



## Modelo actuarial de necesidades docentes



Este material ha sido elaborado con fondos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo la Orden de Trabajo No. GEW-1-03-0200020-00 (2005 – 2009) con Juárez y Asociados Inc. y en apoyo al Objetivo Estratégico No. 520-0436.7, "Inversión Social: Personas más Sanas y con Mejor Nivel de Educación"

**Programa Estándares e Investigación Educativa**

# **Modelo actuarial de necesidades docentes**

Preparado por:  
Roberto A. Molina Cruz, Consultor

**Juarez & Associates, Inc.**

**Contrato No. GEW-1-00-02-00020-00**  
**Orden de Trabajo GEW-1-03-02-00020-00**

Guatemala, junio 2009.

Las opiniones expresadas por los autores, no reflejan necesariamente los puntos de vista de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos de América.

## **Reporte de consultoría: Modelo actuarial de necesidades docentes (1era etapa)**

### **0. Introducción**

Este documento constituye un reporte sobre lo realizado en la primera etapa de mi consultoría, sobre la elaboración del modelo actuarial para la administración del personal docente del MINEDUC.

Para esta primera etapa de la consultoría establecimos las siguientes tareas generales.

1. Elaborar un inventario detallado de la información disponible para la construcción del modelo, así como de la información que estará disponible para el funcionamiento regular del modelo.
2. Establecer los requerimientos particulares del modelo. Esto para determinar los reportes que deberá estar proveyendo el modelo.
3. Elaborar un esquema general del modelo y proponer un plan de trabajo detallado de las demás etapas para su construcción.

En términos generales, encontré que el MINEDUC muy convenientemente tiene establecido un almacén (warehouse) de datos en la DIPLAN, antes la Dirección General de Planificación Educativa (DIGEPE). Por lo que prácticamente toda la información disponible para la elaboración del modelo actuarial y su funcionamiento regular, puede obtenerse con relativa facilidad de ese mismo almacén de datos.

En la DIPLAN encontré también que el MINEDUC ya ha realizado acciones concretas para la planificación educativa, y en particular para la planificación en la administración de sus docentes. En particular el consultor Emilio Porta Pallais, desarrolló el Modelo de Simulación para la Planificación Estratégica Educativa (MSPEE). Por lo que parece adecuado adoptar para el modelo actuarial, los mismos requerimientos establecidos para estas acciones ya realizadas.

Por último, me parece adecuado diseñar el modelo y determinar las siguientes etapas de esta consultoría, de forma que complementen lo ya realizado por el MINEDUC y sus consultores. Y que se busque hacer uso de la infraestructura y herramientas informáticas ya instaladas en el MINEDUC y especialmente en la DIPLAN.

Roberto A. Molina Cruz  
rmolina@uvg.edu.gt

## 1. Las bases de datos

En una visita a la Dirección de Planificación (DIPLAN) del MINEDUC, en la sala 20 de las oficinas centrales en la zona 10, fui atendido por el subdirector: Lic. Ramiro Martínez. Quien muy amablemente me explicó lo siguiente.

a) En la DIPLAN se está centralizando toda la información administrativa del MINEDUC, la cual se está incorporando a un almacén (warehouse) de datos administrado por medio del software: Business Objects.

Así, este almacén de datos incluye la base de datos del MINEDUC propiamente, la cual contiene las tablas con la información digitada de las boletas siguientes.

- Boleta del director
- Boletas del establecimiento
- Nomina de decentes
- Boleta por sección, con las matrículas inicial y final
- Boleta del docente

b) En este almacén de datos se incorporó la información de la unidad de recursos humanos del MINEDUC. Unidad que había identificado inicialmente como importante para visitar, ya que esta maneja la información de la planilla de los maestros. Sin embargo, teniendo esta información disponible a través de la DIPLAN, no me pareció necesaria esta visita.

c) Este almacén de datos además incluye la base de datos de la nómina que se usa para el pago de salarios. Entiendo que esta base de datos es empleada conjuntamente con el Ministerio de Fianzas Públicas.

d) Se me indicó que estas 3 bases de datos están relacionadas por medio del campo de la cédula docente que identifica a cada maestro.

### 1.1. La base MINEDUC

Esta base de datos está compuesta por varias tablas, de las cuales las que describo a continuación son relevantes para esta consultoría.

### **1.1.1. Alumnos**

#### Histórico Matrícula

Esta tabla contiene información histórica de la matrícula desagregada por sexo.

Campos:      Sexo  
                 Año anterior  
                 Año  
                 Año posterior  
                 Grado  
                 Inscritos inicial  
                 Repitentes inicial  
                 No repitentes inicial  
                 Retirados  
                 Promovidos  
                 No promovidos  
                 Matrícula final

#### Histórico Matricula x edad

Esta tabla contiene información histórica de la matrícula desagregada por sexo y edad.

Campos:      Año  
                 Grado  
                 Sección  
                 Edad  
                 Sexo  
                 Inscritos inicial  
                 Repitentes inicial

#### Histórico Estadística Continua / Matricula Inicial

Esta tabla contiene información histórica de la matrícula inicial desagregada por sexo, edad, grado, y étnia.

Campos:      Anuario año  
                 Número boleta  
                 Año boleta  
                 Étnia alumno  
                 Grado  
                 Sección  
                 Edad  
                 Inscritos inicial  
                 Inscritos inicial hombres  
                 Inscritos inicial mujeres  
                 Repitentes hombres

Repitentes mujeres  
No repitentes hombres  
No repitentes mujeres

#### Histórico Estadística Continua / Matrícula Final

Esta tabla contiene información histórica de la matrícula final desagregada por sexo, edad, grado, y étnia.

Campos: Anuario año  
Número boleta  
Año boleta  
Étnia alumno  
Sección  
Grado  
Idioma clases  
Resultado  
Total  
Hombres  
Mujeres

#### Estadística Inicial 2007 **\*\*PRELIMINAR\*\*** / Estadística Inicial / Detalle de Alumnos Inicial 2007

Esta tabla contiene información de la matrícula inicial del 2007 desagregada por sexo, edad, grado, e idioma maya.

Campos: Num Boleta  
Año  
Cod Id Maya  
Edad  
Grado  
Inscritos Inicial  
Inscritos Hombres  
Inscritos Mujeres  
Repitentes  
No Repitentes  
Repitentes Hombres  
Repitentes Mujeres  
No Repitentes Hombres  
No Repitentes Mujeres

#### Estadística Inicial 2007 **\*\*PRELIMINAR\*\*** / Estadística Final / Detalle de Alumnos Final 2007

Esta tabla contiene información de la matrícula final del 2007 desagregada por sexo, edad, grado, e idioma maya.

Campos: Num Boleta

Anio  
Cod Resultado  
Cod Idioma Alumno  
Num Alu Hom  
Num Alu Muj  
Fec Ingreso  
Cod Digitador Ing  
Cod Resultado2

#### 2007 Censo Rápido / 2007 Matrícula

Esta tabla contiene una primera matrícula inicial del 2007 desagregada por edad y grado.

Campos: Coddep  
Codmun  
Rama  
Grado  
Edad  
Inscritos

### **1.1.2. Docentes**

#### Histórico Estadística Continua / Boleta Inicial

Esta tabla contiene la información de la boleta del docente. Esta información permite establecer principalmente el tipo de maestro.

Campos: Anuario año  
Número boleta  
Año boleta  
Rama enseñanza  
Número cedula  
Código número cedula  
Tipo empleado  
Tipo nombramiento  
Título  
Idioma clases  
Tipo idioma

#### Histórico Docentes Cargos / Listado de Docentes

Esta tabla contiene la información de la boleta de nómina de docentes. Esta información permite principalmente establecer la distribución geográfica de los docentes

Campos: Cod Municipio  
Cod Departamento

Cod Establecimiento  
Cod Nivel  
Numero Cedula  
Municipio Cedula  
Nombre  
Código Maya  
Escalafon  
Sexo

**Estadística Inicial 2007 \*\*PRELIMINAR\*\* / Docentes 2007**

Esta tabla contiene un listado de los maestros a partir de la boleta la nómina de docentes. Esta información ofrece un listado actualizado de los maestros al inicio del año escolar, el cual podría ser utilizado para la toma de decisiones al inicio de ese mismo año.

Campos:      Num Cedula  
                 Cod Mun Cedula  
                 Docente

**2007 Conteo Rápido / 2007 Docentes**

Esta tabla contiene la información de la boleta del contero rápido. Esta información es incluso obtenida antes que la estadística inicial de la tabla anterior. También ofrece un listado actualizado de los maestros al inicio del año escolar, junto con información del tipo de su contratación y alguna otra información adicional. Esta información también podría ser utilizada para la toma de decisiones al inicio de ese mismo año.

Campos:      Docentes  
                 011 con grado  
                 011 sin grado  
                 011 plaza  
                 021 con grado  
                 021 sin grado  
                 022 con grado  
                 022 sin grado  
                 Pronade con grado  
                 Pronade sin grado  
                 Otros con grado  
                 Otros sin grado  
                 Director con grado  
                 011 por jubilarse  
                 011 reubicados imparten

## **1.2. La base *NOMINA***

Esta base de datos está compuesta por varias tablas, de las cuales las que describo a continuación son relevantes para esta consultoría.

### Contrato 021 /Contratos

Esta tabla contiene principalmente información del tipo de contrato de los docentes, su estado y el tipo de puesto.

Campos:       Número contrato  
                  Año Contrato  
                  Cod Unidad  
                  Nombre unidad  
                  Nombre unidad extendido  
                  Cod Tipo Renglon  
                  Código Departamento  
                  Nombre Departamento  
                  Código Municipio  
                  Nombre Municipio  
                  Código Establecimiento  
                  Código Nivel  
                  Modalidad actual  
                  Registro Persona  
                  Código estado actual  
                  Nombre estado actual  
                  Partida junta  
                  Código tipo puesto  
                  Nombre tipo puesto  
                  Partida Junta 022  
                  Fecha partida 022  
                  Código acuerdo  
                  Año acuerdo  
                  Cod Unidad Acuerdo  
                  Cod Motivo C021  
                  Fec Inicio Vigencia  
                  Fec Fin Vigencia  
                  Fec Elaboracion  
                  Fec Terminacion  
                  Monto Contrato  
                  Monto Mensual  
                  Cantidad Pagos  
                  Primer Pago

Ultimo Pago  
Monto Unico  
Fianza  
Fianza Fidelidad  
Aspecto1  
Aspecto2  
Aspecto3  
Aspecto4  
Aspecto5  
Aspecto6  
Nota Desempenio  
Fec Transaccion  
Usuario  
Cod Tipo Nivel 021  
Depto Hc 021  
Contrato Prorrogado  
Impresion  
Cod Dependencia  
Cod Ac Rescision  
Anio Ac Rescision  
Cod Uni Rescision  
Cod Programa

#### Personas

Esta tabla contiene principalmente información personal de los docentes. Es especialmente relevante su fecha de nacimiento, género, profesión, estado y el registro escalafonario.

Campos: Registro Persona  
Registro Cedula  
Municipio Cedula  
Depto Cedula  
Nombre Persona  
Apellido Persona  
Apellido Casada  
Cod Estado Civil  
Cod Nacionalidad  
Domicilio Persona  
Domicilio Depto  
Domicilio Muni  
Genero  
Fec Nacimiento  
Lugar Nacimiento

Nit Persona  
Tel Persona  
Cod Banco  
Cod Profesion  
Registro Persona Ant  
Cuenta Bancaria  
Num Igss  
Titulo Pronombre  
Num Colegiado  
Estado Persona  
Cedula Docente  
Registro Escalafonario  
Clase  
Ok  
Carga Familiar  
Unico Apellido  
Fec Creacion  
Usuario Creacion  
Registro Ced Extra  
Fec Transaccion  
Usuario  
Cod Desc Prof  
Cod Profesion Media  
Nombre Sin  
Apellido Sin

### **1.3. La base *RECURSOS HUMANOS***

Esta base de datos está compuesta por varias tablas, de las cuales las que describo a continuación son relevantes para esta consultoría.

Docentes / Servicio docente

Esta tabla contiene principalmente información de la carrera de los docentes en el MINEDUC.

Campos:     Doc Codigo  
              Doc Cedula Docente  
              Doc Codnca  
              Doc Codaca  
              Doc Registro Escalafonario  
              Doc Clase Escalafonaria  
              Doc Fecha Catalogacion

Doc Codfol Catalogacion  
Doc Apendice Catalogacion  
Doc Pagina Catalogacion  
Doc Libro Catalogacion  
Doc Pagina Libro Catalogacion  
Doc Fecha Ult Ascenso  
Doc Codfol Ult Ascenso  
Doc Apendice Ult Ascenso  
Doc Pagina Ult Ascenso  
Doc Fecha Ult Evaluacion  
Doc Origen Jurado  
Doc Estado  
Doc Fecha Inicio Calculo Esc  
Doc Motivo Cambio Calculo Esc  
Doc Por Resolucion  
Doc No Resolucion  
Doc Fecha Resolucion  
Doc Observaciones  
Doc Usuario Catalogador  
Doc Fecha Grabacion  
Doc Usuario Grabacion  
Doc Fecha Modificacion  
Doc Usuario Modificacion

#### Identificación personas / Personas

Esta tabla contiene principalmente información personal de los docentes.

Campos: Per Codigo  
Per Primer Nombre  
Per Segundo Nombre  
Per Tercer Nombre  
Per Primer Apellido  
Per Segundo Apellido  
Per Apellido Casada  
Per Genero  
Per Fecha Nacimiento  
Per Codpai Nacimiento  
Per Coddep Nacimiento  
Per Codmun Nacimiento  
Per Lugar Nacimiento  
Per Codpai Nacionalidad  
Per Codeci

Per Telefonos  
Per Celular  
Per Correo Electronico  
Per Codnes  
Per Nip  
Per Etnia  
Per Estado  
Per Apellidos Nombres  
Per Nombres Apellidos  
Per Fecha Grabacion  
Per Usuario Grabacion  
Per Fecha Modificacion  
Per Usuario Modificacion

## **2. Los requerimientos del modelo actuarial**

Parece claro que esta consultoría tiene como objetivo general apoyar a la DIPLAN específicamente, en la planificación para una adecuada administración de los recursos docentes del MINEDUC.

Debemos notar que en este sentido, el MINEDUC ya ha realizado acciones concretas muy importantes. Como son la implementación del almacén de datos y la elaboración del Modelo de Simulación para la Planificación Estratégica Educativa (MSPEE).

Aunque las proyecciones que ofrece este modelo son solamente al nivel nacional. Por lo que posiblemente el mayor valor de este modelo, es la determinación de la estructura organizacional del MINEDUC, esto obtenido a través de un minucioso análisis de sistemas.

Otra acción importante del MINEDUC, y realizada también por la DIPLAN, es la implementación del conteo rápido de la matrícula inicial de cada año. Este dirigido para la planificación en la administración de recursos del año escolar en curso.

Desde luego, para la planificación a más largo plazo está pensado el uso del MSPEE. El cual permite hacer una proyección de las necesidades del MINEDUC, desglosadas principalmente por infraestructura, mobiliario, útiles y textos, y docentes. Esto en base a una proyección de la población escolar.

Entonces parece conveniente adoptar para el modelo actuarial, los requerimientos establecidos para estas acciones ya realizadas, y en especial los requerimientos establecidos para el MSPEE.

Aunque en la documentación revisada hasta ahora no encontré un listado de los objetivos y

requerimientos del MSPEE, me parece claro que estos pueden identificarse a través de sus características, entre las cuales las más importantes son las siguientes.

- a) Este modelo se basa en la simulación y no en la elaboración de pronósticos. El MSPEE busca entonces elaborar proyecciones basadas en supuestos, los cuales determinan posibles escenarios. Esto al parecer es más útil para la toma de decisiones que la elaboración de un solo pronóstico.
- b) Resulta claro que la proyección de la población escolar fue elaborada mediante un modelo actuarial. El cual considera por ejemplo tasas de abandono, repitencia y promoción. Sin embargo, la proyección de la población de docentes se basa en la satisfacción, en un mayor o menor grado, de la demanda de la población escolar.
- c) En la versión del modelo que me fue proporcionado en la DIPLAN, se muestran solamente proyecciones a nivel nacional. La cuales desde luego ayuda la toma de decisiones al mismo nivel nacional. Además, me fue explicado que el modelo produce proyecciones solamente al nivel nacional. Sin embargo, para la adecuada administración de los recursos es necesario contar con proyecciones en forma desagregada por cada unidad administrativa, por ejemplo por departamento.

### **3. El esquema general del modelo actuarial**

Para establecer el esquema general del modelo actuarial es importante notar que la población docente debe ser suficiente y estar distribuida geográficamente, por grado y tipo, para satisfacer la demanda de la población escolar. Por lo que los requerimientos mínimos de la población de docentes, deben ser determinados por la proyección de la misma población escolar.

El MSPEE provee de la proyección de la población escolar, por grado desde el nivel preescolar hasta diversificado, basada en las proyecciones poblacionales del país y tasas de ingreso o demanda satisfecha, repitencia y abandono. Sin embargo, estas proyecciones son calculadas solamente al nivel nacional.

Dado que la administración del personal docente debe hacerse en unidades administrativas más pequeñas, pudiendo ser estas el nivel municipal o departamental, se hace necesario que las proyecciones de este modelo sean desagregadas, al nivel de las unidades administrativas más adecuadas.

Sin embargo, me fue explicado que el modelo no permite hacer esta desagregación, ya que el modelo emplea cifras y tasas de los riesgos considerados al nivel nacional. Por lo que se hace necesario elaborar un nuevo modelo que permita proyectar la población escolar, al nivel de cada una de las unidades administrativas que se determinen convenientes.

Desde luego, esta demanda de la población escolar debe ser satisfecha por la población docente actual y los docentes a ser contratados en el futuro. Por lo que también se hace necesario proyectar la población docente actual. Esto es para poder proyectar la necesidad de contrataciones futuras, como la diferencia entre la población docente mínima requerida por la demanda escolar y la proyección de la población actual. Todo esto al nivel de las unidades administrativas consideradas.

### ***3.1. La proyección de la población escolar***

Para proyectar la población escolar en cada unidad administrativa a considerar, debe emplearse un modelo actuarial similar al empleado en el MSPEE para proyectar la población de escolar nacional. Este modelo debe basarse en lo siguiente.

a) Una proyección de la población en edad escolar asociada a cada unidad administrativa considerada, como las elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y el Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE).

b) Tasas de ingreso, promoción, repitencia, deserción y abandono. Estas también calculadas al nivel de las mismas unidades administrativas consideradas.

Para cada uno de estos riesgos se debe adoptar una tabla de tasas absolutas, representando la probabilidad de ocurrencia de estos eventos en el supuesto que son independientes. Luego con estas tasas absolutas debe calcularse un nuevo juego de tablas, conteniendo las tasas netas de los mismos riesgos, esto es ya considerando que estos eventos no son independientes.

Las tasas de estos riesgos deben calcularse al nivel de las unidades administrativas consideradas. Aunque si estas unidades administrativas son muy pequeñas, estas tasas pueden tener márgenes de error muy grandes, por lo que sería necesario calcular las tasas a niveles de desagregación mayores. Siempre que las características de estas unidades administrativas mayores sean similares a las de las unidades administrativas consideradas.

Para facilitar la simulación de la población escolar futura, se hace necesario construir las tablas de estos riesgos de forma que se permita su modificación, ya sea asumiendo mayores o menores probabilidades de ocurrencia de estos eventos, por medio del ajuste de unos pocos factores, los cuales podrían ser manejados a través de controles similares a los del MSPEE.

Desde luego, las proyecciones se deberán realizar al menor nivel administrativo, como podría ser el municipal. Y a partir de este nivel se debería calcular las proyecciones a los niveles administrativos superiores, simplemente agregando las proyecciones de los niveles inferiores.

### ***3.2. La proyección de la población docente***

Para proyectar la actual población de docentes debe emplearse un modelo actuarial similar al empleado en el MSPEE para proyectar la población de escolar. El modelo de la proyección de la población docente debe basarse en la población actual -esto es al momento de cada proyección- y tasas de los riesgos siguientes.

- a) Muerte
- b) Renuncia
- c) Despido
- d) Invalidez
- e) Jubilación

Para cada uno de estos riesgos se debe adoptar una tabla de tasas absolutas, representando la probabilidad de ocurrencia de estos eventos en el supuesto que son independientes. Luego con estas tasas absolutas debe calcularse un nuevo juego de tablas, conteniendo las tasas netas de los mismos riesgos, esto es ya considerando que estos eventos no son independientes.

Las tasas de estos riesgos deben calcularse tomando en cuenta las características de los maestros que se consideren relevantes, como podrían ser su edad, tiempo de servicio y el género.

Para facilitar la simulación de la población docente futura, se hace necesario construir las tablas de estos riesgos de forma que se permita su modificación, ya sea asumiendo mayores o menores probabilidades de ocurrencia de estos eventos, por medio del ajuste de unos pocos factores, los cuales podrían ser manejados a través de controles similares a los del MSPEE.

Desde luego, las proyecciones se deberán realizar al menor nivel administrativo, como podría ser el municipal. Y a partir de este nivel se debería calcular las proyecciones a los niveles administrativos superiores, simplemente agregando las proyecciones de los niveles inferiores.

Luego en base a las proyecciones de la población escolar y la población docente actual, y criterios de satisfacción de la demanda escolar, deberá elaborarse la proyección de las futuras contrataciones de docentes. La proyección de la población total docente debe ser entonces la suma de las proyecciones de la población docente actual y de las nuevas contrataciones.

### ***3.3. Las proyecciones administrativas***

Basados en la proyección de la población total docente, podemos calcular proyecciones de aspectos administrativos relevantes, como podría ser las siguientes.

- a) La proyección de los salarios.

- b) La proyección de permisos por parto de las docentes mujeres.
- c) La proyección de la población de maestros que deben capacitarse.

Desde luego, estas proyecciones deben realizarse por cada unidad administrativa, grado, el tipo de docentes, y en la última proyección el tipo de capacitación.

Además, estas proyecciones deben poderse calcular considerando varios escenarios, permitiendo con esto la simulación de estos aspectos administrativos. Para lo cual es necesario establecer las hipótesis actuariales siguientes, junto con algunos factores de ajuste que faciliten su modificación para la definición de diferentes escenarios.

- i. Una función de escala salarial, para la proyección de los salarios de los docentes.
- ii. Tasas de fertilidad de las docentes mujeres.
- iii. Un esquema de capacitación y las tasas de capacitación para los docentes.

Para el caso particular de la capacitación docente, me fue explicado que en el MINEDUC nos se lleva un control personalizado de la capacitación de los docentes. En cambio, es posible obtener información agregada del número de docentes que han sido capacitados, aunque esta información posiblemente no puede obtenerse al nivel de cada establecimiento.

Entiendo que esta información debería estar disponible en la Dirección General de Calidad Educativa (DIGECADE, antes DICADE), y que a la fecha no ha sido incorporada al almacén de datos de la DIPLAN.

## **4. El plan de trabajo**

Teniendo como objetivo general de la consultoría la elaboración de un sistema de administración de la población de docentes del MINEDUC. El cual debe implementarse en la DIPLAN, de forma que haga uso del almacén de datos de esa dependencia, y que produzca reportes de acuerdo a los requerimientos de los funcionarios de esa misma dependencia.

Me parece conveniente elaborar un plan de trabajo dividido en etapas que apunten a objetivos específicos de la consultoría. Esto por que la realización de la consultoría en etapas permitiría lo siguiente.

- a) Que las componentes del sistema elaboradas en cada etapa, puedan ser evaluadas para su futura incorporación y adecuación al resto de componentes del sistema.
- b) El trabajo por etapas facilitará la implementación de dicho sistema en la DIPLAN. Ya que al irse implementando componente por componente, se podrá asegurar una mejor integración de todas las componentes del sistema.

Entonces en el resto de esta sección describo las posibles etapas en que podría dividirse el resto de esta consultoría.

#### **4.1. La proyección de la población escolar**

Dado que para una mejor administración de los recursos del MINEDUC, y en particular de su población docente, se requiere tener pronósticos de la población escolar al nivel de las unidades administrativas que se determinen más convenientes. Las cuales serían las menores posibles.

Para esto se deberá elaborar un modelo similar al elaborado en el MSPEE, pero que pueda aplicarse a estas mismas unidades administrativas. Este modelo deberá tener la capacidad de generar proyecciones, considerando diferentes hipótesis sobre las tasas siguientes.

- a) Crecimiento poblacional
- b) Demanda insatisfecha
- b) Abandono, repitencia y absorción escolar

Además, parece conveniente que el modelo además de generar las proyecciones a nivel de las menores posibles unidades administrativas, pueda generar proyecciones de la población escolar a unidades administrativas mayores, incluyendo además el nivel nacional.

Desde luego, las proyecciones de este modelo deben hacerse en base a una población inicial, la cual regularmente debe ser la población escolar actual. Por lo que esta componente del sistema debe ser capaz de actualizar la población inicial, esto en base a la información de la matrícula contenida en el almacén de datos de la DIPLAN.

Como el modelo además debe emplear las tasas antes descritas para la elaboración de las proyecciones, parece conveniente que estas tasas puedan recalcularse con alguna frecuencia. Lo cual podría hacerse también en base a la información contenida en el almacén de datos de la DIPLAN.

#### **4.2. La proyección de la población docente**

La proyección de la población de docentes deberá elaborarse en las dos partes siguientes.

- i. La proyección de la actual -o cualquier población inicial- de docentes, y empleando las tasas de los riesgos descritos en una sección anterior de este documento.
- ii. La proyección de las futuras contrataciones de docentes, en base al pronóstico de la población

escolar, y las tasas de los mismos riesgos descritos anteriormente.

Este modelo desde luego debe ser capaz de generar proyecciones al menor nivel administrativo, y considerando diferentes hipótesis sobre lo siguiente.

- a) Las tasas de los riesgos antes descritos
- b) El número de alumnos por maestro

Desde luego, esta componente del sistema debería ser capaz de actualizar la población inicial de maestros, esto empleando la información contenida en el almacén de datos de la DIPLAN.

### ***4.3. La proyección de las variables administrativas de docentes***

En base a la proyección de la población de docentes, un modelo debería elaborar proyecciones de variable asociadas a la administración de estos mismos docentes. Especialmente debería pronosticar el número de docentes que deben (o pueden) capacitarse, esto por tipos de maestro y capacitación.

Para estas proyecciones también debe establecerse algunos parámetros, por medio de los cuales podrían obtenerse diferentes proyecciones, correspondientes a diferentes posibles escenarios.

Estas proyecciones se deberán realizar al menor nivel administrativo, y las proyecciones a los niveles mayores deberán obtenerse mediante la agregación de las cifras de los niveles menores.

R. Molina  
10-03-2008

Roberto A. Molina Cruz  
2 calle 20-73 zona 15 V. H. I.  
Guatemala, Guatemala, 01015. Tels: 5408-0094 y 2369-6478.

---

## Programa de Estándares e Investigación Educativa

### Reporte de consultoría: Modelo actuarial de necesidades docentes (2da etapa)

Septiembre de 2008

## **Prefacio**

Este documento constituye el reporte de la 2da etapa de la consultoría que presta por el abajo firmante, para el diseño y elaboración de un sistema de computadora para el cálculo de las proyecciones de las poblaciones de maestros y alumnos del MINEDUC.

Este contiene una descripción de lo siguiente.

- i. La información que debe incluir las tablas del sistema de cálculo.
- ii. Las tablas de las tasas de los diferentes riesgos considerados.
- iii. Los módulos de Visual Basic que componen el sistema de cálculo.
- iv. Las tabla de resultados que podría generar el sistema de cálculo.

Además, presentamos varias observaciones y sugerencias, dirigidas a la adecuada implementación del sistema aquí descrito, en el almacén de datos del MINEDUC.

Este documento es acompañado por un CD de computadora conteniendo los archivos siguientes.

<u>Archivo</u>	<u>Contenido</u>
repor25.pdf	Copia de este documento.
Book21.xls	Hipótesis poblacionales de los maestros.
Book32.xls	Proyección de la población de actuales maestros.
Book42.xls	Proyección de nuevas contrataciones de maestros.
Book52.xls	Proyección de la población de nuevos maestros.
Book61.xls	Proyección de la población total de maestros.
Book71.xls	Proyección administrativa de la población total de maestros.
BookA1.xls	Población actual de alumnos.
BookB1.xls	Hipótesis poblacionales de los alumnos.
BookC1.xls	Proyección de la población de actuales alumnos.
BookD1.xls	Proyección de nuevas matriculaciones de los alumnos.
BookE1.xls	Proyección de la población de nuevos alumnos.
BookF1.xls	Proyección de la población total de alumnos.

Roberto A. Molina Cruz  
rmolina@uvg.edu.gt

## Índice de contenido

Prefacio .....	2
0. Introducción .....	4
1. La población de maestros.....	8
1.2. La población actual de maestros .....	8
1.2. La población de nuevos maestros.....	10
1.3. La población total de maestros.....	13
1.4. Las hipótesis poblacionales.....	15
2. La población de alumnos .....	18
2.1. La población actual de alumnos .....	18
2.2. La población de nuevos alumnos .....	21
2.3. La población total de alumnos .....	24
2.4. Las hipótesis poblacionales.....	25
3. Las proyecciones administrativas .....	27

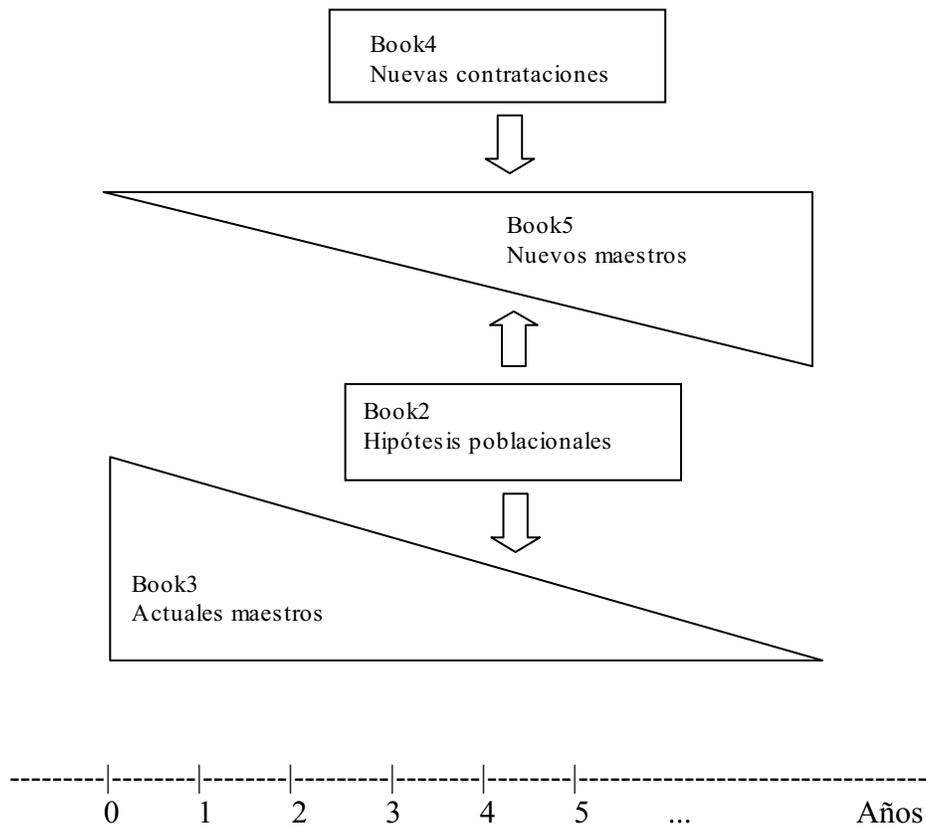
## 0. Introducción

Para calcular la proyección de la población de maestros, es conveniente separar su población futura en las dos partes siguientes.

- i. La población de los maestros que al momento de este cálculo ya están en servicio. A esta población la denominamos la población de actuales maestros.
- ii. La población que al momento de este cálculo todavía no están en servicio. A la que llamamos la población de nuevos maestros.

Debemos notar que la información con que se cuenta de estas dos poblaciones, son de diferente naturaleza y son guardadas en bases de datos con tablas y registros de diferente tipo. Por lo que su proyecciones deben también elaborarse en tablas y registros de diferente tipo, así como esperamos que estas tengan asociadas diferentes márgenes de error.

Por lo tanto, nos parece adecuado que el sistema de cálculo de la proyección de la población de maestros tenga el esquema general que aparece seguido.



En este esquema debemos observar lo siguiente.

- a) Es conveniente que las tablas de datos de los maestros actuales (Book3) contengan registros al nivel de cada maestro en servicio.
- b) Por el otro lado, es conveniente que las tablas de datos de los nuevos maestros (Book5) contengan registros al menor nivel posible de agregación. Dependiendo esto desde luego de las políticas de contratación del Ministerio, y del nivel de agregación de los registros de las tablas de las nuevas contrataciones (Book4).
- c) Las tasas de los diferentes riesgos considerados a que están sujetos los maestros, deben adoptarse en base a la información guardada en la base de datos del Ministerio, así como las tasas de algunos de estos riesgos calculadas por el Instituto Nacional de estadística (INE).
- d) Las tablas de los libros: Book3 y Book5, corresponden a los próximos 10 años. Durante los cuales esperamos ver una disminución de la población de actuales maestros (Book3) y un aumento de la población de nuevos maestros (Book5).
- e) Aunque no se muestre en el esquema anterior, los resultados de la proyección de la población total de maestros, pueden ser calculados y guardados en un nuevo juego de tablas (Book6).

Desde luego, en base a la proyección de población total de maestros, es posible calcular la proyección de algunas variables administrativas de interés. En esta consultoría nos interesa principalmente describir, cómo puede realizarse el pronóstico de la población de maestros que necesitan alguna capacitación específica.

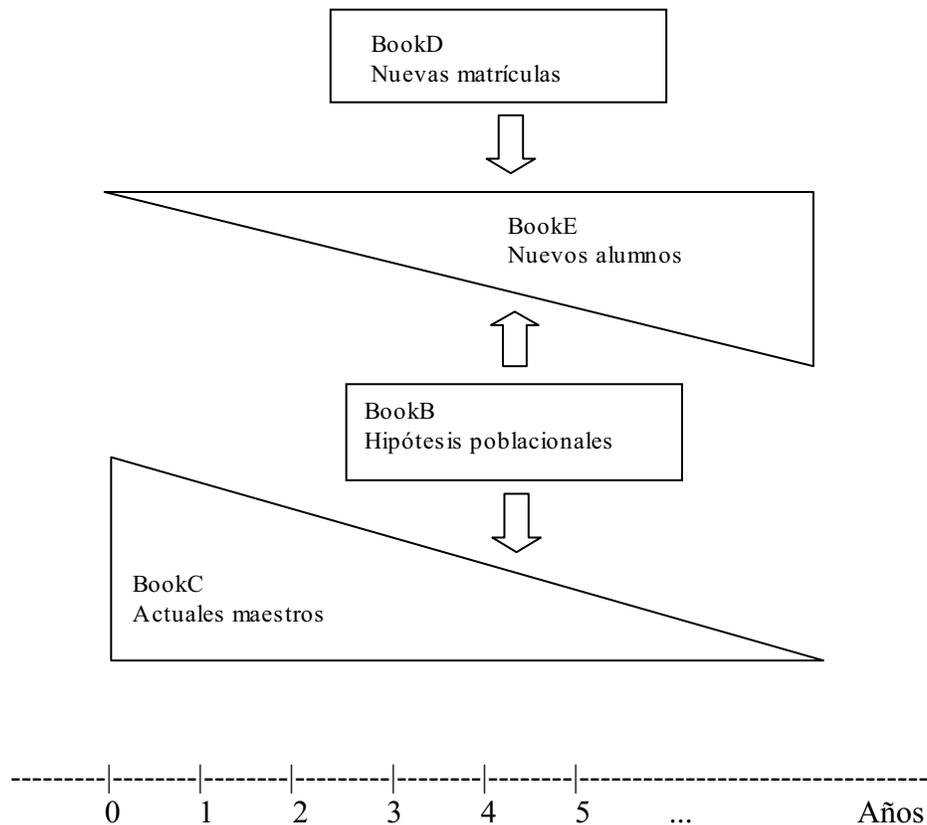
Para lo cual es necesario determinar en forma precisa las características de los maestros que califican a una capacitación específica. Lo que debe hacerse empleando tanto los campos de la base de datos de las proyecciones. Ilustramos esto con el ejemplo contenido en el libro: Book7.

Por el otro lado, para calcular la proyección de la población de alumnos, también es conveniente separar su población futura en las dos partes siguientes.

- i. La población de los alumnos que al momento de este cálculo ya están matriculados. A esta población la denominamos la población de actuales alumnos.
- ii. La población que al momento de este cálculo todavía no están matriculados. A la que llamamos la población de nuevos alumnos.

La información con que se cuenta de estas dos poblaciones, son de diferente naturaleza y son guardadas en bases de datos con tablas y registros de diferente tipo. Por lo que su proyecciones deben también elaborarse en tablas y registros de diferente tipo, así como esperamos que estas tengan asociadas diferentes márgenes de error.

Por lo tanto, nos parece adecuado que el sistema de cálculo de la proyección de la población de alumnos tenga el esquema general que aparece seguido.



En este esquema también debemos observar lo siguiente.

- Es conveniente que las tablas de datos de los actuales alumnos (BookC) contengan registros al nivel de menor agregación posible.
- También es conveniente que las tablas de datos de los nuevos alumnos (BookE) contengan registros al menor nivel posible de agregación. Dependiendo en buena medida esto de las proyecciones de la población general del país, y de la información histórica del Ministerio. (BookD).
- Las tasas de los riesgos considerados a que están sujetos los alumnos, deben adoptarse en base a la información guardada en la base de datos del Ministerio.
- Las tablas de los libros: BookC y BookE, corresponden a los próximos 10 años. Durante los cuales

esperamos ver una disminución de la población de actuales alumnos (BookC) y un aumento de la población de nuevos alumnos (BookE).

e) Aunque no se muestra en el esquema anterior, los resultados de la proyección de la población total de alumnos, pueden ser calculados y guardados en un nuevo juego de tablas (BookF).

## **1. La población de maestros**

Desde luego, esperamos que la población de maestros en los próximos años cambie de acuerdo a los siguientes 3 aspectos.

- a) La actual población de maestros. La cual constituirá una fracción considerable de la población de maestros de los próximos años.
- b) Las políticas de contratación del Ministerio para los próximos años, que determinarán a lo que llamamos la población de futuros maestros.
- c) La acción de los diferentes riesgos a que están sujetos los maestros. Los cuales desde luego causan el decremento de los maestros de su estado de trabajadores activos del Ministerio.

En esta sección describimos el modelo actuarial adoptado para la proyección de la población de maestros de los próximos años. Así como el sistema de computadora en que fue implementado este modelo.

### **1.2. La población actual de maestros**

La población actual de maestros desde luego la componen todos los maestros que se encuentran laborando, al momento que el sistema de cálculo de las proyecciones lee la información de la base de datos del Ministerio. Esta población queda entonces totalmente determinada por la tabla de datos con que se alimenta el sistema de cálculo.

Para los cálculos la tabla de datos debe contener un registro por cada maestro en activo, con los campos siguientes.

- a) Los identificadores de los maestros, como lo es la cédula docente. Por lo menos uno de estos identificadores deberá incluirse como un campo llave de todas las tablas de sistema de cálculo.
- b) Los factores de riesgo de los maestros. Esto es con respecto a los riesgos considerados por el sistema de cálculo. Ejemplo de estos factores son la edad, género y tiempo de servicio de los maestros.
- c) Los campos que identifican los dominios de estudio del sistema de cálculo. Desde luego se calcularán pronósticos a nivel nacional, pero seguramente se requerirá el cálculo de pronósticos a varios niveles de desagregación. Por ejemplo, a nivel nacional urbano y rural, regional, departamental, municipal, nivel del establecimiento (por ejemplo primaria, básico y diversificado), y otros. Por lo que es necesario incluir los campos que identifiquen a estas subpoblaciones de maestros.

Por supuesto, esta tabla de datos debe obtenerse a partir del almacén de datos que administra la UDI. Para lo cual es muy conveniente que se elabore una sintaxis de programación que lea la información de la base de datos y la escriba en esta tabla.

En la hoja: Sheet1, del libro: Book32.xls, presentamos una ilustración de esta tabla con información ficticia. Específicamente, esta tabla contiene los campos siguientes.

Campo	Descripción
CEDU	Número o código de identificación de los maestros
X	Edad actual del maestro
S	Tiempo que tiene el maestro de laborar en el Ministerio
SEXO	Género del maestro
DEPAR	Código del departamento en que labora el maestro
MUNI	Código del municipio en que labora el maestro
ESTA	Código del establecimiento en que labora el maestro
NIVEL	Código del nivel en que labora el maestro
AREA	Código del área (rural o urbana) en que labora el maestro

Este mismo libro: Book32.xls, contiene además los resultados del cálculo de la proyección de la población actual de maestros. Específicamente este libro contiene las hojas siguientes.

Hoja	Contenido
Sheet1	La población actual de maestros. Esto es al momento en que se corra la sintaxis para obtener esta tabla. Este corresponde al año 0
Sheet2	La población proyectada al próximo año. Este es el año 1
Sheet3	La población proyectada al año 2
Sheet4	La población proyectada al año 3
Sheet5	La población proyectada al año 4
Sheet6	La población proyectada al año 5
Sheet7	La población proyectada al año 6
Sheet8	La población proyectada al año 7
Sheet9	La población proyectada al año 8
Sheet10	La población proyectada al año 9
Sheet11	La población proyectada al año 10

Desde luego, el número de estas tablas debe responder al número de años futuros para los que se requiera una proyección de la población.

El cálculo de estas proyecciones es realizado empleando el único módulo contenido en este mismo libro. El cual a su vez contiene una sola subrutina y las siguientes funciones actuariales. Las cuales son

calculadas empleando las tasas de decrementos adoptadas y que aparecen ejemplificadas en el libro: Book21.xls.

Función	Descripción
$p(t)$	La probabilidad que el maestro sobreviva a todos los riesgos y llegue al inicio de ese año en estado activo.
$p(t)*q(m)$	La probabilidad que el maestro muera durante ese año.
$p(t)*q(n)$	La probabilidad que el maestro se invalide durante ese año.
$p(t)*q(d)$	La probabilidad que el maestro sea despedido durante ese año.
$p(t)*q(r)$	La probabilidad que el maestro renuncie durante ese año.
$p(t)*q(j)$	La probabilidad que el maestro se jubile durante ese año.

Debemos notar que sumando los valores de estas funciones sobre todos los maestros de cada tabla, se obtiene los siguientes totales esperados de los actuales maestros.

Total	Descripción
$\sum p(t)$	Total esperado de maestros en estado activo al inicio de ese año.
$\sum p(t)*q(m)$	Total esperado de maestros que morirán durante ese año.
$\sum p(t)*q(n)$	Total esperado de maestros que se invalidarán durante ese año.
$\sum p(t)*q(d)$	Total esperado de maestros que serán despedidos durante ese año.
$\sum p(t)*q(r)$	Total esperado de maestros que renunciarán durante ese año.
$\sum p(t)*q(j)$	Total esperado de maestros que se jubilarán durante ese año.

Desde luego, las sumas recién descritas pueden calcularse sobre los maestros pertenecientes a un dominio específico de interés. Por ejemplo, puede sumarse sobre los maestros del área rural o de un departamento específico. Así como puede sumarse sobre los maestros mujeres de un nivel educativo específico en el área rural del país.

## **1.2. La población de nuevos maestros**

Desde luego, la población de los nuevos maestros depende fuertemente de las políticas de contrataciones del Ministerio. Por lo que para la proyección de esta población de maestros, debe establecerse la siguiente información.

- a) El número total de nuevos maestros que serán contratados durante el presente año y los años que se pronosticarán. Estos valores podrían ser determinados considerando el pronóstico de la población de actuales en maestros --descrito en la sección anterior-- el pronóstico de la población de alumnos --el cual se describe en otras secciones-- e información administrativa del Ministerio.
- b) La distribución de este número total de nuevos maestros por cada uno de los factores de riesgo considerados. Por ejemplo, por la edad y el género de los nuevos maestros. Estos valores podrían ser

determinados en base a lo observado en los años anteriores, algunas políticas específicas de contratación de maestros, la proyección de la población de los actuales maestros, la proyección de la población de los alumnos, o información administrativa.

c) La distribución del número total de maestros a contratar por cada uno de las variables que determinan los dominios de estudio considerados. Por ejemplo, por departamento, nivel educativo y otros. Estos valores podrían ser determinados en base en lo observado en los años anteriores, algunas políticas específicas de contratación de maestros, los pronósticos de la población de actuales maestros, los pronósticos de la población de alumnos, o información administrativa.

Esta información debería poderse establecer en forma precisa, componiendo una colección de tablas como la mostrada a forma de ejemplo en el libro: Book42.xls. Notemos que este libro contiene las hojas siguientes.

Hoja	Contenido
Sheet1	El número total de maestros a contratar por año
Sheet2	La distribución de los nuevos maestros por su edad
Sheet3	La distribución de los nuevos maestros por su género
Sheet4	La distribución de los nuevos maestros por el departamento en que labora
Sheet5	La distribución de los nuevos maestros por el nivel educativo en que labora
Sheet6	La distribución de los nuevos maestros por el área (rural o urbana) en que labora

Por otro lado, los pronósticos de la población de nuevos maestros --en forma similar a la población de actuales maestros-- deberán guardarse en varias tablas, una por el año actual y los años que se pronosticarán. Las cuales deben inicializarse con todos los posibles valores de los campos que guardan los factores de riesgo, que hasta ahora hemos identificado como edad (x), tiempo de servicio (s) y género (sexo).

En el libro: Book52.xls, presentamos un ejemplo de los resultados del cálculo de la proyección de la población de nuevos maestros. Específicamente este libro contiene las hojas siguientes.

Hoja	Contenido
Sheet1	Los maestros a contratar durante el presente año, el cual identificamos como año 0
Sheet2:	La población proyectada al próximo año. Este es el año 1
Sheet3	La población proyectada al año 2
Sheet4	La población proyectada al año 3
Sheet5	La población proyectada al año 4
Sheet6	La población proyectada al año 5
Sheet7	La población proyectada al año 6
Sheet8	La población proyectada al año 7
Sheet9	La población proyectada al año 8
Sheet10	La población proyectada al año 9
Sheet11	La población proyectada al año 10

Desde luego, el número de estas tablas debe responder al número de años futuros para los que se requiera una proyección de la población.

El cálculo de estas proyecciones es realizado empleando el único módulo contenido en este mismo libro. El cual a su vez contiene una sola subrutina y las siguientes funciones actuariales. Las cuales son calculadas empleando las tasas de decrementos adoptadas y que aparecen ejemplificadas en el libro: Book21.xls.

Función	Descripción
$p(t)$	La probabilidad que el maestro sobreviva a todos los riesgos y llegue al inicio de ese año en estado activo.
$p(t)*q(m)$	La probabilidad que el maestro muera durante ese año.
$p(t)*q(n)$	La probabilidad que el maestro se invalide durante ese año.
$p(t)*q(d)$	La probabilidad que el maestro sea despedido durante ese año.
$p(t)*q(r)$	La probabilidad que el maestro renuncie durante ese año.
$p(t)*q(j)$	La probabilidad que el maestro se jubile durante ese año.

Ahora bien, a diferencia del cálculo de la proyección de la población de actuales maestros, para la proyección de la población de nuevos maestros, estas funciones son aplicadas al nivel de los grupos de maestros que tienen las mismas características. Así en el ejemplo del libro: Book52.xls, estas funciones se aplican a cada grupo de maestros del mismo género (sexo), con la misma edad (x) e igual tiempo de servicio (s). Así, en cada una de las hojas de este libro se presentan los valores de los siguientes campos.

Campo	Descripción
L	El número esperado de maestros que sobreviven a todos los riesgos y llegan al inicio de ese año en estado activo
M	El número esperado de maestros que morirán durante ese año
N	El número esperado de maestros que se discapacitarán durante ese año
D	El número esperado de maestros que serán despedidos durante ese año
R	El número esperado de maestros que renunciarán durante ese año
J	El número esperado de maestros que se jubilarán durante ese año

Debemos notar que los valores recién descritos pueden distribuirse entre los diferentes dominios de interés. Por ejemplo, por departamento, nivel educativo, área (rural o urbana) y otros. Para lo cual debe emplearse las demás tablas de distribuciones establecidas anteriormente, y que son ejemplificadas en el libro: Book42.xls.

### **1.3. La población total de maestros**

Por supuesto, la población total de maestros proyectada debe estar compuesta tanto por la población proyectada de maestros actuales como por la población proyectada de nuevos maestros. Las cuales es conveniente proyectar por separado, ya que las tablas de datos de ambas poblaciones pueden tener registros de diferentes tipo.

En el libro: Book61.xls, ilustramos el cálculo de la proyección de la población total de maestros, en el cual aparecen tablas definidas con los registros del nivel de más desagregación, como son los registros de las tablas de la proyección de la población de nuevos maestros, contenidas en el libro: Book52.xls. Así, las tablas de este libro: Book61.xls, son similares a las tablas del libro: Book52.xls. Específicamente las tablas están contenidas en las hojas siguientes.

Hoja	Contenido
Sheet1	La población total de maestros en el presente año, el cual identificamos como año 0
Sheet2:	La población total proyectada al próximo año. Este es el año 1
Sheet3	La población total proyectada al año 2
Sheet4	La población total proyectada al año 3
Sheet5	La población total proyectada al año 4
Sheet6	La población total proyectada al año 5
Sheet7	La población total proyectada al año 6
Sheet8	La población total proyectada al año 7
Sheet9	La población total proyectada al año 8
Sheet10	La población total proyectada al año 9
Sheet11	La población total proyectada al año 10

Desde luego, estas tablas contienen la información de los mismos campos que las tablas de las proyecciones de las poblaciones de maestros actuales y nuevos. Aunque esta información está a diferente nivel de agregación que las tablas de la población de maestros actuales, contenidas en el libro: Book31.xls, corresponde exactamente al nivel de las tablas de la población de nuevos maestros, contenidas en el libro: Book52.xls. Estos campos son los siguientes, agrupados por el tipo de información que contienen.

Campos identificadores de los dominios de estudio.

Campo	Descripción
DEPAR	Departamento
AREA	Área (rural 12 o urbana 11)
NIVEL	Nivel educativo
S	Número de años de servicio del maestro

Campos con las cifras de las proyecciones poblacionales.

Campo	Descripción
L	El número esperado de maestros que sobreviven a todos los riesgos y llegan al inicio de ese año en estado activo
M	El número esperado de maestros que morirán durante ese año
N	El número esperado de maestros que se discapacitarán durante ese año
D	El número esperado de maestros que serán despedidos durante ese año
R	El número esperado de maestros que renunciarán durante ese año
J	El número esperado de maestros que se jubilarán durante ese año

Estos cálculos son realizados mediante la subrutina contenida en el 2do módulo de cálculo de este libro: Book61.xls. Sobre los dos módulos contenidos en este libro debemos notar lo siguiente.

a) La subrutina contenida en el 1er módulo de este libro, solamente establece la estructura de las tablas de resultados del libro: Book61.xls. Esto es mediante los campos identificadores de los dominios de estudio.

b) La subrutina del 2do módulo básicamente suma los resultados obtenidos en las proyecciones realizadas en los libros: Book32.xls y Book52.xls. Sin embargo, dado que los registros de las tablas del libro: Book32.xls, corresponden a los actuales maestros, se consideran para la suma los registros de los maestros con las mismas características que definen los dominio de estudio del libro: Book61.xls.

c) Por el otro lado, dado que los registros de las tablas del libro: Book52.xls, corresponden a dominios de estudio diferentes a los del libro: Book61.xls, debemos considerar las tablas del libro: Book42.xls, para la desagregación de los valores del libro: Book52.xls --por ejemplo, por departamento. Los cuales deben ser sumados a los registros de los dominios de estudio del libro: Book61.xls.

## 1.4. Las hipótesis poblacionales

Para la proyección de la población total de maestros, es conveniente considerar que cada maestro en activo está sujeto a los 5 riesgos siguientes. Por supuesto, la ocurrencia de cualquiera de estos riesgos provocaría el decremento del maestro de la población de maestros activos.

Código	Riesgo
m	Muerte
n	Invalidez o incapacidad
d	Despido
r	Renuncia
j	Jubilación

Es conveniente escribir la probabilidad de ocurrencia de estos riesgos mediante las funciones de tasas absolutas siguientes, correspondientes a las dos características básicas de cada maestro; su edad ( $x$ ) y tiempo de servicio ( $s$ ).

Tasa	Descripción
$qa(m)x$	Tasa absoluta de muerte
$qa(n)x$	Tasa absoluta de invalidez
$qa(d)xs$	Tasa absoluta de despido
$qa(r)xs$	Tasa absoluta de renuncia
$qa(j)xs$	Tasa absoluta de jubilación

Respecto a estas funciones de tasas absolutas, debemos notar que para la probabilidad de ocurrencia de muerte e invalidez, puede asumirse que depende de la edad del maestro ( $x$ ) y que es independiente a su tiempo de servicio ( $s$ ). Mientras que para los riesgos restantes, asumimos que la probabilidad de su ocurrencia depende tanto de la edad del maestro ( $x$ ) como de su tiempo de servicio ( $s$ ).

Sin embargo, las probabilidades absolutas de estos 5 riesgos podrían depender de algunas otras características de los maestros, aparte de su edad y tiempo de servicio. Por ejemplo, podría ser conveniente considerar su género, lugar de trabajo, grupo étnico, y otras características. Entonces estas probabilidades deben ser consideradas mediante el uso de funciones similares, pero que toman en cuenta los diferentes niveles de las características consideradas.

Así que es muy importante determinar si es o no necesario considerar otros factores, como el género de los maestros, para la adopción de diferentes tablas de tasas absolutas de estos mismos decrementos. En caso de serlo, deben entonces identificarse esos factores.

Las tasas absolutas representan las probabilidades de ocurrencia de cada riesgo asumiendo que los riesgos son independientes. Sin embargo los riesgos son dependientes, de hecho los consideramos como riesgos en competencia. Por lo que es necesario calcular las tasas netas de estos mismo riesgos, las cuales representamos mediante las funciones siguientes, de nuevo considerando a las dos características básicas de cada maestro; su edad ( $x$ ) y tiempo de servicio ( $s$ ).

Tasa	Descripción
$q(m)x$	Tasa neta de muerte
$q(n)x$	Tasa neta de invalidez
$q(d)xs$	Tasa neta de despido
$q(r)xs$	Tasa neta de renuncia
$q(j)xs$	Tasa neta de jubilación

En el libro: Book21.xls, presentamos las tablas que contienen las tasas absolutas y netas descritas anteriormente. Debemos notar que los valores en estas tablas corresponden a las tasas por millar de maestros.

Este libro además contiene una tabla con los valores de la función de supervivencia a todos los riesgos:  $l(t)xs$ . Los valores de esta función dependen de un valor base, el cual debe ser ingresado en la primera columna y fila de la tabla, estas son las correspondientes a  $s = 0$  y  $x = 15$ . Este valor base puede ser por ejemplo 100,000.

Nos parece conveniente adoptar las tasas absolutas de mortalidad e invalidez a partir de la experiencia general del país. La cuales son presentadas en las tablas elaboradas por el CELADE. Sobre estas tasas debemos notar lo siguiente.

a) Estas tasas son presentadas por grupos quinquenales de edad, por lo que es necesario su descomposición en edades simples. Para esto debe considerarse que en cálculo de estas tasas, CELADE asume una distribución uniforme de muertes entre las edades de un mismo grupo quinquenal, por lo que parece conveniente hacer esta descomposición tomando en cuenta la misma suposición.

b) Estas tasas presentan la experiencia nacional de muerte, por separado para hombres y mujeres. Sin embargo, es de esperarse que los maestros tengan una mayor probabilidad de supervivencia que la población general, esto principalmente por haber completado el nivel diversificado de estudios. Por lo que parece conveniente tomar solamente una fracción --por ejemplo 0.60 o 0.75-- de las tasas de mortalidad que presenta CELADE. Esto incluso está de acuerdo con el hecho que las proyecciones poblacionales, deben permitir la simulación y el empleo de escenarios diferentes. En este caso, considerando diferentes fracciones de las tasas de mortalidad de la población general.

c) Parece conveniente seguir la práctica común de los estudios actuariales, de adoptar las tasas de invalidez como una fracción -por ejemplo 0.30- de las tasas de mortalidad. Esto también facilitaría

luego la elaboración de simulaciones y el empleo de diferentes escenarios.

d) Desde luego, las tasas netas de correspondientes a los riesgos de despido, renuncia y jubilación, deben adoptarse en base a información histórica --digamos, durante los últimos 10 años-- sobre el comportamiento de los maestros y el MINEDUC. Básicamente, se deben establecer las tasas que describan en la mejor forma posible su comportamiento con respecto a los despidos, las renunciaciones y las jubilaciones.

La subrutina contenida en el único módulo de cálculo de este libro: Book21.xls, realiza el cálculo de las tasas netas de decrementos. La cual debe ejecutarse cada vez que se modifique cualquiera de las tablas de las tasas absolutas de los riesgos considerados.

## **2. La población de alumnos**

Desde luego, para proyección de los alumnos del MINEDUC de los próximos años, debemos considerar los siguientes aspectos.

- a) La población actual de alumnos. Compuesta por los alumnos que aparecen como matriculados al momento del cálculo de la proyección.
- b) La población de los nuevos alumnos. Es decir, los alumnos que se espera sean matriculados en los próximos años al cálculo de la proyección. La cual depende fuertemente de la población total del país.
- c) Los riesgos a que están sujetos los alumnos. Los cuales identificamos como los 2 riesgos generales: Abandono de la escuela y repitencia de grado.

En esta sección describimos el modelo actuarial propuesto para la proyección de la población total de alumnos del MINEDUC. Así como el sistema de computadora elaborado en varios libros electrónicos de Excel, para ilustrar la forma cómo un sistema similar podría funcionar en la base de datos del MINEDUC.

### **2.1. La población actual de alumnos**

La población de actuales alumnos del MINEDUC está determinada por los registros contenidos en su base de datos, y especialmente en las tablas correspondientes a boletas en que se registra la matrícula de cada grado y establecimiento. Esto es al momento en que se realice la proyección de dicha población.

A diferencia de la población de maestros, las tablas de la base de datos del MINEDUC no contienen un registro individual por cada alumno matriculado. En su lugar contiene un registro por cada grupo de alumnos con similares características. En particular, estos grupos de alumnos pueden ser definidos por las características siguientes.

- i. El establecimiento en que está matriculado
- ii. El grado que atiende
- iii. El género del alumno
- iv. El grupo étnico a que pertenece
- v. Si está repitiendo el grado

De hecho, esta y otra información como esta, aparece contenida en diferentes tablas de la base de datos del MINEDUC. Por lo que es necesario establecer de qué tablas se debe obtener esta información, para elaborar una sola tabla con la información de todos los grupos de alumnos.

Por supuesto, también debe establecerse las características que definen los grupos de alumnos más adecuados para el cálculo de las proyecciones y el uso administrativo de sus resultados.

En el libro: BookA1.xls, presentamos a modo de ilustración una tabla que representa la población actual de alumnos. En esta tabla se listan los grupos de alumnos determinados por los campos y característica siguientes.

<u>Campo / Característica</u>	<u>Descripción</u>
DEPAR	Departamento en que se localiza el establecimiento
MUNI	Municipio en que se localiza el establecimiento
ESTA	Código de identificación del establecimiento
NIVEL	Nivel educativo del establecimiento
AREA	Área rural o urbana en que se localiza el establecimiento
Grado	Grado que atienden los alumnos
Género	Género de los alumnos
Repitencia	Si los alumnos están o no repitiendo el grado

Debemos notar que en la tabla de este libro, las primeras características de los alumnos son de hecho campos, mientras que las características restantes son consideradas mediante la definición del siguiente conjunto de campos para cada grado, cada uno de los cuales guardan el número de alumnos que satisfacen con esas características.

<u>Campo</u>	<u>Descripción</u>
LGnHNR	Número de alumnos del grado n, hombre y no repitentes
LGnHR	Número de alumnos del grado n, hombre y repitentes
LGnMNR	Número de alumnos del grado n, mujeres y no repitentes
LGnMR	Número de alumnos del grado n, mujeres y repitentes

La proyección de esta población de actuales alumnos aparece ilustrada en el libro: BookC1.xls, el cual contiene las hojas con las tablas siguientes.

Hoja	Contenido
Sheet1	La población actual de alumnos. Esto es al momento en que se corra la sintaxis para obtener esta tabla. Este corresponde al año 0
Sheet2	La población proyectada al próximo año. Este es el año 1
Sheet3	La población proyectada al año 2
Sheet4	La población proyectada al año 3
Sheet5	La población proyectada al año 4
Sheet6	La población proyectada al año 5
Sheet7	La población proyectada al año 6
Sheet8	La población proyectada al año 7
Sheet9	La población proyectada al año 8
Sheet10	La población proyectada al año 9
Sheet11	La población proyectada al año 10

El cálculo de estas proyecciones es realizado empleando los módulos contenidos en este libro: BookC1.xls. Los cual a su vez contiene varias subrutinas y las siguientes funciones actuariales. Las cuales son calculadas empleando las tasas de decrementos adoptadas y que aparecen ejemplificadas en el libro: BookB1.xls.

Función	Descripción
qa(área, grado, sexo, repite)	La probabilidad que un alumno con esas características abandone al escuela durante el año.
qr(área, grado, sexo)	La probabilidad que un alumno con esas características deba repetir el grado

Donde asumimos que la probabilidad de que un alumno repita el grado es independiente de si el alumno está o no repitiendo el grado. Debemos notar que en las tablas de datos del libro: BookC1.xls, estas características de los alumnos aparecen codificadas como sigue.

Área	11	Urbana
	12	Rural
Grado	1, 2, 3, 4, 5 o 6	
Sexo	1	Hombre
	2	Mujer
Repite	0	No
	1	Si

Así, las tablas contenidas en las hojas del libro: BookC1.xls, incluyen los campos siguientes. Esto es agrupados por el tipo de información que guardan.

Los campos identificadores de los grupos de alumnos

Campo	Descripción
Código	Código del establecimiento
DEPAR	Departamento en que se localiza el establecimiento
MUNI	Municipio en que se localiza el establecimiento
ESTA	Número de identificación del establecimiento
NIVEL	Nivel educativo del establecimiento
AREA	Área rural o urbana en que se localiza el establecimiento

Los campos con la información de los alumnos de cada grado

Campo	Descripción
LGnHNR	Número de alumnos del grado n, hombre y no repitentes
LGnHR	Número de alumnos del grado n, hombre y repitentes
LGnMNR	Número de alumnos del grado n, mujeres y no repitentes
LGnMR	Número de alumnos del grado n, mujeres y repitentes
AGnHNR	Número esperado de alumnos del grado n, hombre y no repitentes que abandonarán
AGnHR	Número esperado de alumnos del grado n, hombre y repitentes que abandonarán
AGnMNR	Número esperado de alumnos del grado n, mujeres y no repitentes que abandonarán
AGnMR	Número esperado de alumnos del grado n, mujeres y repitentes que abandonarán
RGnHNR	Número esperado de alumnos del grado n, hombre y no repitentes que repetirán el grado
RGnHR	Número esperado de alumnos del grado n, hombre y repitentes que repetirán el grado
RGnMNR	Número esperado de alumnos del grado n, mujeres y no repitentes que repetirán el grado
RGnMR	Número esperado de alumnos del grado n, mujeres y repitentes que repetirán el grado

## **2.2. La población de nuevos alumnos**

La población de los alumnos que se matricularán en los próximos años, depende fuertemente de la población del país, y especialmente del número de niños y niñas que esperamos alcancen la edad escolar en estos años. Por lo que para la proyección de los nuevos alumnos del MINEDUC, es necesario emplear las proyecciones poblacionales que elabora el Instituto Nacional de Estadística (INE) en colaboración con el Centro Latinoamericano de Demografía (CELADE).

Estas proyecciones, así como las proyecciones que pueden obtenerse a partir de la información histórica de las matrículas del MINEDUC, deberán ser utilizadas para la elaboración de una proyección del número esperado de nuevas matrículas en los próximos años. La cual deberá ser incorporada al sistema de cálculo por medio de varias tablas, similares a las que presentamos en el libro: BookD1.xls, como ilustración.

Un ejemplo de la proyección de los nuevos alumnos es presentada en las tablas contenidas en las hojas siguientes del libro: BookD1.xls. Debemos notar que los valores de estas tablas son ilustrativos solamente.

Hoja	Contenido
Sheet1	Número esperado de nuevos alumnos en cada año futuro
Sheet2	La distribución esperada de estos alumnos por grado
Sheet3	La distribución esperada de estos alumnos por su género
Sheet4	La distribución esperada de estos alumnos por su departamento
Sheet5	La distribución esperada de estos alumnos por al área rural o urbana

Desde luego, estas características de los nuevos alumnos determinan dominios de estudio, los cuales deben ser lo más específicos posible. Debiendo ser este nivel de especificidad limitado solamente por el nivel de agregación de los registros de las tablas de datos, tanto de las proyecciones del INE como de la base de datos del MINEDUC.

En el libro: BookE1.xls, ilustramos el cálculo de la proyección de la población de los nuevos alumnos, en el cual aparecen tablas definidas con los registros del nivel de los grupos de alumnos definidos. Debemos notar que las tablas de este libro son similares a las tablas del libro: BookC1.xls, y específicamente las tablas son las siguientes.

Hoja	Contenido
Sheet1	La población de nuevos alumnos en el presente año, el cual identificamos como año 0
Sheet2:	La población de nuevos alumnos proyectada al próximo año. Este es el año 1
Sheet3	La población de nuevos alumnos proyectada al año 2
Sheet4	La población de nuevos alumnos proyectada al año 3
Sheet5	La población de nuevos alumnos proyectada al año 4
Sheet6	La población de nuevos alumnos proyectada al año 5
Sheet7	La población de nuevos alumnos proyectada al año 6
Sheet8	La población de nuevos alumnos proyectada al año 7
Sheet9	La población de nuevos alumnos proyectada al año 8
Sheet10	La población de nuevos alumnos proyectada al año 9
Sheet11	La población de nuevos alumnos proyectada al año 10

Estas tablas contienen la información de los campos equivalentes de las tablas de las proyecciones de las poblaciones de actuales alumnos, aunque a diferente nivel de agregación, contenidas en el libro: BookC1.xls. Estos campos son los siguientes, agrupados por el tipo de información que contienen.

Campos identificadores de los dominios de estudio.

Campo	Descripción
DEPAR	Departamento en que se localiza su establecimiento
AREA	Área (rural 12 o urbana 11) en que se localiza su establecimiento
GRADO	Grado en que están matriculados
SEXO	Género de los alumnos

Campos con las cifras de las proyecciones poblacionales.

Campo	Descripción
LNR	Número esperado de alumnos no repitentes
LR	Número esperado de alumnos repitentes
ANR	Número esperado de alumnos no repitentes que abandonarán
AR	Número esperado de alumnos repitentes que abandonarán
RNR	Número esperado de alumnos no repitentes que repetirán el grado
RR	Número esperado de alumnos repitentes que repetirán el grado

Estos cálculos son realizados mediante la subrutina contenida en el módulo de cálculo de este libro: BookE1.xls. La cual hace uso de las funciones actuariales antes descritas, y que son calculadas empleando las tasas de decrementos del libro: BookB1.xls. Las funciones son las siguientes.

Función	Descripción
qa(área, grado, sexo, repite)	La probabilidad que un alumno con esas características abandone al escuela durante el año.
qr(área, grado, sexo)	La probabilidad que un alumno con esas características deba repetir el grado

Donde asumimos que la probabilidad de que un alumno repita el grado es independiente de si el alumno está o no repitiendo el grado. Debemos notar que en las tablas de datos del libro: BookE1.xls, estas características de los alumnos aparecen codificadas como sigue.

DEPAR	0, 1, 2, ..., 22
AREA	11 Urbana 12 Rural
GRADO	1, 2, 3, 4, 5 o 6
SEXO	1 Hombre 2 Mujer

### 2.3. La población total de alumnos

La población total de alumnos proyectada se compone tanto por la población proyectada de alumnos actuales como por la población proyectada de nuevos alumnos. Las cuales es conveniente proyectar por separado, ya que las tablas de datos de ambas poblaciones pueden tener registros de diferentes tipo.

En el libro: BookF1.xls, ilustramos el cálculo de la proyección de la población total de alumnos, en el cual aparecen tablas definidas con los registros del nivel de menor agregación, como son los registros de las tablas de la proyección de la población de nuevos alumnos, contenidas en el libro: BookE1.xls. Así, las tablas de este libro: BookF1.xls, son similares a las tablas del libro: BookE1.xls. Específicamente las tablas están contenidas en las hojas siguientes.

Hoja	Contenido
Sheet1	La población total de alumnos en el presente año, el cual identificamos como año 0
Sheet2:	La población total proyectada al próximo año. Este es el año 1
Sheet3	La población total proyectada al año 2
Sheet4	La población total proyectada al año 3
Sheet5	La población total proyectada al año 4
Sheet6	La población total proyectada al año 5
Sheet7	La población total proyectada al año 6
Sheet8	La población total proyectada al año 7
Sheet9	La población total proyectada al año 8
Sheet10	La población total proyectada al año 9
Sheet11	La población total proyectada al año 10

Desde luego, estas tablas contienen la información de los mismos campos que las tablas de las proyecciones de las poblaciones de alumnos actuales y nuevos. Aunque esta información está a diferente nivel de agregación que las tablas de la población de alumnos actuales, contenidas en el libro: BookC1.xls, corresponde exactamente al nivel de las tablas de la población de nuevos alumnos, contenidas en el libro: BookE2.xls. Estos campos son los siguientes, agrupados por el tipo de información que contienen.

Campos identificadores de los dominios de estudio.

Campo	Descripción
DEPAR	Departamento
AREA	Área (rural 12 o urbana 11)
GRADO	Grado que cursan los alumnos
SEXO	Género de los alumnos

Campos con las cifras de las proyecciones poblacionales.

Campo	Descripción
LGnHNR	Número de alumnos del grado n, hombre y no repitentes
LGnHR	Número de alumnos del grado n, hombre y repitentes
LGnMNR	Número de alumnos del grado n, mujeres y no repitentes
LGnMR	Número de alumnos del grado n, mujeres y repitentes
AGnHNR	Número esperado de alumnos del grado n, hombre y no repitentes que abandonarán
AGnHR	Número esperado de alumnos del grado n, hombre y repitentes que abandonarán
AGnMNR	Número esperado de alumnos del grado n, mujeres y no repitentes que abandonarán
AGnMR	Número esperado de alumnos del grado n, mujeres y repitentes que abandonarán
RGnHNR	Número esperado de alumnos del grado n, hombre y no repitentes que repetirán el grado
RGnHR	Número esperado de alumnos del grado n, hombre y repitentes que repetirán el grado
RGnMNR	Número esperado de alumnos del grado n, mujeres y no repitentes que repetirán el grado
RGnMR	Número esperado de alumnos del grado n, mujeres y repitentes que repetirán el grado

Estos cálculos son realizados mediante la subrutina contenida en el módulo de cálculo de este libro: BookF1.xls. Sobre este módulo debemos notar lo siguiente.

a) La subrutina básicamente suma los resultados obtenidos en las proyecciones realizadas en los libros: BookC1.xls y BookE1.xls. Sin embargo, dado que los registros de las tablas del libro: BookC1.xls, corresponden a los establecimientos, se consideran para la suma los registros de los establecimientos con las mismas características que definen los dominios de estudio del libro: BookF1.xls.

b) Los registros de las tablas del libro: BookE1.xls, corresponden a los mismos dominios de estudio del libro: BookE1.xls.

## **2.4. Las hipótesis poblacionales**

En el caso de la población de alumnos matriculados del MINEDUC, sugerimos considerar un solo riesgo para el decremento de los alumnos de esta población. El cual en un estudio anterior fue identificado como: Abandono.

Debemos notar que hay muchas posibles causas que pueden provocar el abandono de la escuela de los alumnos. Las cuales lamentablemente no pueden ser incorporadas en el sistema de cálculo de las proyecciones, por que no se guardan registros tan específicos de los alumnos. Por lo que el riesgo de abandono de la escuela, lo consideramos como el conjunto de todas estas posibles causas.

Al igual que en la población de maestros, debe adoptarse un juego de tasas absolutas de este riesgo, partiendo de la información histórica --digamos, de los últimos 10 años-- registrada en la base de datos del MINEDUC. Para lo cual también es necesario identificar los factores de riesgo más importantes.

En la hoja: Sheet1, del libro: BookB1.xls, presentamos una tabla ilustrativa de estas tasas. Las cuales son guardadas en el campo: qa, y suponemos dependientes de los factores que representamos por los campos siguientes. Debemos notar que las tasas presentadas en esta tabla son solamente ilustrativas.

<u>Campo</u>	<u>Descripción</u>
AREA	Área en que se localiza el establecimiento
GRADO	Grado al que atienden los alumnos
SEXO	Género de los alumnos
REPI	Si el alumno está repitiendo el grado (0 No y 1 Si)

Por el otro lado, en la población de alumnos matriculados del MINEDUC, identificamos los niveles educativos y grados como posibles estados de los alumnos. Así entre dos años consecutivos, un alumno puede cambiar al grado superior --ser promovido-- o bien permanecer en el mismo grado --repetir el grado.

Nos parece adecuado describir este posible cambio de estado de los alumnos, por medio de la función de probabilidad: qr. Para la cual, en la hoja: Sheet2, del mismo libro: BookB1.xls, presentamos un juego de valores también ilustrativos. En esta tabla asumimos que la función: qr, depende de los factores siguientes.

<u>Campo</u>	<u>Descripción</u>
AREA	Área en que se localiza el establecimiento
GRADO	Grado al que atienden los alumnos
SEXO	Género de los alumnos

Así, en particular y a diferencia de la función: qa, asumimos que la función: qr, no depende de si el alumno está o no repitiendo el grado.

Por supuesto, la definición de estas funciones es ilustrativa, y cualquier definición que se establezca en el futuro, deberá ser revisada en forma regular para determinar que estas funciones describen adecuadamente a la población de alumnos.

### 3. Las proyecciones administrativas

Desde el inicio de esta consultoría se planteó como uno de los objetivos, el obtener proyecciones del número de maestros a quienes se les debe impartir alguna capacitación, así como su distribución con respecto a algunas de sus características y otras variables administrativas. Para lo cual debe considerarse lo siguiente.

- a) Las condiciones que determinan si un maestro califica para recibir una capacitación específica, deben ser establecidas en forma concreta y en términos de las variables cuya información es guardada en la base de datos del Ministerio.
- b) Estas mismas variables deben ser luego tomadas en cuenta para la proyección de las poblaciones de actuales y nuevos maestros.
- c) Por último, deben emplearse principalmente criterios administrativos, para determinar el nivel de agregación en que se necesitan tener las proyecciones de número de maestros que deben recibir cada capacitación específica.

En el libro: Book71.xls, ilustramos la proyección del número de maestros que deben recibir una capacitación, para la cual asumimos que los maestros califican en base solamente al número de años de servicio, tal como aparecen en la tabla siguiente.

<u>NIVEL</u>	<u>S</u>
41	0, 5, 10, 20, 30, 40
42	0, 5, 10, 20, 30, 40
43	0, 10, 20, 30, 40
44	0, 10, 20, 30, 40
45	0
46	0

Así, esta tabla indica por ejemplo que los maestros recién contratados de todos los niveles deben recibir la capacitación, que los maestros de primaria y básicos deben volver a recibir esta capacitación después de cada 10 años de servicio, que los maestros de los niveles inferiores deben recibir la capacitación después de los primeros 5 años de servicio y luego después de cada 10 años, y que los maestros de los niveles superiores solo deben recibir la capacitación una vez.

Supongamos también que administrativamente se necesita conocer el número de maestros que deben recibir esta capacitación, al nivel de los dominios de estudio determinados por los campos siguientes.

Campo	Descripción
DEPAR	Departamento en que labora el maestro
NIVEL	Nivel educativo que imparte
S	Tiempo de servicio en el Ministerio

En las hojas de este libro: BookF1.xls, presentamos las proyecciones del número de maestros que deben recibir esta capacitación, por cada dominio determinado por los campos recién descritos. Específicamente, este libro contiene las tablas siguientes.

Hoja	Contenido
Sheet1	La población de maestros a capacitar en el presente año, el año 0
Sheet2:	La población esperada de maestros a capacitar el próximo año, el año 1
Sheet3	La población esperada de maestros a capacitar el año 2
Sheet4	La población esperada de maestros a capacitar el año 3
Sheet5	La población esperada de maestros a capacitar el año 4
Sheet6	La población esperada de maestros a capacitar el año 5
Sheet7	La población esperada de maestros a capacitar el año 6
Sheet8	La población esperada de maestros a capacitar el año 7
Sheet9	La población esperada de maestros a capacitar el año 8
Sheet10	La población esperada de maestros a capacitar el año 9
Sheet11	La población esperada de maestros a capacitar el año 10

Estas proyecciones son calculadas por la subrutina contenida en el módulo de cálculo de este libro. La cual básicamente va sobre la proyección de la población total de maestros contenida en el libro: Book61.xls, identifica a los maestros que satisfacen los requerimientos para la capacitación antes descritos, y realiza un conteo en las tablas del libro; Book71.xls.