figura 3.1. Etapas de la aplicación de un modelo para el cálculo de primas.

3.3.1.1.3.2.1 Estructura de la tarifa.

Se determina la estructura de la tarifa, en este caso como estará compuesta la prima. Como ya se plateó en el capítulo 2, la prima esta compuesta por:

- Prima pura de riesgo.
- Sobreprima de seguridad.
- Costo adicional para el beneficio (Interés compuesto, inflación, crecimiento esperado, entre otros).

Dentro de la estructura de la tarifa se encuentra unas sub-etapas como expone Boj de Val E., Claramunt Bielsa M y Fortiana Gregori J. 2000 [4].



- Selección de los factores de riesgo.
- Determinación de las clases de tarifas.
- Obtención de los grupos de tarifas.
- Adición de gastos de seguridad y adicionales (sobreprima de seguridad y costos adicionales para el beneficio).

Se expondrán a continuación las tres primeras etapas de la estructura de la tarifa, puesto que la última ya fue explicada en detalle en el capítulo 2 de este proyecto.

3.3.1.1.3.2.1.1 Selección de los factores de riesgo.

Para la aplicación de un modelo de tarificación, lo primero que debe realizarse es una elección de los factores de riesgo o características que se utilizan para distinguir a los asegurados con diferentes riesgos asociados, puesto que influirán en la siniestralidad. Los factores seleccionados pasarán a ser variables tarificadoras [4].

Es conveniente seleccionar un número limitado de factores, ya que a mayor número de factores de riesgo, más complicada y costosa resultará la administración por parte de la compañía.

Los factores de riesgo, son características medibles en la observación y que tendrán una posible relación de causa con la siniestralidad de la cartera. Estos factores pueden generarse de características del asegurado, del asegurador, condiciones socio-económicas que lo rodean, entre otras. La cualidad que deben tener estas características es que sean medibles y puedan ser representadas como variables, además de tener acceso a esa característica como dato dentro de la base de datos en estudio.

Estos factores de riesgos o variables consideradas para organizar el estudio se puede clasificar en [4]:

- Objetivo y la interpretación del análisis.



- Variables respuestas o dependientes.
- Variables intermedias.
- Variables explicativas o independientes.
- Según la estructura de los valores.
 - Variables cuantitativas.
 - Variables cualitativas (nominales y ordinales).

En el caso de estudio del presente proyecto, que son los seguros generales o de no vida los factores de los cuales se compone una cartera son múltiples y de diversas clasificaciones, por ejemplo:

1. Pólizas automotrices, factores: año del vehículo, marca, modelo, color, sexo del conductor, año de la licencia de conducir, zonas de vivienda, entre otros.
2. Pólizas de H.C.M., factores: edad, sexo, zona de vivienda, zurdo o diestro, peso, talla, parentesco, tipo del asegurado, historial médico, entre otros.

Como se observa en los ejemplo anteriores los factores que rigen un grupo de riesgo o cartera mezclan tanto variable cualitativas como cuantitativas, y una buena selección y mezcla de las misma asegurará una excelente estimación de las primas y las variables de riesgo (número de siniestros y monto de los siniestros). A los factores se lo conoce comúnmente también como **predictores**.

Aquí recae entonces la importancia de la selección **equilibrada** de estos factores, pues llevará a una mejora significativa al largo y costoso proceso de tarifación que servirá, a largo plazo a la empresa aseguradora, en la obtención de mayores beneficios y mejor gestión de los riesgos de su cartera [4].

Para la selección se debe hacer uso, en primer paso, de **medidas de asociación, reglas asociativas y minería de datos**, que se encuentran entre 0 y 1, donde 0 es *independencia total* y 1 *dependencia total*. Pero se debe tomar en cuenta entonces tres (03) tipos de medidas de asociación, pues tenemos dos tipos de factores cuantitativos y cualitativos,



debido a que debe haber mezcla de los factores, entonces se tiene (basado en de Boj de Val E., Claramunt Bielsa M y Fortiana Gregori J. 2003 [20]):

- **Cuantitativa – Cuantitativa.** Se utiliza el **factor de correlación cuadrático**. Se tienen entonces dos factores **X** e **Y**.

$$\rho = \frac{Cov(Y, X)}{\sqrt{Var(Y).Var(X)}}$$

- **Cuantitativas – Cualitativas.** Se tiene una variable **Y** cuantitativa y un variable **X** una variable cualitativa, entonces para el análisis de relación se dispone de:

$$\eta^2 = \frac{\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \hat{y})^2} = 1 - \frac{Q_d}{Q_t} = \frac{Q_e}{Q_t}$$

- **Cualitativas – Cualitativas.** Dos variables cualitativas **X** e **Y**, con p y q clases respectivamente. Sea $N = (n_{ij})$ la tabla de contingencia $p \times q$ que las resume. Una buena medida de asociación se basa en el estadístico **Chi-cuadrado** que se utiliza usualmente para contrastar la independencia:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \left(n_{ij} - \frac{n_{i\cdot} \times n_{\cdot j}}{n_{\cdot\cdot}} \right)^2}{\left(\frac{n_{i\cdot} \times n_{\cdot j}}{n_{\cdot\cdot}} \right)}$$

Y como medida de asociación

$$C^2 = \frac{\chi^2}{r \times n}$$



Donde $r = \min\{p,q\}-1$.

Estas medidas de asociación nos permitirán obtener la relación variable a variables, pero se hace necesario, para poder analizar todas y cada una de las relaciones entre las variables, un estudio de agrupaciones tomando en cuenta todos los factores potenciales de riesgo y cada una de sus interacciones. Para ello la salida es analizar estos factores mediante **análisis estadístico multivariante**, **regresiones** y **análisis de varianza**. Esto permitirá construir las agrupaciones de los datos que incidan realmente dentro de la siniestralidad y así calcular la prima tomando en cuenta los factores que más peso tengan dentro del sistema. Es menester del actuario o el personal designado para tal fin, realiza estos estudios antes de realizar la tarificación, en el **Laboratorio Actuarial** (como se vera detalladamente en el capítulo siguiente) estos análisis permitirán la construcción de los conglomerados para los cálculo de la prima y para la aplicación del nivel de jerarquía en el **modelo de Bühlmann-Straub**.

Entre los análisis recomendados se mencionan:

- Técnicas de regresión.
- Análisis Cluster - Segmentación.
- Análisis discriminantes.
- Análisis de Factores.
- Análisis de varianzas de múltiples factores.

Al aplicar alguno o todos los análisis propuestos anteriormente, es en ese instante donde se eligen los factores a ser tomados en cuenta en adelante para los cálculos de prima de esa cartera de riesgos, optimizando los tiempos y las estimaciones.



3.3.1.1.3.2.1.2. Determinación de las clases de tarifas.

El segundo paso dentro de la determinación de la estructura de tarifa, es según la elección de los factores de riesgos se construyen una serie de conglomerados de clases que acabarán discriminando a los diferentes grupos de riesgo en la tarifa final [4].

La elección de estas clases o conglomerados se debe hacer apoyándose en los análisis cluster realizados en el punto anterior.

3.3.1.1.3.2.1.3. Obtención de los grupos de tarifas.

Después de seleccionar los factores y determinar las clases o conglomerados a utilizarse, se debe entonces filtrar los datos contenidos en la base de datos según los factores y las clases, y construir así un conglomerado válido para poder procesar y realizar los procesamientos para el cálculo de la prima de riesgo, estudio de las variables que definen al riesgo (número de siniestros y monto de los siniestros) para ese conglomerado en específico y demás funcionalidades y estudios del **Laboratorio Actuarial**.

Esta etapa se verá reflejada como la función de *pre-procesamiento* de los datos (sistema de conexión o puente), que será analizada en detalle en el capítulo siguiente.

3.3.1.1.3.2.2. Cálculo de la tarifa.

En esta etapa, se cálculo de la prima de riesgo (equitativa y suficiente) según los grupos o conglomerados seleccionados y obtenidos de la base de datos, estructurados según los factores de riesgos seleccionados. Es aquí donde se aplicarán los métodos frecuentistas y el modelo de Bühlmann-Straub seleccionados para el caso de estudio del presente proyecto.

La aplicación del cálculo de tarifas para un ejemplo formal será estudiada y explicada en el capítulo 5 de la presente monografía.



3.3.1.1.3.2.3. Implementación de la tarifa.

Por último se realizará la implementación de la tarifa al mercado, es decir adecuar la tarifa al ambiente económico de los seguros y del país, además del incremento de seguridad que se debe aplicar para asegurarse de tener en lo posible saldos positivos para la compañía. Esta implementación se logra mediante: La sobreprima de seguridad, interés compuesto, adaptación de las variables macroeconómicas y microeconómicas, y por último el crecimiento esperado de la empresa y el beneficio para los accionistas de la misma. Es menester, como ya se ha recalcado en diversas oportunidades dentro del proyecto, una buena ponderación, balance y equidad de estos factores, para no saturar la prima y así tener una tarifa muy costosa, que traerá irremediablemente pérdida del mercado y salida de asegurados o no crecimiento de la cartera.

3.3.1.1.4. Sub – Fase 4: Planificación de los recursos y requerimientos.

Es en esta fase, después de seleccionar y aplicar al caso correspondiente cada uno de los modelos expuestos en la sub-fase anterior, se realiza el estudio de los recursos que posee la empresa y de los necesarios para la implementación del Laboratorio Actuarial, así como a su vez la definición de los requerimientos externos que debe ser suplidos:

- Capacitación del personal.
- Contratación de recurso humano, de ser necesario, para las áreas: actuariales – estadísticas, informática, redes de comunicación, gerencia y toma de decisiones.
- Recursos físicos y técnicos para el laboratorio actuarial (plataforma tecnológica).
- Aplicar las políticas de reducción del riesgo seleccionadas y las de minimización de los costos administrativos.
- Estudios de *hardware* y *software* utilizado y ha utilizarse dentro de la compañía.

El producto de esta fase será un **informe técnico de necesidades y requerimientos externos** para la implantación y utilización del Laboratorio Actuarial, no deben ser confundidos estos requerimientos con los que serán presentados dentro del diseño del



sistema de información. Pues los que aquí se presentan son del tipo externo, no son propios de la aplicación, sino por que la complementan.

Las **herramientas** que pueden ser utilizadas son: *entrevistas, experiencia del ejecutor, observación, cursos, talleres y los informes que se obtienen de las sub-fase anteriores.*

3.3.1.2. Fase II: Tecnologías de la información y comunicación.

En esta fase se pormenoriza en el entorno computacional y se abordan los tópicos necesarios para llevar a cabo el diseño y la implementación del laboratorio actuarial como sistema programado. En este caso y por innumerables razones de estándares mundiales, rapidez, eficiencia y eficacia, se manejan los siguientes tópicos:

- Modelado bajo UML (*Unified Modeling Language*).
- Metodología de desarrollo de aplicaciones de software WATCH extendida.
- Modelos de Bases de datos relacionales y objeto-relación.
- Teoría y modelos de sistemas de información.
- Arquitectura de computadores.
- Casos de Análisis.

Esta metodología es completamente dinámica y como se puede observar iterativa. Las herramientas propuestas en el presente proyecto son recomendaciones que cumplen con las necesidades de una optima gestión de proyectos, por tal motivo pueden ser reemplazadas por herramientas o metodologías alternativas a estas, tomando en cuenta que deben cumplir a cabalidad los estándares y proposiciones presentes en la metodología ecléctica aquí planteada.



3.3.1.2.1. Sub – Fase 5: Análisis, diseño e implementación.

Es la primera sub-fase de la fase de T.I.C., en la cual se analiza y diseña la aplicación programada que representa al Laboratorio Actuarial, en esta fase es crucial al selección de metodologías de desarrollo de software acordes con el espíritu, necesidades y funcionalidades que debe tener el Laboratorio. En esencia, se deben tomar ejecutar los puntos siguientes:

- Estudio para el diseño e implantación de un Laboratorio Actuarial según las necesidades de la compañía, o es su defecto la compra e implementación de un producto de software ya existente en el mercado.
- Metodología para el diseño de una aplicación programada (Metodología WATCH Extendida).
- Modelo de la aplicación (arquitectura y tipo de sistema programado).
- UML.

El producto de esta fase es el Laboratorio Actuarial como Sistema de Información Gerencial Automatizado vía computarizada. De acuerdo a la metodología de desarrollo de software seleccionada en esta sub-fase, serán necesarios la generación productos e informes para un óptimo diseño e implementación de la aplicación, los cuales depende de la metodología a ser acatada. En el presente proyecto, se seleccionó la Metodología WATCH Extendida [2], ya que el sistema de información planteado y recomendado debe ser del tipo de **aplicación Web**, y esta metodología es la que mejor integra y modela el desarrollo para este tipo de sistemas programados. En el capítulo siguiente (capítulo 4) será minuciosamente especificada esta sub-fase.

Las **herramientas**, entonces dependen de la misma manera de la metodología empleada pero además se exhorta ampliamente el uso de **UML**, para el modelado de las vistas y funciones de la aplicación programada.



3.3.1.2.2. Sub – Fase 6: Implantación del Laboratorio Actuarial.

Esta sub-fase va de la mano con la anterior, pues es aquí donde se implanta dentro de la empresa el Laboratorio Actuarial que es el resultado de la sub-fase 5. Es aquí donde, aparte de la implementación de la aplicación, es necesario establecer los permisos de acceso de los usuarios, los niveles de responsabilidades dentro del sistema, los administradores que se encargarán del mantenimiento y reparación del sistema, del hardware y las redes de comunicación. Para, después de definir las responsabilidades, realizar el adiestramiento pertinente de los usuarios, y además realizar modificaciones o correcciones de último momento al sistema una vez se establezca una interacción **Actor – Laboratorio**. En resumen:

- Implantación del Laboratorio Actuarial.
- Definir acciones y asignar las responsabilidades correspondientes a cada departamento.
- Inducir a los usuarios al sistema (entrenamiento).
- Modificaciones, mejoras y correcciones de última hora.
- Interacción **Actor – Laboratorio**.

El resultado de esta sub-fase será un **informe técnico de implantación y adiestramiento**, donde se especifican los tiempos de implantación y adiestramiento así como el porcentaje de completado de cada uno de las actividades. Este informe debe ser entregado, en partes o en secuencias temporales de acuerdo a los avances que se produzcan en la presente sub-fase.

3.3.1.2.3. Sub – Fase 7: Pruebas, entregas y puesta en marcha.

Última sub-fase de la metodología planteada, en esta fase se realizan las pruebas dirigidas ya con el sistema implantado y si es posible con los datos históricos propios de la empresa, para así verificar la exactitud de los cálculos y procedimientos de la aplicación programada.



Para después, realizar una comparación con los resultados obtenidos en el pasado (antes de la implantación del Laboratorio Actuarial) y de esta manera, medir los niveles de discrepancias positivas y si estos son como se esperan y fueron proyectados, tanto en mejoras de cálculo como de tiempos de ejecución y procesamientos de los datos.

- Pruebas y test para las medidas.
- Comparación con los resultados anteriores.
- Modificaciones, mejoras y correcciones de última hora.

Las **herramientas** son entonces *casos de prueba* donde poder realizar las operaciones y comparaciones pertinentes al caso y los modelos de pruebas para un sistema programado (pruebas de caja negra y de caja blanca).

El producto es un **informe técnico de finalización de la aplicación**, en el cual se resumen el tiempo total transcurrido de cada una de las fases, así como los niveles de mejora que se obtuvieron después de la implementación.

3.3.2. Resumen de las sub-fases de la metodología propuesta.

Sub-fases	Herramientas	Productos
Sub-Fase 1: Preparación y vista actual de la empresa.	<ul style="list-style-type: none">- Entrevistas a todo nivel dentro de la compañía.- Cuestionarios para personal y clientes.- Informe de los accionistas.- Balance general de la compañía.- Bosquejo de las técnicas empleadas.- Base de datos históricas	Informe técnico de gestión de negocios.
Sub-Fase 2: Planificación de los fines, metas y	Informe técnico de gestión de negocios	Informe técnico de las necesidades y metas.



alcances.		
Sub-Fase 3: Planificación de los medios, métodos y herramientas.	<ul style="list-style-type: none">- Modelos de Toma de decisiones.- Datos e información de la empresa.- Productos de las sub-fases anteriores.- Matrices de decisiones.- Estadística Univariante y Multivariante.	Informe de decisiones.
Sub-Fase 4: Planificación de los recursos y requerimientos.	<ul style="list-style-type: none">- Entrevistas.- Experiencia del ejecutor.- Observación.- Cursos.- Talleres.- Informes que se obtienen de las sub-fase anteriores.	Informe técnico de necesidades y requerimientos externos
Sub-Fase 5: Análisis, diseño e implementación.	<ul style="list-style-type: none">- Metodología para el desarrollo de software o aplicaciones programadas.- UML.- Modelos y tipos de arquitecturas de software y hardware.	Sistema de Información Gerencial: Laboratorio Actuarial. Manuales de usuario.
Sub-Fase 6: Implantación del Laboratorio Actuarial.	<ul style="list-style-type: none">- Adiestramiento	Informe técnico de implantación y adiestramiento
Sub-Fase 7: Pruebas, entregas y puesta en marcha.	<ul style="list-style-type: none">- Casos de prueba.- Pruebas de caja negra.- Pruebas de caja blanca.	Informe técnico de finalización de la aplicación y desarrollo.

Tabla 3.9. Resumen de las sub-fases de la metodología propuesta.



3.3.3. Beneficios administrativos de un buen modelo para el cálculo de primas de riesgo (Laboratorio Actuarial).

- Reducción de los tiempos de tarificación vía automatización.
- Mejor estimación de las primas de riesgo pues se hace uso de toda la información que tiene la empresa, además del análisis de sensibilidad que posee la prima (sobreprima de seguridad, interés, inflación, etc.).
- Ahorro de costos a largo plazo.
- Optimización de la administración de los riesgos.
- Análisis y estudios en tiempo real de corte estadísticos para el soporte a la toma de decisiones dentro de la gerencia.
- Obtención de datos en tiempo real para realizar estudios estadísticos profundos, para auditorías o investigaciones de mercado (análisis multivariantes, regresión, ANOVA, entre otros).



Capítulo 4

Metodología para el Diseño. Desarrollo y Futura Implementación de un Sistema de Información Gerencial (SIG) de un Laboratorio Actuarial bajo el soporte de Tecnologías de Información (TIC).



4.1. Preliminares.

Un laboratorio actuarial es un sistema programado que permite automatizar y registrar algunas de las funciones y procesos de una compañía de seguros o ente asegurador de manera interactiva, amigable y poderosa; produciendo fácil y rápidamente análisis estadísticos sofisticados. Los procesos claves son:

- El manejo integral de recursos corporativos (**ERP** *Entreprise Resource Planning*).
- Procesos para el manejo y administración de clientes (**B2C** *Bussines To Consumer*).
- Procedimientos para el control de los proveedores de servicios (**B2B** *Bussines To Bussines*).
- Sistema de soporte y atención al cliente (**CRM** *Custom Relationship Management*).
- Manejo óptimo de los servicios y procesos de la empresa.
- Respaldo y ayuda para la toma de decisiones mediante el manejo de conocimiento (**KM** *Knowledge Management*).
- Reportes estadísticos y gerenciales para el apoyo a la tomo de decisiones, coordinación y supervisión de los procesos, empleados y funciones de la empresa.

Este Laboratorio Actuarial entonces, puede ser denominado como un **Sistema de Información Gerencial (SIG)**.

4.2. Sistema de información gerencial (SIG, Nociones Técnicas).

Los sistemas de información brindan grandes oportunidades para crear ventajas competitivas, para cambiar la manera como una empresa compite, o para innovar los procesos de una organización.

Un Sistema de Información Gerencial es la serie de procesos y acciones involucradas en captar datos en bruto, procesarlos en información utilizable y luego difundirla a los usuarios en la forma en que estos la requieren [15]. Esta información debe ser oportuna, veraz y su representación debe ser lo más realista posible en el ámbito donde se desenvuelve.



La obtención, procesamiento, almacenamiento y difusión de estos datos o información se realiza mediante **Sistemas de Comunicación o Tecnologías de Información y Comunicación (TIC)** tanto en *hardware* como en *software*.

Debido a esta definición se hace vital diferenciar los conceptos de **datos e información** dentro de un **SIG**:

- **Datos:** Son hechos no procesados que no revelan nada de forma aislada [15]. Por ejemplo el *número de siniestros* del año t , el *monto de los siniestros* para la póliza k , entre otros.
- **Información:** Son todos aquellos datos procesados o transformados que ayudan a la toma de decisiones o a comprender mejor un proceso o función. La *prima neta* que debe cobrarse, *siniestralidad proyectada* para los próximos 5 años, reportes de *zonas siniestrales* en el estado Mérida (como ejemplo).

Por lo tanto, un ente puede estar saturado de datos y sin embargo puede poseer muy poca información. Esta información debe tener un soporte **histórico** y además un carácter analítico, que puede estar basado en herramientas estadísticas, científicas, contables o financieras.

La información generada por un **SIG** debe cumplir con las cuatro (04) características siguientes:

- **Calidad.** Los hechos planteados debe reflejar fielmente la realidad de la empresa.
- **Oportunidad.** La información debe llegar en el momento preciso para que de esa forma no se vea afectado o viciado el proceso.
- **Cantidad.** Debe proveer el flujo justo de información, pues a muy poca información decisiones erradas y a mucho flujo, se presenta información irrelevante que ralentiza el proceso de toma de decisiones o lo desenfoca de su fin primordial (decisión errada o deficiente).



- **Relevancia.** La información debe ser proporcionada al usuario según sus responsabilidades y tareas asignadas, pues de lo contrario es información innecesaria y se pierde tiempo de cómputo y de usuario. La información no es **homogénea**.

El esquema básico de un **SIG**, propuesto por WASTERFIED D. y RAMSING N (1998) [15].



Figura 4.1. Esquema básico de un SIG. [15]

Las cualidades con las que debe tener un **SIG** para su óptimo desempeño, es que tiene que ser: **integrales, modulares, adaptables, escalabilidad, perdurabilidad y jerarquización**.

- **Integrales.** Permiten controlar todos los procesos de la compañía, sus relaciones y su ciclo de vida; pues muchos procesos dependen de que otros se ejecuten anteriormente y este ciclo debe conservar y verse reflejado dentro del **SIG**.
- **Modulares.** El **SIG** debe ser diseñado e implementado por módulos. Cada uno de estos debe ser la representación de un proceso dentro de la compañía. Esto asegura la estabilidad, seguridad, robustez y escalabilidad del sistema.
- **Adaptabilidad.** Se deben adecuar perfectamente a la idiosincrasia de la compañía, sus métodos de trabajo y metas. Para esto el análisis, diseño e implementación debe hacerse teniendo un conocimiento de la materia en que se basa la compañía y sus modelos de trabajo.



- **Escalabilidad.** Poseer esta cualidad permite a un **SIG** adaptarse a las políticas y estrategias de la empresa, así como a los desarrollos que se implementen en el área tecnológica, científica o en la materia base para la cual se implementa el **SIG**.
- **Perdurabilidad y sincronización.** El **SIG** debe ser lo suficientemente robusto y seguro para mantener la confiabilidad de los datos y su almacenamiento, para poder crear un sistema histórico para análisis de datos en **TIC**, como lo son *Datawarehousing* y *Minería de Datos*.
- **Jerarquizado.** Debe constar de niveles de permisologías para los usuarios y administradores para resguardar y velar porque los datos e informaciones no sean corrompidas o filtradas al exterior.

4.3 Metodología recomendada para el diseño e implementación del SIG: Laboratorio Actuarial.

El **Laboratorio Actuarial** es un sistema de gestión empresarial (o sistema de información empresarial) específico que aborda la problemática de los seguros desde un punto de vista económico – estadístico (problema de tarificación) y se basa (en el presente proyecto) en la obtención de la prima, así como la información referente a la misma.

La metodología para el desarrollo del Laboratorio Actuarial como un SIG, aquí propuesta, se basa en la denominada **Metodología WATCH EXTENDIDA para el desarrollo de aplicaciones de software**, propuesta por MONTILVA J. y BARRIOS J. (2002) [2]. Además de la utilización de esta metodología se utilizará en algunas de sus fases de diseño la aplicación del **Lenguaje del Modelo Unificado UML** (*Unified Modeling Language*), por su capacidad de representación de procesos y funciones de una manera rápida y eficiente, mediante la utilización de familias de diagramas.

Ya descrita la metodología se propone, junto a la anterior, el empleo de un arquitectura bajo **n-capas**, pues permiten una mayor claridad, confiabilidad y escalabilidad del sistema



programado y de su plataforma. Este tipo de arquitecturas son las utilizadas para crear sistemas web o servicios web.

Finalmente, el autor recomienda que el **Laboratorio Actuarial** sea una aplicación programada que se defina como **Software Libre** bajo licenciamiento libre **GPL** (o alguna de sus vertientes), pues es la tendencia de generación de software que mejor equilibra las satisfacciones y ganancias para las partes relacionadas en el diseño, implantación y uso del software. Además de promover el uso del software libre para el diseño y la implementación del laboratorio.

4.3.1 Metodología WATCH EXTENDIDO.

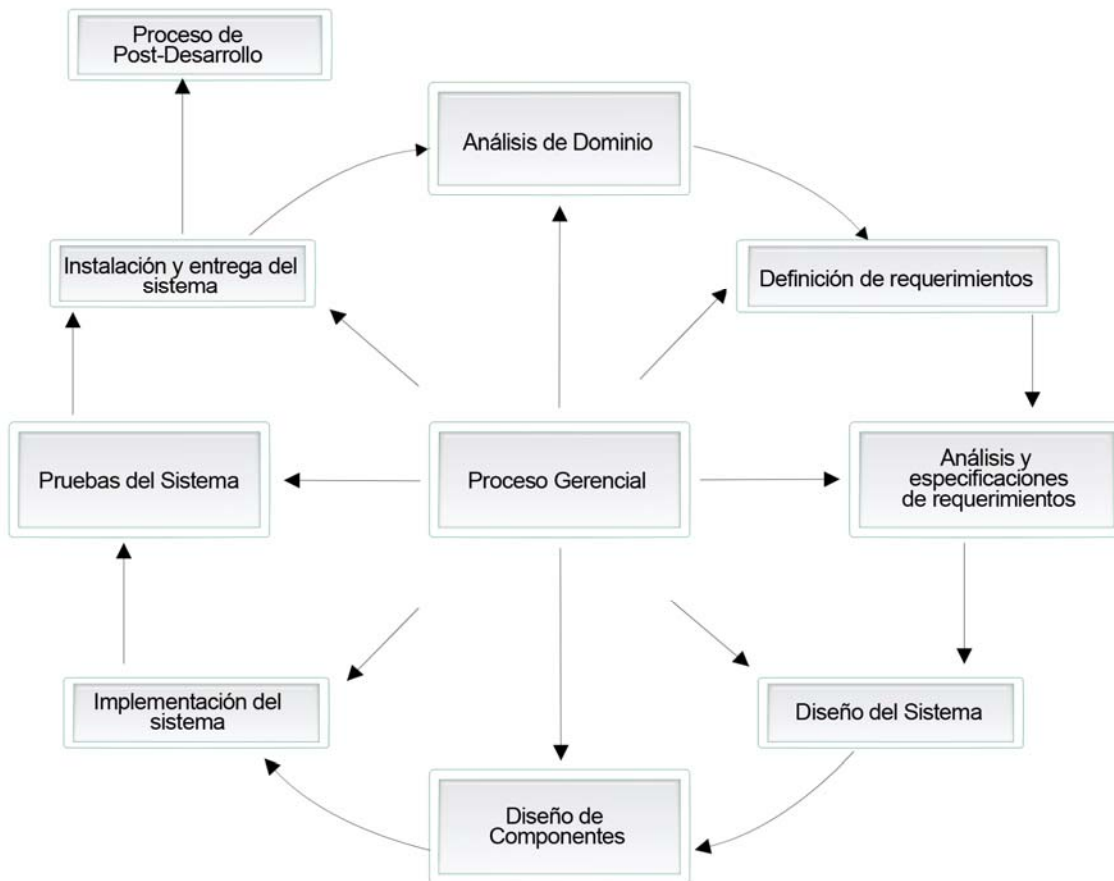


Figura. 4.2. Diagrama de la metodología del proceso Reloj.



Esta metodología surge como la necesidad de un modelo de procesos para el desarrollo de software pequeños y medianos desarrollados por pequeñas empresas, fue el resultado de la integración de los modelos de desarrollo de software bien conocidos tales como: *el modelo en espiral*, *el modelo V* y *el modelo orientado por objetos* descrito por BRUEGGE & DUTOIT (2000) y el *estándar de la IEEE 1074* (1995) para el desarrollo de ciclos de procesos de vida [17].

Para mayor información y detalle de la metodología se recomienda consultar el **Anexo D** donde se desarrolla completamente la metodología **WATCH**.

4.3.2 Arquitectura a n-capas.

La arquitectura de una aplicación es la vista conceptual de esta, y la misma difiere según como este distribuido el código.

La arquitectura a **n-capas** permite modelar un sistema programado, separando la **lógica de negocios** de la **lógica de diseño**. Esta separación se realiza dividiendo el sistema y su plataforma en *n capas*.

Las ventajas de este estilo de diseño:

- Más fácil y rápida depuración del sistema.
- Mayor portabilidad.
- Especial para grupos de trabajo (en diseño y programación).
- Sistema escalable.

El diseño más utilizado en la actualidad, y es el que se recomienda para abordar el diseño del Laboratorio Actuarial, es el diseño a **tres capas**.

Las tres capas las componen: la capa de **presentación**, la capa de **negocios** y, por último, la capa de **datos**.



Figura. 4.3. Diagrama de arquitectura a tres capas [18].

La capa de **presentación** es la que ve el usuario, presenta el sistema al usuario, le comunica la información y captura los datos del usuario dando un mínimo proceso (realiza el filtrado previo para comprobar que no hay errores de formato). Esta capa se comunica únicamente con la capa de **negocios**.

Capa de **negocios**, es donde residen los programas que se ejecutan, recibiendo las peticiones de la capa de presentación y enviando las respuestas tras el proceso. Se denomina capa de negocios (e incluso de lógica de negocios) pues es aquí donde se establecen todas las reglas que deben cumplirse. Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de **datos**, para solicitar al gestor de almacenamiento que guarde o recupere datos.

La capa de **datos**, es donde se almacenan todos los datos. Esta formada por uno o más manejadores de bases de datos, Esquemas XML, Archivos de datos o cualquier otro sistema de almacenamiento de datos. Esta capa se encarga de atender las solicitudes enviadas por la capa de negocios, de mantener y resguardar los datos de la aplicación.

Estas capas (es decir, sus códigos, servicios y sub-sistemas que las representan) pueden estar contenidas en un mismo ordenador o en un conglomerado de ellos (sistema cliente – servidor).



4.3.3 UML (Unified Modelling Language).

Unified Modeling Language, Lenguaje Unificado de Construcción de Modelos se define como un “lenguaje que permite especificar, visualizar y construir los artefactos de los sistemas de software” [16]. UML es un sistema notacional estándar incipiente de la industria para construir modelos orientados a objetos. Surgió de la combinación de las tres más famosas metodologías de desarrollo como lo son **Booch**, **OMT** y **OOSE**.

Por tales razones es el estándar aceptado por las empresas y desarrolladores a nivel mundial, pues envuelve bajo si lo mejor de las técnicas de orientación por objetos más elegantes y robustas. Surge de la necesidad de crear un estándar único e incipiente dentro del mundo del desarrollo de sistemas programados y la Ingeniería de Software.

El UML se caracteriza por describir mediante diagramas todas las vistas, partes, componentes, etc. de un sistema programado, con lo cual se persigue un entendimiento y conocimiento detallado del sistema que se está generando (por parte de desarrollador) y permite también a los clientes o usuarios conocer internamente como funciona y como fue concebido (empresas, clientes, etc.). Hay que tener en cuenta que el estándar UML no define un proceso de desarrollo específico, tan solo se trata de una notación.

Diagrama	Descripción	Prioridad
Actividad	Representa los procesos de alto nivel del negocio, incluyendo el flujo de los datos, o modela la lógica de la lógica compleja dentro de un sistema	Alto
Clases	Muestra una colección de elementos del modelo estático por ejemplo clases y tipos, su contenido, y sus relaciones	Alto
Comunicación	Muestra las instancias de las clases, sus interrelaciones, y los mensajes de flujo entre ellos. Los diagramas de comunicación se enfocan	Bajo



	típicamente en los objetos que envían y reciben mensajes dentro de la organización. Llamado también Diagramas de Colaboración.	
Componentes	Representa los componentes que componen un uso, un sistema, o una empresa. Se representan los componentes, sus correlaciones, las interacciones, y sus interfaces públicas.	Medio
Composición de la Estructura	Representa la estructura interna de un clasificador (tal como una clase, un componente, o un caso del uso), incluyendo los puntos de la interacción del clasificador con las otras partes del sistema.	Bajo
Despliegue	Muestra la arquitectura de ejecución de los sistemas. Esto incluye nodos, los ambientes de la ejecución del hardware o del software, así como el <i>middleware</i> que los conecta.	Medio
Descripción de la Interacción	Una variante de un diagrama de actividad que describe el flujo del control dentro de un proceso del sistema o del negocio. Cada nodo/actividad dentro del diagrama puede representar otro diagrama de la interacción.	Bajo
Objetos	Representa objetos y sus relaciones en un punto en tiempo, típicamente un caso especial de un diagrama de la clase o de un diagrama de la comunicación.	Bajo
Paquetes	Demuestra cómo los elementos del modelo se organizan dentro de los paquetes así como las dependencias entre los paquetes.	Bajo
Secuencia	Modela la lógica secuencial, en el efecto de ordenamiento temporal de los mensajes entre los	Alto



	clasificadores.	
Estado de la Máquina	Describe los estados de un objeto o la interacción que puede estar dentro del mismo, así como las transiciones entre los estados. Designado antes un diagrama de estado, diagrama de carta de estado, o un diagrama de estado-transición.	Medio
Medida del Tiempo (timing)	Representa el cambio en estado o la condición de una instancia del clasificador o en un cierto plazo. Típicamente demostraban el cambio en estado de un objeto en un cierto plazo en respuesta a acontecimientos externos.	Bajo
Casos de Uso	Muestra los casos de uso, los actores y las relaciones entre ellos.	Alto

Tabla 4.1. Diagramas UML para modelado de sistemas.

Con esta colección de diagramas (o algunos de ellos) puede modelarse eficazmente un sistema programado.

4.4 Diseño del Laboratorio Actuarial como un Sistemas de Información Gerencial.

Es importante destacar que el **Laboratorio Actuarial** es una aplicación que sólo cumple funciones de análisis y cálculos estadísticos para el ámbito asegurador, no contempla las demás funciones y procedimientos que pueden existir dentro de una empresa de este ramo. Por tal motivo, el Laboratorio Actuarial puede ser un módulo o sistema paralelo a una aplicación ya diseñada que sea usada dentro de la compañía que realice las funciones de administración y operaciones de los servicios que una empresa de seguros presta. Para la conexión e integración del Laboratorio Actuarial se propone un sistema puente.

Este **sistema de puente** puede venir de dos maneras: mediante una integración completa de ambas aplicaciones o como paralelización de ambos sistemas. El primer caso solo puede

llevarse a cabo si la aplicación existente es libre o abierta (*open source*) y se tiene los permisos para su modificación y manipulación, en tal caso se puede generar un programa (*sistema puente*) que los fusione. La segunda vía, es cuando estamos en la presencia de un sistema privativo, no se tienen permisos de modificación o su plataforma tecnológica pueda ser obsoleta o antigua, en cuyo caso es necesario entonces que el sistema de puente sea una conexión directa con la base de datos (o el almacén de datos que este usando la aplicación existente) y que posea una función de **pre-procesamiento de los datos**, la cual permitirá estructurar los datos de tal manera que el **Laboratorio Actuarial** sea capaz de entenderlos y procesarlos. Por cuestiones de tiempo, eficiencia y seguridad es mejor optar por la segunda opción en el momento de implantar el presente laboratorio

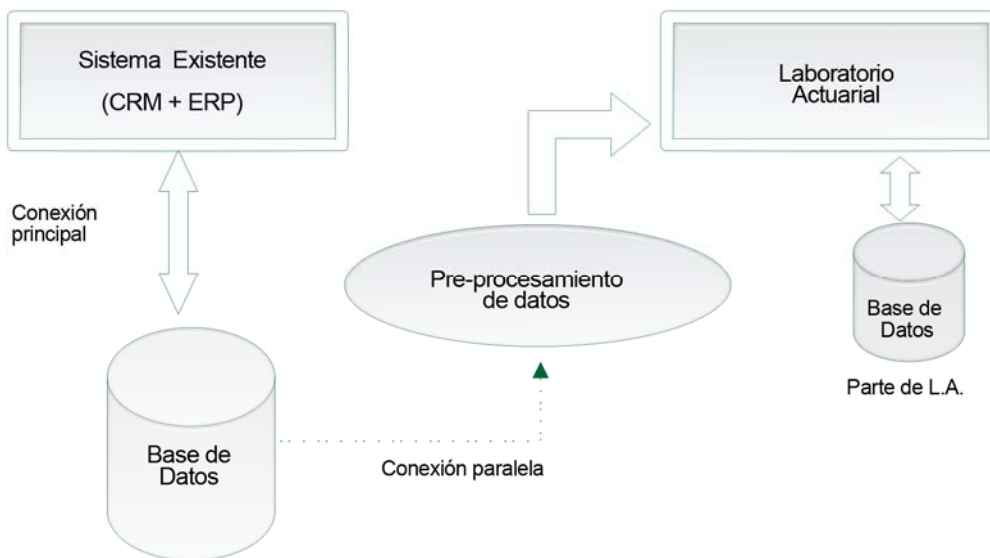


Figura 4.4 Diagrama del sistema puente.

Es importante resaltar que este *puente* debe ser diseñado conociendo el sistema existente plenamente y partiendo de su base de datos, es decir es un desarrollo completamente a la medida del sistema existente.



4.4.1 Procesos gerenciales.

Se describirán los procesos y actividades que se han llevado para la evaluación y estudio de los modelos actuariales, ciencias actuariales, funciones de interés adicionales, métodos estadísticos, técnicas de análisis y metodologías para el diseño de este **Laboratorio Actuarial**.

Procesos	Actividades
Gerencia del proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo máximo de realización dos (2) semestres. Siguiendo la metodología general planteada en el capítulo 1 del proyecto.• Las personas involucradas en el proyecto son: Br. Juan M. Palma V. (tesista), Prof. Dante Conti – Asesor y supervisor (tutor), Prof. Domingo Hernández – Evaluador (jurado), Prof. Ernesto Ponsot – Evaluador (jurado) y Prof. George Jabbour – Evaluador secundario (jurado suplente).• Consultas directas e indirectas con el asesor aparte de bibliografía especializada en el área de estudio, diseño e implementación de la aplicación. Correcciones constantes del asesor principal, en segundo término una corrección general de cada evaluador, aplicación de las mejoras y presentación del proyecto para su aprobación total.
Gerencia de la calidad del software	No se plantea, pues el proyecto no contempla implementación, pero se realizan recomendaciones para herramientas, técnicas programación y usos del software.
Gerencia de configuración del software	No se plantea, pues el proyecto no contempla implementación, pero se realizan recomendaciones para las configuraciones y administración de la plataforma tecnológica, así como la variedad de plataformas que existen.



Validación y verificación	El capítulo 5 se dedica a la validación y verificación de los modelos desde la perspectiva estadística con datos reales históricos, obtenidos de la Comisión Nacional de Seguros y Finanzas de México [22].
Entrenamiento	No se plantea, pues el proyecto no comprende la implantación del Laboratorio Actuarial .
Documentación	El proyecto en su totalidad al ser una metodología en si, es su propia documentación. Así como, la bibliografía que se emplea en el mismo.

Tabla 4.2 Proceso gerencial para el diseño del Laboratorio Actuarial.

Cabe destacar, que el proceso gerencial del Laboratorio Actuarial, se encuentra definido también por todos los tópicos y planteamientos hechos en los capítulos anteriores de este proyecto.

4.4.2 Modelado de negocios.

El **Laboratorio Actuarial** es un sistema programado que debe permitir realizar las tareas básicas que necesita un actuario o compañía de seguros para **ejecutar las funciones de gestión de carteras, pólizas y contratos de seguros dentro de la organización**. El laboratorio que se pretende diseñar, modela sólo el **sistema de tarificación (cálculo de prima) de los seguros generales o de no vida y en una media muy básica la obtención de un fondo de reserva**, junto a las variables, tasas e índices que se relacionan a este cálculo de la prima.

Existen en el terreno de los seguros diversos sistemas programados que realizan la administración de los procedimientos y funciones dentro de cada compañía. Es posible hablar que cada empresa posee su propio sistema, ya sea desarrollado a la medida por una casa de software o, como un compendio de diferentes herramientas o módulos ya programados de una herramienta prediseñada, como por ejemplo **SAP** o soluciones de negocios **IBM**. Pero la aplicación de modelos de credibilidad dentro de los sistemas de



seguros solo están presentes dentro de los grandes sistemas (y son muy pocos los casos) por eso es posible llamar esta metodología como **innovadora**.

Para medir las diferencias y características de los sistemas que se encuentran en el ramo es muy difícil a nivel del presente proyecto, pues son soluciones privadas y celosas por el nivel de información que en ellas se encuentran, y los costos de las mismas son muy elevados. Por tales razones, no se realizan comparaciones con demás sistemas.

En resumen se tiene:

Tareas	Descripciones
Laboratorio Actuarial	Ejecutar las funciones de gestión de carteras, pólizas y contratos de seguros dentro de la organización.
Alcance y dominio del Laboratorio Actuarial.	<ul style="list-style-type: none">▶ Sistema de tarificación (cálculo de prima) de los seguros generales o de no vida y cálculo básico de las reservas.▶ Análisis de variables, índices y tasas relacionadas a la tarificación.▶ Reportes gerenciales de los factores anteriores.
Comparaciones con aplicaciones similares.	No fue posible su realización.

Tabla 4.3 Alcance del dominio del Laboratorio Actuarial.

Partiendo del los alcances definidos; el laboratorio debe proveer a sus usuarios diversas funciones y procedimientos:

- **Módulo de tarificación.** Cálculo de la prima a cobrarse dentro de una cartera, póliza o individuo. Este módulo posee dos métodos, que fueron seleccionados en el capítulo 3, **Métodos frecuentistas** y **Modelo de Bühlmann-Straub**. Este módulo



a su vez debe permitirle al usuario realizar los ajustes al monto o prima generada (que se discutieron en el capítulo 2), aparte de suministrarle la **Sobreprima de seguridad** (mediante la desigualdad de Chebyshev) y **la indexación por interés compuesto** (ley del interés compuesto); además de los análisis para las variables y procedimientos adicionales que componen la tarificación.

- **Análisis del número de siniestros.** Análisis de frecuencias de siniestros (frecuencia absoluta, frecuencia relativa, histograma de frecuencias, clases de las frecuencias), medidas de tendencia central (media y moda), medidas de dispersión (varianza, desviación estándar, valor máximo, valor mínimo, rango y correlación) y por último intervalos de confianza para el número de siniestros. Estos análisis se realizan para la totalidad de los datos o tomando en consideración conglomerados o agrupamientos de los datos por diversos factores como: edad, sexo, ramos, fecha, tipo de cliente, grupos o colectivos y parentesco entre clientes (discutidos en el capítulo 3).
- **Análisis del monto de los siniestros.** Análisis de frecuencias de monto de los siniestros (frecuencia absoluta, frecuencia relativa, histograma de frecuencias, clases de las frecuencias), monto promedio de siniestros (media y moda), medidas de dispersión (varianza, desviación estándar, valor máximo, valor mínimo, rango y correlación), medidas de tendencia central (media y moda) y por último intervalos de confianza para el monto de los siniestros, costos totales de los siniestros y monto promedio de los siniestros. Al igual que para el número de siniestros se debe permitir el agrupamiento o selección de los datos.
- **Cálculo de las presencias amparadas por el riesgo.** Debido a que en un contrato o póliza de seguros generales no es cerrada (permite la inclusión de personas en cualquier momento del tiempo), el ingreso de nuevos clientes es dinámico, lo que ocasiona que a la hora de realizar un estudio o análisis los clientes no posean igual peso pues su *exposición al riesgo* perduró un rango de tiempo menor a la magnitud del intervalo de tiempo (ejemplo 1 año) que se toma como referencia para el análisis; por tal motivo esta **presencia** pondera de manera fiable y eficaz el peso real dentro de una cartera de sus clientes a la hora de los cálculos de primas.



- **Comparación de primas, índices y variables**, obtenidas a lo largo del tiempo y en cada estudio realizado anteriormente, es un análisis histórico.
- **Cálculo básico de la reserva de seguridad**. Permite el cálculo de la reserva de seguridad descrita en el capítulo 2 de este proyecto.
- **Cálculo del índice de siniestralidad**. El índice de siniestralidad es aquel que mide la relación de los siniestros ocurridos (montos de los siniestros) con respecto al pago obtenido por el cobro de la prima a los clientes.
- **Reportes gerenciales, estadísticos y bioestadísticas (para el caso de seguros para servicios pre-hospitalarios, servicios hospitalarios y procedimientos quirúrgicos)**. Entre los que encontramos: siniestros contra cantidad, estudio de siniestralidad, estudios estadísticos (descriptivos, inferenciales y frecuenciales), enfermedades más comunes, procedimientos quirúrgicos más comunes, por conglomerados (zonas, edades, sexo, ramo, entre otros) y cualquier otro que es posible generarlo con software estadísticos por la cualidad de poder exportar los datos.
- **Creación de gráficos** (tortas, barras y líneas).
- **Exportación de datos** según filtros o factores de aglomeración, a archivos de diversos tipos (separado por comas CSV, archivos XML, archivos Web, archivos PDF, archivos PS, entre otras) para realizar estudios más amplios a los expuestos en el laboratorio, y que además puedan ser abiertos en la mayor gama posible de aplicaciones de software que se encuentren en el mercado.

4.4.2.1. Requerimientos del proyecto.

Clasificación de los requerimientos del Laboratorio Actuarial, los cuales se identifican con una clave, a la cual se hará referencia de aquí en adelante dentro de este proyecto. Esta clasificación se hace en tres (03) grandes grupos: **Consulta e informes**, **Almacenamiento** y **Procesamiento**.



Clave	Requerimiento	Descripción
<i>Consultas e informes</i>		
R1	Informe del proyecto detallado.	El presente proyecto.
R2	Informe de responsables.	El presente proyecto junto al informe a la hora de la implementación.
R3	Informe de movimientos.	Informe de la implementación.
<i>Almacenamiento</i>		
R4	Datos del proyecto.	Código del proyecto, nombre, Fecha de inicio, Fecha Terminación, Porcentaje de avance y responsables.
R5	Datos por etapas.	Código de la etapa, nombre, porcentaje de avance, peso porcentual y responsable.
R6	Datos de actividad.	Código de la actividad, nombre, porcentaje de avance y responsable.
R7	Datos de los responsables.	Código del responsable y nombre.
R8	Datos de reportes de tiempo.	Código de actividad, fecha, responsable, horas y porcentaje de avance.
<i>Procesamiento</i>		
R9	Cálculo del porcentaje de avance de la etapa.	$\frac{\sum avanceActividad}{NroActividades} \times 100$
R10	Cálculo del porcentaje de avance del proyecto.	PorcentajeAvance * pesoPorcentaje

Tabla 4.4. Requerimientos del proyecto.

4.4.2.2. Casos de usos.

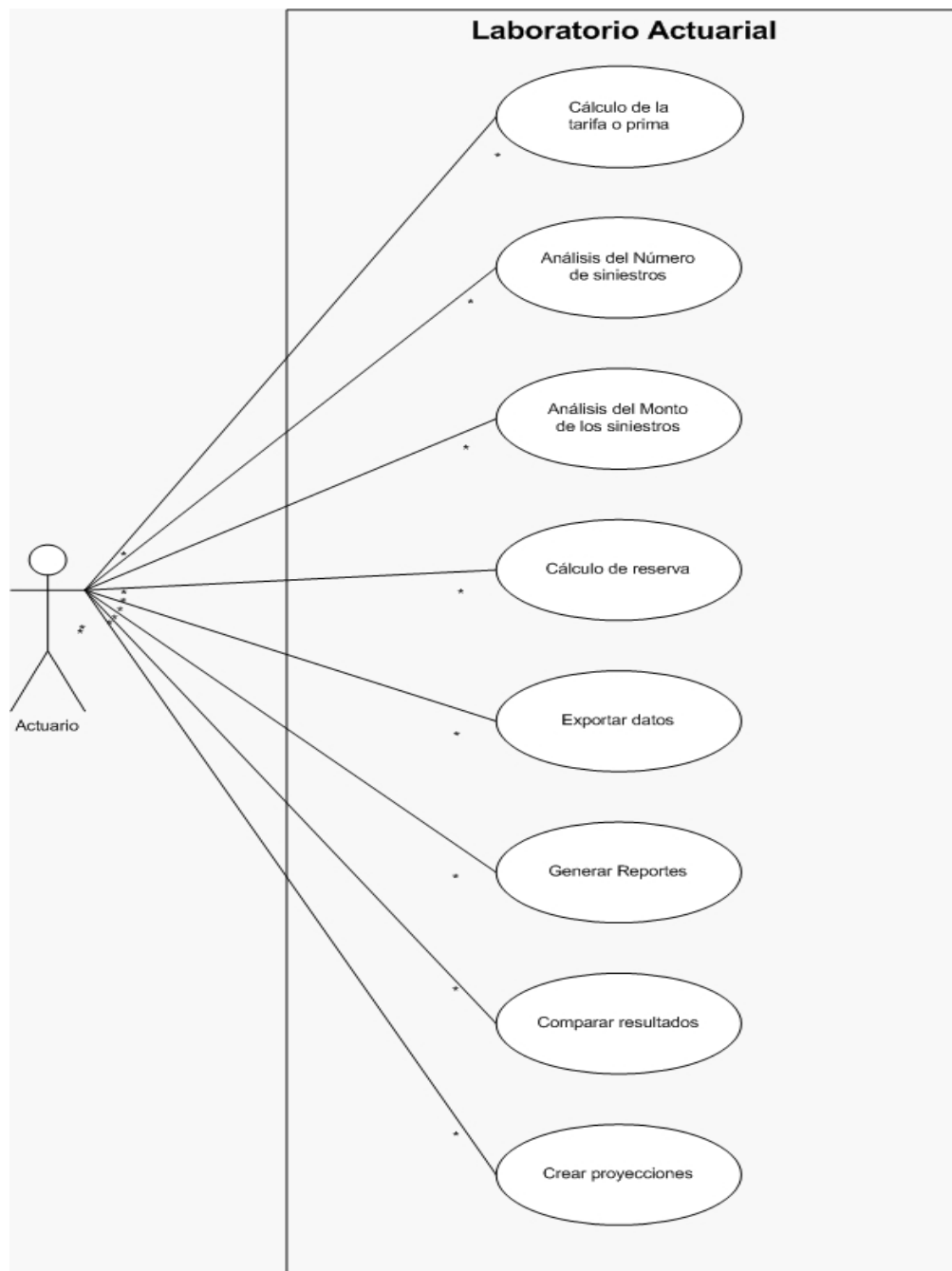


Figura 4.5. Diagrama de caso de uso general.

Ahora se expone, el diagrama de casos de uso específicos dentro del laboratorio actuarial con sus respectivas interacciones.

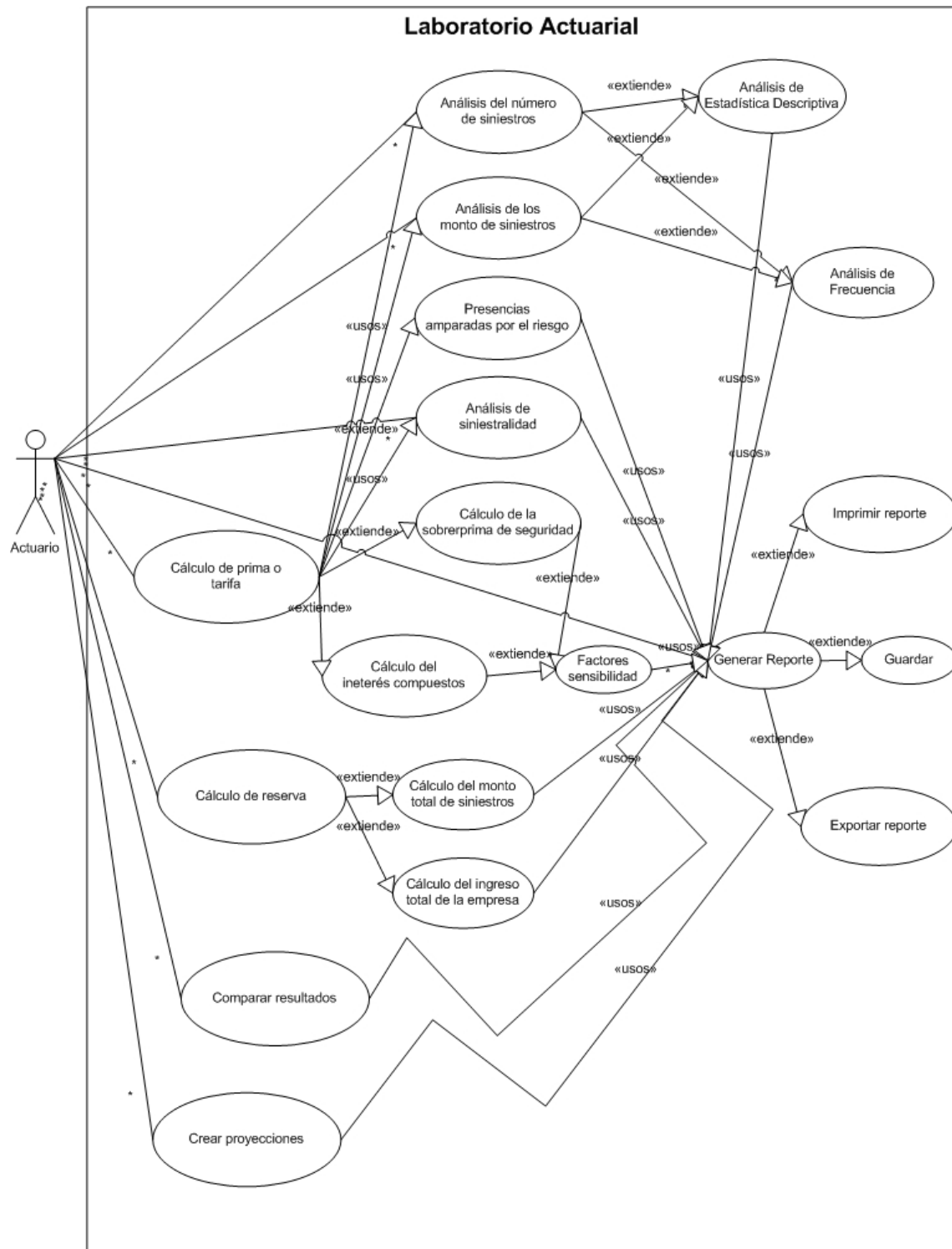


Figura 4.6. Diagrama de caso de uso detallado.



4.4.2.3. Descripción de los casos de usos.

Este formato muestra una descripción para ayudar a comprender los casos de usos. También hace referencia a los requerimientos (que fueron especificados en el apartado de requerimientos dentro de este mismo punto) con los cuales guarda relación. Las descripciones detalladas para cada caso de uso se encuentran en el **Apéndice F**, del presente proyecto.

Caso de uso 1.

Nombres:	Cálculo de prima o tarifa
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Permite obtener un monto representativo de la prima de riesgo que debe ser cobrada a los asegurados de una cartera de riesgo específica, la cual ha sido seleccionada como objeto de estudio.
Descripción:	El actuario solicita al sistema el cálculo de la prima de riesgo, seleccionando el tipo de modelo a usar (frecuentista o Bühlmann-Straub), el rango temporal de estudio, la cartera de riesgo a estudiar y los factores de riesgos a ser tomados en cuenta para la construcción del conglomerados; para después generar la prima para ese tipo de cartera de riesgo proporcionando también la sobreprima de seguridad, el error por desviación, el interés compuesto generado por años y los niveles de dispersión de dos sigma y tres sigma, para la variables descriptoras del riesgo (número de siniestros y monto del siniestro).
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> R8, R10 <i>De casos:</i> Análisis del número de siniestros, Análisis del monto de los siniestros.

Caso de uso 2.

Nombres:	Cálculo de reservas
Alias:	
Actores:	Actuario
Función:	Cálculo básico de las reservas.
Descripción:	Para obtener la reserva se debe seleccionar la cartera o portafolio de la cual se desea generar la reserva.
Referencia:	<i>Requerimientos:</i> R8, R10. <i>De casos:</i>

Tabla 4.5. Tablas descriptivas de los casos de uso para el cálculo de la tarifa y la reserva.



4.4.2.4. Eventos.

En este formato se establecerán los eventos que pueden ser generados por un actor y van a ser atendidos por cada Caso de Uso. Por evento entendemos la interacción que tiene un actor con la aplicación a través de la interfaz gráfica [19]. Los eventos van numerados según la secuencia lógica de ocurrencia (ciclo de vida). También se presentan los eventos alternos, los cuales permiten establecer las excepciones que se pueden presentar en la ejecución del programa. Los eventos completos detallados para cada caso de uso se encuentran en el **Apéndice F**, del presente proyecto.

Evento 1.

Nombre del caso de uso:	Cálculo de prima o tarifa
Alias:	
Actores:	Actuario
Evento:	Respuesta del sistema
Descripción:	<ol style="list-style-type: none">1. Selecciona el tipo de método y/o modelo a utilizar.2. Dirigir a la función según el tipo seleccionado.3. Selecciona el rango de tiempo a estudiar.4. Capturar la selección.5. Selección de la cartera, grupo o portafolio a usarse.6. Capturar la selección.7. Seleccionar los factores de riesgos asignados a ese tipo de cartera de riesgo.8. Capturar la selección.9. Realizar la consulta a la base de datos para formar el conglomerado de datos filtrados por la cartera determinada y los factores seleccionados.10. Procesar los datos según el algoritmo de cálculo de prima seleccionado realizando también análisis de número de siniestros, análisis del monto de los siniestros, presencias amparadas por el riesgo y índice de siniestralidad.11. Calcular presencias amparadas por el riesgo. (subcaso)12. Análisis de número de siniestros. (subcaso)13. Análisis de monto de los siniestros. (subcaso)14. Calcular la prima (según método seleccionado, ver capítulo 3, en el particular 3.5.).15. Calcular la sobreprima de seguridad (subcaso)16. Calcular el interés compuesto. (subcaso)17. Mostrar los resultados: la prima, el análisis del número de siniestro y monto de los siniestros, la



	siniestralidad, la sobreprima de seguridad y el interés compuesto. (subcasos)
	18. Establecer los factores de sensibilidad para la prima calculada (gastos administrativos, inflación, sobreprima de seguridad e interés compuesto).
	19. Mostrar los resultados.
	20. Generar el reporte.
	21. Imprimir reporte.
	22. Exportar reporte.
	23. Guardar reporte.
Eventos alternos:	
Alias:	
Actores:	Actuario
Línea 2	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 4	No se selecciona una opción válida, muestra mensaje informativo.
Línea 5	No se seleccionan las opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 6	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 8	Si existe algún error en la conexión con la base de datos no continua con el proceso, genera un mensaje de error.
Línea 7	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.
Línea 10	No se seleccionan opciones válidas, muestra mensaje informativo.
Línea 14	Si existe algún error en el procesamiento de los datos debe capturar el error y mostrarlo por pantalla en forma de mensaje, e iniciar el proceso nuevamente.

Tabla 4.6. Tablas descriptivas de los eventos para el casos de uso: Cálculo de la tarifa.

4.4.3. Definición y especificación de los requerimientos.

4.4.3.1. Requerimientos del Laboratorio Actuarial.

Los requerimientos que presenta la aplicación se pueden establecer de dos maneras: los requerimientos técnicos y los requerimientos de la aplicación:



4.4.3.1.1. Requerimientos técnicos.

Son aquellos que se plantean como los recursos tecnológicos de *hardware* y *software* que deben estar presentes para el diseño e implementación del laboratorio y que se derivan de la arquitectura planteada para su implementación. Entre los que podemos señalar:

- ▶ Redes de comunicación de datos.
- ▶ Servidor Web.
- ▶ Manejador de Base de Datos relacionales.
- ▶ Navegador Web,
- ▶ Software de gestión de proyectos.
- ▶ Interprete del lenguaje de alto nivel seleccionado para la implementación.

4.4.3.1.2. Requerimientos de la aplicación

El Laboratorio Actuarial debe comprender de los módulos y funcionalidades que se han descrito hasta el momento dentro del proyecto (casos de uso presentados y detallados anteriormente), pero además debe cumplir con que debe ser modular y escalable, pues estas cualidades permiten su optimización y ampliación a futuro. Por lo tanto los requerimientos de la aplicación son cada uno de los casos expuestos anteriormente.

- Módulo de tarificación.
- Análisis del número de siniestros.
- Análisis del monto de los siniestros.



- Cálculo de las presencias amparadas por el riesgo.
- Comparación de primas, índices y variables.
- Cálculo básico de la reserva de seguridad.
- Cálculo del índice de siniestralidad.
- Reportes gerenciales, estadísticos y bioestadísticas.
- Exportación de datos.
- Impresión de reportes.
- Manejo de cuentas de usuario.
- Sistema de puente para la obtención de los datos.
- Conexión a base de datos para reguardar los resultados.

4.4.3.2. Modelo conceptual.

Ahora es posible definir un modelo conceptual estático, el cual nos muestra los conceptos presentes en el dominio del Laboratorio Actuarial. En este caso son objetos abstractos que representan el mundo real y no son componentes del software. En este modelo se reflejan las asociaciones entre los objetos, no se muestran métodos ni funciones.

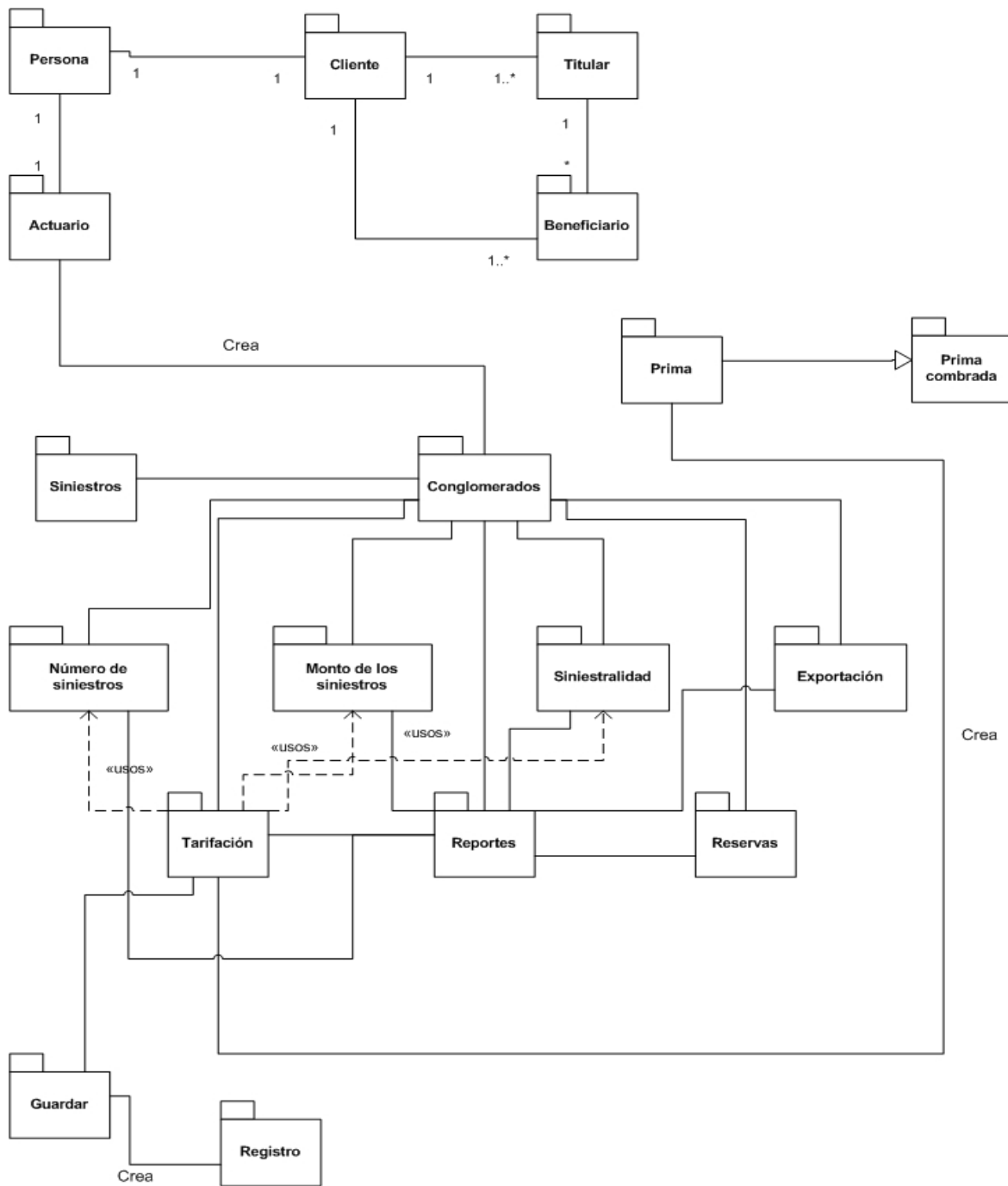


Figura 4.7 Modelo conceptual.



4.4.3.3. Diagramas de clases.

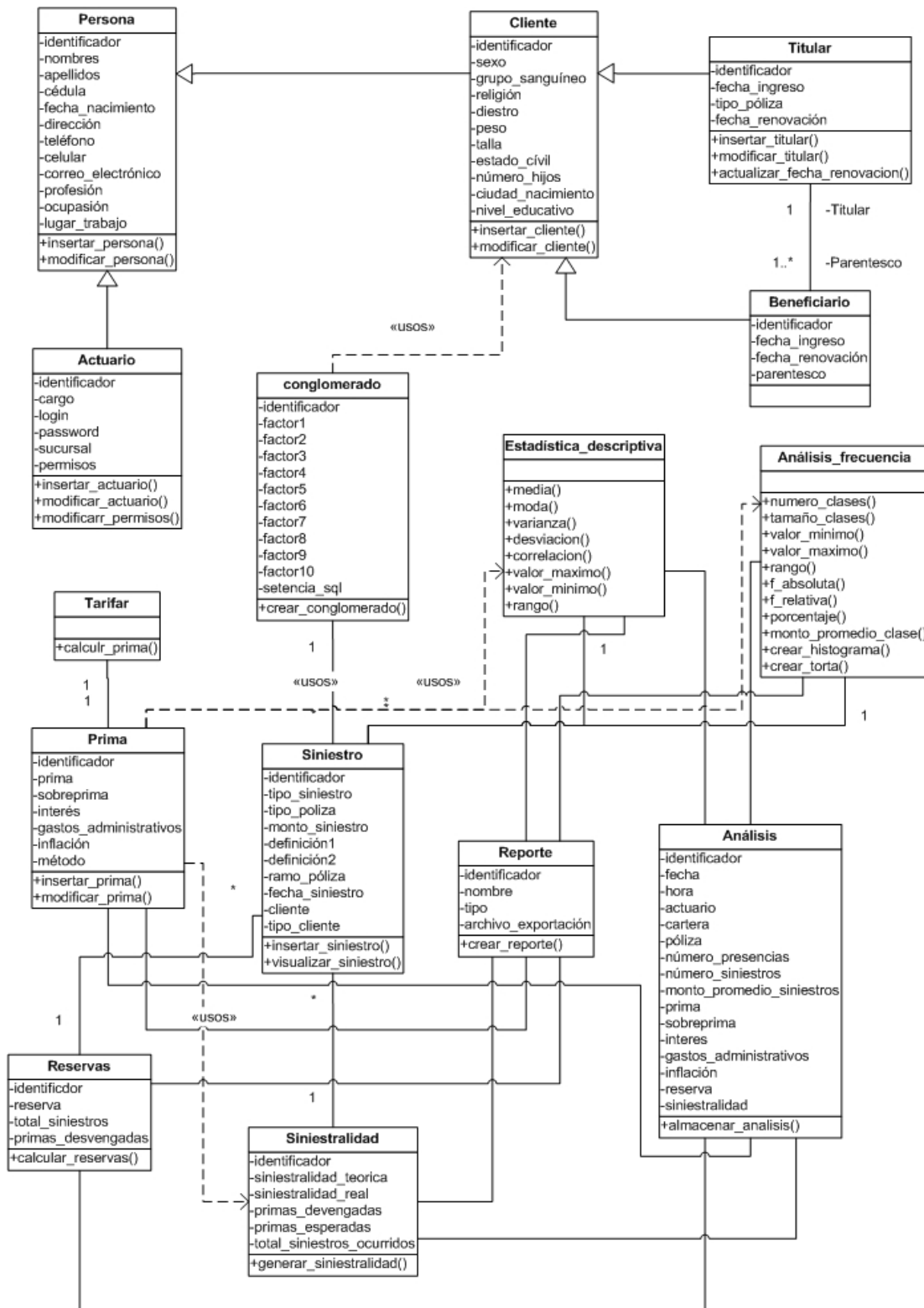


Figura 4.8 Diagrama de clases.