



COLEGIO
NACIONAL
DE ACTUARIOS

ACTUARIOS TRABAJANDO

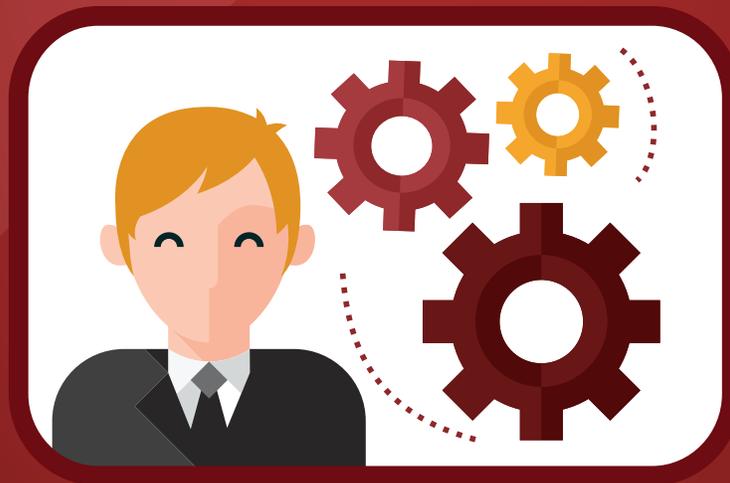
REVISTA MEXICANA DE INVESTIGACIÓN ACTUARIAL APLICADA

q_x

μ_x

d_x

${}_tV_x$



A_x

l_x

\ddot{a}_x

p_x

EDITOR EN JEFE

José Daniel López Barrientos

CONSEJO EDITORIAL

Ana María Ramírez Lozano

Alejandro Turner Hurtado

Robert Hernández Martínez

Elsa González Franyutti

Patricia Alfaro Moreno

EDITORES ASOCIADOS

Rodica Simón Sauri

Alberto Moreno Ruíz-Esparza

Eliud Silva Urrutia

Lourdes Díez-Gutiérrez Igartúa

Miguel Agustín Villalobos Bueno

Fernando José Mariné Osorio

Carlos Cuevas Covarrubias

Víctor Hugo Ibarra Mercado

Enrique Lemus Rodríguez

CORRECCIÓN DE ESTILO

Ana Pamela Flores Herrera

DISEÑO GRÁFICO

Priscilla Camargo Bacha

Prof. Miguel Serrano 21 PH.
Col. Del Valle Centro, 03100. CDMX
info@conacmexico.org.mx.

ISSN / DOI EN TRÁMITE
JUNIO 2021 - NÚMERO 10

Tabla de Contenidos

| | |
|---|-----------|
| Carta editorial de la presidente | 4 |
| VOX POPULI | |
| Análisis de los intereses profesionales de los estudiantes de Actuaría en México | 7 |
| Marduk Javier Jiménez Molina, Axel José Mauricio Sánchez Almaraz y Sofía Borunda Garduño | |
| ACTUARIOS OPINANDO | |
| La importancia del estudio del riesgo | 22 |
| Adrián Álvarez Puente, Yolanda Perdomo Jiménez, Arturo Monroy Ballesteros, Alberto Moreno Ruíz-Esparza y Martha Reyes Villa | |
| JORNADAS DE ACTUARIZACIÓN | 31 |
| ACTUARIOS TRABAJANDO | |
| Calibración de modelos estocásticos para series de precios y de tasas de interés | 34 |
| Antonio Ruiz Morán | |
| Covid 19 en México: exceso de mortalidad, comorbilidad, vacunas y el sector asegurador | 47 |
| Marco Antonio De La Rosa R. | |
| Análisis del Sistema Mexicano de Salud | 60 |
| Rebeca Gómez Cano y Sofía Musi de la Viña | |
| INVITADOS TRABAJANDO | |
| Factores de éxito y fracaso en las colaboraciones público-privadas de transporte ferroviario transfronterizo de alta velocidad: dos estudios de caso en la península Ibérica | 75 |
| Mario González-Medrano, José-María Rotellar-García | |

Estimados Colegas:

Siempre me ha gustado estar cerca de las nuevas generaciones, ya que ellos son los que estarán haciendo el trabajo actuarial en el futuro, pero ¿qué tanto han cambiado los intereses de los actuarios jóvenes vs el trabajo que nos tocó hacer a las generaciones actuales? En este número de *"Actuarios Trabajando"* presentamos una encuesta que se hizo a estudiantes de Actuaría para saber un poco más de sus intereses profesionales.

No fue sorpresa el que los campos de interés sean tan diversos, ya que va totalmente de acuerdo a la capacidad del actuario de desarrollarse en múltiples ámbitos en los que se cuantifican, tratan y administran los riesgos.

En línea de lo anterior, en esta edición estamos presentando una serie de artículos de diversos temas que permiten al lector, que no está familiarizado con nuestra profesión, comprender el amplio campo del actuario.

Por otro lado, en los últimos 14 meses, uno de los tópicos que ha estado presente cada día es el relacionado con la salud y, más específicamente, con el COVID, por lo que incluimos dos artículos al respecto. En uno de ellos, se analiza el COVID-19 en México y su relación con el sector asegurador, el cual fue uno de los más afectados por esta pandemia pero, por otro lado, admiramos la forma en que respondió a la sociedad en un momento de tanta incertidumbre; reconociendo, entre muchas cosas, el otorgamiento de la Cobertura Solidaria de Apoyo al Sector Salud.

Esta edición de *"Actuarios Trabajando"* coincide con el término de mi gestión como presidente del Colegio Nacional de Actuarios y quiero agradecer a cada una de las personas que me apoyaron durante estos dos años. Particularmente, a los que hicieron posible que esta publicación volviera a tomar vida y aprovechar para invitarlos a que sigamos trabajando por nuestra profesión, que tan orgullosos nos ha hecho sentir.

Finalmente me despido recordándoles que si vamos en la dirección correcta, lo que tenemos que hacer es seguir adelante.

¡Les dejo un gran abrazo!

Ana María Ramírez
Presidente del CONAC

Actuarios Trabajando
es una revista hecha por
Actuarios, con Actuarios y
para Actuarios, y necesita de
tu *aporte profesional con tu*
toque personal.

No dejes pasar la oportunidad de
que tu voz profesional sea oída, y
tus trabajos sean conocidos por los
demás miembros de nuestro
gremio.

Además, los Actuarios certificados
del CONAC obtienen horas de
educación continua por sus
contribuciones aceptadas para la
revista.

¡Queremos oírte!
¡Tu aporte es necesario!
¡Queremos saber de ti!

Envía tus contribuciones a alguno de los
miembros del Consejo Editorial, o escribe
por correo-e a: info@conacmexico.org.mx



ACTUARY
HUNTERS



COLEGIO
NACIONAL DE
ACTUARIOS, A.C.

CURSO ONLINE

CONTROL
INTERNO

Inicia: 1 de julio del 2021

3 HECSE

*De las cuales 1 será de normatividad

Total de Horas: 12

✉ direccion@actuaryhunters.com

f [@actuaryhunters](https://www.facebook.com/actuaryhunters)

☎ 55 52 64 29 11

📞 55 44 52 34 65



Vox Populi

**Análisis de los intereses
profesionales de los
estudiantes de Actuaría
en México**



Análisis de los intereses profesionales de los estudiantes de Actuaría en México

Marduk Javier Jiménez Molina^{*,1}, Axel José Mauricio Sánchez Almaraz[†] y Sofía Borunda Garduño^{*}

^{*}Facultad de Ciencias Actariales de la Universidad Anáhuac México., [†]Citi Banamex

RESUMEN

En este artículo se realizó un análisis sobre los intereses profesionales de los estudiantes y recién egresados de la Licenciatura en Ciencias Actariales. Con base en un análisis descriptivo e inferencial, se obtuvieron datos como el área a la que los estudiantes buscan dirigirse, la concentración poblacional por estados y en qué rango salarial se ubican los participantes. Posteriormente, se obtuvieron las expectativas profesionales con respecto a los principales sectores y como están distribuidas las observaciones con respecto al salario. Por último, se aplicaron pruebas de hipótesis respecto al salario y sexo por área laboral para determinar si existe dependencia entre estas variables.

Palabras clave

Intereses profesionales
Estudiantes de Actuaría
Pruebas de Hipótesis

Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios

Última actualización del manuscrito: 7 de junio de 2021

Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.



1. INTRODUCCIÓN

En México, los profesionistas en el campo actuarial empezaron a existir desde 1969, cuando se formó la Licenciatura en Actuaría en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como es conocida actualmente. Para continuar con este legado, se definió el objetivo de comprender el camino que los futuros actuarios quieren tomar y los sectores a los que los recién egresados se están dirigiendo, esto para poder observar la trayectoria de la profesión.

Para lograrlo, se realizaron encuestas a estudiantes y egresados de Actuaría, con la finalidad de obtener una observación más precisa en cuanto a los estados donde residen, la universidad de procedencia y el semestre al que pertenecen, a cuál sector se quieren dirigir y en cuáles áreas ya se encuentran laborando.

Asimismo, quién aplicó la encuesta y en qué periodos, a quién va dirigida y qué rangos de edades se tomaron en consideración. Consecutivamente, se realizó un análisis descriptivo que muestra la interpretación de las respuestas obtenidas, a través de diversas gráficas y tablas. Más adelante, se elaboró un análisis del coeficiente de correlación de Spearman y con base en los datos obtenidos del salario de los encuestados, se logró obtener una percepción salarial. Esta información puede servir de guía para los estudiantes que están en busca de trabajo y reclutadores que buscan el talento actuarial estudiantil.

Por último, se realizaron pruebas de hipótesis de independencia, utilizando la prueba χ^2 para poder observar si en algún sector el salario depende del sexo.

2. CONTEXTO

El artículo se basa en la aplicación de una encuesta que fue realizada por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC), entre marzo 2020 y febrero 2021; consta de 15 preguntas dirigidas a estudiantes y recién egresados de la Licenciatura en Ciencias Actuariales. El cuestionario de la Encuesta se encuentra en el anexo del artículo.

La muestra obtenida fue de 2,374 participantes, en un intervalo de edad entre 17 y 48 años. Se ubicaron en 21 estados de la República Mexicana, donde la mayor cantidad de respuestas se obtuvieron en Nuevo León y la Ciudad de México.

3. RESULTADOS GENERALES

Con base en el número de encuestados, en la **Figura 1** se muestra la distribución geográfica de las respuestas

obtenidas. Este mapa proyecta que la mayor cantidad de respuestas se obtuvieron en Nuevo León y en la Ciudad de México; más adelante, se encuentra el Estado de México con menor cantidad y, por último, de color morado y azul, se ubican los estados restantes, donde el número de respuestas fue baja en comparación con los antes mencionados. No se obtuvieron datos en los estados que no cuentan con algún color; sin embargo, se puede notar que la licenciatura ya empieza a ser ofertada en instituciones educativas en gran parte de la República Mexicana.

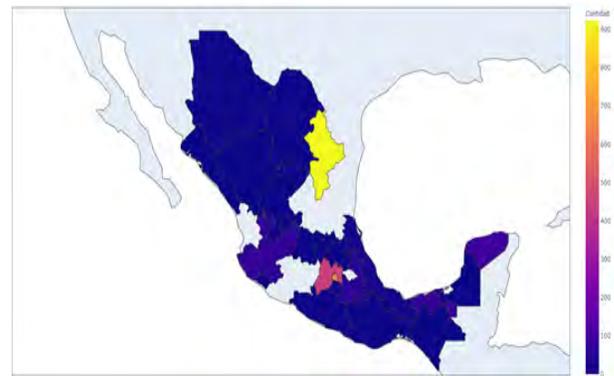


Figura 1 Distribución Geográfica.

Se puede observar en la **Figura 2**, la proporción de género de los encuestados; el 50.84 % pertenece a los hombres y el 49.16 % a las mujeres, lo cual muestra que no existe un sexo predominante.

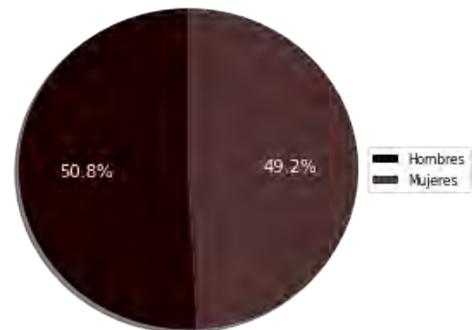


Figura 2 Distribución por Género.

¹Autor de correspondencia: marduk.jmz@hotmail.com.



con respecto a las edades, la cual se puede observar en la **Figura 3**, donde puede observarse un alta simetría a la derecha.

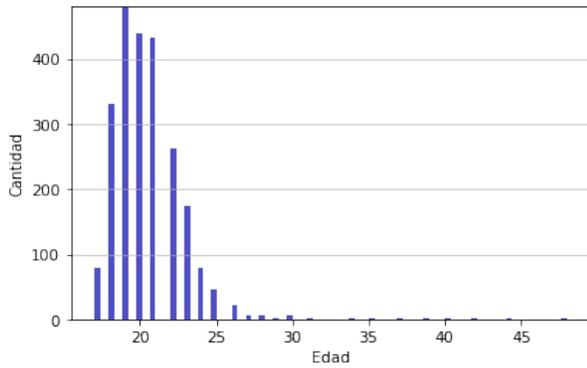


Figura 3 Edades de los encuestados.

Posteriormente, en la **Figura 4** se encuentra un boxplot que muestra que el 75% de los encuestados son menores de 22 años. Por lo cual, se puede deducir que la mayoría de los encuestados iniciaron sus estudios en esta licenciatura al terminar la preparatoria, pero el resto decidió iniciarla en otra etapa de su vida.

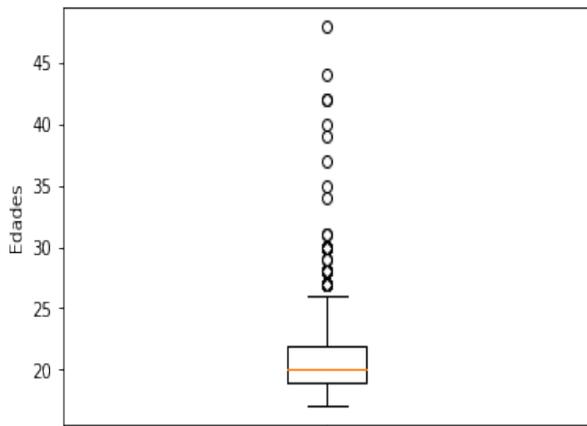


Figura 4 Boxplot de edades de los encuestados.

En la **Tabla 1** se encuentra el análisis descriptivo por edad y género de estos datos, enfatizando que el mínimo para ambos sexos es 17; en cambio, el máximo muestra



poca diferencia.

| Medidas | Hombres | Mujeres |
|---------------------|---------|---------|
| Observaciones | 1167 | 1207 |
| Media | 20.38 | 20.58 |
| Desviación Estándar | 2.30 | 2.49 |
| Mínimo | 17 | 17 |
| Máximo | 48 | 44 |

■ **Tabla 1** Resumen de edades.

Se analizó el tipo de universidad a la que pertenecen los encuestados, es decir, universidad pública o privada. En la **Figura 5** se puede observar que el 77.8% de los estudiantes forman parte de una institución pública, mientras que el 22.2% se encuentra en una universidad privada.

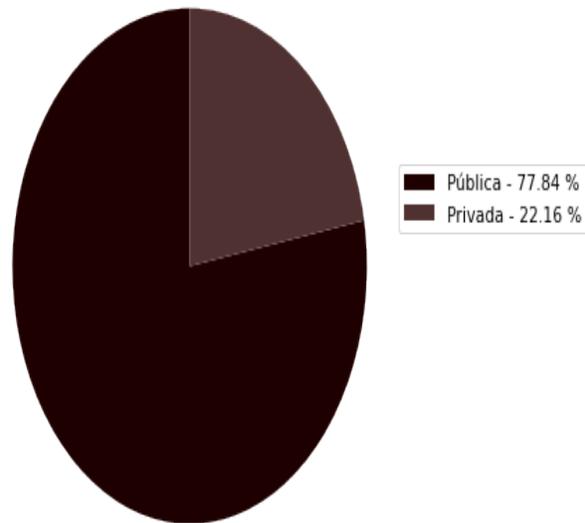


Figura 5 Universidad de Procedencia

De igual manera, se analizó a los estudiantes que se encuentran laborando, tomando en cuenta la relación de sus actividades laborales con la práctica actuarial. En la **Figura 6** se puede observar la distribución de la relación antes mencionada donde sólo el 15.37% de los estudiantes labora en el sector actuarial. El 9.06% de los encuestados

cuenta con un empleo fuera del área actuarial, donde se encontró que los hombres trabajan en 23 sectores distintos y las mujeres en 18. Por último, el 75.57 % no cuenta con un trabajo, esto puede atribuirse a que se encuentran en periodo de formación académica.

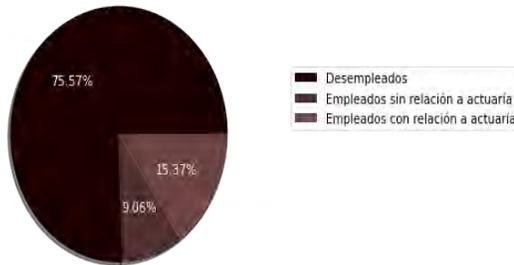


Figura 6 Situación laboral de los encuestados.

Considerando a los encuestados que laboran en un área relacionada a la práctica actuarial, se puede visualizar en la Figura 7 la proporción de los salarios. De igual manera, en la Tabla 2 se encuentra un resumen de estos mismos datos.

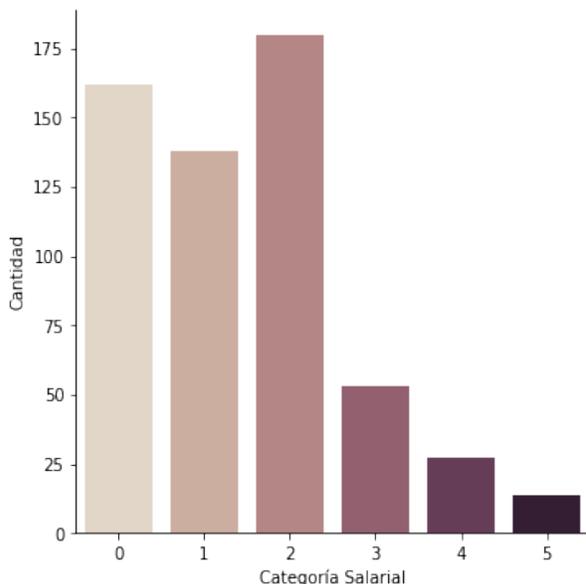


Figura 7 Tipo de universidad de procedencia.

| Categoría Numérica | Descripción | Porcentaje de Encuestados |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------|
| 0 | No proporcionó información | 27.88 % |
| 1 | De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 23.75 % |
| 2 | De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 31.84 % |
| 3 | De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 9.12 % |
| 4 | De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 4.99 % |
| 5 | Más \$20,000 MXN | 2.41 % |

Tabla 2 Resumen de Categorías Salariales.

Por último, en la Figura 8 y en la Figura 9 se muestra en qué sectores trabajan los hombres y las mujeres, respectivamente.

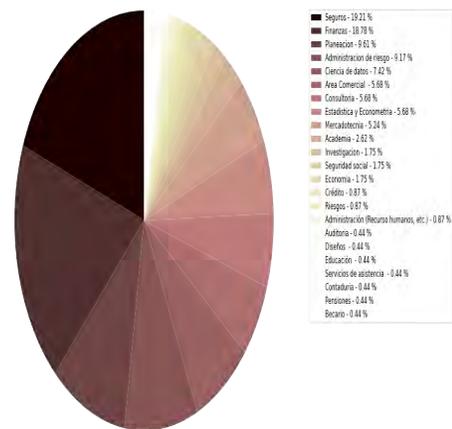


Figura 8 Sectores donde trabajan los hombres.

Al observar la Figura 8 y la Figura 9, se puede apreciar que las áreas en común más populares del trabajo en ambos géneros se encuentran Seguros, Finanzas, Área Comercial, Consultoría, Administración de Riesgos, Ciencias de Datos y Planeación. No obstante, para el género masculino, además de las áreas antes mencionadas que se encuentran dentro del 80.79 %, también aparecen 'Estadística y Econometría' y Mercadotecnia. Para las mujeres, dentro del 82.05 %, se encuentran, únicamente, las áreas que tienen en común con los hombres.

4. EXPECTATIVAS PROFESIONALES

A continuación, se buscó proyectar las principales áreas que buscan los estudiantes para desarrollar su vida profesional. Se tomó en consideración información de



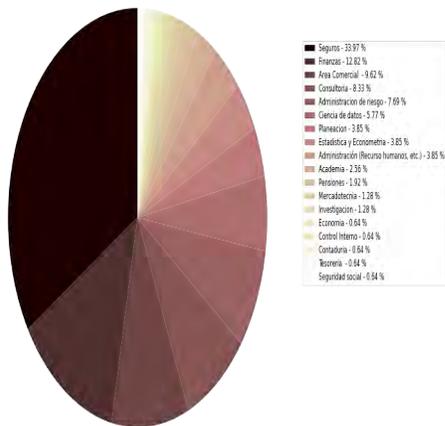


Figura 9 Sector donde trabajan las mujeres.

los encuestados desde los que muestran interés en la Licenciatura de Ciencias Actuariales, hasta los que se encuentran en la mitad de la carrera.

Considerando los conjuntos de observaciones con respecto al área deseada al egresar, de mayor a menor tamaño, se obtuvo las respuestas preferentes de los alumnos que van cursando los primeros semestres de la carrera, se puede apreciar esta información en la Figura 10. Los valores de algunas respuestas no eran coherentes porque no tenían relación con la práctica actuarial, entre otros motivos, por lo cual esas respuestas fueron consideradas como 'no contestó'.

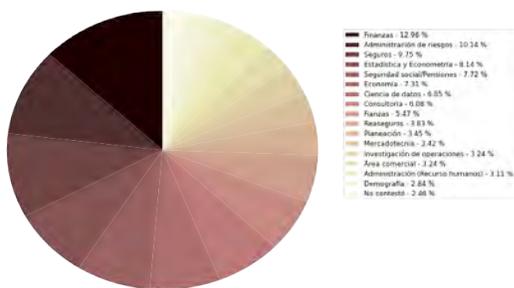


Figura 10 Áreas de interés laboral al egresar.

Medias Aritméticas

Se consideró oportuno proporcionar el salario promedio en cada uno de los sectores identificados. Los datos



obtenidos en las áreas de Finanzas, Seguros, Administración de Riesgos y Economía se consideraron confiables para obtener el promedio de dicho dato, como se puede observar en la Tabla 3. Para los sectores restantes, no se obtuvo la cantidad suficiente de información por parte de la encuesta para otorgar una estimación adecuada del salario promedio a percibir.

También, se consideró proporcionar el salario promedio que recibe cada uno de estos trabajadores; sin embargo, en algunos casos hubo falta de información por parte de la encuesta por lo cual, se hace mención que los datos de Finanzas, Seguros, Administración de Riesgos y Economía pueden ser considerados confiables pero la cantidad de los otros sectores no era suficiente para dar una estimación adecuada del salario a recibir.

| Sector | Valores |
|---------------------------|---------------|
| Finanzas | \$7583.66 MXN |
| Administración de Riesgos | \$8409.36 MXN |
| Seguros | \$8104.74 MXN |
| Economía | \$7583.66 MXN |

Tabla 3 Salarios Proyección de Salida.

Frecuencias

Finanzas Se puede apreciar en la Tabla 4 que en este sector se encuentran la mayoría de las observaciones del salario entre \$ 5,000 MXN y \$10,000 MXN, pero aproximadamente, el 20 % de los encuestados ganan arriba de esta cantidad.

| Finanzas | Frecuencias |
|--------------------------------|-------------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 31.67 % |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 48.33 % |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 8.33 % |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 8.33 % |
| Más de \$20,000 MXN | 3.33 % |

Tabla 4 Frecuencia en Finanzas.

Seguros En la **Tabla 5** se puede apreciar que en el sector asegurador la mayoría de los datos se encuentran en un rango salarial de \$5,000 MXN a \$10,000 MXN, donde un porcentaje aproximado del 26 % tiene una remuneración económica por arriba de este intervalo. Esto hace que se considere como uno de los sectores mejor pagados para jóvenes menores de 25 años.

| Seguros | Frecuencias |
|--------------------------------|-------------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 28.57 % |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 43.96 % |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 15.39 % |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 9.9 % |
| Más de \$20,000 MXN | 2.18 % |

■ **Tabla 5** Frecuencia en Seguros.

Administración de Riesgos En el área de Administración de Riesgos, se puede observar en la **Tabla 6** que en el rango salarial de \$5,000 MXN a \$10,000 MXN se encuentra la mayor cantidad de datos obtenidos. Aproximadamente, el 20 % de los participantes tienen un ingreso mayor al rango antes mencionado, por lo cual este sector es considerado uno de los mejores para los actuarios.

| Administración de Riesgos | Frecuencias |
|--------------------------------|-------------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 33.33 % |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 36.36 % |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 15.15 % |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 3.03 % |
| Más de \$20,000 MXN | 12.12 % |

■ **Tabla 6** Frecuencia en Administración de Riesgos.

Estadística y Econometría En la **Tabla 7** se puede observar que el rango salarial predominante es el de \$5,000 MXN a \$10,000 MXN; sin embargo, es menos probable que el salario para este sector sea mayor a \$10,000 MXN.

| Estadística y Econometría | Frecuencias |
|--------------------------------|-------------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 31.57 % |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 57.89 % |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 0 % |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 0 % |
| Más de \$20,000 MXN | 10.52 % |

■ **Tabla 7** Frecuencia en Estadística y Econometría.

Economía Se puede apreciar en la **Tabla 8** que esta área es la que tiene menor varianza y, al mismo tiempo, es la que recibe menores salarios.

| Economía | Frecuencias |
|-------------------------------|-------------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 80 % |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 20 % |

■ **Tabla 8** Frecuencia en Economía.

Ciencia de Datos Se puede apreciar en la **Tabla 9** que Ciencia de Datos es un sector donde la tercera categoría tiene más observaciones; además, de que el salario llega a ser mayor dado que en el primer rango las observaciones son menores.

| Ciencia de Datos | Frecuencias |
|--------------------------------|-------------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 18.18 % |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 50 % |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 18.18 % |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 9.09 % |
| Más de \$20,000 MXN | 4.05 % |

■ **Tabla 9** Frecuencia en Ciencia de Datos.



Consultoría El salario percibido en este sector, como se puede observar en la **Tabla 10**, es predominante en la segunda categoría, pero es más probable que el ingreso sea mayor a \$10,000 MXN. Con esto, es importante mencionar que los dos rangos salariales altos cuentan con baja probabilidad.

| Consultoría | Frecuencias |
|--------------------------------|-------------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 16 % |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 60 % |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 16 % |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 4 % |
| Más de \$20,000 MXN | 4 % |

■ **Tabla 10** Frecuencia en Consultoría.

Fianzas En este sector no se obtuvieron datos a analizar.

Planeación En este sector laboral, el segundo rango salarial es el que cuenta con mayor probabilidad, es decir, es más probable que un actuario obtenga este salario, como se puede observar en la **Tabla 11**. Sin embargo, es más probable que se obtenga un salario menor a \$10,000 MXN.

| Planeación | Frecuencias |
|--------------------------------|-------------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 24 % |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 56 % |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 16 % |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 4 % |

■ **Tabla 11** Frecuencia en Planeación.

Se puede apreciar que en la mayoría de los sectores de principal interés de los encuestados, la categoría con mayor número de participantes es entre \$5,000 MXN y \$10,000 MXN, siguiéndole el rango de \$0 MXN a \$5,000 MXN, disminuyendo sucesivamente en los grupos de \$10,000 MXN a \$15,000 MXN, de \$15,000 MXN a \$20,000 MXN y más de \$20,000 MXN.



Pruebas de hipótesis

En esta sección, se aplicó una serie de pruebas de hipótesis que ayudó a revisar si existe o no independencia entre algunas variables; para el resultado se tomó como base el p-valor de la prueba de independencia χ^2 .

Posteriormente, se realizó un análisis de los principales sectores en los que trabajan los actuarios donde se pudo observar la independencia entre el sexo y la categoría salarial para cada una de estas áreas. El valor α que se utilizó como referencia fue de 0.05.

Seguros Como se puede observar en la **Tabla 12**, en el área de seguros se encuentran más mujeres que hombres trabajando. Hay más encuestados en el rango salarial de \$0 MXN a \$5,000 MXN y de \$5,001 MXN a \$10,000 MXN que en el de mayor a \$20,000 MXN. También, es importante mencionar que en este rango salarial se encuentran más mujeres que hombres; sin embargo, al aplicar la prueba χ^2 (p-valor: 0.980931), no se rechaza la hipótesis nula demostrando que no existe dependencia entre el sexo y el salario en el área de seguros.

| Categoría salarial en Seguros | Mujeres | Hombres | Total |
|--------------------------------|---------|---------|-------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 14 | 12 | 26 |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 23 | 20 | 43 |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 7 | 8 | 15 |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 6 | 4 | 10 |
| Más de \$20,000 MXN | 3 | 0 | 3 |
| Total | 53 | 44 | 97 |

■ **Tabla 12** Distribución salarial del sector asegurador.

Finanzas En el sector financiero, se puede notar en la **Tabla 13** que el rango salarial con mayor participación de estudiantes y egresados de actuaría, es el de \$5,000 MXN a \$10,000 MXN. Es importante mencionar que, a primera vista, los hombres obtienen un mejor salario que las mujeres, pero al aplicar la prueba de independencia (p-valor: 0.653845) se muestra que no existe dependencia entre el salario y el sexo para este sector, ya que se acepta la hipótesis nula. También, con estos datos se puede entender que hay más hombres trabajando y, además, sólo uno de cada sexo de esta muestra gana más de \$20,000 MXN.

Ciencia de Datos Para el sector de Ciencias de Datos, se puede notar a primera instancia que los hombres predomina

| Categoría salarial en Finanzas | Mujeres | Hombres | Total |
|--------------------------------|---------|---------|-------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 10 | 9 | 19 |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 7 | 24 | 31 |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 0 | 5 | 5 |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 2 | 3 | 5 |
| Más de \$20,000 MXN | 1 | 1 | 2 |
| Total | 20 | 42 | 62 |

■ **Tabla 13** Distribución salarial del sector financiero.

minan en esta área. El rango salarial con mayor número de participantes es el de \$5,000 MXN a \$10,000 MXN, donde el hombre, con una diferencia de dos encuestados, gana más, como se puede observar en la **Tabla 14**; sin embargo, al aplicar la prueba de independencia (p-valor: 0.9770784), se obtuvo que no existe dependencia entre el salario y el sexo.

| Categoría salarial en Ciencia de Datos | Mujeres | Hombres | Total |
|--|---------|---------|-------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 1 | 3 | 4 |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 5 | 7 | 12 |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 1 | 5 | 6 |
| De 5,000 MXN a \$20,000 MXN | 2 | 1 | 3 |
| Más de \$20,000 MXN | 0 | 1 | |
| Total | 9 | 17 | 26 |

■ **Tabla 14** Distribución salarial del sector de Ciencia de Datos.

Consultoría En la **Tabla 15**, se puede observar que el sector de Consultoría cuenta con la misma cantidad de hombres y mujeres. El rango salarial que cuenta con mayor participación es el de \$5,000 MXN a \$10,000 MXN, el cual también cuenta con la misma cantidad de participantes de ambos sexos. En el mismo modo, es importante mencionar que en los dos rangos salariales altos predomina el sexo femenino, aunque, al aplicar la prueba χ^2 (p-valor: 0.981424) no se rechazó la hipótesis nula, por lo cual se obtuvo que no existe dependencia entre el sexo y el salario en este sector.

Planeación Se puede observar en la **Tabla 16**, que a simple vista el sexo preeminente es el masculino con 22 participantes, mientras que el femenino cuenta sólo con seis.

| Categoría salarial en Consultoría | Mujeres | Hombres | Total |
|-----------------------------------|---------|---------|-------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 1 | 3 | 4 |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 8 | 8 | 16 |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 2 | 2 | 4 |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 1 | 0 | 1 |
| Más de \$20,000 MXN | 1 | 0 | 1 |
| Total | 13 | 13 | 26 |

■ **Tabla 15** Distribución salarial en el sector de Consultoría.

De igual manera, en los salarios altos nada más se encuentran hombres y, las mujeres que laboran en este sector se ubican en los primeros dos rangos salariales. Al aplicar la prueba de independencia χ^2 (p-valor: 0.9999698) se aceptó la hipótesis nula expresando que no existe dependencia entre el sexo y el salario en el área de Planeación.

| Categoría salarial en Planeación | Mujeres | Hombres | Total |
|----------------------------------|---------|---------|-------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 1 | 5 | 6 |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 4 | 10 | 14 |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 1 | 5 | 6 |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 0 | 1 | 1 |
| Más de \$20,000 MXN | 0 | 1 | 1 |
| Total | 6 | 22 | 28 |

■ **Tabla 16** Distribución salarial del sector de Planeación.

Administración de Riesgos La Administración de Riesgos, al ser un campo laboral nuevo para los actuarios, sí cuenta con una cantidad importante de encuestados. Al observar la **Tabla 17**, se entiende que vuelve a predominar el sexo masculino; también, se observa que en el rango salarial alto se encuentran trabajando la misma cantidad de hombres y mujeres pero, al aplicar la prueba de independencia χ^2 (p-valor: 0.9766281) se muestra que no existe dependencia entre el rango salarial y el sexo en esta área laboral.

Área Comercial Al observar la **Tabla 18**, se puede notar que no existe una diferencia drástica entre los participan-



| Categoría salarial en Administración de Riesgos | Mujeres | Hombres | Total |
|---|---------|---------|-------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 3 | 8 | 11 |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 5 | 7 | 12 |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 1 | 4 | 5 |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 1 | 0 | 1 |
| Más de \$20,000 MXN | 2 | 2 | 4 |
| Total | 12 | 21 | 33 |

■ **Tabla 17** Distribución salarial en el sector de Administración de Riesgos.

tes en cuanto a la variable sexo. Es importante mencionar que a primera instancia las mujeres tienden a ganar más que los hombres, por el contrario, al aplicar la prueba de independencia (p-valor: 0.7891784) donde no se rechaza la hipótesis nula, se obtuvo que no hay dependencia entre el salario y el sexo en el área comercial.

| Categoría salarial en Área Comercial | Mujeres | Hombres | Total |
|--------------------------------------|---------|---------|-------|
| De \$0 MXN a \$5,000 MXN | 5 | 5 | 10 |
| De \$5,000 MXN a \$10,000 MXN | 4 | 7 | 11 |
| De \$10,000 MXN a \$15,000 MXN | 3 | 1 | 4 |
| De \$15,000 MXN a \$20,000 MXN | 3 | 0 | 3 |
| Más de \$20,000 MXN | 3 | 0 | 3 |
| Total | 15 | 13 | 28 |

■ **Tabla 18** Distribución salarial del sector de Área Comercial.

Se puede apreciar en la **Tabla 19** que en todas las pruebas de independencia de χ^2 se tiene un p-valor mayor al nivel de significancia α de .05, por lo cual hay dependencia entre el salario que perciben las mujeres y los hombres en estos sectores laborales.

5. ANÁLISIS

En esta sección, se presentan los resultados de un análisis de correlación y de la aplicación de la prueba de independencia χ^2 .

Correlación

Para este análisis, como primer paso, se aplicó la prueba de normalidad Anderson-Darling a todas las variables donde se obtuvo un p-valor mayor al de la significancia de 0.05 para cada una, rechazando la hipótesis nula.



| Sector | p-valor |
|---------------------------|---------|
| Seguros | 0.9809 |
| Finanzas | 0.6538 |
| Ciencia de Datos | 0.9771 |
| Consultoría | 0.9814 |
| Planeación | 0.9997 |
| Administración de Riesgos | 0.9766 |
| Área Comercial | 0.7892 |

■ **Tabla 19** p-valores por sector.

Consecuentemente, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman con respecto a la edad, sexo, semestre, universidad de procedencia, tipo de empresa, relación del trabajo con la actuaría y la categoría salarial de los encuestados, en la cual se realizó una prueba de hipótesis para observar si su correlación era significativa con un nivel de significancia del 0.05.

En la **Figura 11** se puede observar un mapa de correlaciones de la muestra, donde se aplicó un filtro a la variable edad, es decir, se seleccionaron a los participantes que tengan una edad menor a 26 años, y en la **Tabla 20** se encuentran los p-valores de dichas correlaciones.

| P-Value | | | | |
|----------------------------|-------------|----------|----------------------------|----------|
| | Edad | Sexo | Universidad de Procedencia | Semestre |
| Edad | 0 | 0.135815 | 1.35817e-17 | 0 |
| Sexo | 0.135815 | 0 | 0.255839 | 0.976014 |
| Universidad de Procedencia | 1.35817e-17 | 0.255839 | 0 | 0.043862 |
| Semestre | 0 | 0.976014 | 0.043862 | 0 |

■ **Tabla 20** Matriz de P-Values de correlación Spearman.

Posteriormente, en la **Figura 12** se encuentra el segundo mapa de correlaciones, donde se aplicó un filtro a los encuestados que cuentan con un trabajo y son menores de 26 años. En la **Tabla 21** se encuentran los p-valores de dichas correlaciones.

A continuación, se realizó un análisis de ambos ma-

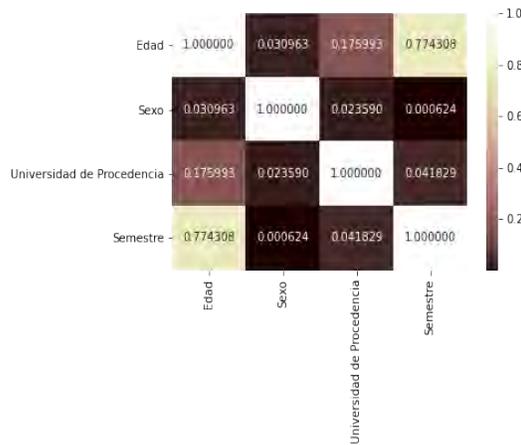


Figura 11 Mapa de correlaciones respecto a la edad de los estudiantes.

pas de calor con base en las variables que tienen una significancia en sus p-valores para su correlación.

| P-Value | | | |
|---------------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| | Tipo de empresa | Relación a Actuaría | Categoría Salarial |
| Tipo de empresa | 0 | 0.021186 | 0.000031 |
| Relación a Actuaría | 0.021186 | 0 | 4.081123e-91 |
| Categoría Salarial | 0.000031 | 4.081123e-91 | 0 |

■ **Tabla 21** Matriz de P-Values de correlación Spearman.

Edad

Edad-Universidad de procedencia Se consideró como 1 a universidad privada y 2 a universidad pública. Se puede observar en la **Tabla 20** un p-valor menor a la significancia, por lo que al analizar la **Figura 11** se muestra que existe una correlación de 0.17 entre la edad y la universidad de procedencia; este dato hace referencia a que la edad en la que se cursa la carrera sí influye en la decisión del tipo de universidad. Además, se puede decir que la gente de mayor edad asiste a las instituciones públicas, mientras que los estudiantes con menor edad tienden a asistir a las instituciones privadas.

Edad-Semestre En la **Figura 11** se puede observar que la correlación de edad y semestre es positiva, 0.77, donde su p-valor, de acuerdo a la **Tabla 20**, es cero. El valor de

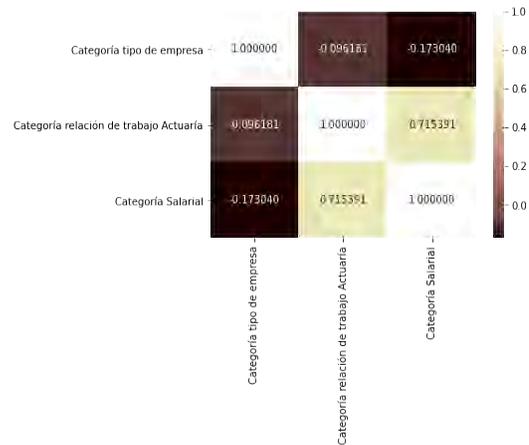


Figura 12 Mapa de correlaciones entre los estudiantes.

la correlación explica que existe una gran dependencia lineal entre ambas variables, es decir, mientras más se avance en los estudios, la edad va aumentando; pero no está totalmente correlacionado dado a que existen casos donde los estudiantes entran más jóvenes o con mayor edad a la universidad.

Semestre

Semestre-Universidad de procedencia Al observar la **Tabla 20**, se puede notar que el p-valor es menor a la significancia. Se puede apreciar en la **Figura 11** una correlación baja de 0.04 para esta categoría. Se tomó como valor de universidad privada al 1 y al 2 como universidad pública. Esta correlación muestra que las instituciones públicas tienen una mayor carga de estudiantes en los últimos semestres.

Tipo de empresa

Categoría Tipo de empresa-Relación de trabajo con Actuaría Observando la **Tabla 21** se puede apreciar un p-valor menor a 0.05 lo que demuestra que la correlación de las variables si es significativa. Considerando para el tipo de empresa el 1 como privada y el 2 como pública y para la relación del trabajo con la actuaría el 1 como no relacionado y el 2 como relacionado, en la **Figura 12** se puede apreciar que, a pesar de ser una correlación baja, los actuarios tienden a trabajar en algo relacionado con la práctica actuarial al encontrarse en una empresa privada. Por el contrario, esta proporción baja si se adentran al sector público fuera de la práctica actuarial.



Categoría Tipo de empresa-Salario En la **Tabla 21** se puede observar que el p-valor de las variables es casi cero por que lo que si existe una correlación. En la **Figura 12** se puede apreciar que esta categoría muestra una correlación negativamente débil de -0.17. Esta indica que el sector privado tiende a dar mejores salarios, pero no se muestra tanta diferencia con el sector público.

Salario

Categoría Salarial-Relación de trabajo con Actuaría Como se puede observar en la **Tabla 21**, el p-valor de las variables es extremadamente bajo, por lo cual se puede inferir que existe una relación lineal entre las variables. Como se puede observar en la **Figura 12**, al tener una correlación positivamente moderada de 0.71, se puede entender que los trabajos que se relacionan con la práctica actuarial tienden a obtener una mejor compensación económica.

6. CONCLUSIONES

Con base en el análisis antes realizado, se notó que la profesión actuarial ha evolucionado de manera exponencial, ya que ha ampliado su campo laboral.

En el pasado, la práctica actuarial se enfocaba principalmente en el área de seguros, mientras que hoy en día, se presenta en una gran gama de sectores. También, ha evolucionado desde la perspectiva de género, ya que la profesión está siendo considerada para ambos sexos, los cuales son tratados sin distinción en todos los aspectos, incluyendo el campo salarial como se demostró al aplicar la prueba de independencia.

Dentro de los nuevos sectores o campos laborales de interés de las nuevas generaciones, se puede notar que los sectores: Finanzas, Seguros y Pensiones siguen siendo campos que los estudiantes de actuaría continúan contemplando para trabajar. Por otro lado, se notó que los campos de Consultoría y Ciencias de Datos han comenzado a tener mayor interés en los alumnos. El campo laboral actuarial ha ido creciendo gracias a las habilidades analíticas con la que cuentan los actuarios, las cuales están demandando las empresas. Por ello, el área de Administración de Riesgos es relativamente nueva para esta profesión en conjunto con otros nuevos sectores.

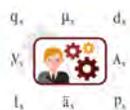
Gracias a esta encuesta, ya se conoce más el papel que actualmente juega el actuario en el área profesional y se estima en cuales se podría desempeñar en un futuro. De igual manera, es de suma importancia seguir aplicando este tipo de encuestas para saber las nuevas tendencias de los estudiantes respecto a su vida profesional y analizar

las nuevas oportunidades de trabajo que estas nuevas tendencias representan.

7. PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO

En esta sección se encuentra la encuesta que se utilizó para el análisis de este artículo. En la mayoría de las preguntas la respuesta fue abierta.

1. Edad
2. Género
3. Lugar de residencia
4. Tipo de universidad (pública o privada)
5. Semestre que cursas
6. ¿Trabajas actualmente?
7. La actividad que desempeñas en el trabajo
8. Nombre de la empresa, organización o institución donde laboras
9. Tipo de empresa, organización o institución donde laboras
10. ¿Tu trabajo tiene relación con Actuaría en alguna de sus áreas de aplicación?
11. ¿En cuál de las siguientes áreas ubicas el trabajo que desempeñas?
12. El salario que percibes se ubica en el siguiente rango
13. ¿Al egresar de la carrera de actuaría en cuál de las siguientes áreas te gustaría incorporarte a trabajar?
14. ¿En qué tipo de empresa, organización o institución te gustaría trabajar?





Marduk Javier Jiménez Molina es estudiante de último semestre de la Licenciatura en Actuaría de la Universidad Anáhuac México. Actualmente, trabaja medio tiempo en LUMO Financiera del Centro y gusta de aprender cosas nuevas en plataformas digitales. Ésta es su primera publicación profesional.



Axel José Mauricio Sánchez Almaraz es actuario por la Universidad Anáhuac México. Actualmente trabaja en Citibanamex y gusta de programar en lenguajes de programación de vanguardia, aprender cosas nuevas en plataformas digitales y desea hacer una Maestría en ciencia de datos en el futuro cercano. Ésta es su primera publicación profesional.



Sofía Borunda Garduño es estudiante de último semestre de la Licenciatura en Actuaría de la Universidad Anáhuac México y gusta de cocinar para sus seres queridos, aprender cosas nuevas en plataformas digitales. Ésta es su primera publicación profesional.



Campus
Sur

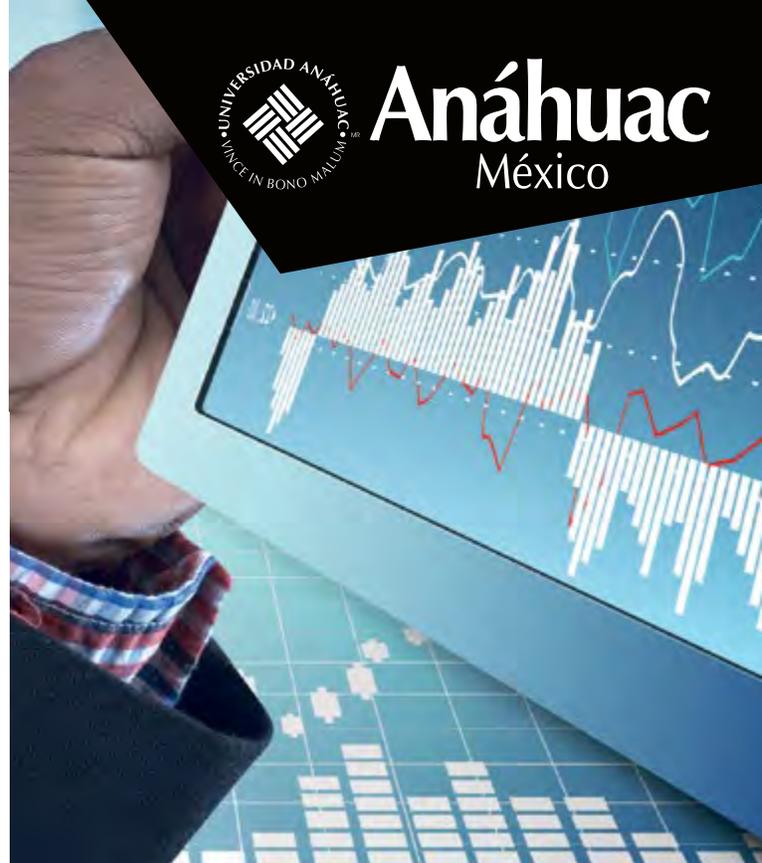
Posgrados
Anáhuac



Anáhuac
México

MAESTRÍA EN RIESGO

Próxima apertura: **Julio de 2021**



El objetivo de la **Maestría en Riesgo** es formar profesionales e investigadores que, a partir de teorías y técnicas matemáticas, estadísticas y financieras, sean capaces de identificar, comprender, analizar, modelar, controlar y mitigar los efectos financieros de diversos tipos de riesgos en las organizaciones, tanto en el ámbito financiero y actuarial, como en la gestión de riesgos operativos.

Facultad de
Ciencias Actuariales

GRANDES LÍDERES

Y MEJORES PERSONAS

Coordinadora:
Mtra. Martha Reyes Villa
martha.reyes@anahuac.mx

Informes:
Centro de Atención de Posgrado y Educación Continua

55 40 10 70 60
55 79 18 21 59

posgrado@anahuac.mx

anahuac.mx/mexico/posgrados

CURSO ONLINE • 42 HECSE

APLICACIÓN DEL MODELAJE PREDICTIVO (GML) EN EL PRICING DE SEGUROS NO VIDA (CON LENGUAJE R)

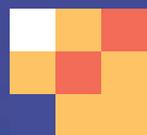
Actualízate capacitándote y **HABILITA TU EMPRESA** en una de la metodologías más utilizadas y mundialmente conocida para **EL PRINCING DE SEGUROS** (Generalized Linear Models y Machine Learning), con Lenguaje R

POTENCIA TU HOJA DE VIDA aumentando tus posibilidades de contratación y desarrollo profesional

Ponte a la vanguardia de las exigencias del **MERCADO ACTUAL INTERNACIONAL DE SEGUROS**



COLEGIO
NACIONAL
DE ACTUARIOS



Inicia 31/05/2021 | Duración 42 Horas | DÍAS Lunes, Miércoles y Viernes | Horarios 10 a 11 a.m.
Formato alternativo asincrónico

< AICHA >
(Consultoría de seguros)

Teléfono: 9933-42-34-06 • Correo: servicios.aicha@gmail.com

   @aichaconsultoria



Actuarios Opinando

**La importancia del
estudio del riesgo**



La importancia del estudio del riesgo

Adrián Álvarez Puente*, Yolanda Perdomo Jiménez†, Arturo Monroy Ballesteros‡, Alberto Moreno Ruíz-Esparza* y Martha Reyes Villa*,¹

*Universidad Anáhuac México, †SAM Asset Management en Banco Santander, ‡Banca de inversión y financiamiento estructurado del Grupo financiero Banorte

RESUMEN Administrar el riesgo es una labor fundamental en toda institución. Implica aprender los conocimientos esenciales para una correcta gestión además de una ética profesional intachable. Este trabajo pretende mostrar las habilidades, conocimientos y actitudes adquiridas por expertos para el correcto desempeño en el ámbito profesional como gestores de riesgo. Este trabajo está basado en una entrevista virtual organizada por Martha Reyes Villa, y moderada por Adrián Álvarez Puente, y aplicada a tres miembros de la primera generación de la Maestría en Riesgos de la Universidad Anáhuac México. La meta es brindar un enfoque práctico y frescos sobre problemas actuales (y otros no tanto).

Palabras clave

Maestría en
Riesgos
Experiencias
profesionales
Universidad
Anáhuac México

Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios
Última actualización del manuscrito: 6 de junio de 2021
Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.



1. INTRODUCCIÓN

El pasado mes de abril, en el marco de los eventos llevados a cabo de posgrado, la Universidad Anáhuac México organizó la Mesa redonda de la “Generación 1” de su Maestría en Riesgos. En la presentación virtual de este evento estuvieron presentes tres egresados de la primera generación del programa de la maestría en riesgo, abordaron temas de actualidad y compartieron sus experiencias en el ámbito profesional. Esto enriqueció a los invitados e interesados en ingresar al programa de posgrado de ese programa.

2. CONOCIMIENTOS COMPLEMENTARIOS PARA UN ENFOQUE PRÁCTICO DEL RIESGO DE LA PRIMERA GENERACIÓN

Como complemento a los conocimientos adquiridos en su licenciatura, los panelistas estudiaron la Maestría en Riesgos (que previamente se conocía como *Maestría en Métodos Cuantitativos en Finanzas*) para profundizar en la aplicación de la teoría y las técnicas de cuantificación del riesgo que estaban en la vanguardia en aquel entonces. Compartieron con los invitados los conceptos de avanzada que aprendieron después de sus estudios de licenciatura que marcaron una diferencia significativa en su aprendizaje.

En su mensaje, Yolanda Perdomo señaló que esos estudios le sirvieron para profundizar muchos de los aprendizajes técnicos de la licenciatura. Ejemplo de ello fueron los procesos estocásticos y los modelos que se utilizaban para valorar derivados. También dijo que, si bien eran conceptos nuevos en su momento, el mercado financiero Mexicano no estaba lo suficientemente desarrollado, y no había mucha regulación respecto a estos. Por esta razón se requerían profesionales capaces de valorarlos y con una perspectiva más profunda de los mismos.

Por su parte, Arturo Monroy, destacó que esa Maestría le aportó una visión mucho más práctica y aplicativa que la Licenciatura. Esto debido a que en la carrera se estudia mucha teoría y se dota a la mente de herramientas analíticas que pueden ser explotadas posteriormente en el ámbito laboral.

Para Alberto Moreno, los conocimientos relacionados con asignaturas como Series de tiempo y Análisis multivariado fueron relevantes, ya que desde el primer día de aprendizaje, dieron a sus compañeros y a él mismo ideas claras sobre cómo se aplicarían en el mundo laboral.

¹martha.reyes@anahuac.mx

3. TEMAS ESENCIALES PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS

Determinar cuáles son los temas fundamentales para una correcta administración del riesgo es una cuestión compleja porque las aplicaciones pueden ser muy diversas y no están únicamente relacionadas con pensiones o seguros. Los expertos abordaron los temas que consideran esenciales desde una perspectiva financiera, y comentaron que son aplicables en diversas circunstancias.

Todos los panelistas coincidieron en que determinar el impacto de las variables exógenas en ambos lados de las posiciones de activos y pasivos con la gestión y visualización con series de tiempo u otras técnicas es la parte medular de lo que se debe desarrollar en cualquier maestría como la de Riesgos.

Por su parte, Alberto Moreno, recaló que en la práctica, la habilidad de programar y saber hacer simulaciones entendiendo los fundamentos de procesos estocásticos y valuación, es un determinante para resolver la mayoría de las problemáticas y estudios que se hacen en el ámbito laboral. Mencionó además que aunque cambie el lenguaje de programación, los fundamentos siguen siendo los mismos muchos años después, por lo tanto, si una persona domina la teoría, le será posible determinar las variables exógenas que pueden causar afectaciones haciendo simulaciones.

4. TEMAS RELEVANTES ACORDE A LA EXPERIENCIA LABORAL

Con base en su experiencia laboral, y atendiendo a las inquietudes de los invitados, los ponentes hicieron énfasis en aquellas asignaturas que, posterior a su foguero laboral, permiten tener un mayor crecimiento dentro de las empresas e instituciones.

Concordaron que los temas de programación y software son básicos por lo que todo profesional debe saber utilizarlos y ser capaz de manejar los diversos lenguajes que se van desarrollando conforme se especializan las áreas de finanzas y estadística.

Adicionalmente, Alberto Moreno, comentó que “En el caso de nuestra generación no tuvimos la oportunidad de cursar materias electivas, por lo que ahora si pudiera, tomaría un perfil más orientado a negocios para complementar las parte técnica que es el tronco fundamental.”

En este sentido, Arturo Monroy, enfatizó que la revolución tecnológica ha traído consigo la aparición de una gran cantidad de nuevos instrumentos financieros que



requieren de una valuación más compleja de los habitual por lo que asignaturas como procesos estocásticos dotan a la persona que maneja la simulaciones de una herramienta muy potente, para valuar estos instrumentos y aportan información a sus pares.



5. IMPLEMENTACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS TECNOLÓGICO-FINANCIERAS

Gran parte de la formación de los estudiantes del programa en riesgos se centra en el manejo de las herramientas tecnológicas y financieras que más se usan en la actualidad. Parte del tema de discusión de los panelistas se centró en cómo ha evolucionado el uso de estas herramientas a la par de la teoría y conceptos que permiten manejarlas.

En su intervención, Arturo Monroy dijo: “Cuando estudié la maestría en 1997, ya usábamos Bloomberg y Reuters en las materias que cursábamos. Actualmente ya tienes muchos insumos de información con las nuevas plataformas y en la Maestría aprendes como usarlos para que te den resultados correctos. También debes saber manejar la metodología correcta para mitigar el riesgo o controlarlo por lo que debe existir esa conexión con estas herramientas para aplicar las materias de términos numéricos que estudies.”

Por su parte, Yolanda Perdomo señaló que en su trabajo están desarrollando productos nuevos para el área de Asset Management con un componente *quant* importante para el manejo de fondos por lo que hay un equipo detrás que para hacer las valuaciones de estos fondos. Este equipo implementa muchas de las herramientas que estudió en la Maestría en Riesgos. Gracias a eso pueden optimizar la volatilidad y hacer las valuaciones acertadamente. Reiteró que el primer día de tu trabajo puedes aplicar lo que aprendes, además de que el mercado financiero provee de más herramientas cuantitativas para hacer valuaciones.



6. ESTRATEGIAS PARA ESTUDIAR UN POSGRADO

Atendiendo las dudas de los participantes durante la sesión, se abrió un apartado de preguntas abiertas en el cual hubo una discusión sobre las diferentes opciones por las que es posible aspirar para cursar un posgrado y complementar los conocimientos de la licenciatura.

Las alternativas planteadas consistían en cursar un posgrado siendo estudiante de tiempo completo o laborando en una empresa y estudiando a un menor ritmo. Los panelistas comentaron su experiencia al respecto.

En su participación, Alberto Moreno mencionó que: “Depende mucho del área en la que trabajes. En mi caso, cuando yo comencé la Maestría, ya tenía dos años de haber terminado la carrera y desde el comienzo de las clases de finanzas sobre volatilidad me di cuenta de cómo aplicarla. Eso marcó una diferencia fuerte para modelar la valuación de la empresa en la que trabajaba. En mi caso, mi empleo me permitía costear la colegiatura así que la maestría era más aplicativa aunque si eres estudiante de tiempo completo puedes terminar más rápido tus estudios.”

En el caso de Arturo Monroy, la experiencia fue inversa. Él indicó: “estudié la Maestría un año después de culminar mis estudios de licenciatura. Yo trabajaba pero en un área distinta a finanzas por lo que la Maestría me demostró que el área en la que podía desempeñarme mejor eran finanzas. Todo depende de donde visualices tu pasión, es decir, que identifiques el área que te va a llamar la atención. Si las el trabajo y los estudios funcionan ya estando allí, puedes hacerlas al mismo tiempo.”

Por su parte, Yolanda Perdomo, dijo: “Mi experiencia fue combinada ya que estudiaba y trabajaba. Tenía un año de haber terminado la licenciatura, y dos de laborar en el medio. Después, estudié en Londres una maestría de tiempo completo, por lo que pasé de ser estudiante y empleado a ser sólo estudiante. Puedo decir que son experiencias diferentes. Trabajar y estudiar al mismo tiempo te ayuda a aplicar más rápido las materias que cursas ya que tienes la iniciativa de usar lo aprendido en tu trabajo. Cuando estudias de tiempo completo profundizas más en los temas porque no le dedicas tiempo al trabajo. Cada escenario tiene sus ventajas y desventajas así que depende del escenario en el que estés. En mi caso, la Maestría que cursé aquí era más cuantitativa, mientras que la del extranjero estaba más orientada a negocios. Sin embargo, las nuevas generaciones ya tienen esa posibilidad de enfoques combinados con la Maestría en Riesgos de la Anáhuac.”



7. EVOLUCIÓN DE LOS MERCADOS FINANCIEROS Y CAMBIOS EN LOS SUPUESTOS TEÓRICOS DETRÁS DE LOS MODELOS

El mercado financiero se vuelve cada vez más complejo con el paso de los años. La aparición de nuevos instrumentos, y la interconexión global requieren la adaptación de los fundamentos estadísticos y computacionales en la administración del riesgo. Reiterando la importancia de entender y conocer las bases sólidas tras los modelos los panelistas brindaron sus comentarios al respecto.

En su participación, Alberto Moreno dijo: “Hay dos razones importantes; una desde la parte estadística y otra financiera. Los modelos no son leyes sino aproximaciones a la realidad dependiendo del punto de vista desde el que se esté abordando. En el caso de Black-Scholes, hablamos de un modelo elaborado por economistas que tiene casi 50 años. El premio Nobel se les otorgó casi 25 años después de publicar la fórmula, en parte por el volumen que induce al mercado tener un modelo en el que estaban de acuerdo los que lo usaban. Esto no quiere decir que el mundo se adaptara a ese modelo, sino que ese modelo trataba de explicar el mundo. Ese modelo tiene dos fundamentos importantes: uno es la hipótesis de mercados eficientes y completos que sustenta el poder realizar un δ -Hedge (lo que origina la fórmula de Black-Scholes), y el otro supuesto es que la distribución de los rendimientos es log-normal. La realidad es que, ni el mundo tiene un comportamiento log-normal, ni el mercado es eficiente o completo. Pero se trata de aproximar de esa forma. Desde la perspectiva económica el modelo continúa siendo un planteamiento fuerte aunque si se analiza desde el punto de vista estadístico no cumple los supuestos en la práctica. Hay que vivir sabiendo que los modelos son una aproximación de la realidad por lo que los conceptos básicos que asumimos deben ir de la mano con un juicio de negocio para ver qué supuestos usamos en un modelo.”

En este sentido Arturo Monroy enfatizó que: “los mo-

delos son herramientas que te ayudan a mitigar y controlar pero no son perfectos. Todavía no tenemos una bola de cristal para predecir valores de los activos futuros. Son herramientas que te permiten disminuir la brecha de las estimaciones. A pesar de lo anterior, aunque tu modelo indique un resultado, el mercado en última instancia es el precio real a comprar o vender independientemente de lo que diga el modelo. Los fundamentales son importantes aunque no debes utilizar siempre los mismos, debes usar aquellos que reduzcan la incertidumbre en un límite aceptable. Al final son herramientas, si no las tuviéramos careceríamos del control necesario.”

8. ELEMENTOS DISTINTIVOS DE LA MAESTRÍA EN RIESGOS

Parte de las preguntas realizadas al panel consistieron en distinguir aquellos elementos distintivos de la maestría en la Anáhuac. Entre los principales, los panelistas indicaron que la sólida formación de los planes de estudio y los estándares de práctica profesional en sus estudios les permitieron resalta en el ámbito laboral.

Yolanda Perdomo, en su mediación, habló respecto al tema: “La formación técnica obtenida en la Licenciatura y en la Maestría fue muy sólida, ya que en toda mi trayectoria profesional no he tenido problemas para entender las cosas nuevas que surgen día a día. Como el medio financiero es cambiante, la capacidad analítica y las herramientas que te da la maestría te permiten adaptarte al mundo conforme va cambiando, es decir, a reinventarte. La formación y la calidad humana de los alumnos que egresan de la universidad son distintivas en el medio laboral. Esto es muy valioso porque las decisiones que tomamos en los negocios que implican un componente humano las hacen más acertadas.”

Aportando al punto anterior, Alberto Moreno, señaló que: “El elemento distintivo en conocimientos es poder interactuar y cursar materias de otras facultades dentro de la universidad y conocer diferentes perfiles. Otro elemento es precisamente el factor no explícito dentro del temario que te motiva a ser estudiante Anáhuac ya que la calidad de personas con las que uno se relaciona y la forma en la que uno lo hace es de alta importancia.”

9. CRECIMIENTO PERSONAL AL PAR DEL CONOCIMIENTO

En el proceso de ampliación del conocimiento todo profesional evoluciona en diferentes aspectos como lo personal, individual e intelectual y tiene que enfrentar



estos cambios. Según la experiencia de los ponentes, el estudiar a fondo la administración de riesgos tuvo un impacto en el aspecto personal.

En su presentación, Arturo Monroy dijo que: “el factor clave es la actitud con la que enfrentas los cambios. La contribución principal de la Maestría es entender cuál es la mejor actitud. De hecho, los modelos de riesgos se aplican a la actitud misma, ya que en la medida que haces más estrechos esos Outcomes de la actitud que puedes tomar, terminas cursando un camino poco escabroso si adoptas la actitud correcta, que en este caso es disfrutar y ser feliz en lo que haces viendo el lado divertido de las cosas. En lo particular si nos preguntan, nuestras carreras profesionales han sido muy divertidas. Nos divertimos mucho haciendo lo que hemos hecho. Esa es la actitud con la que hemos enfrentado muchos cambios.”

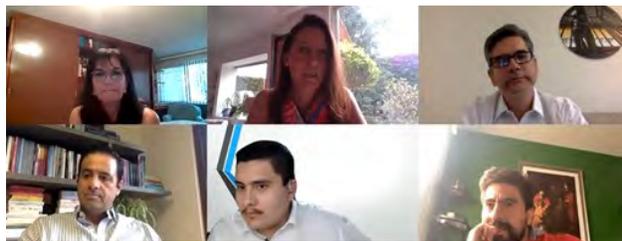
Alberto Moreno, en su ponencia señaló que: “Yo pienso en dos dimensiones que aportaron en la parte personal. En la primera en lo profesional las herramientas que adquirí me permitieron tener confianza al momento de conocer a otros profesionales altamente especializados ya que entendía sobre los temas que manejaban. La seguridad que me daba el saber que estaba al nivel de un profesionista muy competente de otro país me brindó una herramienta técnica que incentivó en mí la mejora continua, ya que hay que actualizarse. Además tener conocimientos técnicos me permitió estar cerca de las personas que discutían los temas importantes en la empresa y tomaban las decisiones. Esto te permite entender las partes del negocio que no son técnicas, como son las posturas y las negociaciones. El segundo aspecto es que en mi grupo de maestría se encontraba mi esposa, con la que compartí clases además de que sigo viendo a mis amigos por la estrecha amistad que tenemos.”

10. ELEMENTOS CLAVE EN EL DESEMPEÑO PROFESIONAL PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO

Estudiar un posgrado influye en el crecimiento del profesionista aunque también existen factores que incentivan la mejora continua en la práctica profesional. Al respecto los ponentes explicaron cuales consideran que fueron los factores que en conjunción con sus estudios les permitieron desarrollarse como expertos en el riesgo.

En su intervención, Alberto Moreno destacó que: “Un libro muy interesante es el de Outliers porque describe el patrón de las personas que logran cosas extraordinarias y se atribuye a tres factores que son: ventaja, suerte y esfuerzo. En mi caso, en la carrera y la maestría la capacidad de esforzarme y concentrarme por muchas horas me dio una ventaja. Debes de pensar más inteligente y trabajar más duro en un problema para poder resolverlo. Además tener la ventaja técnica de entender las cosas contribuyó mucho en mi desarrollo laboral. La suerte tiene que ver con quienes te juntas, principalmente debes trabajar con personas buenas e inteligentes.”

En este sentido, Yolanda Perdomo enfatizó que: “En mi caso trabajar duro me ayudó mucho. Relacionarme con personas que tenían un nivel elevado en las instituciones me permitió tener un enfoque más estratégico. Para mí fue prioridad trabajar con personas honestas y esas son las cosas que se te inculcan en la universidad. Otro factor que me ayudó mucho fue pensar de forma creativa ya que caer en una rutina o zona de confort puede ser peligroso, no hay que tener miedo de tomar riesgo e iniciativa porque desde la perspectiva profesional se deben realizar propuestas e ideas nuevas. Además trabajar en un medio predominante de hombres implicaba que tenía que trabajar el triple sin embargo, actualmente eso ha cambiado mucho ya que las empresas tienen un enfoque distinto.”



11. CONCLUSIONES

Al cierre del evento, los panelistas señalaron que la administración del riesgo tiene la finalidad de estar al servicio de los demás y busca proveer de las mejores decisiones que se puedan tomar ante posibles contingencias. Con base en la experiencia, los estudios, trabajo y la discusión, podemos concluir que entre las habilidades y conocimientos esenciales para un buen desempeño como administrador de riesgos se encuentran:

- Una ética profesional de alto nivel.
- Conocimientos profundos sobre modelos y fundamentos estadísticos y económicos.
- Formación sólida en el uso de software y lenguajes de programación a la vanguardia de la innovación financiera.
- Entendimiento del negocio y estructura de la empresa en la que se labora.
- Creatividad y actitud positiva y propositiva ante eventos fortuitos.
- Empeño el esfuerzo y dedicación al trabajo.
- Adopción de principios y valores rectores en el ámbito laboral.



Adrián Álvarez Puente es licenciado en Actuaría y en Ingeniería Financiera por la Universidad Anáhuac México y se desempeña ahí como asistente de docencia y de investigación. Cuenta con los exámenes P y FM de la Society of actuaries, y el First

Certificate in English por Cambridge. Ganó dos olimpiadas de Matemáticas a nivel Nacional, ha desarrollado varias calculadoras disponibles en Internet y está trabajando en la publicación de un manual para la elaboración de tablas de distribuciones de probabilidad.



Yolanda Perdomo Jiménez es egresada de la licenciatura de Actuaría en la Universidad Anáhuac México y de la Maestría en Finanzas de la London Business School. Su trayectoria profesional ha sido principalmente en el medio financiero. Actualmente es Directora de Inteligencia de Mercado en

SAM Asset Management en Banco Santander, en donde además de realizar análisis del mercado de Asset Management, participa en el desarrollo de nuevos

productos y en diversos proyectos estratégicos. Ha estado involucrada en varios proyectos innovadores relacionados con temas ESG, modelos de propensión de inversiones, fondos gestionados con modelos cuantitativos y Future Wealth, entre otros. Ha trabajado en diferentes áreas de Banco Santander, la mayoría relacionadas con inversiones. Previamente trabajó en la CNBV en un proyecto de medición de riesgo de crédito y en Nacional Financiera en diferentes áreas de Banca de Inversión.



Arturo Monroy Ballesteros es Actuario y Maestro en Métodos cuantitativos en Finanzas, ambos por la Universidad Anáhuac México. También es miembro de la Society of Actuaries de E.U.A y de la Casualty Actuarial Society de Canadá, hizo el programa de alta dirección del IPADE, cursó estudios de posgrado en la escuela de negocios de Wharton

en la Universidad de Pensilvania y diversos estudios en Banca de Inversión y Administración de Riesgos en el New York Institute of Finance, y en el Banco Nacional de Desenvolvimento Económico e Social en Brasil. Actualmente es el Director general adjunto de Banca de inversión y financiamiento estructurado del Grupo financiero Banorte donde tiene a su cargo las áreas de Debt Capital Markets, Equity Capital Markets, y M& A, así como el diseño, la estructuración y otorgamiento de créditos estructurados para el financiamiento de infraestructura, centros comerciales y asociaciones público privada. Ha participado en la colocación de un sinnúmero de emisiones en los mercados locales e internacionales tanto de deuda, capital, fibras y CKDs, asimismo ha estado involucrado en las operaciones de compra-venta de empresas como Fianzas Banorte, Ixe Grupo Financiero, Afore Bancomer, entre otras. Además ha sido académico de su alma mater y conferencista en diversos paneles nacionales e internacionales.



Alberto Moreno Ruíz Esparza es Actuario y Maestro en Métodos Matemáticos en Finanzas por la Universidad Anáhuac México, en donde ha sido docente desde 1995. Es Director de la Facultad de Ciencias Actuariales de la Universidad Anáhuac México desde 2019. Desde 2004 hasta

2019 fue Director Ejecutivo y Socio Fundador del Fon-



do de Capital Privado Discovery Americas. Anteriormente fue Director de Banca de Inversión en Multivalores Casa de Bolsa, Director de Tesorería Internacional en Interacciones Casa de Bolsa y Director de Financiamiento de Proyectos en la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Ha sido miembro del consejo de administración de Volaris, Grupo Traxión, Médica Sur, Hospitales H+, Grupo Kipling, AMCO, Merited y Más Air, entre otras empresas.



Martha Reyes Villa es Ingeniera en Cibernética y Ciencias de la Computación por la Universidad La Salle. Maestría en Ciencias de Ingeniería por la Universidad Anáhuac México Sur. Profesora universitaria: Universidad Anáhuac México Sur, Universidad La Salle y Universidad

Panamericana. Coordinadora de la Maestría en Administración de Riesgos y de los programas de Educación Continua.



Actuaría & Finanzas

www.actuariayfinanzas.net

VALUACIONES
ACTUARIALES DE
PASIVOS LABORALES

NIF D-3
IFRS-IAS 19
ASC 712 - ASC 715

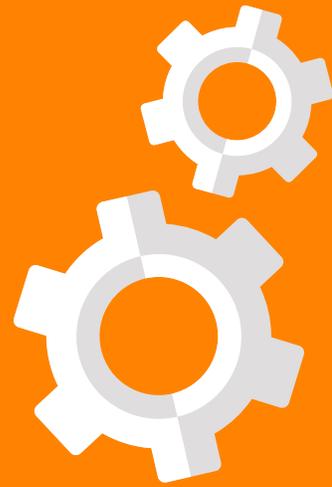


Silver
Business
Partner





Anáhuac
México



JORNADAS DE ACTUARIZACIÓN



Facultad de
Ciencias Actuariales

El objetivo de las Jornadas de Actuarización es ofrecer al gremio Actuarial Mexicano un foro vivo de discusión sobre temas relevantes de actualidad, mientras que facilitamos para ellos la validación de Horas de Educación Continua, y por ende, la colaboración de los miembros del CONAC nos resulta esencial para lograr nuestro cometido.

Nos reunimos el tercer miércoles de cada mes en horario por confirmar. Cada hora Jornada de Actuarización da una Hora de Educación Continua para los miembros certificados del CONAC.

| FECHA | EXPOSITOR | ADSCRIPCIÓN | TÍTULO DE LA CHARLA |
|-----------------|--------------------------------------|--|--|
| Julio 2021 | Act. Joaquín Manuel Rangel Contreras | Socio Director en Altersyp | Hablemos de Seguros. Una experiencia en telecomunicaciones |
| Agosto 2021 | Dra. Denise Gómez Hernández | Investigadora en la Universidad Autónoma de Querétaro | Tropicalización Mexicana de Planes internacionales de Contribución Definida |
| Septiembre 2021 | Dra. Carmen Geraldí Higuera Chan | Investigadora en la Universidad de Sonora | Aplicaciones de control estocástico bajo ambigüedad |
| Octubre 2021 | Dr. Héctor Jasso Fuentes | Jefe del Departamento de Matemáticas del CINVESTAV | Introducción a la Teoría del Control Óptimo |
| Noviembre 2021 | Dra. Mercedes Gregorio Domínguez | Jefa del Departamento de Actuaría y Estadística del ITAM | Por definir |
| Diciembre 2021 | Mtro. Juan Carlos Toxqui López | Secretario Académico en la Universidad La Salle México | La educación universitaria en negocios desde el punto de vista actuarial |

Ética y Conducta Actuarial

JUNIO 11 DE 9:00 A 13:00 HORAS

PLATAFORMA ZOOM

LC, CIE-AF, RODOLFO ACOSTA SANDOVAL

ETHICS

VALUES

INTEGRITY

ACCOUNTABILITY

PRINCIPLES

**MIEMBROS CONAC
4 HECSE DE
NORMATIVIDAD**



55 8187 2007



capacitacion@acrglobal.com.mx



www.acrglobal.com.mx

Actuarios Trabajando

**Calibración de modelos
estocásticos para series de
precios y de tasas de interés**



Calibración de modelos estocásticos para series de precios y de tasas de interés

Antonio Ruiz Morán*,¹

*Facultad de Ciencias Actariales de la Universidad Anáhuac México.

RESUMEN En esta investigación, se desarrollan las bases de una metodología numérica basada en el método Euler-Maruyama que nos permitan resolver ecuaciones diferenciales estocásticas y realizar pronósticos de series financieras basadas en dichas expresiones. El desarrollo de esta metodología se aplica a cuatro casos particulares del proceso de Ito, pero las bases principales que se presentan de esta en la investigación son: El uso del método Euler-Maruyama para la obtención aproximada de las propiedades del proceso estocástico que soluciona la respectiva ecuación diferencial estocástica que se usa para modelar la serie en estudio, el diseño de estimadores que funcionen para calibrar adecuadamente respecto a la historia de una serie los parámetros de cada proceso estocástico y la comprobación de la precisión de los pronósticos que estos procesos estocásticos son capaces de dar.

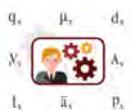
Palabras clave

Euler-Maruyama
Máxima Verosimi-
litud
Mínimos Cuadra-
dos

Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios

Última actualización del manuscrito: 27 de mayo de 2021

Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.



1. INTRODUCCIÓN: EL MERCADO COMO UN SISTEMA ESTOCÁSTICO

Dentro de los mercados financieros, muchas veces se presentan además de ciertas tendencias determinables, comportamientos aparentemente aleatorios. Y es por ello que una forma de comprender el mercado es como un sistema estocástico; es decir, como un sistema cuyo estado o situación futura es incierta ya que está determinada no solo por elementos predecibles, sino también por elementos del azar. En ciertas ocasiones, la fuerza del azar en el mercado se ve más influyente que los aspectos deterministas del mismo, o viceversa. Pero es claro que, debido a la naturaleza incierta del mercado, siempre existe un factor de riesgo o incertidumbre respecto al futuro que afecta a todos los inversionistas que participan en este. Especialmente porque las riquezas y recursos están influenciadas en gran parte tanto por el estado actual del mercado como por los estados futuros que éste tendrá. Por esa razón, desarrollar una descripción matemática y estadística no solo de cómo se han comportado los activos del mercado, sino de cómo se comportarán, ha sido de gran interés en muchas áreas y actividades de economía y finanzas; como la valuación de derivados financieros, el desarrollo de estrategias financieras, el análisis de mercados y demás. Y de esta problemática han nacido nuevos ramos, ideas y modelos de la probabilidad aplicadas a las finanzas, como lo que es el tema central de este proyecto; los modelos de Ito planteados como ecuaciones diferenciales estocásticas.

2. PROCESOS DE ITO Y ECUACIONES DIFERENCIALES ESTOCÁSTICAS

Las ecuaciones diferenciales estocásticas en palabras sencillas son aquellas que describen como se dan los cambios instantáneos en un proceso estocástico, de tal manera que las soluciones de estas consisten justamente en procesos estocásticos que siguen dichos cambios a lo largo del tiempo. Los ejemplos más utilizados y conocidos son los "Procesos de Ito", cuya forma general de la ecuación es:

$$dX_t = a(X_t)dt + b(X_t, t)dW_t.$$

Dependiendo de las funciones $a()$, $b()$, se encuentran varios casos particulares de procesos estocásticos. Pero más específicamente, esta investigación se centra en comprender la utilidad de cuatro casos derivados para describir, pronosticar y entender series de precios y de tasas de interés. Como los siguientes:

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t,$$

¹Autor de correspondencia: arm5121998@gmail.com.

$$dX_t = -\theta X_t dt + \sigma dW_t,$$

$$dR_t = a(b - R_t)dt + \sigma dW_t,$$

$$dR_t = a(b - R_t)dt + \sigma \sqrt{R_t} dW_t.$$

Todos estos explican que el comportamiento del mercado tiene una tendencia y una fuerza aleatoria cuyos cambios a lo largo del tiempo se representan con las variables aleatorias de un proceso de Wiener $W_t \sim N(0, t)$. Pero para su aplicación, es necesario primero resolver las ecuaciones diferenciales estocásticas y calibrar los parámetros de los procesos que solucionan dichas ecuaciones.

3. EL MÉTODO EULER-MARUYAMA

El método Euler-Maruyama explica que se puede generar una trayectoria en un intervalo definido de tiempo $[0, T]$ del proceso estocástico $\{X_t; t \geq 0\}$ que soluciona la ecuación diferencial estocástica dada una condición inicial:

$$dX_t = a(X_t, t)dt + b(X_t, t)dW_t; X_{t_0} = x_0. \quad (1)$$

A través de una discretización de los cambios instantáneos descritos por (1). Eso es, representando a dt como $\Delta t = \frac{T}{N}$ con $N \rightarrow \infty$, se divide el intervalo $[0, T]$ en particiones equidistantes casi instantáneos $t_0 = 0, t_1 = \Delta t, \dots, t_N = T$, y así también, interpretando a dX_t como $\Delta X_t = X_{t_{h+1}} - X_{t_h}$ y a dW_t como $\Delta W_t = W_{t_{h+1}} - W_{t_h}$ con $h = 0, 1, \dots, N - 1$. Gracias a las propiedades del proceso de Wiener, se puede interpretar a dW_t como una variable aleatoria normal con parámetros $N(0, dt)$. De esa manera, se crea una trayectoria aproximada del proceso que soluciona la ecuación diferencial estocástica respectiva a través de la siguiente fórmula recursiva:

$$X_{t_{h+1}} = X_{t_h} + a(X_{t_h}, t_h)\Delta t + b(X_{t_h}, t_h)\sqrt{\Delta t}\epsilon_{t_h}$$

con $h = 0, 1, \dots, N - 1$.

Donde $X_{t_0} = x_0$ y además el conjunto $\{\epsilon_{t_h}; h = 0, 1, \dots, (N - 1)\}$ son variables aleatorias normales estándar independientes entre sí. Así el algoritmo para simular cualquier proceso de Ito puede ser descrita por el pseudocódigo presentado en la Figura 1.

De esa manera, con parámetros $\bar{\theta}$ y pasos del tiempo definidos Δt se puede simular una trayectoria o realización del proceso estocástico de Ito descrito por cada ecuación diferencial estocástica. Lo común es manejar



```

Inicio Algoritmo "Método de Euler – Maruyama sobre un Proceso de Ito"
Mostrar "Dar el valor de los parámetros"
Leer  $\theta$ 
Mostrar "Dar el valor inicial del proceso"
Leer  $X_0$ 
Mostrar "Dar la cota superior del tiempo de simulación"
Leer  $T$ 
Mostrar "Dar el número de subintervalos del proceso"
Leer  $N$ 
Dimensión  $X[N + 1]$ 
Dimensión  $z[N]$ 
 $\Delta t = \frac{T}{N}$ 
 $X(1) = X_0$ 
Para  $i = 1$  Hasta  $N$  Con paso 1 Hacer:
 $z(i) = \text{Generar\_Normal}(\text{media} = 0, \text{desviación} = 1)$ 
 $X(i + 1) = X(i) + a[X(i), (i - 1)\Delta t]\Delta t + b[X(i), (i - 1)\Delta t]\sqrt{\Delta t}z(i)$ 
Fin Para
Escribir  $X$ 
Fin Algoritmo

```

Figura 1 Pseudocódigo general del método Euler-Maruyama para cualquier proceso de Ito

el tiempo en años y los pasos de manera diaria; es decir, $\Delta t = \frac{1}{365} \approx 0,0027397$. Pero para conocer de manera más completa la solución de las ecuaciones diferenciales estocásticas, se requiere realizar más de una sola trayectoria de los procesos estocásticos que solucionan a sus respectivas ecuaciones, ya que al realizar M trayectorias diferentes de cada proceso, obtenemos un total de M observaciones en cada punto del tiempo t_h con $h = 0, 1, 2, \dots, N$. En otras palabras, al realizar M trayectorias $\{X_{t_h}^{(1)}; h = 0, 1, \dots, N\}, \{X_{t_h}^{(2)}; h = 0, 1, \dots, N\}, \dots, \{X_{t_h}^{(M)}; h = 0, 1, \dots, N\}$, entonces se obtiene de cada trayectoria un total de $N + 1$ muestras de M observaciones independientes e idénticamente distribuidas de las variables aleatorias $X_{t_0}, X_{t_1}, \dots, X_{t_N}$ respectivamente, así que el conjunto $\{X_{t_h}^{(j)}; j = 1, 2, \dots, M\}$ es lo que representa la distribución aproximada en el momento t_h del proceso estocástico que soluciona la ecuación diferencial estocástica.

Con M trayectorias diferentes se puede estimar rasgos fundamentales del proceso como la función media $E(X_{t_h})$ y la función varianza $Var(X_{t_h})$ respectivamente usando los estimadores:

$$\mu_{\hat{X}_{t_h}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_{t_h}^{(i)}, \quad (2)$$

$$\sigma_{\hat{X}_{t_h}}^2 = \frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (X_{t_h}^{(i)} - \mu_{\hat{X}_{t_h}})^2. \quad (3)$$

Las cuáles son las que nos permiten crear estimaciones puntuales e intervalos con cierta margen de seguridad sobre el futuro.

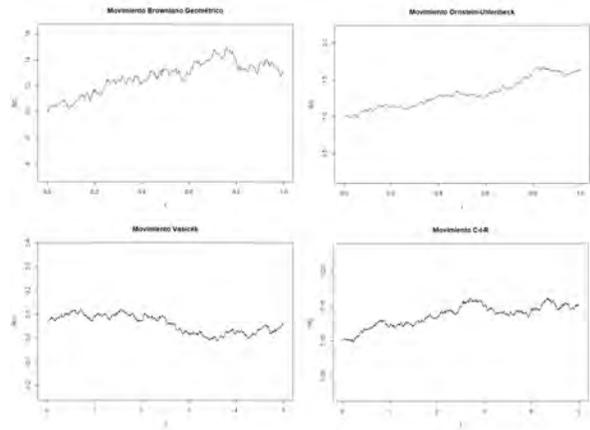


Figura 2 Trayectoria resultante al aplicar el método Euler Maruyama en cada una de las cuatro ecuaciones diferenciales estocásticas o procesos de Ito estudiados a un paso de tiempo $\Delta t = \frac{1}{365}$

Precisión del Método Euler-Maruyama para Pronósticos Puntuales

Sin embargo, para que los pronósticos basados en los estimadores descritos por (2) y (3) funcionen correctamente, es claro que la función media estimada debe dar una aproximación con un cierto margen aceptable de error de acuerdo a los verdaderos valores de la función media real. Ese margen de error depende principalmente del número de simulaciones que se realizan M , ya que cuanto más simulaciones se realizan, hay mayor precisión. Pero otros factores que influye en esto es la función varianza $Var(X_{t_h})$ a lo largo del periodo que se desea pronosticar $[0, T]$, ya que conforme este es mayor, menos preciso es el promedio muestral. Como en cada uno de estos casos particulares la función varianza $Var(X_{t_h})$ es creciente de acuerdo al tiempo, entonces un horizonte temporal de pronóstico T requiere un mayor número de simulaciones M para garantizar una precisión mínima. En la Figura 3 presentamos una comprobación de los errores absolutos relativos de cada uno de los estimadores en el caso particular del movimiento browniano geométrico, donde se puede notar que a mayor volatilidad σ y mayor horizonte temporal T , el error del estimador de la función media es mayor.

Para buscar una forma de calcular el número de simulaciones M_{t_h} que garanticen una precisión mínima del estimador de la función media $\mu_{\hat{X}_{t_h}}$ en el respectivo

momento del tiempo t_h , se puede utilizar el resultado del "Teorema Central del Límite" que explica que este estadístico se aproxima en distribución al de una variable aleatoria normal estándar, es decir:

$$\frac{\frac{1}{M_h} \sum_{i=1}^{M_h} X_{t_h}^{(i)} - E(X_{t_h})}{\frac{\sqrt{\text{Var}(X_{t_h})}}{\sqrt{M_h}}} \rightarrow N(0, 1).$$

Con una seguridad de $1 - \alpha$, se crea un intervalo con el estimador de la función media $\mu_{\hat{X}_{t_h}}$ que contenga el valor verdadero $E(X_{t_h})$ en el respectivo momento t_h con percentiles de $\alpha/2$ de la distribución normal estándar.

$$P\left(\frac{1}{M_h} \sum_{i=1}^{M_h} X_{t_h}^{(i)} - \frac{z_{\alpha/2} \sqrt{\text{Var}(X_{t_h})}}{M_h} \leq E(X_{t_h}) \leq \frac{1}{M_h} \sum_{i=1}^{M_h} X_{t_h}^{(i)} + \frac{z_{\alpha/2} \sqrt{\text{Var}(X_{t_h})}}{M_h}\right) \approx 1 - \alpha.$$

Definimos como margen de error ϵ al tamaño del intervalo que es creado alrededor del verdadero valor de la función media:

$$\frac{2z_{\alpha/2} \sqrt{\text{Var}(X_{t_h})}}{\sqrt{M_h}}.$$

Despejando de esta expresión la variable de interés, se obtiene una forma de calcular el número de simulaciones requerido en cada momento t_h para garantizar una precisión mínima:

$$M_h = \frac{4z_{\alpha/2}^2 \text{Var}(X_{t_h})}{\epsilon^2}.$$

Debido a que M_h debe ser un número entero, lo que se suele hacer es redondear la expresión hacia arriba con la función techo. Sin embargo esta expresión presenta principalmente dos inconvenientes:

1. Indica variación en el número de simulaciones a lo largo y de acuerdo al tiempo, cuando claramente es deseable buscar un número fijo de trayectorias a simular M sin importar el tiempo.

2. Para propósitos de esta metodología, es necesario asumir que la raíz de la función variancia es desconocido para cada instante interés t_h , ya que los parámetros de

| $ \hat{\mu}_{X_t} - \mu_{X_t} $ | | σ | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| μ_{X_t} | | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% | 30% | 35% | 40% | 45% | 50% |
| T | 1 | 0.2025% | 0.3631% | 0.5900% | 0.8181% | 0.9959% | 1.2499% | 1.3180% | 1.5099% | 1.6973% | 2.0022% |
| | 1.5 | 0.2790% | 0.4665% | 0.7434% | 0.9997% | 1.2546% | 1.4470% | 1.7000% | 1.9791% | 2.4343% | 2.6459% |
| | 2 | 0.3176% | 0.5014% | 0.6907% | 1.1501% | 1.3113% | 1.5437% | 1.9907% | 2.2820% | 2.7977% | 3.2010% |
| | 2.5 | 0.3570% | 0.6144% | 0.9762% | 1.2461% | 1.5931% | 1.9536% | 2.3537% | 2.5369% | 3.0489% | 3.5020% |
| | 3 | 0.3988% | 0.7717% | 1.0326% | 1.4739% | 1.8079% | 2.2208% | 2.5539% | 3.2099% | 3.4712% | 4.2399% |
| | 3.5 | 0.4316% | 0.7509% | 1.1539% | 1.3830% | 1.9619% | 2.4137% | 2.8066% | 3.4688% | 3.9173% | 4.6760% |
| | 4 | 0.4442% | 0.6909% | 1.2120% | 1.5434% | 2.0020% | 2.5210% | 3.1407% | 3.6735% | 4.3128% | 5.1259% |
| | 4.5 | 0.5239% | 0.6427% | 1.3653% | 1.6991% | 2.1908% | 2.7826% | 3.1739% | 3.8110% | 4.5183% | 5.4409% |
| | 5 | 0.5462% | 0.9019% | 1.3403% | 1.8479% | 2.3105% | 2.8283% | 3.4033% | 4.1470% | 4.9393% | 5.9445% |
| | $ \hat{\sigma}_{X_t} - \sigma_{X_t} $ | | σ | | | | | | | | |
| σ_{X_t} | | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% | 30% | 35% | 40% | 45% | 50% |
| T | 1 | 5.0873% | 5.1654% | 5.0930% | 5.2492% | 5.1652% | 5.3618% | 5.8807% | 5.9255% | 6.1021% | 6.4142% |
| | 1.5 | 5.1530% | 5.1342% | 4.9999% | 5.4449% | 5.4307% | 5.8973% | 5.9209% | 6.3629% | 7.0099% | 8.2451% |
| | 2 | 5.0754% | 5.1120% | 5.1783% | 5.6281% | 6.0143% | 6.1731% | 7.0302% | 7.6189% | 8.2611% | 10.0432% |
| | 2.5 | 5.3146% | 5.0800% | 5.1468% | 6.0319% | 6.1701% | 6.6379% | 7.4446% | 7.9389% | 9.3059% | 11.2319% |
| | 3 | 5.2278% | 5.4163% | 5.4179% | 6.9124% | 6.2866% | 7.0374% | 6.1630% | 6.7111% | 10.3039% | 13.0328% |
| | 3.5 | 5.2022% | 5.7211% | 5.3935% | 5.8182% | 6.6521% | 7.0228% | 9.0871% | 11.0729% | 12.1233% | 14.2162% |
| | 4 | 5.1625% | 5.2305% | 5.6647% | 6.3604% | 7.2214% | 7.8045% | 9.6775% | 10.4329% | 13.5397% | 16.1274% |
| | 4.5 | 5.4334% | 5.5019% | 5.6280% | 6.5105% | 7.3507% | 8.6913% | 11.1523% | 12.5056% | 15.6371% | 20.7814% |
| | 5 | 5.5499% | 5.4733% | 5.6712% | 6.5911% | 7.3941% | 8.8029% | 12.3066% | 15.2799% | 18.8807% | 23.8038% |

Figura 3 Promedios del máximo error relativo en el intervalo $[0, T]$ respecto al valor verdadero de la función media y la función desviación usando los estimadores mencionados $\mu_{\hat{X}_{t_h}}$ y $\sigma_{\hat{X}_{t_h}}$ respectivamente a diferentes plazos T y valores de σ en el caso particular del movimiento browniano geométrico



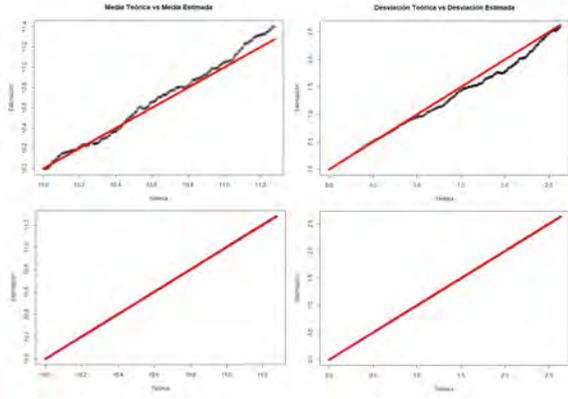


Figura 4 Gráficos de comparación entre los valores de la función media y la función desviación teóricas con las estimadas, en el que se puede notar como al aumentar el número de simulaciones M , la precisión de estos es mayor, así que se puede determinar un número de simulaciones M que con una confianza de $1 - \alpha$ garanticen un margen de error aceptable.

cada proceso también son desconocidos.

La forma más lógica de resolver el primer inconveniente es simplemente usando el máximo con respecto al tiempo, es decir:

$$M = \max\{\lceil M_h \rceil; h = 0, 1, 2, \dots, N\}.$$

Pero esta expresión se simplifica si recordamos que la función varianza en cada uno de estos procesos de Ito analizados es creciente respecto al tiempo, de tal manera que la varianza siempre es mayor en el horizonte de tiempo del pronóstico T , esto es:

$$M = \frac{4z_{\alpha/2}^2 \text{Var}(X_T)}{\epsilon^2}.$$

Y aunque la función varianza del proceso es desconocida para propósitos de esta metodología, lo que se suele hacer es reemplazar esta por el estimador de la varianza insesgada que es calculada a partir de una cantidad de simulaciones mínima R que se confía da la suficiente precisión como para manejarla como el verdadero valor. Así entonces, este número de simulaciones que buscamos, considerando que $M > R$, es la descrita por la siguiente ecuación:



$$M = \frac{4z_{\alpha/2}^2 \frac{\sum_{i=1}^R (X_T^{(i)} - \mu_{\hat{X}_T})^2}{R-1}}{\epsilon^2}. \quad (4)$$

(4) representa el número mínimo de simulaciones M que se requiere para asegurar una precisión con confianza de $1 - \alpha$ del estimador de la función media, la cuál es la mejor estimación puntual del futuro de una serie financiera.

Pronósticos Puntuales e Intervalos de Confianza

Una vez que se conocen las propiedades de los procesos y se confía que las estimaciones realizadas son lo suficientemente precisas, se pueden realizar pronósticos tanto puntuales como en intervalos de tal manera que garanticen un nivel de confianza de $1 - \alpha$ aproximadamente. La idea por consiguiente es definir dos cotas de un intervalo en cada momento t_h del futuro de la serie estocástica; uno superior u_{t_h} y uno inferior l_{t_h} , de tal manera que se cumpla en toda $h = 0, 1, \dots, N$ lo siguiente:

$$P(l_{t_h} \leq X_{t_h} \leq u_{t_h}) \approx 1 - \alpha.$$

Estas cotas se pueden representar como función de los estimadores analizados previamente de la siguiente manera:

$$l_{t_h} = \mu_{\hat{X}_{t_h}} - k_h \sigma_{\hat{X}_{t_h}}.$$

$$u_{t_h} = \mu_{\hat{X}_{t_h}} + k_h \sigma_{\hat{X}_{t_h}}.$$

Así que el detalle es estimar de manera numérica el número de desviaciones k_h para el cual aproximamos que la probabilidad sea aproximada. Un resultado de la teoría de probabilidad que facilita esta búsqueda es la "Desigualdad de Chebyshev", que enuncia que para cualquier variable aleatoria X_{t_h} se cumple que:

$$P(\mu_{X_{t_h}} - k_h \sigma_{X_{t_h}} \leq X_{t_h} \leq \mu_{X_{t_h}} + k_h \sigma_{X_{t_h}}) \geq 1 - \frac{1}{k_h^2}.$$

Por supuesto, para fines de aproximación, manejamos los estimadores de la función varianza y la función media como los valores verdaderos de la media y varianza respectivamente y así aprovechar el resultado de Chebyshev. Porque gracias a este resultado, este nos indica un intervalo de donde se ubica ese número de desviaciones k_h que deseamos. Este intervalo es:

$$k_h \in (0, \sqrt{\frac{1}{\alpha}}).$$

Así por ejemplo, para buscar el número de desviaciones requeridas para crear un intervalo de 0.95 de confianza, se puede buscar dentro del intervalo de $(0, 2\sqrt{5})$. Pero por supuesto, también se requiere en base a las simulaciones estimar las probabilidades, las cuáles se pueden realizar mediante la diferencia de funciones de distribución empíricas acumuladas; es decir, con el siguiente estimador:

$$\begin{aligned} & \hat{F}_{X_{t_h}}(b) - \hat{F}_{X_{t_h}}(a) \\ &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_{(-\infty, b]}(X_{t_h}^{(i)}) - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_{(-\infty, a]}(X_{t_h}^{(i)}) \\ &= \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_{[a, b]}(X_{t_h}^{(i)}) \text{ con } h = 0, 1, 2, \dots, N. \end{aligned}$$

Usando este estimador, lo que se trata de resolver para diseñar intervalos de confianza adecuados con $1 - \alpha$ de seguridad, es que la función de la variable k para cualquier instante simulado t_h denotado con $H_{X_{t_h}}(k)$, y que se define como:

$$H_{X_{t_h}}(k) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_{[\mu \hat{x}_{t_h} - k_h \sigma \hat{x}_{t_h}, \mu \hat{x}_{t_h} + k_h \sigma \hat{x}_{t_h}]}(X_{t_h}^{(i)}) - (1 - \alpha).$$

Cumpla que para algún $k_{t_h} \in (0, \sqrt{\frac{1}{\alpha}})$ la función $H_{X_{t_h}}(\hat{k}_{t_h}) \approx 0$. Ese es el planteamiento numérico y estadístico del problema que nos permite diseñar intervalos de confianza aproximadamente apropiados, y una forma recomendable que se puede usar para estimar esa \hat{k}_{t_h} deseada es mediante un método cerrado numérico de búsqueda de raíces como lo es el método de falsa posición. Este método parte de dos puntos k_l y k_u con $k_l < k_u$ pertenecientes al intervalo $(0, \sqrt{\frac{1}{\alpha}})$ de tal manera que cumplan que $H_{X_{t_h}}(k_l)H_{X_{t_h}}(k_u) < 0$, y continua con la búsqueda de un tercer punto k_r con la siguiente fórmula:

$$k_r = k_u - \frac{H_{X_{t_h}}(k_u)(k_l - k_u)}{H_{X_{t_h}}(k_u) - H_{X_{t_h}}(k_l)}.$$

Si $H_{X_{t_h}}(k_r)H_{X_{t_h}}(k_u) < 0$, entonces se intercambia k_l por k_r , de lo contrario se intercambia k_u por k_r y se reinicia la fórmula hasta que llegar al punto k_r que cumpla que

$H_{X_{t_h}}(k_r) < \epsilon$ donde ϵ es un margen de error alrededor del número 0 (como $\epsilon = 0,001$, para que k_r equivalga a dicha \hat{k}_{t_h} que buscamos y que cumpla que $H_{X_{t_h}}(\hat{k}_{t_h}) \approx 0$). Y para asegurarnos de usar un número de desviaciones fijo k que garantice al menos un $1 - \alpha$ de seguridad para todo instante t_h del intervalo de tiempo de interés $[0, T]$, podemos usar lógicamente el máximo de todos los k_h que calculamos; es decir, $k = \max\{k_{t_0}, k_{t_1}, \dots, k_{t_N}\}$. Sin embargo, en realidad la diferencia entre $k_{t_0}, k_{t_1}, \dots, k_{t_N}$ es mínima gracias a que las funciones media y desviación cambian también con el tiempo, de modo que esas diferencias son por los efectos de la estimación numérica. Para cada uno de estos casos particulares del proceso de Ito en realidad se puede resumir que alrededor de aproximadamente $k = 1,995$ desviaciones es suficiente para crear intervalos de 95 % de confianza; es decir, crear parábolas que encierren 95 trayectorias de cada 100 trayectorias que se simulan, como en la Figura 5 que se presenta a continuación:

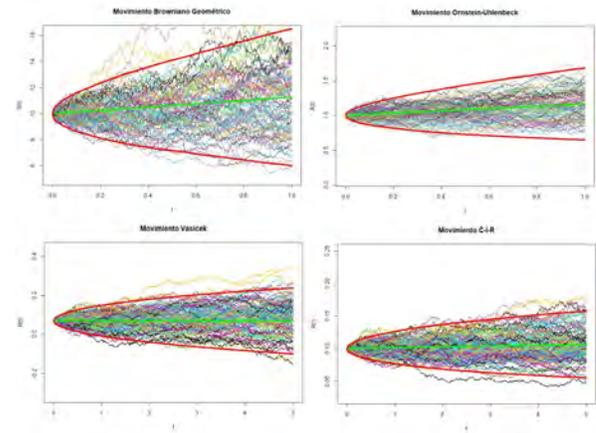


Figura 5 Resultado de aplicar la estimación de las propiedades en cada proceso y construir intervalos de 95 % de confianza con la metodología explicada. En cada gráfica se encuentran 100 trayectorias simuladas a un paso de tiempo $\Delta t = \frac{1}{365}$. La línea verde representa la tendencia o función media del proceso y las líneas rojas el intervalo de confianza de las trayectorias

4. CALIBRACIÓN DE PARÁMETROS

El método explicado hasta ahora, funciona con valores de parámetros dados. Ahora nos enfocaremos en inferir



en dichos parámetros a partir de las series históricas de cada uno de los procesos estocásticos. Cada uno de estos métodos de estimación de parámetros se justifican desde las ecuaciones recursivas y discretas dadas por el método Euler-Maruyama.

Método de Mínimos Cuadrados

Básicamente, el método de mínimos cuadrados consiste en ver las observaciones futuras como función de las observaciones presentes, ya que la misma expresión obtenida de la discretización del método Euler - Maruyama propone un modelo de regresión para cada observación $X_{t_{h+1}}$ a partir de las observaciones presentes X_{t_h} bajo un error o ruido blanco $\sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_{t_h}$:

$$X_{t_{h+1}} = f(X_{t_h}) + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_{t_h} \text{ con } h = 0, 1, 2, \dots, N - 1.$$

Este método propone además que los estimadores de los valores verdaderos de los parámetros $\vec{\theta}$ del respectivo proceso dada una trayectoria $\{x_{t_0}, \dots, x_{t_N}\}$ corresponde a aquellos que minimizan la suma de los errores cuadrados de la regresión dada. Es decir, definiendo a la función dependiente de los valores de los parámetros $\psi(\vec{\theta})$ como dicha suma de errores cuadrados, este es:

$$\psi(\vec{\theta}) = \sum_{h=0}^{N-1} [f(x_{t_h}) - x_{t_{h+1}}]^2.$$

Así por ejemplo, con el modelo de Vasicek, se puede notar que una expresión equivalente a la dada por el método Euler-Maruyama es:

$$R_{t_{h+1}} = (1 - a\Delta t)R_{t_h} + ab\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_{t_h} \text{ con } h = 0, 1, 2, \dots, N - 1.$$

Esta forma entonces indica que existe una relación lineal entre cada observación $X_{t_{h+1}}$ con las presentes X_{t_h} , cuya pendiente es $(1 - a\Delta t)$ y con ordenada al origen $ab\Delta t$. De modo que utilizando un análisis de regresión lineal se pueden encontrar los estimadores de los parámetros del modelo de Vasicek, tal y como se presenta en la Figura 6. Sea \hat{A} la pendiente, \hat{B} la ordenada al origen y $\hat{\phi}$ la desviación estándar del ruido blanco estimadas de dicha regresión lineal, entonces por simple despeje los valores de dos de los parámetros son para este caso:

$$\hat{a} = \frac{1 - \hat{A}}{\Delta t},$$



$$\hat{b} = \frac{\hat{B}}{1 - \hat{A}},$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\hat{\phi}}{\sqrt{\Delta t}}.$$

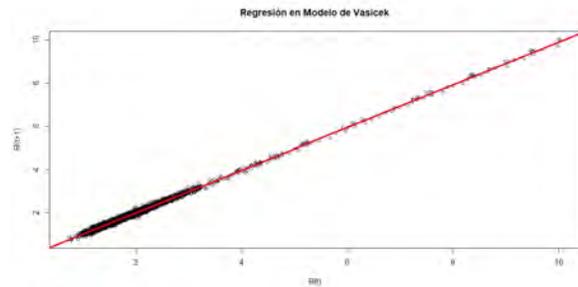


Figura 6 Análisis de regresión lineal de las observaciones futuras con las presentes de una trayectoria dada a través de la discretización del modelo de Vasicek para la estimación de los parámetros a , b y σ

En general a los cuatro procesos de Ito, las formas o expresiones equivalentes que se sugieren trabajar para realizar un análisis de regresión son las siguientes:

$$\frac{S_{t_{h+1}}}{S_{t_h}} = 1 + \mu\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_{t_h} \text{ con } h = 0, 1, \dots, N - 1, \quad (5)$$

$$X_{t_{h+1}} = (1 - \theta\Delta t)X_{t_h} + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_{t_h} \text{ con } h = 0, 1, \dots, N - 1, \quad (6)$$

$$R_{t_{h+1}} = (1 - a\Delta t)R_{t_h} + ab\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_{t_h} \text{ con } h = 0, 1, 2, \dots, N - 1, \quad (7)$$

$$\sqrt{\frac{R_{t_{h+1}}^2}{R_{t_h}^2}} = (1 - a\Delta t)\sqrt{R_{t_h}} + \frac{ab\Delta t}{\sqrt{R_{t_h}}} + \sigma\sqrt{\Delta t}\epsilon_{t_h} \text{ con } h = 0, 1, 2, \dots, N - 1. \quad (8)$$

De (6), (7) y (8) se puede realizar un análisis de regresión en cada proceso para estimar los parámetros a

través del método de mínimos cuadrados, menos con el movimiento browniano geométrico ya que en realidad se propone de (5) realizar una transformación de una trayectoria dada $\{s_{t_0}, s_{t_1}, \dots, s_{t_N}\}$ en una muestra de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas $\{\frac{s_{t_1}}{s_{t_0}}, \frac{s_{t_2}}{s_{t_1}}, \dots, \frac{s_{t_N}}{s_{t_{N-1}}}\}$ de acuerdo a una normal con parámetros $N(1 + \mu \Delta t, \Delta t \sigma^2)$. Así que simplemente se puede realizar con los estimadores conocidos de la media y varianza de una distribución normal un despeje para inferir en los parámetros de μ y σ .

Método de Máxima Verosimilitud

A comparación del método de mínimos cuadrados, el método de máxima verosimilitud consiste en ver las variables condicionadas $X_{t_{h+1}}|X_{t_h}$ como variables aleatorias que se distribuyen de acuerdo a una distribución normal con los parámetros:

$$X_{t_{h+1}}|X_{t_h} \sim N[X_{t_h} + a(X_{t_h}, t_h)\Delta t, b^2(X_{t_h}, t_h)\Delta t].$$

De esa manera, se puede determinar la función de densidad de probabilidad conjunta dada una trayectoria y un punto inicial determinado $\{x_{t_0}, \dots, x_{t_N}\}$ del proceso discretizado por el método Euler-Maruyama mediante la siguiente ecuación:

$$f_{X_{t_N}, \dots, X_{t_1}, X_{t_0}}(x_{t_N}, \dots, x_{t_1}, x_{t_0}) = \prod_{h=1}^n f_{X_{t_h}|X_{t_{h-1}}}(x_{t_h}|x_{t_{h-1}}).$$

Donde la función de densidad condicionada consiste en la función de densidad de una distribución normal con media $X_{t_h} + a(X_{t_h}, t_h)\Delta t$ y varianza $b^2(X_{t_h}, t_h)\Delta t$. Por lo tanto, denotando a la función de verosimilitud como $L(\vec{\theta}|x_{t_0}, \dots, x_{t_N})$, este se define como:

$$\prod_{h=1}^n \phi(x_{t_h}, \mu_h, \sigma_h^2),$$

donde:

$$\begin{aligned} \phi(x, \mu, \sigma^2) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \\ \mu_h &= x_{t_{h-1}} + a(x_{t_{h-1}}, t_{h-1})\Delta t, \\ \sigma_h^2 &= b^2(x_{t_{h-1}}, t_{h-1})\Delta t. \end{aligned}$$

El logaritmo natural de $L(\vec{\theta}|x_{t_0}, \dots, x_{t_N})$ ofrece una expresión más sencilla para la función de verosimilitud. Denotando a dicho logaritmo natural como $\varphi(\vec{\theta}|x_{t_0}, \dots, x_{t_N})$, este es:

$$\begin{aligned} \varphi(\vec{\theta}|x_{t_0}, \dots, x_{t_N}) &= \\ &= -\frac{1}{2} \left\{ \sum_{h=1}^N \ln[(2\pi b^2(x_{t_{h-1}}, t_{h-1})\Delta t)] \right. \\ &\quad \left. + \sum_{h=1}^N \frac{[x_{t_h} - x_{t_{h-1}} - a(x_{t_{h-1}}, t_{h-1})\Delta t]^2}{b^2(x_{t_{h-1}}, t_{h-1})\Delta t} \right\}. \end{aligned} \quad (9)$$

La función (9) en palabras sencillas representa la similitud que tiene una trayectoria observada $\{x_{t_0}, \dots, x_{t_N}\}$ de acuerdo a los valores de los parámetros dados $\vec{\theta}$. Así que los estimadores de máxima verosimilitud para cualquier proceso de Ito discretizada con el método Euler-Maruyama son aquellos valores de los parámetros $\vec{\theta}$ que maximizan esta función. En el movimiento browniano geométrico por ejemplo, cuyas funciones son $a(s_{t_{h-1}}) = \mu s_{t_{h-1}}$ y $b(s_{t_{h-1}}) = \sigma s_{t_{h-1}}$, se puede encontrar que los valores de los parámetros que maximizan la función respectiva son:

$$\hat{\mu} = \frac{\sum_{h=1}^N \frac{s_{t_h}}{s_{t_{h-1}}} - N}{T};$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{h=1}^N [\frac{s_{t_h}}{s_{t_{h-1}}} - \frac{1}{N} \sum_{h=1}^N \frac{s_{t_h}}{s_{t_{h-1}}}]^2}{T}.$$

Los estimadores se pueden encontrar mediante la solución del sistema de ecuaciones que se plantea a través de las derivadas parciales (respecto a cada parámetro) del logaritmo natural de la función de verosimilitud $\varphi(\vec{\theta}|x_{t_0}, \dots, x_{t_N})$ igualadas a 0, aunque también es posible usar un método numérico de optimización para ello.

Resultados de los estimadores

Es difícil demostrar las propiedades de estos estimadores, sin embargo, mediante la simulación de varias trayectorias con parámetros predeterminados, se ha logrado verificar que la mayoría de estos estimadores se acercan en promedio a los valores verdaderos de los parámetros. Sin embargo, cabe mencionar que en la comparación de ambos métodos también se obtiene que los estimadores de máxima verosimilitud son más eficientes donde los de mínimos cuadrados fallan, tanto por sesgo como por error cuadrático. Dicha comparación se puede apreciar en la Figura 7.



| Proceso de Itô | Mínimos Cuadrados | | | | | Máxima Verosimilitud | | | | |
|---------------------------------|-------------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------------------------|
| | Parámetro | Valor estimado | Desviación del estándar | Sigmo Alabados | Desviación estándar del estimador | Parámetro | Valor estimado | Desviación del estándar | Sigmo Alabados | Desviación estándar del estimador |
| Movimiento Browniano Geométrico | μ | 3 | 0.00122 | 0.00422 (6) | 0.000866 | μ | 3 | 0.00142 | 0.00582 | 0.002177 |
| | σ | 1.440127 | 1.440127 | 0.007051 | 0.0033046 | σ | 1.444218 | 1.444218 | 0.006373 | 0.00280191 |
| Modelo de Ornstein-Uhlenbeck | μ | 3.42426 | 0.42426 | 0.000000 | 0.002390 | μ | 3.423037 | 0.423037 | 0.000000 | 0.004026 |
| | σ | 1.440126 | 1.440127 | 0.0033987 (3) | 0.00339876 | σ | 1.444218 | 1.444218 | 0.00000000 | 0.00342941 |
| Modelo de Vasicek | μ | 2 | 0.00001 | 0.00000 | 0.000000 | μ | 2 | 0.00013 | 0.00000 | 0.00000 |
| | σ | 1.440127 | 1.440127 | 0.00000 | 0.000000 | σ | 1.444218 | 1.444218 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| Modelo de Cox-Ingersoll-Ross | μ | 2 | 0.00001 | 0.00000007 | 0.0000 | μ | 2 | 0.00001 | 0.0000000 | 0.0000000 |
| | σ | 1.440127 | 1.440126 | 0.00000008 | 0.00000004 | σ | 1.444218 | 1.444218 | 0.00000004 | 0.00000000 |

Figura 7 Comprobación de la precisión de los diferentes estimadores de cada modelo a través de 10,000 estimaciones de 10,000 trayectorias diferentes en cada uno de los procesos de Itô analizados

5. COMPROBACIONES RETROSPECTIVAS EN SERIES FINANCIERAS REALES

Desarrollada esta metodología, podemos proceder a aplicar estos modelos a series financieras para realizar una buena aproximación de los valores que estos tendrán. Solamente cabe señalar que los modelos del movimiento browniano geométrico y el modelo de Ornstein-Uhlenbeck se aplican para el pronóstico de series de precios a corto plazo principalmente, debido a que en general funcionan bien para describir movimientos de un solo tipo de tendencia (es decir, totalmente creciente o decreciente), y de hecho, fallan cuando la serie empieza a presentar una tendencia diferente a la que se había estado comportando. Mientras que los modelos del modelo de Vasicek y el modelo de Cox-Ingersoll-Ross se aplican para el pronóstico de series de niveles de tasas de interés a corto plazo, porque algo que distingue a estos de los dos primeros modelos, es que son modelos con reversión a la media; es decir, que conforme más avanza el tiempo, las trayectorias deben tender con una varianza convergente a un nivel definido (ese es el parámetro b en ambos modelos). Estos puntos no solo se aprenden desde las propiedades estimadas de cada modelo, también se pueden verificar con comprobaciones retrospectivas. Si observamos la Figura 8 por ejemplo, los resultados de aplicar esta metodología a la serie de la tasa de interés "3M T-BILLS" de Estados Unidos a lo largo del periodo del 01/01/2006 al 01/01/2007 con la información del 01/01/2005 al 01/01/2006, se obtiene un pronóstico adecuado a la tendencia y al intervalo de confianza estimado con el método. La debilidad de la metodología en cambio se aprecia al aplicarlo en las series de precios de las acciones de Coca-Cola 'KO' (visibles en la Figura 9), donde usando la información del 01/01/2005 al 01/01/2007 pa-

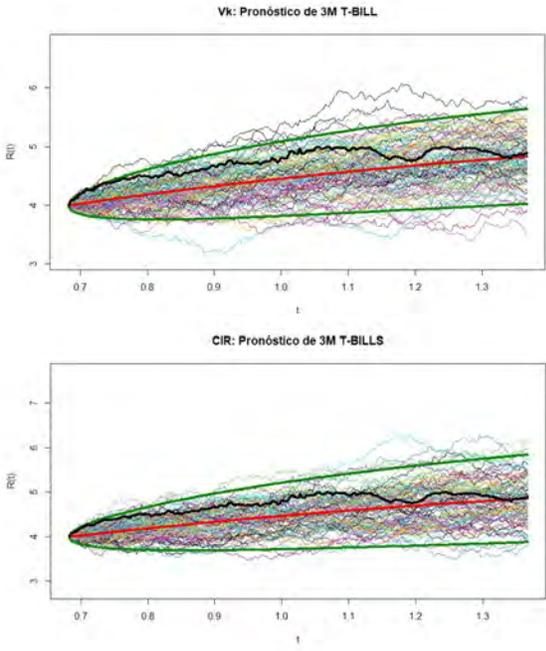


Figura 8 Comprobaciones retrospectivas de la serie de la tasa de interés 3M T-BILLS a lo largo del periodo del 01/01/2006 al 01/01/2007. La línea negra representa el movimiento real en esas fechas.



ra pronosticar los precios del 01/01/2007 al 01/01/2008, se obtiene un error del pronóstico debido al cambio significativo de la tendencia que se ha estado presentando principalmente esos dos años históricos.

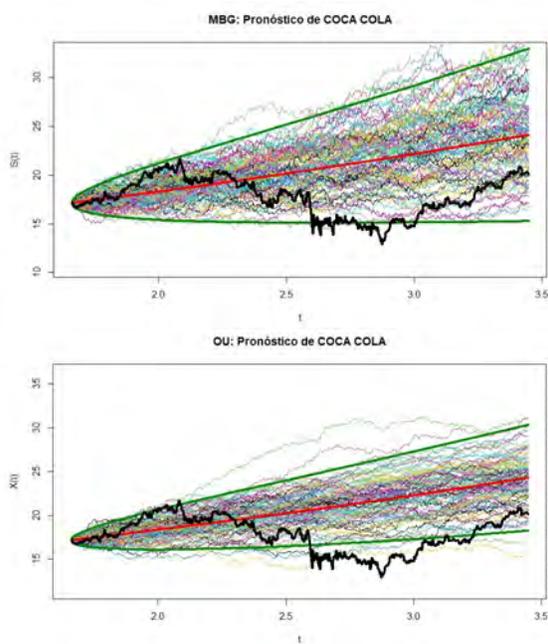


Figura 9 Comprobaciones retrospectivas de la serie de precios de las acciones de Coca-Cola 'KO' a lo largo del periodo del 01/01/2007 al 01/01/2008. La línea negra representa el movimiento real en esas fechas.

6. CONCLUSIONES

El "Método Euler-Maruyama" funciona como una forma de aproximarse a las propiedades teóricas de los procesos estocásticos que siguen una ecuación diferencial estocástica, ya que, utilizando varios principios de Monte Carlo y de la Ley de los Grandes Números, se puede además dar una interpretación más sencilla sobre cualquier Proceso de Ito en general, no solo en estos cuatro modelos estudiados. Además, también dentro del diseño de la metodología fue posible desarrollar diferentes formas de estimar los parámetros respectivos en cada uno de estos modelos de acuerdo a una serie financiera (historiales de precios y de tasas de interés), estos fueron por método de mínimos cuadrados y por método de máxima

verosimilitud; que consisten en palabras sencillas en escoger aquellos valores de los parámetros que reduzcan al mínimo el error cuadrado y produzcan trayectorias lo más similares al comportamiento histórico de la serie respectivamente.

Pero es importante no perder de vista que la metodología es una aproximación del comportamiento del mercado, no una solución exacta, por lo que tiene ciertas desventajas respecto a la precisión de los estimadores que emplea en general (tanto para el análisis de las propiedades del modelo planteado por una ecuación diferencial estocástica, como para la realización de pronósticos). Todas se resumen en las mismas desventajas que el método de Monte Carlo, ya que aunque es posible determinar el número de simulaciones que garanticen con cierta seguridad un error máximo, las bases para esas determinaciones se fundamentan todavía en más aproximaciones y se requiere generar muestras de trayectorias mucho más grandes.

Por lo tanto, cabe señalar que esta metodología contiene todavía varios puntos que pueden fortalecerse o complementarse, como el empleo de métodos de reducción de varianza posiblemente, el empleo de algunos otros resultados del cálculo estocástico como el método de orden superior de Milstein, además de un análisis más profundo respecto a las pruebas retrospectivas; pero en lo conseguido hasta este punto, se puede decir que la metodología es aplicable y recomendable para la realización de pronósticos aproximados de series financieras en el corto plazo, ya que a mayor horizonte, hay más posibilidades de que el modelo pueda fallar, y también hay más posibilidades de que el mercado sufra de cambios significativos.

REFERENCIAS

- [1] Desmond J. Highman. (2001). *An Algorithmic Introduction to Numerical Simulation of Stochastic Differential Equations*. Nueva York, Estados Unidos: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- [2] Desmond J. Highman. (2004). *An Introduction to Financial Option Valuation*. Nueva York, Estados Unidos: Cambridge University Press 2004.
- [3] Luis Rincón. (2012). *Introducción a Ecuaciones Diferenciales Estocásticas*. Circuito Exterior de CU 04510, Ciudad de México, México: Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias UNAM.
- [4] Paul Wilmott, Sam Howison, Jeff Dewynne. (1995). *The Mathematics of Financial Derivatives, A Student In-*



roduction. Nueva York, Estados Unidos: Press Syndicate de la Universidad de Cambridge.

- [5] Steven C. Chapra, Raymond P. Canale. (2007). *Métodos Numéricos para Ingenieros*. Quinta Edición. México, D.F. Editorial McGraw Hill Interamericana.
- [6] Thomas Mikosch. (1998). *Elementary stochastic calculus with finance in view*. Suite IB, 1060 Main Street, River Edge, NJ 07661: World Scientific.



Antonio Ruiz Morán. Nació en el Distrito Federal el 5 de diciembre de 1998. Realizó sus estudios de educación básica y media superior en el Colegio Baden Powell destacando principalmente en los cursos de matemáticas. También es concluyente del programa extraacadémico de matemáticas KUMON. Ha sido acreedor de una beca UNAM SI de un

valor del 100 % para cursar sus estudios de bachillerato en el Colegio Baden Powell en el año del 2015. También ha sido acreedor de una beca del 75 % para realizar sus estudios de educación superior. Actualmente es actuario recién egresado de la Universidad Anáhuac México (Campus Norte).



Auditoría de Inversiones / Sector Seguros

JUNIO:
17 Y 18 DE 9:00 A 13:00 HORAS

PLATAFORMA ZOOM

L.C. ALFONSO BARRIENTOS DOMÍNGUEZ



MIEMBROS CONAC
4 HECSE 1 DE
NORMATIVIDAD



55 8187 2007



capacitacion@acrglobal.com.mx



www.acr²global.com.mx³

Actuarios Trabajando

**Covid 19 en México: exceso
de mortalidad, comorbilidad,
vacunas y el sector asegurador**



Covid19 en México: exceso de mortalidad, comorbilidad, vacunas y el sector asegurador

Marco Antonio De La Rosa R.*

*De La Rosa Analytics Solutions Consulting

RESUMEN La enfermedad del COVID19 que provocó la Pandemia, hizo que muchos de nosotros nos cuestionamos varias cosas, principalmente en el tema de la “seguridad en salud”, que somos muy frágiles y fuertes a la vez ante las adversidades y que es importante mantener una buena salud física, mental y financiera. Ha quedado claro que es importante contar con bases sólidas de instituciones, presupuestos y programas de políticas públicas a través de la cual se construya un sistema de salud verdaderamente universal, capaz de responder de manera efectiva a éste y otro tipo de eventos. La Pandemia nos ayudó a identificar algunos elementos importantes como son la vida, la salud, y el ahorro, pero también nos hizo preguntarnos: ¿Estoy preparándome bien física, mental y financieramente para mi retiro? En su momento lo que la mayoría buscaremos es disfrutar de un retiro saludable, tanto en lo físico como en lo financiero, por ello es primordial contar con una protección financiera a través de la cual pueda ahorrar, invertir y además contar con la protección de un seguro.

Palabras clave

Comorbilidad

COVID19

Gastos Médicos

Vida



Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios

Última actualización del manuscrito: 4 de junio de 2021

Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.

"Hemos jugado a la 'ruleta rusa' con nuestra salud. Nos autoadministramos medicamento (...) esto ha provocado que nuestro sistema inmunológico se defienda con más dificultad que hace años".

Antonio Navalón.

1. CRONOLOGÍA DEL COVID19

El 31 de Diciembre 2019 las autoridades sanitarias de China dan a conocer que en el país asiático 27 personas padecen una neumonía de origen "desconocido", 7 de ellas se encuentran en estado grave. También notifican que la mayoría de ellos son trabajadores del mercado de la ciudad de Wuhan. Ese mismo día Hong Kong, Taiwán y Macao refuerzan la vigilancia de sus fronteras.

El 7 de enero de 2020 equipos de investigación chinos identifican un nuevo virus perteneciente a la familia Coronaviridae, y lo notifican a la OMS. Así la OMS alerta que el nuevo virus descubierto es el causante del brote epidemiológico de Wuhan.



El 12 de enero China comparte la secuencia genética del virus con la OMS. El nuevo virus recibe el nombre de COVID19.

El 13 de enero la OMS informa del primer caso de COVID19 fuera de China, concretamente en Tailandia. Se trata de una mujer que había estado recientemente en Wuhan.

21 de enero se confirma el primer caso de COVID19 en EEUU y algunos aeropuertos internacionales como el de Bangkok o Sidney comienzan a extremar los controles a los pasajeros de los vuelos procedentes de China.

Finalmente, la OMS evaluó el brote durante los primeros días de marzo, y preocupados por los niveles alarmantes de propagación y gravedad, así como por los niveles alarmantes de inacción, a través de su Director General Tedros Adhanom, decidió decretar el estado de Pandemia el 11 de marzo 2020.

³e-mail: marcodejarosa@drasolutions.com.mx



2. COVID19 EN MÉXICO

El primer caso confirmado se presentó en la CDMX, y se trató de un mexicano que había viajado a Italia y tenía síntomas leves; pocas horas después se confirmó otro caso en la ciudad de Culiacán Rosales en el estado de Sinaloa y un tercer caso, nuevamente, en la Ciudad de México.

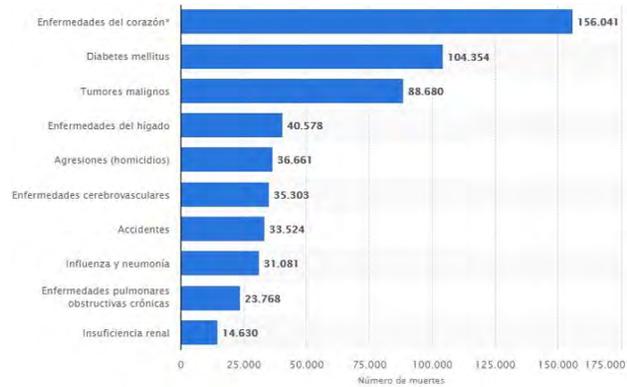
El primer fallecimiento por esta enfermedad en el país ocurrió el 18 de marzo de 2020.



El Gobierno de México, en coordinación con la Secretaría de Salud, implementó una serie de medidas para prevenir y controlar los contagios en el país, entre las cuales se incluyen la extensión del período vacacional estudiantil, la Jornada Nacional de Sana Distancia y el Plan DN-III-E. De un total de tres fases epidemiológicas identificadas por las autoridades sanitarias, según el grado de transmisión de la enfermedad, el 24 de marzo se decretó la fase 2 que comprende primordialmente la suspensión de ciertas actividades económicas, la restricción de congregaciones masivas y la recomendación de resguardo domiciliario a la población en general.

El 30 de marzo se declaró emergencia sanitaria por causa de fuerza mayor como consecuencia de la evolución de casos confirmados y muertes por la enfermedad en el país.





El 21 de abril dio comienzo la fase 3, mediante la cual se extendieron las actividades de prevención y control realizadas en las anteriores fases al menos hasta mediados o finales de mayo. Algunos efectos que tuvo la Pandemia en México incluyeron la generación de compras de pánico y saqueos de establecimientos, que a su vez condujo al eventual desabasto de productos de limpieza e higiene personal; la suspensión de eventos socioculturales; el cierre temporal o definitivo de empresas, y la caída del precio del combustible así como del peso mexicano en los mercados de divisas internacionales.

El 88.8% de las muertes se debieron a enfermedades y problemas relacionados con la salud, mientras que 11.2% fueron por accidentes, homicidios y suicidios, de los cuales el 53.2% fueron hombres y 46.8% mujeres.

El 24 de noviembre de 2020, se informaba que México poseía el último lugar de resiliencia ante el COVID19, en una lista de 53 evaluados. Lo anterior debido a una alta tasa de mortalidad y un elevado índice de positividad, causado principalmente por un escaso número de pruebas hechas en el país.

SABÍAS QUE

La mayor parte de las defunciones fueron en personas mayores de 65 años de edad.

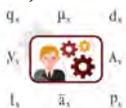


En materia de salud, las principales causas de muerte fueron: del corazón 23.5%, diabetes mellitus 15.7% y tumores malignos 13.4%.

3. CAUSAS DE MUERTE EN MÉXICO 2019

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su estudio 2019 reportó las siguientes causas de muerte en México. Se registraron 747,784 defunciones, El 56.4% de estas muertes fueron hombres y 43.5% mujeres.

- Cáncer de mama: hubo 7 mil 580 muertes. 7 mil 227 fueron mujeres y 53 hombres.
- Enfermedades del hígado: hubo 40 mil 578 muertes. El 73.2% fueron hombres y el 26.8% mujeres. Las defunciones por enfermedades alcohólicas, indicó el INEGI, se presentaron con mayor frecuencia a partir de los 25 años de edad, con un total de 14 mil 409 casos, lo que representó el 35.5% de las defunciones.
- Influenza y Neumonía: fueron 31 mil 81 muertes. De las cuales, el 97.6% fueron por neumonía. El mayor porcentaje fueron hombres con un 54.8% y con una edad promedio superior a los 65 años.
- VIH: hubo 5 mil 323 casos.



SABÍAS QUE

La obesidad causa la muerte de más de 200 mil muertes al año en México, de estas, más de 80 mil son por diabetes, y más de 100 mil por enfermedades cardiovasculares.



Más del 30 % de las calorías de la dieta de los mexicanos proviene del consumo de alimentos: ultra procesados con exceso de azúcares, grasas, sodio y calorías, siendo México el principal consumidor en América Latina.

SABÍAS QUE

El consumo de bebidas azucaradas en nuestro país provoca la muerte de alrededor de 40 mil personas cada año:

- 23,433 (57 %) diabetes,
- 13,517 (33 %) enfermedades cardiovasculares
- 144 (<1 %) por diferentes tipos de cáncer asociados a la obesidad.



4. INCREMENTO DE MUERTES EN MÉXICO 2020

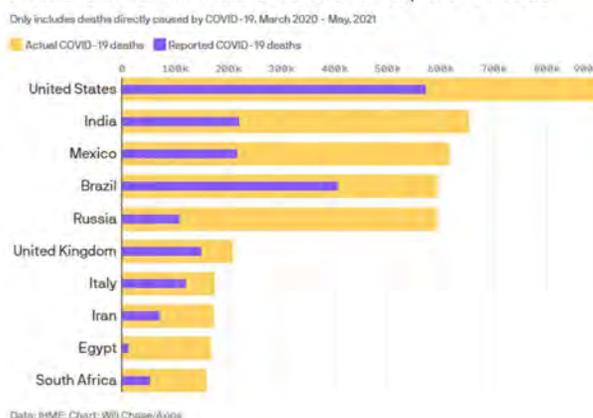
INEGI, reportó en agosto 2020 que en México había 45% más casos de muerte por COVID19, que los que reportó la Secretaría de Salud en su momento.

Desde que se reportó el primer caso por fallecimiento debido a COVID19 (marzo 2020), hasta agosto del mismo año, se contabilizó como la segunda causa de muerte en

México; En el periodo de enero a agosto 2020 hubieron 683,823 muertes, lo que indica que el número de muertes en México aumentó en un 37 % respecto al mismo periodo de 2019.

El IHME (Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud) de la Escuela de Medicina de la Universidad de Washington, elaboró un reportaje sumamente interesante en cuanto al tema de “Total Covid19 Mortality”, a través del cual muestran que la enfermedad Covid19 ha causado 6.9 millones de muertes en todo el mundo, más del doble de lo que muestran los informes oficiales. Muchas muertes por COVID-19 no se reportan porque los países sólo reportan muertes que ocurren en hospitales o en pacientes con una infección confirmada. En muchos lugares, los débiles sistemas de información sanitaria y el bajo acceso a la atención de la salud magnifican este desafío.

Actual COVID-19 deaths far exceed reported deaths



La comorbilidad y el subregistro de las causas de muerte influyen para que no conozcamos las cifras reales. La mayoría de las muertes no reportadas se produjo en países que han tenido las epidemias más grandes hasta la fecha. Sin embargo, algunos países con epidemias relativamente menores experimentaron un gran aumento en la tasa de mortalidad al contabilizar muertes no declaradas. Este análisis muestra que pueden estar en mayor riesgo de una epidemia más amplia de lo que se pensaba anteriormente.

“Muchos países han dedicado un esfuerzo excepcional a medir el peaje de la pandemia, pero nuestro análisis muestra lo difícil que es rastrear con precisión una nueva enfermedad infecciosa que se propaga rápidamente”, dijo Murray. “Esperamos que el informe de hoy anime a los



gobiernos a identificar y abordar las lagunas en sus informes de mortalidad covid-19, para que puedan dirigir con mayor precisión los recursos de pandemia”.

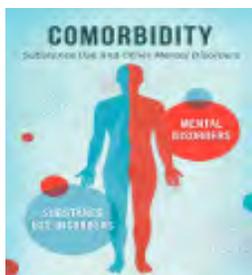
En México el exceso de mortalidad al 2020 fue de 1,059,279 muertes, pero del 2015 al 2019 fue entre 656 mil a 748 mil, las muertes incrementaron un 14% en 5 años, pero si comparamos el número de muertes del 2019 contra el reporte del 2020, hay un incremento de un año a otro de casi el 35 %, lo que implica que hay muertes que se están registrando en otra causa de muerte que fue debido al Covid19.

5. COMORBILIDAD COVID19 EN MÉXICO

Para dar un ejemplo de lo que es comorbilidad, pondremos una de las enfermedades que se encuentra en los primeros lugares que causan muchas muertes en México que es la diabetes, esta enfermedad tiene una elevada comorbilidad, ya que es muy frecuentes que existan otras enfermedades asociadas, por lo tanto, la complejidad de estos casos, impide hacer un diagnóstico simple.

SABÍAS QUE

Comorbilidad se refiere a enfermedades y / o a diversos trastornos que se añaden a la enfermedad inicial. Estas enfermedades “secundarias” pueden deberse directamente a la primera o, por el contrario, no tener ninguna conexión aparente con ella.



De acuerdo con el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), la hipertensión afecta a uno de cada tres mexicanos y provoca más de 50 mil muertes al año, además, en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2018) realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), reveló que 96 millones de mexicanos padecen sobrepeso u obesidad, 8.6 millones sufren diabetes y 15.2 millones presentan hipertensión.



SABÍAS QUE

La OMS, desde antes que se presentara el primer caso de Covid19 en México, en febrero 2020, advirtió a las autoridades mexicanas que la población de nuestro país sería especialmente vulnerable al nuevo virus.



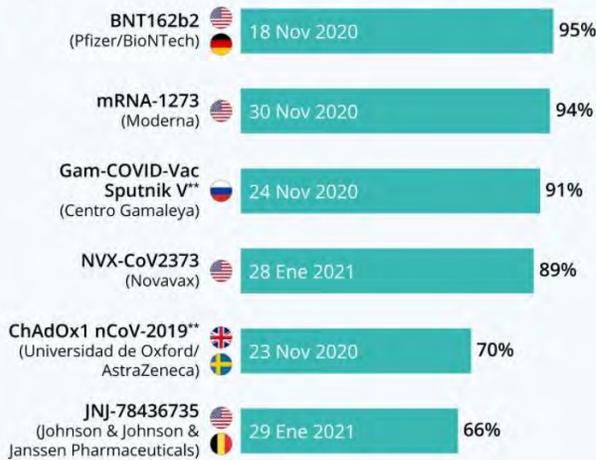
Con base en las cifras que la Secretaría de Salud reporta todos los días, las principales comorbilidades con el Covid19 que han ocasionado fallecimientos indican que: 45.8 por ciento presentaron hipertensión, 38.4 por ciento fueron diagnosticados con diabetes y 23.1 por ciento tenían obesidad.

6. VACUNACIÓN COVID19

La controversia de las vacunas se refiere a una disputa acerca de la moralidad, ética, efectividad o seguridad de la vacunación. La evidencia médica y científica muestra que los beneficios de la prevención del fallecimiento por enfermedades infecciosas compensan los raros efectos adversos de la inmunización. Desde que la vacunación empezó a practicarse a finales del siglo XVIII, sus oponentes han mantenido que las vacunas no funcionan, que son o pueden ser peligrosas, que en su lugar debería hacerse énfasis en la higiene personal, o que las vacunaciones obligatorias violan derechos individuales o principios religiosos. Desde entonces, campañas contra la vacunación han dado como resultado daños innecesarios y muertes en masa. En 2019, la Organización Mundial de la Salud catalogó a estos grupos de radicales anti-vacunas como una de las principales amenazas a la salud mundial. La vacunación es una forma sencilla, inocua y eficaz de protegernos contra enfermedades dañinas antes de entrar en contacto con ellas. Activan las defensas naturales del organismo para que aprendan a resistir a infecciones específicas, y fortalecen el sistema inmunitario. En México se aplican cinco tipos de vacunas contra el coronavirus Covid-19: Pfizer y BioNTech (dos dosis), Oxford-AstraZeneca (dos dosis), Sputnik V (dos dosis), Sinovac (dos dosis) y CanSino (una dosis).

La efectividad de las vacunas contra la COVID-19

Eficacia estimada en la prevención de la COVID-19 según datos preliminares de ensayos clínicos en fase tardía*



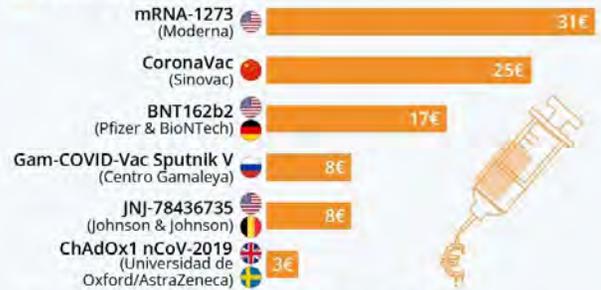
Las vacunas contra el Covid19 tienen varias limitaciones una de ellas es el precio y el mantenimiento de estas a temperaturas elevadas. Ejemplo, algunas necesitan ser refrigeradas a bajas temperaturas, como la Pfizer/BioNTech (-70C) o Moderna (-20C). El precio es, por supuesto, otro factor importante.

- Moderna: precio aproximado 31euros - 37USD
- Pfizer y BioNTech precio aproximado 17euros - 20USD
- Universidad de Oxford y AstraZeneca: aproximadamente 3euros-4USD
- Gobiernos como Japón, Bélgica y México, han anunciado su intención de distribuir la vacuna anti Covid19 gratuitamente. Las vacunas económicas que se mantienen estables a temperaturas más altas desempeñarán un papel crucial para poner fin a la pandemia en algunas partes del mundo.

| De La Rosa

Vacunas COVID-19: ¿cuánto cuesta una dosis?

Precio por dosis de una selección de candidatos a vacuna anti COVID-19*



* Datos del 1 de diciembre de 2020. Cifras convertidas de dólares estadounidenses a euros (1 USD=0,83 EUR). Algunos ensayos clínicos aún están en curso. Los precios finales pueden variar.

Fuentes: Reuters, Financial Times, CNBC, Ministerio de Salud ruso



statista

En el CENSO poblacional del 2020, elaborado por el INEGI, se contabilizó que en México somos 126 millones de mexicanos. De acuerdo con la información proporcionada por la SS en México se necesitan un total de 250 millones de dosis de vacunas, lo que implicaría un gasto de \$20 mil millones con la vacuna más económica (\$80 por dosis).



En México, la vacunación contra COVID-19, empezó el pasado 24 de diciembre 2020, fue el primer país de América Latina en aplicar la inyección contra este virus. Hasta el último reporte, previo a la publicación de este documento, se recibieron más de 700,000 dosis de vacunas de AstraZeneca contra el Covid-19. México ya llegó a 34,179,015 biológicos recibidos y la Secretaría de Salud, reportó que se han vacunado 18, 610, 667 personas, con 66, 134 dosis aplicadas al grupo de personas embarazadas.



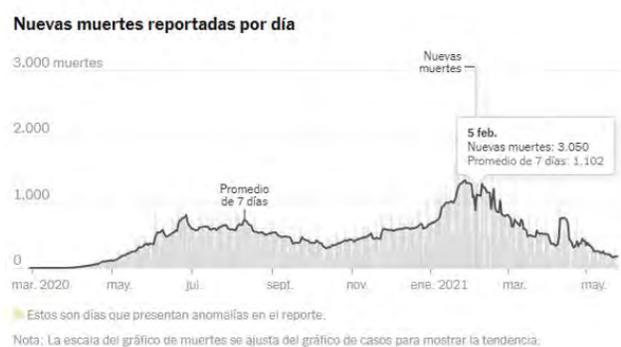
7. CIFRAS COVID19 EN MÉXICO

“México nunca salió de la primera ola de Covid19”: la dura declaración de la OMS ante el repunte de contagios en el país, Mike Ryan, Director de Emergencias Sanitarias de la OMS, Ryan, aseguró que México “no ha conseguido aplicar una estrategia que pueda mantenerse a lo largo del tiempo” para hacerle frente al Covid19, y es una realidad.

México se ha mantenido como uno de los países con más muertos, las cifras subieron alarmantemente debido a que, durante los últimos tres meses del 2020, muchas personas relajaron las medidas de seguridad contra el Covid19, saliendo de viaje, a vacacionar, no usando el cubren bocas, realizando reuniones y fiestas sin las medidas de higiene, por esa razón las cifras aumentaron considerablemente.



El 5 de febrero 2021 es el día que representa el máximo de muertes por Covid19, 3,050 en un solo día, seguido del 12 de febrero con 2,797 muertes, esto fue a raíz de las vacaciones de fin de año 2020.



Al último reporte, previo a la publicación de este documento, la Secretaría de Salud presentó su reporte técnico diario sobre el avance de la pandemia en el país, en el que detalló la cifra de contagios nuevos de Covid-19 y el número de defunciones.

- Número de casos positivos confirmados por día: 2,483,
- Número de defunciones confirmadas por día: 265,
- Número total de casos positivos confirmados: 2,399,790,
- Total de defunciones confirmadas: 221,960.



8. COVID19 Y EL SECTOR ASEGURADOR MEXICANO

Desde que iniciaron los primeros contagios y fallecimiento en México, el Sector Asegurador puso en marcha el Plan de Atención de Catástrofes que se lleva años ejecutando cada vez que hay una catástrofe de la naturaleza que afecta a la sociedad mexicana en su vida, patrimonio económico y bienes muebles e inmuebles.

En este caso, la Pandemia ocasionada por el COVID19 no es considerada como una catástrofe de la naturaleza, pero si una catástrofe a nivel mundial que ha cobrado muchas vidas y ha dejado en situación económicas pecarias a muchas familias que no contaban con una herramienta económica de ahorro e inversión, debido a que la atención privada de salud en México tiene un alto costo, por esa razón es importante comentar y analizar los casos de seguros en México.

Las Aseguradoras a través de la #AMIS, le han dado seguimiento muy de cerca a los casos presentados por sus asegurados, de tal forma que la Asociación cada semana informa los avances de pagos de los casos asegurados en una póliza de vida o gastos médicos.

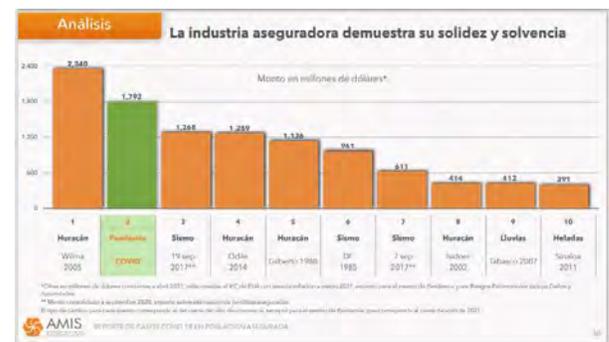
SABÍAS QUE

En el último reporte de la AMIS, 18 de enero, se reportó que las Indemnizaciones totales en seguros de Gastos

Médicos y Vida subieron a 18,401MXN millones pagados a 64,463 pacientes o familiares de asegurados que fallecieron.

Gastos Médicos

- 15,630 millones de pesos pagados a 33,024 pacientes.
- 473,000MXN costo promedio atención hospitalaria
- Caso de mayor monto pagó \$29.5 millones.
- Seis de cada diez casos se reportaron en CDMX, Edo-Mex, Nuevo León y Jalisco.
- De cada mil personas contagiadas, 139 no cuentan con seguro, y el resto, no.



Vida

- \$20,530 millones pagados a 84,488 familias que desafortunadamente perdieron a un familiar.
- \$242,994 costo promedio pagado por fallecimiento.
- Caso de mayor monto pagó \$69 millones.
- Cuatro de cada diez casos se reportaron en CDMX, EdoMex y Veracruz.



- El 61 % de los fallecimientos se ubican en el rango de edad de 50 a 69 años.



- Oportunidad y características específicas de la respuesta a dicha contingencia;
- La estrategia de comunicación utilizada, y
- Tipo de sistema de atención a la salud del que se dispone.



En la siguiente gráfica observamos los eventos catastróficos en los que el Sector Asegurador Mexicano ha tenido una mayor participación debido al número de casos que pagó y que actualmente está pagando en el caso del Covid-19; dicho evento comenzó siendo un evento que ocupó el lugar 15vo y actualmente ocupa el lugar segundo lugar, por debajo del huracán Wilma (2005).

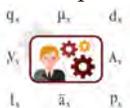


En cuanto a la protección económica y financiera, estamos viviendo una época importante en la que debemos pensar y actuar ante los riesgos de fallecimiento, salud y ahorro, nos dimos cuenta que en cualquier momento un virus o algo externo a nuestra vida diaria, pueden afectar nuestra salud, transformando nuestro estilo de vida de manera inesperada y agarrarnos desprevenidos financieramente, ya que este tipo de eventos han demostrado a través de los años que tienen un impacto socio-económico incierto.

9. REFLEXIONES Y RETOS

Mencionan los expertos en el tema de atención de emergencias epidemiológicas, que lo más importantes es la efectividad de la respuesta y se basan en 5 pilares fundamentales para lograr esto:

- Sistema de vigilancia epidemiológica con el que se cuenta;
- Existencia de una reserva estratégica de insumos y un plan nacional de respuesta ante pandemias;



Por lo que es primordial, hacer un análisis a conciencia y revisar cuales son los riesgos a los que estamos expuestos, ya sea en mi persona, familia como es la vida y salud, o bien, en los bienes materiales; Derivado de ese análisis es importante buscar a un experto que nos ayude a

identificar si dichos riesgos los puedo absorber con algún fondo de emergencia, eliminar o en su caso transferir a través de un seguro.



Dentro de nuestra canasta básica de protección a la salud y las finanzas, debemos considerar el tener un seguro de gastos médicos y de vida, ya que hemos visto que enfermarse sale caro pero aún más si no cuento con un seguro, y en un caso extremo podríamos exponer y perder el patrimonio familiar que nos ha llevado años obtenerlo. Para el caso el caso del seguro de vida, siempre pensamos que lo usaremos cuando fallezcamos, sin embargo, no nos detenemos a pensar si a causa de un accidente o enfermedad, no morimos, pero quedamos incapacitados para trabajar, ¿qué pasará si somos el sustento familiar?, ¿de dónde saldrá el ingreso? Los seguros de vida tienen una componente de invalidez, ya sea total o parcial, en ese caso el seguro se otorga como una pensión por invalidez.

#CuidateParaCuidarnos #ELSeguroSIPaga #Seguro-ConMiAgentedeSeguros

REFERENCIAS

- [1] “México nunca salió de la primera ola de COVID-19”: la dura declaración de la OMS ante el repunte de contagios en el país. México. (Diciembre 20 de 2020). *INFOBAE*. Disponible [aquí](#).
- [2] Personas con comorbilidades, los más vulnerables ante el COVID-19. Sala de Prensa. (Abril 7 de 2020). *PISA*. Disponible [aquí](#).
- [3] CCM Salud. (7 de noviembre de 2013). Comorbilidad. En *salud.ccm.net*. Recuperado de [aquí](#) el 1 de febrero de 2021.
- [4] Dirección General de Información en Salud (20 de mayo de 2021). *Exceso de Mortalidad en México. Datos Abiertos*. Disponible [aquí](#).
- [5] Frenk, J., y Gómez Dantés, O. (1 de Mayo de 2020). Lecciones de la pandemia. *Nexos*. Disponible [aquí](#).
- [6] Karam, E. 2021. Reporte de casos COVID 19 en población asegurada. Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros. México. Disponible [aquí](#).
- [7] Koury, J. M. y Hirschhaut, M. 2020 Reseña histórica del COVID-19 ¿Cómo y por qué llegamos a esta pandemia? *Acta Odontológica Venezolana*. Disponible [aquí](#).
- [8] Pandemia de COVID-19 en México. (2021). En *Wikipedia la enciclopedia de contenido libre que todos pueden editar*. Recuperado de [aquí](#).
- [9] Statista Research Department. 2021. Principales causas de mortalidad según el número de defunciones registradas en México de enero a agosto de 2020. Disponible [aquí](#).



Marco Antonio de la Rosa R. es actuario por la Universidad Nacional Autónoma de México. Es el socio fundador y director de De la Rosa Analytics Solutions Consulting. Previamente, se desempeñó como Responsable de Seguros y Daños, y como Gerente de Daños en la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, y antes de ello, fungió como Jefe del Departamento Actuaría y Estadística de Daños en GNP Seguros.

ción Mexicana de Instituciones de Seguros, y antes de ello, fungió como Jefe del Departamento Actuaría y Estadística de Daños en GNP Seguros.





CURSO ONLINE

BEL Y MARGEN DE RIESGO

16 de junio del 2021

24 HECSE

*De las cuales 5 serán de normatividad

Total de Horas: 24

✉ informes@actuaryhunters.com **f** @actuaryhunters ☎ 01 55 51 71 62 86 📞 55 83 72 41 90



✉ informes@actuaryhunters.com

f @actuaryhunters

☎ 01 55 51 71 62 86

📞 55 83 72 41 90

CURSO ONLINE

ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS FINANCIEROS

4, 11, 18 y 25 de junio del 2021

24 HECSE

Total de Horas: 24



DOCTORADO EN CIENCIAS ACTUARIALES

Próxima apertura: Enero de 2023



El programa consta de dos líneas de investigación: **Teoría del Riesgo** y **Estadística Aplicada**.

Dirigido a estudiantes con Maestría en matemáticas, estadística, finanzas cuantitativas, análisis cuantitativo del riesgo u otras áreas relacionadas con las Ciencias Actuariales.

Facultad de
Ciencias Actuariales

GRANDES LÍDERES

Y MEJORES PERSONAS

Coordinador del programa:
Dr. Carlos Cuevas Covarrubias
ccuevas@anahuac.mx

Informes:
Centro de Atención de Posgrado y Educación Continua

55 40 10 70 60
55 79 18 21 59

posgrado@anahuac.mx

anahuac.mx/mexico/posgrados

Actuarios Trabajando

Análisis del Sistema Mexicano de Salud



Análisis del Sistema Mexicano de Salud

Rebeca Gómez Cano^{*,1} and Sofía Musi de la Viña*

*Facultad de Ciencias Actuariales. Universidad Anáhuac México

RESUMEN El Sistema de Salud de un país es fundamental para su desarrollo y crecimiento. Es evidente, que el Sistema de Salud Mexicano tiene ciertas deficiencias a nivel nacional y aun más marcadas a nivel estatal. De acuerdo con los resultados de la primera parte se concluye que los pocos recursos económicos asignados a este sector, la falta de capacidad y la inmensa corrupción del país afectan directa y significativamente la eficiencia del Sistema de Salud. Este documento analiza el sector salud a nivel estado explicando porque unas entidades se posicionan mejor que otras en términos de calidad. El objetivo encontrar soluciones y planes de acción que en primera instancia permitan homogenizar la calidad del servicio ofrecido por el Sistema de Salud Mexicano a nivel nacional. Para alcanzar dicho objetivo se hizo una investigación exhaustiva y se utilizaron distintos modelos matemáticos como el Análisis de Componentes Principales y el Análisis de Regresión tomando en cuenta variables de salud, económicas y sociales.

Palabras clave

Calidad hospitalaria

Análisis de componentes principales

Análisis de regresión



Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios

Última actualización del manuscrito: 4 de junio de 2021

Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

La salud es un derecho de toda la población. Una buena salud es fundamental para el crecimiento del capital humano, personas más sanas son personas más productivas. Un año de aumento en la esperanza de vida contribuye con un 4.2 % al Producto Interno Bruto (PIB) per cápita. (Vea [Instituto Nacional de Contadores Públicos \(s.f.\)](#)).

Es evidente que el Sistema de Salud presenta algunas deficiencias en su desempeño actual, limitando el crecimiento del país. A pesar de que ha avanzado mucho en los últimos años, la calidad es heterogénea entre instituciones. Algunas de las deficiencias como acceso limitado a servicios de salud, sistemas ineficientes, costos elevados, quejas, etc. son más evidentes en algunos estados. A lo largo de la sección 2 se tocará este tema más a detalle.

La atención médica es indispensable y un derecho básico de las personas. Cada entidad debería de ser capaz de ofrecer por igual servicios de calidad y accesibles para todos los mexicanos. Es por eso por lo que en el presente trabajo se analizará la situación particular de cada entidad de la República Mexicana, siguiendo la metodología descrita en la sección 3 y así poder identificar mediante un Análisis de Regresión y un Análisis de Componentes Principales los factores más significativos para lograr la homogeneidad entre las instituciones que brindan servicios de salud a los ciudadanos.

2. MARCO TEÓRICO

Hasta el 2019, México era el onceavo país más poblado según el Consejo Nacional de Población (CONAPO) contando con alrededor de 120 millones de habitantes aumentando la demanda de salud, educación, vivienda, alimentos, etcétera (vea [Instituto Nacional de Contadores Públicos \(s.f.\)](#)).

El Sistema de Salud Mexicano se basa en la Ley General de la Salud y la Ley del Seguro Social, de las cuales deriva el Plan Nacional de Desarrollo y de éste el Programa Nacional de Salud (PNS). El artículo 4to de la Constitución Mexicana (2015) establece que todos los mexicanos tienen derecho a la protección de salud (vea [Lozano \(Diciembre 27, 2017\)](#); [OPS \(s.f.\)](#)).

En México existen 78 escuelas de medicina y la mayoría de los médicos participan en el sector privado del Sistema de Salud. A medida que la población incrementa, la infraestructura disminuye, volviéndose insuficiente y cada vez menos afiliados reciben atención oportuna y de calidad (vea [Secretaría de Salud \(2019\)](#)).

³Autor de correspondencia: Correo-electrónico

El Sistema de Salud presenta ciertas deficiencias en su servicio y calidad. El descontento de la población hacia la cobertura es cada vez mayor. Los servicios no satisfacen la demanda ni las expectativas (vea [Robledo Galván et al. \(Enero de 2011\)](#)).

En las entidades con menor Producto Interno Bruto (PIB) per cápita, principalmente en las zonas rurales, es donde las limitaciones del Sistema de Salud se hacen más evidentes. Es decir, la calidad y eficiencia son heterogéneas, resultando en una distribución desigual de la esperanza de vida y la mortalidad (vea [BBVA Bancomer \(2002\)](#)).

También se puede ver reflejado en las brechas de mortalidad que existen entre los estados en base a su grado de pobreza determinado por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (vea [García Saisó and Gutierrez \(2019\)](#)). Un ejemplo de la calidad según los usuarios se muestra en la Figura 1.

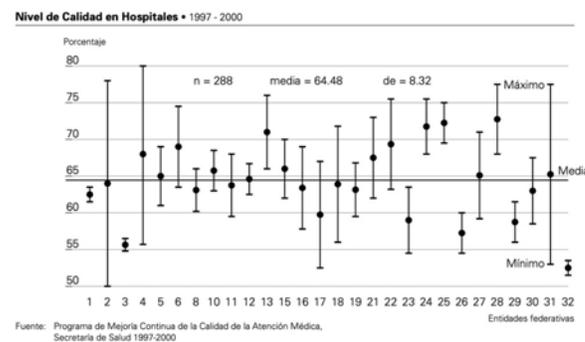


Figura 1 Nivel de Calidad en Hospitales (vea [BBVA Bancomer \(2002\)](#)).

El sexenio actual implementó un nuevo modelo de atención, Atención Primaria de Salud Integral e Integrado México (APS-I-MX). Su propósito es aumentar la eficiencia e institucionalizar su estructura (vea [Secretaría de Salud \(2019\)](#)).

Demografía por Entidad Federativa. Según la Encuesta Intercensal 2015, México tiene una tasa de crecimiento de población promedio de 1.4 %.

La distribución de la población se muestra en la Figura 2. Claramente se observa cómo hay estados mucho más poblados que otros, marcando así la primera diferencia a considerar en la evaluación de sus Sistemas de Salud.

Los estados más pobres presentan mayores tasas de mortalidad (cf. [Secretaría de Salud \(2019\)](#)).



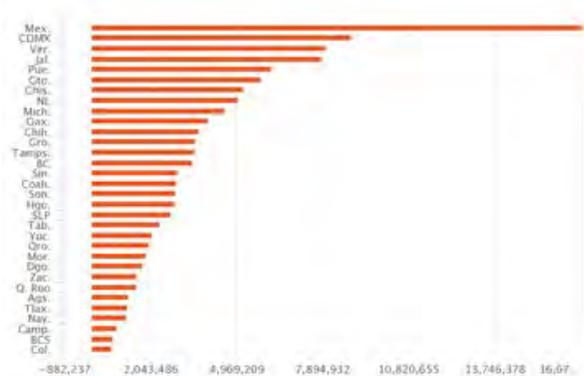


Figura 2 Población Total por Entidad Federativa (vea INEGI (2014a)).

Los datos se distribuyen de manera desigual a lo largo del país, aunque todos los estados se enfrentan a un proceso de envejecimiento que implica enfermedades costosas y prolongadas, y un problema de obesidad (cf. Corona González (Enero 15, 2017)).

En la Figura 3 se puede observar el porcentaje de pobreza de cada estado. Estadísticamente sabemos que entre menos riqueza tiene un estado, su mortalidad es mayor, por lo que se puede inferir que, entre otros factores, entre menor es la riqueza de un estado, menor calidad presenta su Sistema de Salud.

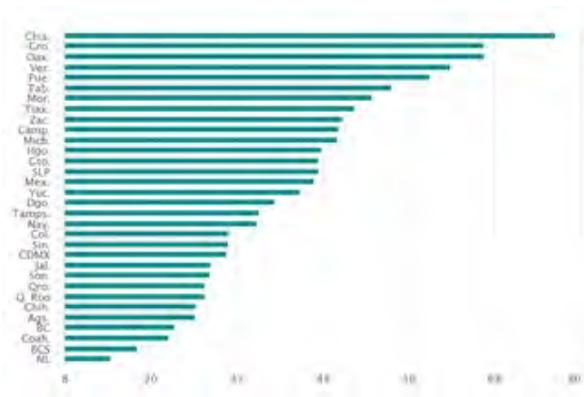


Figura 3 Porcentaje de Población en Situación de Pobreza (vea INEGI (2018)).



Sistema de Salud por Entidad Federativa. La falta de una política nacional uniforme deriva en un sistema heterogéneo entre entidades, siendo imposible garantizar cierto nivel de atención o calidad (vea Secretaría de Salud (2019)). En la Figura 4 se puede observar un ejemplo de cómo el acceso al Sistema de Salud varía mucho de una entidad a otra. Las personas con acceso al Sistema de Salud son aquellas que cuentan con algún derecho a recibir servicios médicos por parte de alguna institución (IMSS, ISSTE, Sector Privado, etc.), es decir la población cubierta.

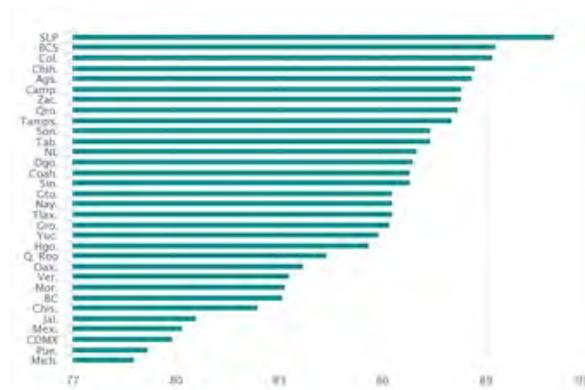


Figura 4 Acceso al Sistema de Salud (vea CONEVAL (2018)).

Financiamiento. El financiamiento del sistema de salud a nivel nacional proviene de un porcentaje del PIB que asigna el gobierno federal al sector salud. En efecto, en 2020, el gasto en salud en México fue del 3% según el Banco Mundial. Esto nos ubica muy por debajo del promedio latinoamericano, que es de alrededor del 7% (vea OPS (s.f.)). Además, ese 3% no se distribuye uniformemente a la entidades. La distribución del presupuesto es decidida en el Congreso de la Nación, y está regulada por la SHCP.

Calidad. La calidad es la capacidad para que un producto o servicio consiga el objetivo establecido al más bajo costo posible. La evaluación de la calidad considera una serie de factores como acceso, seguridad, efectividad, eficiencia, satisfacción del usuario, entre otros (vea Hernández Torres *et al.* (2012)). En una publicación de la Secretaría de Salud nos presentan el “Hexágono de la Calidad”, que pretende agrupar todos los elementos que influyen en la calidad que ofrece una institución médica. Veá Robledo Galván *et al.* (Enero de 2011) y la Figura 5.



Figura 5 Hexágono de la Calidad en la Atención al Paciente (vea Robledo Galván *et al.* (Enero de 2011)).

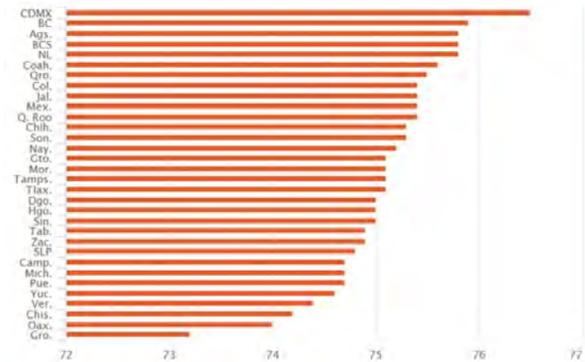


Figura 6 Esperanza de vida al nacer (vea CONAPO (2016)).

La calidad de un Sistema de Salud se refleja en los resultados de éste. Uno de estos resultados es el indicador de la Esperanza de Vida, en el cual se puede observar de nuevo la heterogeneidad entre las entidades de la república según la Figura 6.

Otra medición de los resultados puede ser la Salud Auto reportada, indicador que mide la satisfacción de las personas con su salud del 0 al 10, mostrado en la Figura 7.

Infraestructura. Otro factor crucial por analizar es la infraestructura con la que cuenta cada estado. El servicio que ofrece cada institución está directamente relacionado con las instalaciones y el equipo médico que tienen a su disposición. En la Figura 8 observamos los consultorios, camas censales, quirófanos y personal médico por cada mil habitantes, mostrando nuevamente la heterogeneidad que existe entre las entidades federativas.

Adicional a la información anterior, en el Apéndice ?? se puede observar la capacidad de las instalaciones hospitalarias en cuanto a estudios Clínicos, de Rayos X, Tomografías, Fisioterapias y Rehabilitaciones.

3. METODOLOGÍA

Variables

Las variables que tomamos en cuenta para los análisis fueron obtenidas del INEGI y del Sistema de Información

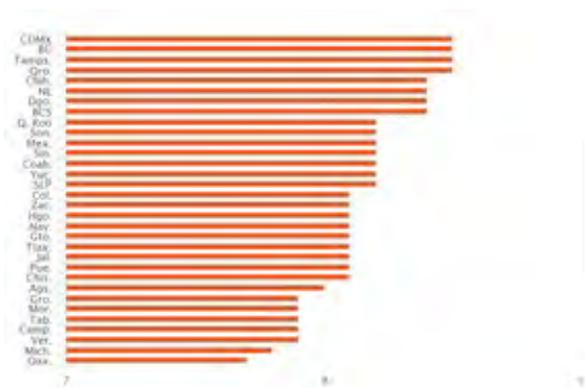


Figura 7 Salud Autorreportada (vea INEGI (2014b)).



| Entidad Federativa | Población no residente | Porcentaje | Cobertura de Atención Primaria por 1000 | Cobertura de Especialidades por 1000 | Consultas por 1000 | Quirófanos por 1000 | Medicos Generales por 1000 | Medicos Especialistas por 1000 | Egresos Hospitalarios por cada 1000 | Expendido por cada 1000 |
|---------------------|------------------------|-------------|---|--------------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Agua Calientes | 664,263 | 38.1 | 0.32 | 0.45 | 0.81 | 3.88 | 0.52 | 0.9 | 1.44 | 0.23 |
| Baja California | 1,356,156 | 35.4 | 0.29 | 0.39 | 0.46 | 1.84 | 0.29 | 0.44 | 1.15 | 0.07 |
| Baja California Sur | 308,095 | 31.6 | 0.41 | 0.48 | 0.83 | 3.57 | 0.74 | 0.77 | 1.79 | 0.03 |
| Campeche | 514,006 | 44.3 | 0.46 | 0.45 | 0.95 | 4.47 | 0.91 | 0.67 | 1.64 | 0.14 |
| Coahuila | 956,657 | 38.9 | 0.38 | 0.41 | 0.86 | 3.97 | 0.5 | 0.67 | 1.08 | 0.27 |
| Colima | 336,688 | 11.9 | 0.65 | 0.45 | 0.91 | 5.35 | 0.8 | 0.97 | 1.51 | 0.22 |
| Chiapas | 4,408,125 | 47.8 | 0.41 | 0.38 | 0.39 | 2.86 | 0.89 | 0.23 | 1.33 | 0.15 |
| Chihuahua | 1,518,813 | 60.5 | 0.41 | 0.34 | 0.84 | 4.21 | 0.55 | 0.69 | 1.76 | 0.07 |
| CDMX | 3,912,578 | 29 | 0.29 | 0.85 | 1.58 | 6.98 | 0.6 | 1.81 | 3.38 | 0.82 |
| Durango | 831,819 | 38.6 | 0.6 | 0.37 | 1 | 4.23 | 0.78 | 0.63 | 1.58 | 0.24 |
| Guamajuato | 3,680,378 | 52.8 | 0.5 | 0.24 | 0.51 | 2.5 | 0.58 | 0.5 | 1.24 | 0.12 |
| Guerrero | 2,797,733 | 41.2 | 0.53 | 0.21 | 0.43 | 2.43 | 1.02 | 0.38 | 1.37 | 0.15 |
| Hidalgo | 2,016,449 | 52.2 | 0.53 | 0.22 | 0.46 | 2.03 | 0.77 | 0.35 | 0.91 | 0.09 |
| Jalisco | 4,064,236 | 43.8 | 0.32 | 0.25 | 0.68 | 3.08 | 0.42 | 0.52 | 0.84 | 0.08 |
| México | 9,506,946 | 53.5 | 0.25 | 0.18 | 0.43 | 1.44 | 0.39 | 0.41 | 0.95 | 0.17 |
| Michoacán | 3,232,864 | 38.7 | 0.41 | 0.23 | 0.46 | 2.29 | 0.51 | 0.31 | 0.63 | 0.04 |
| Morelos | 1,814,134 | 33.7 | 0.39 | 0.26 | 0.4 | 2.51 | 0.77 | 0.52 | 0.96 | 0.11 |
| Nayarit | 671,646 | 42.6 | 0.68 | 0.36 | 0.82 | 3.42 | 1.03 | 0.42 | 1.11 | 0.41 |
| Nuevo León | 1,699,496 | 28.3 | 0.4 | 0.35 | 0.4 | 1.71 | 0.31 | 0.36 | 0.87 | 0.12 |
| Oaxaca | 3,011,936 | 53.5 | 0.59 | 0.28 | 0.5 | 2.39 | 0.77 | 0.39 | 1.18 | 0.1 |
| Puebla | 4,832,491 | 56.6 | 0.32 | 0.23 | 0.48 | 2.63 | 0.46 | 0.32 | 0.49 | 0.11 |
| Quintana Roo | 1,589,308 | 40.9 | 0.38 | 0.28 | 0.39 | 2.45 | 0.57 | 0.45 | 1 | 0.1 |
| Quintana Roo | 777,379 | 37.8 | 0.4 | 0.34 | 0.54 | 2.83 | 0.86 | 0.65 | 1.87 | 0.08 |
| San Luis Potosí | 1,558,274 | 40.8 | 0.42 | 0.36 | 0.64 | 2.82 | 0.51 | 0.42 | 1.11 | 0.13 |
| Sinaloa | 1,394,299 | 35.1 | 0.46 | 0.35 | 0.65 | 3.16 | 0.65 | 0.67 | 1.13 | 0.17 |
| Sonora | 1,197,036 | 37 | 0.51 | 0.42 | 0.96 | 4.18 | 0.56 | 0.72 | 1.61 | 0.34 |
| Tlaxcala | 1,820,334 | 68 | 0.57 | 0.41 | 0.62 | 3.64 | 0.89 | 0.5 | 1.28 | 0.16 |
| Tampulipas | 1,884,779 | 36.6 | 0.42 | 0.35 | 0.89 | 3.85 | 0.75 | 0.74 | 1.18 | 0.42 |
| Tlaxcala | 3,444,451 | 60.3 | 0.39 | 0.31 | 0.47 | 2.75 | 0.74 | 0.47 | 0.95 | 0.17 |
| Veracruz | 5,473,372 | 31.9 | 0.36 | 0.2 | 0.46 | 2.3 | 0.57 | 0.31 | 0.44 | 0.06 |
| Yucatán | 1,102,256 | 38.5 | 0.39 | 0.33 | 0.77 | 3.27 | 0.62 | 0.8 | 1.16 | 0.58 |
| Zacatecas | 1,024,557 | 45.3 | 0.5 | 0.31 | 0.64 | 3.32 | 0.84 | 0.57 | 1.18 | 0.17 |
| Total | 62,101,626 | 44.7 | 0.39 | 0.23 | 0.6 | 2.88 | 0.59 | 0.53 | 1.14 | 0.19 |

Figura 8 Recursos Básicos Hospitalarios para Población Abierta por Entidad Federativa 2018 (vea Secretaría de Salud (2019)).

de la Secretaría de Salud.

1. Población Total por Entidad Federativa: Número de residentes totales en cada entidad.
2. Porcentaje de la Población con Acceso al Sistema de Salud por Entidad Federativa: Porcentaje de la población que esta afiliada al seguro o tiene derecho a recibir servicios médicos de alguna institución médica pública o privada.
3. Porcentaje de la Población en Situación de Pobreza por Entidad Federativa: Porcentaje de la población con un ingreso menor al de la línea de bienestar y que tienen al menos una carencia social.
4. Esperanza de Vida por Entidad Federativa: Es el promedio de años estimado que se espera que viva una persona al momento de su nacimiento.
5. Salud Autorreportada por Entidad Federativa: Mide la satisfacción de las personas respecto a su salud en una escala del 0 al 10.
6. Personal Médico por cada 1000 habitantes por Entidad Federativa: Cantidad de médicos generales, especialistas, odontólogos, enfermeras y otro personal medico que trabajan en las instituciones de salud.



7. Equipos Médicos de Alta Tecnología por cada 1000 habitantes por Entidad Federativa: Cantidad de mastógrafos, aceleradores lineales, resonancias magnéticas, tomógrafos, angiógrafos, unidades de radioterapia y gamma cámaras en las instituciones de salud.
8. Establecimientos de Salud por cada 1000 habitantes por Entidad Federativa: Cantidad de establecimientos médicos de asistencia social, consulta externa, hospitalización y de apoyo existen en las instituciones públicas de salud.
9. Camas Censales por cada 1000 habitantes por Entidad Federativa: Numero de camas hospitalarias con las que cuentan las instituciones de salud.
10. Egresos Hospitalarios por cada 1000 habitantes por Entidad Federativa: Cantidad de dinero que reciben las instituciones publicas de salud.
11. Tasa de Mortalidad Infantil por Entidad Federativa: Es el número de defunciones de niños menores a 1 año por cada mil nacidos vivos.
12. Tasa de Obesidad por Entidad Federativa: Es el porcentaje de personas mayores a 20 años que tienen obesidad. La obesidad se determina con una relación entre peso y altura.

Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (PCA) es un método de reducción de dimensionalidad que transforma las variables en un nuevo conjunto llamado "componentes principales". Extrae información importante de grandes bases de datos, es una manera de identificar ciertos patrones entre los datos. El conjunto resultante elimina la correlación entre las variables.

- Varianza: Es la medida de que tan dispersos se encuentran los datos a comparación de la media.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1},$$

donde \bar{X} es el promedio aritmético de los datos.

- Covarianza: Es la medida que determina que tanto varían los datos de la media, pero entre dos dimensiones. El signo indica como se mueve una dimensión en relación con la otra.

$$COV(X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n - 1}.$$

- **Correlación:** Mide la dependencia lineal entre dos variables.

$$\rho_{xy} = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

- **Combinación lineal:** Consiste en la suma de pares de elementos multiplicados entre sí. Estos pares se componen de un vector y un número real:

$$a_1v_1 + a_2v_2 + \dots + a_nv_n$$

- **Ortonormalidad:** Indica que los elementos son ortogonales y normales, es decir, que el producto punto entre cuales quiera dos vectores es cero y su norma es uno.
- **Eigenectores:** Es un vector no nulo que al ser transformados por un operador resultan en un escalar. Para convertir el eigenvector en 1 se divide entre su norma (v).
- **Eigenvalor:** Es el escalar resultante de la transformación del eigenvector (λ).

$$Av = \lambda \cdot v$$

Los componentes principales se construyen como combinaciones lineales de las variables originales. Se ordenan según la cantidad de varianza explicada por cada componente, entre mayor sea la varianza explicada, más información contiene el componente, así la variable que explica el mayor porcentaje de varianza será el primer componente y así sucesivamente. A pesar de que el número de componentes principales es igual al de las variables originales el método pretende trabajar en un espacio reducido buscando minimizar la pérdida de información lo mas posible y explicar la mayor varianza logrando que los vectores obtenidos sean ortonormales y formen una base. Para obtener los valores óptimos se utilizan los eigenectores de la matriz de correlación de las variables originales. Los componentes se convierten en las nuevas variables, con estas variables se evita la multicolinealidad en la regresión o en el análisis factorial discriminante.

Análisis de regresión

Un Análisis de Regresión es un proceso estadístico que propone una relación funcional entre la variable dependiente y las variables independientes, también conocidas como regresores. Es decir, se observa y explica la variable dependiente como función de las independientes. Posteriormente, con esta relación se identifican cuáles regresores son los que mayor impacto tienen en la variable dependiente. Todas las variables independientes que no sean significantes se eliminan del modelo.

- **Variable dependiente:** Lo que se intenta predecir
- **Variable independiente:** Factor que se cree que puede impactar en la variable dependiente. Son valores fijos y se tiene control sobre ellos.

Algunos conceptos que se utilizan en el análisis para determinar un buen modelo con los regresores adecuados y significativos son:

- **p-value:** Probabilidad mínima definida de que dado que la hipótesis nula es cierta, observemos algo más extremo que en los datos reales. Nos da la significancia necesaria para rechazar la hipótesis nula (H_0), normalmente se define a 5%. Si el p-value es menor a el porcentaje establecido quiere decir que es estadísticamente significativo para el modelo.
- **Factor de Inflación de Varianza (FIV):** Indica el grado de multicolinealidad (varias variables independientes tienen una fuerte correlación entre ellas). Cuando una variable tiene un FIV muy alto se considera retirarla del modelo debido a la contribución marginal de cada variable al modelo.

La variable dependiente que usaremos será *Salud autorreportada*, y las variables independientes pueden verse en la Figura 12.

4. ANÁLISIS DE DATOS

Resultados.

El primer paso fue un análisis gráfico de parejas en donde se puede ver la relación que tienen las variables entre ellas. Vea la Figura 9.

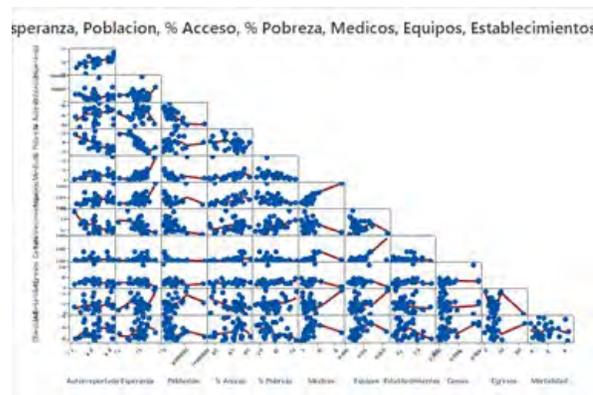


Figura 9 Análisis Gráfico por Parejas.

La matriz de correlación de las variables obtenidas se aprecia en la Figura 10.



Correlaciones

| | Población | % Acceso | % Pobreza | Esperanza | Autoreportada | Medicos | Equipos |
|------------------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------|---------|---------|
| % Acceso | -0.668 | | | | | | |
| % Pobreza | 0.166 | -0.522 | | | | | |
| Esperanza | 0.065 | 0.043 | -0.832 | | | | |
| Autoreportada | -0.039 | 0.205 | -0.669 | 0.646 | | | |
| Medicos | -0.050 | 0.071 | -0.419 | 0.588 | 0.375 | | |
| Equipos | -0.099 | 0.167 | -0.400 | 0.451 | 0.411 | 0.851 | |
| Establecimientos | -0.381 | 0.145 | -0.520 | -0.580 | -0.477 | -0.186 | -0.233 |
| Camas | -0.523 | 0.328 | -0.287 | 0.189 | 0.027 | 0.409 | 0.543 |
| Egresos | -0.321 | 0.302 | 0.048 | 0.067 | -0.215 | -0.011 | 0.143 |
| Mortalidad | 0.385 | -0.319 | 0.242 | 0.075 | 0.184 | 0.294 | 0.321 |
| Obesidad | -0.290 | 0.260 | -0.434 | 0.260 | 0.285 | 0.322 | 0.437 |

| | Establecimientos | Camas | Egresos | Mortalidad |
|------------------|------------------|--------|---------|------------|
| % Acceso | | | | |
| % Pobreza | | | | |
| Esperanza | | | | |
| Autoreportada | | | | |
| Medicos | | | | |
| Equipos | | | | |
| Establecimientos | | | | |
| Camas | 0.150 | | | |
| Egresos | 0.228 | 0.503 | | |
| Mortalidad | -0.185 | -0.158 | 0.220 | |
| Obesidad | -0.178 | 0.413 | 0.127 | 0.051 |

Figura 10 Matriz de correlación.

En las Figuras 9 y 10 podemos observar la relación que existe entre cada una de las variables. Gráficamente se pueden observar relaciones positivas, negativas, lineales y monótonas entre las variables, incluso algunas casi cuadráticas. Al observar los valores se establece que entre las correlaciones más importantes esta la Esperanza de Vida al Nacer esta altamente correlacionada con el Porcentaje de Pobreza de la entidad (inversamente proporcional), así como el Personal Médico con los Equipos Médicos. También la Salud Autorreportada tiene una gran dependencia con el Porcentaje de Pobreza y con la Esperanza de Vida al Nacer. A la vez, la Esperanza de Vida marca una dependencia respecto al Personal Médico. Más aun, el estadístico de Durbin-Watson arrojó un valor de 2.07382, lo que indica que los términos de error sucesivos están correlacionados negativamente. Después de aplicar el método de Componentes Principales obtenemos los eigenvalores y varianzas que mostramos en la Figura 11.

Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valor propio | 3.7023 | 2.7195 | 1.4789 | 0.8154 | 0.7289 | 0.5313 | 0.3515 | 0.2575 | 0.2507 | 0.1112 |
| Proporción | 0.337 | 0.247 | 0.134 | 0.074 | 0.066 | 0.048 | 0.032 | 0.023 | 0.023 | 0.010 |
| Acumulada | 0.337 | 0.584 | 0.718 | 0.792 | 0.859 | 0.907 | 0.939 | 0.962 | 0.985 | 0.995 |
| Valor propio | 0.0527 | | | | | | | | | |
| Proporción | 0.005 | | | | | | | | | |
| Acumulada | 1.000 | | | | | | | | | |

Figura 11 Eigenvalores y varianzas.



Como se puede observar una varianza acumulada de los datos del 72 % se obtiene hasta el tercer componente, es por eso por lo que se trabajará con esos tres (vea la Figura 12).

Vectores propios

| Variable | PC1 | PC2 | PC3 |
|------------------|--------|--------|--------|
| Esperanza | 0.371 | -0.291 | 0.254 |
| Poblacion | -0.195 | -0.461 | -0.060 |
| % Acceso | 0.244 | 0.385 | 0.162 |
| % Pobreza | -0.399 | 0.123 | -0.456 |
| Medicos | 0.388 | -0.185 | -0.321 |
| Equipos | 0.416 | -0.121 | -0.375 |
| Establecimientos | -0.170 | 0.410 | -0.315 |
| Camas | 0.360 | 0.301 | -0.197 |
| Egresos | 0.122 | 0.347 | -0.158 |
| Mortalidad | -0.002 | -0.333 | -0.538 |
| Obesidad | 0.329 | 0.040 | -0.034 |

Figura 12 Coeficientes de la ecuaciones (1)-(3).

Por otro lado, en el análisis de regresión se obtuvo la siguiente ecuación, identificando como variables significativas en la percepción de la calidad de vida que tienen las personas son la pobreza y la mortalidad. La pobreza igual tuvo una gran influencia en la constitución de los primeros tres componentes elegidos. Se realizaron distintos análisis, el primero utilizando todas las variables originales y los siguientes con los primeros tres componentes principales. Para este análisis se comprobaron los seis supuestos para la regresión. Las evidencias pueden verse en las Figuras 18-20, y las ecuaciones (1)-(3). La variable respuesta se elevó a la potencia 7 % para estabilizar la varianza.

$$A^{0.07} = 1.15859 - 0.000108p + 0.000335m,$$

donde A representa la Salud Autorreportada, p es el porcentaje de pobreza, y m es la mortalidad (vea (1)-(3)).

Sabemos que estas variables son significativas gracias a su valor p y a su FIV. Podemos observar estos datos en la Figura 18. El modelo explica gran parte de la varianza.

Resumen del modelo

| | R-cuad. | R-cuad. |
|-----------|--------------------|---------------|
| S | R-cuad. (ajustado) | (pred) |
| 0,0014446 | 57.52% | 54.60% 47.99% |

Figura 13 Resumen del modelo.

Creamos una clasificación de las entidades según la Salud Autoreportada registrada en el INEGI y después se hizo lo mismo tras aplicar el modelo de regresión a los datos originales. Los cambios en las posiciones se observan en la Tabla 1.

Análisis

El primer paso fue identificar el impacto de las variables en los tres componentes elegidos. La mayoría de las variables tienen una gran influencia en los componentes escogidos. Las tres con mayor peso son el Porcentaje de Pobreza, los Equipos Médicos de Alta Tecnología por cada mil habitantes y los Establecimientos Hospitalarios por cada 1000 habitantes. Las que representan la menor participación son la Tasa de Obesidad y los Egresos Hospitalarios. La poca importancia que representan los Egresos Hospitalarios en el análisis se contrapone con la importancia que se les dio en una de las conclusiones del Análisis del Sistema de Salud Mexicano I que nos decía que a mayor inversión en salud mayor era su eficiencia. En los resultados del PCA por entidad federativa nos damos cuenta de que el dinero no es vital para el éxito o el fracaso del Sistema de Salud dando pie a investigar más al respecto. Adicional en el Análisis de Regresión, se observa que dos variables que repercuten significativamente en la satisfacción de la propia vida de las personas son la Tasa de Mortalidad y el Porcentaje de Pobreza. Dos de los coeficientes más importantes en el PCA también y que además se observó una fuerte relación desde la matriz de correlaciones. Además, el PCA establece también que la infraestructura (establecimientos de salud, equipos de alta tecnología, camas censales y médicos) es

fundamental en la explicación de la heterogeneidad antes mencionada entre las entidades. Al comparar la posición que ocupan los estados antes y después del análisis se aprecia claramente como cambian los lugares al añadir más variables respecto a la situación real de las entidades. Los que tienen cambios más significativos son Morelos, Yucatán, Coahuila y Chihuahua. En el caso de Chihuahua sube ocho posiciones, esto podría deberse a que de los estados con mayor acceso al sistema de salud y menor porcentaje de pobreza. Además, es de los que cuentan con mayores establecimientos de salud a pesar de que es de los que tiene menos egresos hospitalarios. Por otro lado, Coahuila baja nueve posiciones siendo uno de los estados con mayores egresos hospitalarios pero muchas deficiencias en la infraestructura, especialmente en los establecimientos. Morelos por ejemplo está entre los porcentajes más altos de pobreza y entre los más bajos en cuestión de médicos y equipos tecnológicos. Al igual que Chihuahua, Yucatán sube diez posiciones siendo uno de los más altos en cuanto a personal médico y establecimientos. Estas comparaciones reiteran la importancia de la infraestructura resaltada en el PCA.

5. CONCLUSIONES

El Sistema de Salud mexicano se enfrenta con una gran problemática en su estructura misma que impide que los ciudadanos puedan hacer valer su derecho a la atención médica de la mejor manera. Existe una gran heterogeneidad en las instituciones de salud a lo largo del país que ofrecen distintos niveles de atención, de calidad, de instalaciones, equipo, etc. Esto es la primera causa de inconformidad con el sistema ya que los pacientes no tienen continuidad ni un tratamiento uniforme. Un factor muy importante que destacar es que cada año hay más afiliados al Sistema de Salud, sin embargo, la inversión en salud baja año con año.

Los países que trabajan con regulaciones en la calidad de su Sistema de Salud, manteniendo una calidad estándar a lo largo de todo el país presentan mejores resultados. Los resultados obtenidos en este documento arrojan que los factores que más influyen en esta heterogeneidad es la diferencia que existe entre la infraestructura de cada entidad. Posible factor de la deficiencia en infraestructura a nivel nacional, recordando que México tiene el peor promedio en camas hospitalarias según la OCDE.

Para lograr la misma infraestructura entre las entidades se necesita un plan de acción a largo plazo. Como ya se mencionó anteriormente, el presupuesto que invierte el país en salud se distribuye según una iniciativa presenta-



■ **Tabla 1 Cambios en la clasificación**

| Entidad Federativa | Antes | Después | Cambio |
|---|-------|---------|--------|
| Aguascalientes | 3 | 6 | -3 |
| Baja California | 2 | 9 | -7 |
| Baja California Sur | 4 | 2 | 2 |
| Campeche | 25 | 23 | 2 |
| Coahuila | 6 | 15 | -9 |
| Colima | 8 | 5 | 3 |
| Chiapas | 30 | 30 | 0 |
| Chihuahua | 12 | 4 | 8 |
| Ciudad de México | 1 | 1 | 0 |
| Durango | 19 | 11 | 8 |
| Guanajuato | 15 | 19 | -4 |
| Guerrero | 32 | 32 | 0 |
| Hidalgo | 20 | 21 | -1 |
| Jalisco | 9 | 7 | 2 |
| México | 10 | 17 | -7 |
| Michoacán | 26 | 26 | 0 |
| Morelos | 16 | 27 | -11 |
| Nayarit | 14 | 13 | 1 |
| Nuevo León | 5 | 3 | 2 |
| Oaxaca | 31 | 31 | 0 |
| Puebla | 27 | 28 | -1 |
| Querétaro | 7 | 8 | -1 |
| Quintana Roo | 11 | 14 | -3 |
| San Luis Potosí | 24 | 22 | 2 |
| Sinaloa | 21 | 16 | 5 |
| Sonora | 13 | 10 | 3 |
| Tabasco | 22 | 25 | -3 |
| Tamaulipas | 17 | 12 | 5 |
| Tlaxcala | 18 | 20 | -2 |
| Veracruz | 29 | 29 | 0 |
| Yucatán | 28 | 18 | 10 |
|  | 23 | 24 | -1 |

da a la Cámara de Diputados, de esta manera el siguiente paso sería construir un plan de inversión de dicho presupuesto basándonos en las necesidades de cada entidad y de esta manera poco a poco crecer la infraestructura de los estados que carecen de ésta.

A. ANEXOS VARIOS

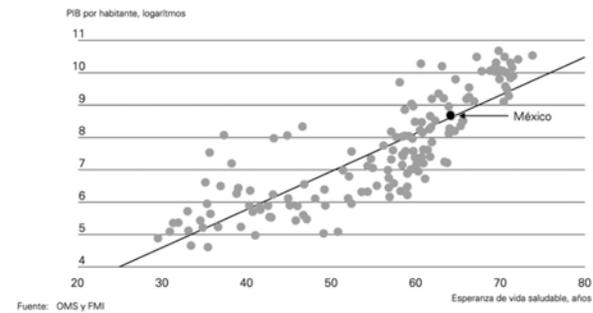


Figura 14 Capital Humano–Desarrollo Económico (vea BBVA Bancomer (2002)).

| Entidad Federativa | Por cada 100,000 habitantes | | | | Nacional | Por cada 100,000 habitantes | | | | |
|--------------------|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|----------------------------|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|------|
| | Mortal. | Camas | Médicos | Consultorios | | Mortal. | Camas | Médicos | Consultorios | |
| Quintana Roo | 2.9 | 64.3 | 160.7 | 60.8 | 4.3 77.5 141.2 51.7 | 4.3 | 77.5 | 141.2 | 51.7 | |
| México | 3.4 | 53.1 | 87.7 | 33.1 | | Guanajuato | 4.3 | 50.7 | 93.8 | 33.7 |
| Baja California | 3.5 | 64.3 | 136.4 | 40.9 | | Tamaulipas | 4.3 | 96.7 | 159.1 | 54.5 |
| B. California Sur | 3.6 | 142.0 | 291.8 | 93.3 | | Tlaxcala | 4.3 | 50.1 | 135.1 | 45.9 |
| Aguascalientes | 3.7 | 80.8 | 164.2 | 57.1 | | Chiapas | 4.4 | 45.1 | 101.7 | 49.6 |
| Tabasco | 3.7 | 72.1 | 177.9 | 67.1 | | Sinaloa | 4.4 | 75.9 | 134.8 | 48.9 |
| Nuevo León | 3.8 | 94.8 | 152.3 | 57.8 | | Durango | 4.5 | 80.2 | 155.4 | 60.9 |
| Querétaro | 3.8 | 54.0 | 130.0 | 45.8 | | Hidalgo | 4.7 | 54.5 | 119.7 | 55.2 |
| Coahuila | 4.0 | 102.1 | 169.3 | 58.1 | | Michoacán | 4.7 | 46.6 | 99.5 | 40.6 |
| Sonora | 4.0 | 104.8 | 169.3 | 56.7 | | Nayarit | 4.7 | 72.2 | 151.6 | 64.1 |
| Campeche | 4.1 | 93.7 | 183.2 | 92.4 | | Puebla | 4.7 | 65.5 | 104.1 | 42.5 |
| Chihuahua | 4.1 | 76.7 | 120.3 | 47.1 | | Guerrero | 4.8 | 50.6 | 110.2 | 56.7 |
| Colima | 4.2 | 98.3 | 187.5 | 76.1 | | San Luis Potosí | 4.8 | 56.7 | 104.5 | 43.8 |
| Distrito Federal | 4.2 | 189.2 | 327.4 | 91.0 | | Veracruz | 4.8 | 59.4 | 120.3 | 51.8 |
| Jalisco | 4.2 | 93.6 | 148.4 | 49.1 | | Zacatecas | 4.9 | 49.2 | 112.2 | 48.5 |
| Morelos | 4.2 | 53.1 | 128.0 | 46.6 | | Yucatán | 5.1 | 89.2 | 159.7 | 49.1 |
| Nacional | 4.3 | 77.5 | 141.2 | 51.7 | | Oaxaca | 5.4 | 47.1 | 94.7 | 49.8 |

Mortal. Tasa de mortalidad
Fuente: Dirección General de Información y Evaluación del Desempeño de la Secretaría de Salud (2001).

Figura 15 Indicadores de Salud Pública (vea BBVA Banco-mer (2002)).

Las tres ecuaciones de regresión que obtuvimos fueron:

$$A^{0.07} = 1.15859 + 0.000270p - 0.1675m, \quad (1)$$

$$A^{0.07} = 1.15859 + 0.000875p - 0.001006m, \quad (2)$$

$$A^{0.07} = 1.15859 + 0.000236p - 0.000623m. \quad (3)$$

CUADRO 1.
NIVELES Y OBJETO DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ATENCIÓN.

| Nivel | Denominación | Objeto | Método | Instrumento |
|---------|--|--|----------------------------------|------------------------------------|
| Primero | Evaluación general de la calidad. | Políticas, programas y presupuesto nacional. | Grupo focal | FESP-9 ⁽¹⁾ |
| Segundo | Evaluación de la calidad de los servicios. | Servicios de salud de primero, segundo y tercer nivel de atención. | Sistémico | EPRC ⁽²⁾ |
| Tercero | Evaluación de casos (Individual) | Resultado de la atención médica individual (casos) | Calidad y seguridad del paciente | Evaluación de la atención del caso |

(1) Función esencial de salud pública número 9. Garantía y mejoramientos de la calidad de los servicios de salud individuales y colectivos.
(2) Modelo de estructura, proceso, resultado y contexto.

Figura 16 Niveles y Objeto de la Evaluación de la Calidad de Atención.

| Entidad Federativa | Egresos | Laboratorio Clínico | | Rayos X | | Tomografía | | Sesiones de fisioterapia | Pacientes Rehabilitados |
|---------------------|------------------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|--------------------------|-------------------------|
| | | Estudios | Personas | Estudios | Personas | Estudios | Personas | | |
| Aguascalientes | 39,860 | 3,227,633 | 88,452 | 163,350 | 5,872 | 4,348 | 3,323 | 4,786 | 8 |
| Baja California | 40,202 | 3,137,363 | 252,262 | 35,899 | 19,927 | 18,846 | 14,268 | 5,228 | 15 |
| Baja California Sur | 39,642 | 742,646 | 97,137 | 61,901 | 53,327 | 3,600 | 3,600 | 0 | 1 |
| Campesche | 24,245 | 1,349,743 | 238,076 | 30,576 | 21,771 | 0 | 0 | 207 | 0 |
| Coahuila | 39,344 | 892,796 | 101,860 | 53,284 | 37,252 | 1,597 | 1,602 | 3,622 | 7,863 |
| Colima | 19,549 | 428,703 | 74,381 | 42,887 | 37,888 | 1,96 | 1,99 | 0 | 0 |
| Chiapas | 30,358 | 5,047,330 | 52,424 | 37,722 | 47,420 | 8,687 | 3,481 | 8,540 | 3,289 |
| Chihuahua | 81,918 | 3,906,968 | 497,246 | 248,447 | 182,835 | 21,578 | 18,423 | 15,315 | 11,700 |
| CDMX | 249,754 | 97,736,992 | 3,901,503 | 1,176,247 | 840,195 | 173,858 | 139,519 | 1,646,333 | 58,410 |
| Durango | 48,582 | 2,439,083 | 287,059 | 193,249 | 114,464 | 16,930 | 12,949 | 38,742 | 312 |
| Guerrero | 18,835 | 9,222,739 | 1,028,863 | 419,832 | 299,600 | 25,834 | 20,530 | 10,202 | 5,526 |
| Guajalajara | 78,931 | 5,236,353 | 540,369 | 180,276 | 188,976 | 5,047 | 4,892 | 11,495 | 1,195 |
| Hidalgo | 36,588 | 1,991,026 | 346,241 | 84,913 | 122,639 | 5,943 | 5,842 | 120,440 | 85 |
| Jalisco | 176,844 | 3,988,316 | 258,230 | 175,719 | 124,784 | 2,502 | 2,498 | 51,781 | 1,886 |
| México | 30,539 | 7,539,898 | 1,072,909 | 671,485 | 425,164 | 28,628 | 27,218 | 53,772 | 11,301 |
| Michoacán | 109,243 | 3,663,285 | 407,814 | 182,976 | 142,399 | 14,331 | 14,086 | 45,646 | 1,013 |
| Morelos | 44,348 | 2,712,860 | 326,517 | 131,604 | 85,815 | 4,370 | 4,377 | 748 | 0 |
| Nayarit | 19,665 | 861,632 | 141,364 | 29,287 | 19,776 | 1,061 | 1,061 | 54 | 31 |
| Nuevo León | 54,899 | 2,309,990 | 342,293 | 190,151 | 124,429 | 10,380 | 8,862 | 7,780 | 48,349 |
| Oaxaca | 77,698 | 3,824,356 | 429,897 | 124,390 | 80,521 | 32,681 | 10,550 | 5,007 | 108 |
| Puebla | 188,039 | 4,983,537 | 727,753 | 324,730 | 204,003 | 24,494 | 18,897 | 133,540 | 1,602 |
| Queretaro | 35,749 | 3,600,109 | 376,629 | 172,033 | 106,511 | 26,914 | 18,326 | 6,739 | 302 |
| Quintana Roo | 40,395 | 1,810,766 | 203,264 | 50,064 | 41,728 | 7,587 | 6,942 | 13,010 | 28 |
| San Luis Potosí | 90,852 | 2,930,973 | 352,052 | 199,898 | 132,425 | 12,827 | 12,327 | 26,520 | 1,972 |
| Sinaloa | 61,830 | 2,544,717 | 332,209 | 187,242 | 130,157 | 10,544 | 10,740 | 11,639 | 2,383 |
| Sonora | 90,264 | 2,588,539 | 388,702 | 134,771 | 89,093 | 8,486 | 6,579 | 4,546 | 3 |
| Tabasco | 85,260 | 2,388,669 | 444,014 | 120,347 | 79,754 | 8,684 | 6,775 | 8,886 | 894 |
| Tamaulipas | 77,266 | 2,444,185 | 444,661 | 177,516 | 130,189 | 6,297 | 5,545 | 29,705 | 2,471 |
| Tlaxcala | 54,655 | 2,494,847 | 371,661 | 165,328 | 55,206 | 1,464 | 1,352 | 11,445 | 3,325 |
| Veracruz | 103,328 | 7,795,296 | 985,517 | 784,079 | 230,840 | 35,503 | 48,282 | 80,243 | 2,250 |
| Yucatán | 51,173 | 2,759,724 | 286,603 | 170,449 | 58,517 | 6,738 | 9,924 | 19,329 | 24 |
| Zacatecas | 38,496 | 2,456,227 | 264,300 | 97,231 | 113,099 | 8,381 | 7,655 | 3,027 | 1,334 |
| Total | 2,640,370 | 115,976,771 | 16,333,001 | 6,285,128 | 4,376,443 | 524,268 | 433,012 | 1,923,246 | 104,469 |

Figura 17 Servicios Hospitalarios prestados a Población Abierta por Entidad Federativa

Coefficientes

| Término | Coef EE del coef. | Valor T | Valor p | FIV |
|------------|-------------------|----------|---------|------------|
| Constante | 1.15859 | 0.00137 | 844.16 | 0.000 |
| % Pobreza | -0.000108 | 0.000018 | -6.08 | 0.000 1.06 |
| Mortalidad | 0.000335 | 0.000114 | 2.93 | 0.006 1.06 |

Figura 18 Tabla de coeficientes



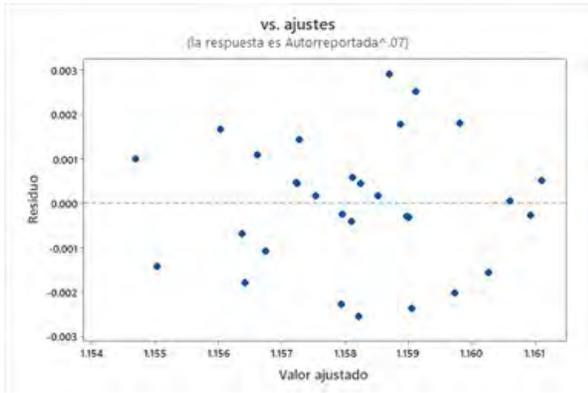


Figura 19 Gráfica de Ajustes vs. Residuales.

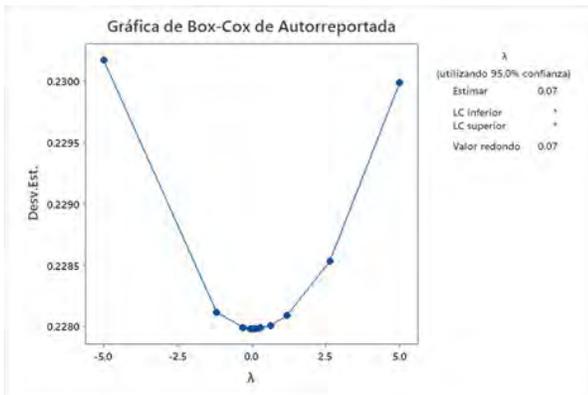


Figura 20 Gráfica de Box-Cox.

| Pregunta | Elemento | Concepto |
|-----------------------------|------------------------|--|
| ¿Qué queremos ser? | Misión | Establece el objetivo general de la organización. |
| | Visión | Describir un escenario futuro altamente deseado. |
| ¿Qué nos proponemos lograr? | Objetivos estratégicos | Los esenciales para cumplir la misión. |
| ¿Cómo lo lograremos? | Estrategias clave | Forma en que se logrará el propósito expresado en los objetivos. |
| ¿Qué haremos? | Programas y Proyectos | Acciones específicas para implementar las estrategias. |
| ¿Cómo lo mediremos? | Indicadores | Parámetro para evaluar el logro de las estrategias. |
| | Metas | Especificación en número de cuánto deseamos lograr. |

Figura 21 Base para el Plan de Inversión.



REFERENCIAS

- BBVA Bancomer, 2002 *Calidad de los Servicios de la Salud Pública*. Bancomer.
- CONAPO, 2016 *Dinámica demográfica 1990-2010, Proyecciones de población 2010-2030*. Consejo Nacional de Población.
- CONEVAL, 2018 *Estimaciones del CONEVAL con base en el MCS-ENIGH 2008, 2010, 2012, 2014 y con el Modelo Estadístico 2016 para la continuidad del MCS-ENIGH*. Consejo Nacional Evaluador.
- Corona González, R. D., Enero 15, 2017 *El Sistema de Salud en México: De la Fragmentación a un Sistema de Salud Universal*. Colegio Nacional de Especialistas en Medicina Integrada Recuperado de [aquí](#).
- García Saisó, S. and J. P. Gutierrez, 2019 *1er Informe sobre Desigualdades en Salud*. Secretaría de Salud, México.
- Hernández Torres, F., A. Alcántara Balderas, and H. Contreras Colín, 2012 *Niveles de evaluación de la calidad*. Secretaría de Salud.
- INEGI, 2014a *Indicadores de Población*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Recuperado de [aquí](#).
- INEGI, 2014b *Módulo de Bienestar Autorreportado*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI, 2018 *Indicadores de Calidad de Vida*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Recuperado de [aquí](#).
- Instituto Nacional de Contadores Públicos, s.f. *México, el 11 país más poblado del mundo, según cifras de Conapo*. Instituto Nacional de Contadores Públicos, Recuperado de [aquí](#).
- Lozano, L. F., Diciembre 27, 2017 *Mucho combate a la pobreza, pero en México 4 de cada 5 la padecen*. Forbes Mexico Recuperado de [aquí](#).
- OPS, s.f. *Respuesta del Sector Salud*. Organización Panamericana de la Salud, Recuperado de [aquí](#).
- Robledo Galván, H. G., J. Meljem Moctezuma, G. Fajardo Dolci, and D. Olvera López, Enero de 2011 *El hexágono de la calidad*. Secretaria de Salud, Recuperado de [aquí](#).
- Secretaría de Salud, 2019 *Atención primaria de salud integral e integrada APS-I Mx: la propuesta metodológica y operativa*. Gobierno de México.



Rebeca Gómez Cano estudió Actuaría en la Universidad Anáhuac México, tiene 23 años, y es originaria en Saltillo, Coahuila. Decidió estudiar Actuaría porque además del gusto por las matemáticas, siempre quiso estudiar y trabajar en algo diferente y con un gran nivel de exigencia. Su área profesional

favorita es el sector asegurador y le gustaría mucho hacer una Maestría en el extranjero. Rebeca practica del deporte Nacional por excelencia: la charrería.



Sofía Musi de la Viña es actuaría por la Universidad Anáhuac México y tiene una Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable por la University College London. Trabajó como consultora actuarial por varios años y desde hace tiempo se dedica a la academia impartiendo la materia de Cálculo Actuarial, entre otras, en la Universidad

Anáhuac México y ahora también en la Universidad Anáhuac Puebla.



IDA A

INSTITUTO DE ANALÍTICA
AVANZADA

El **Instituto de Analítica Avanzada** es parte integrante de la **Facultad de Ciencias Actuariales** de la **Universidad Anáhuac México**, enfocado en apoyar a las organizaciones mexicanas para aprovechar las oportunidades que presenta la era digital, extrayendo información accionable de la inmensa cantidad de datos disponibles, tanto internos como externos a la organización, con el objetivo de mejorar su desempeño.

Misión: Apoyar a las empresas e instituciones a mejorar su competitividad, eficiencia y capacidades mediante la capacitación, asesoramiento, desarrollo e implantación de soluciones en las áreas de analítica avanzada, modelos predictivos y cómputo cognitivo, así como en las diversas áreas actuariales financieras y de riesgo.

<https://www.anahuac.mx/mexico/EscuelasyFacultades/actuaria/idaa>

Facultad de
Ciencias Actuariales

Informes :
Dr. Miguel A. Villalobos Bueno
miguel.villalobos@anahuac.mx
[anahuac.mx/mexico](https://www.anahuac.mx/mexico)

Evaluación de Portafolios de Inversión - Modelos Financieros Computacionales

Costo: \$1,000 pesos
(Precio únicamente a estudiantes)



Silver
Business
Partner



55 8055 4463

www.actuariayfinanzas.net

Contacto: webmaster@actuariayfinanzas.net

Invitados Trabajando

Factores de éxito y fracaso en las colaboraciones público-privadas de transporte ferroviario transfronterizo de alta velocidad: dos estudios de caso en la península Ibérica



Factores de éxito y fracaso en las colaboraciones público-privadas de transporte ferroviario transfronterizo de alta velocidad: dos estudios de caso en la península Ibérica

Mario González-Medrano^{*,†,1} and José-María Rotellar-García^{*}

^{*}Universidad Francisco de Vitoria, [†]Universidad Camilo José Cela

RESUMEN La contratación de infraestructuras mediante colaboraciones público-privadas es un modelo raro en las líneas ferroviarias, pero es común para otros medios de transporte. Este trabajo se basa en el concepto de que el sector ferroviario no es tan eficiente como podría ser. Esta propuesta permitiría alcanzar la mayor eficiencia en el transporte ferroviario de alta velocidad mediante la reducción de la financiación pública que movilizaría inversión privada, permitir una mayor capacidad en la gestión de proyectos y aprovechar la optimización e innovación que aporta el sector privado. Analizamos dos casos de líneas ferroviarias de alta velocidad diseñadas mediante colaboraciones público-privadas en la península Ibérica para identificar varios factores de éxito y de fracaso.

Palabras clave

Factores críticos
Línea de alta velocidad
Tren de alta velocidad



Derechos reservados © 2021 por el Colegio Nacional de Actuarios
Última actualización del manuscrito: 7 de junio de 2021

Este artículo es publicado por el Colegio Nacional de Actuarios (CONAC) y contiene información de una variedad de fuentes. Es un trabajo cuyo fin es únicamente informativo y no debe interpretarse como asesoramiento profesional o financiero. El CONAC no recomienda ni respalda el uso de la información proporcionada en este estudio. El CONAC no ofrece ninguna garantía, expresa o implícita, ni representación de ningún tipo y no asume ninguna responsabilidad en relación con el uso o mal uso de este trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte ferroviario de alta velocidad nació en Japón y es un modo de transporte que está implantado principalmente en Asia y Europa. Los líderes mundiales que cuentan con más kilómetros de esta infraestructura son China y España. Tradicionalmente el transporte ferroviario convencional no ha sido todo lo eficiente que se esperaba, debido principalmente a una inversión y gestión exclusivamente públicas. Diferentes países optaron por implementar las nuevas infraestructuras ferroviarias de alta velocidad recurriendo a la participación del sector privado. Con esta participación privada que se canalizaba a través de contratos de colaboración público-privada para el desarrollo de la infraestructura, las administraciones públicas esperaban que la implementación de la alta velocidad se realizara de una forma más eficiente que el convencional. Estos contratos de colaboración público-privada debían permitir una reducción en la financiación pública, la movilización de inversión privada, así como, una mejor gestión y la aplicación de soluciones innovadoras. Este modelo ya contaba con una amplia experiencia en otros servicios públicos, como el transporte por carretera. Sin embargo, ciertos países que optaron por implantar las nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad a través de colaboraciones público-privadas no obtuvieron los resultados que inicialmente se esperaban.

Esta investigación centra su análisis en dos estudios de caso ubicados en la península que además cuentan con la característica de ser proyectos transfronterizos. El primero de ellos es la sección internacional que une España y Francia, a través de las localidades de Figueras (España) y Perpiñán (Francia). Esta sección fue construida y puesta en servicio a través de un contrato de colaboración público-privada que fue terminado anticipadamente, pasando a ser gestionada la infraestructura por los administradores públicos ferroviarios de España y Francia. El segundo de ellos es la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad que entre las líneas a implantar se encontraba la conexión entre Madrid y Lisboa. Debido a la crisis financiera internacional de 2008, el proyecto de la red portuguesa fue abandonado.

Estas experiencias ilustran la necesidad de conocer las razones por las que estos proyectos ferroviarios de alta velocidad implantados a través de colaboraciones público-privadas no han tenido el éxito esperado. Para el caso hispanofrancés, los autores [Sanz Gandásegui \(2005\)](#); [Tello Blasco \(2008\)](#); [Salmerón i Bosch \(2010\)](#); [Djigo and Masson \(2015\)](#); [Jiang \(2015\)](#) analizaron la línea desde un

contexto sobre todo histórico, destacando la coordinación entre Francia y España. Para el caso hispano-luso, los autores [e Silva J. et al. \(2011\)](#); [Besanko and Tenreiro Gonçalves \(2013\)](#); [Pedro et al. \(2015\)](#); [Oliveira Cruz et al. \(2017\)](#) extrajeron como principales conclusiones una falta de concreción en los beneficios socio-económicos, la influencia de grupos de interés en continuar con el proyecto o la asunción de grandes riesgos al ser un proyecto ambicioso por la construcción de un gran número de líneas simultáneamente.

A pesar de los estudios descritos anteriormente, todavía sigue siendo necesario una investigación más en detalle de la sección internacional Figueras-Perpiñán y de la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad, con el fin de evitar repetir los fallos cometidos durante la implementación de los contratos de colaboración público-privada. El objeto de este artículo es primeramente, a partir de los estudios de caso, identificar los factores de éxito y fracaso, para así poder realizar una serie de recomendaciones y mejoras en la implementación de contratos de colaboración público-privada para la implantación de líneas ferroviarias de alta velocidad, con el fin de que sean de utilidad para administraciones públicas, inversores privados y grupos de interés, y de esa forma que las colaboraciones público-privadas aporten y generen la eficiencia esperada.

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología que mejor se adapta a esta investigación es la exploratoria que fue desarrollada por [Yin \(2009\)](#). Para conocer los factores de éxito y fracaso que se producen en colaboraciones público-privadas de transporte ferroviario de alta velocidad es necesario llevar a cabo un estudio de casos. [Yin \(2009\)](#) definió los estudios de caso como “una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo en profundidad y dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuyos los límites entre el fenómeno y el contexto no son una evidencia clara” (p. 9). Nuestro ámbito de estudio se localiza en la península Ibérica, con especial atención al transporte transfronterizo entre España y Francia, y España y Portugal. Por ello se analizan los dos estudios de caso existentes en transporte ferroviario de alta velocidad transfronterizo mediante colaboración público-privada. El primero de ellos es la sección internacional Figueras-Perpiñán entre España y Francia, y el segundo es la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad.

Esta investigación está basada en la aplicación de las siguientes etapas:



¹ Autor de correspondencia: Universidad Francisco de Vitoria. Tel. +34 620 179 971, e-mail: mario.gonzalez@ufv.es

1. obtención de información a través de las empresas concesionarias, gestores públicos de infraestructuras ferroviarias, operadores ferroviarios, administraciones públicas y publicaciones especializadas en materia ferroviarias;
2. clasificación de la información en seis áreas: proyecto, infraestructura, servicio de transporte, contrato, estructura empresarial e inversión; y
3. identificación y análisis de los factores de éxito y fracaso sucedidos en los estudios de caso.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

España y Portugal forman la península Ibérica, ubicada en el sur de la Unión Europea. La conexión terrestre entre la península Ibérica y el resto de los países miembros se realiza con Francia, a través de los Pirineos, cuya orografía supone altos costes para el desarrollo de infraestructuras de transporte.

Con respecto al transporte ferroviario, hay un aspecto muy importante que debe destacarse, que es el ancho de vía. Tanto España, como Portugal han desarrollado su infraestructura ferroviaria con un ancho de vía denominado ibérico, que quiere decir que tanto el ancho de vía como el del material rodante es de 1.668 mm. Sin embargo, el ancho de vía en Francia y el más extendido en el resto de los países de la Unión Europea es el denominado como ancho Union Internationale des Chemins de fer (UIC), europeo o internacional que tiene un orden de magnitud de 1.435 mm. Este hecho diferencial en el ancho de vía entre la península Ibérica y el resto de Europa ha supuesto que la operación de trenes de viajeros y mercancías incrementen sus tiempos, al necesitar en la frontera entre España y Francia adaptar el ancho del material rodante, para poder continuar con el servicio.

Para el servicio de viajeros operado por una locomotora y una composición de coches, era necesario un cambio de locomotora y el paso de la composición por un cambiador de ancho de vía. Estas composiciones fabricadas por la empresa española Talgo, tienen la característica que debido al diseño de sus rodales pueden adaptarse a circulaciones tanto en ancho ibérico como UIC, cuya variación de ancho se realiza en los cambiadores de ancho. Para el servicio de mercancías, también era necesario el cambio de locomotora por una de ancho adecuado a la red en la que fuera a circular, y los ejes de los vagones eran sustituidos por el ancho que fuera necesario.

Por estas limitaciones que generaba el ancho Ibérico, España decidió construir su red de alta velocidad, la más

extensa de Europa y la segunda a nivel mundial, después de China, en ancho UIC. La primera línea española de alta velocidad fue la que conecta Madrid con Sevilla, inaugurada en 1992, con ocasión de la exposición internacional celebrada en la capital andaluza. Esta línea comenzó su operación con el servicio Alta Velocidad Española (AVE) operado por la compañía ferroviaria Renfe. El material rodante empleado por Renfe fue la serie 100 con ancho UIC y fabricado por la compañía francesa Alstom. Este hecho supuso el paso inicial para que España y la península Ibérica pudieran estar conectadas por alta velocidad y sin necesidad de cambios de ancho con el resto de Europa.

En relación con los servicios ferroviarios dentro de la península Ibérica, entre España y Portugal, el más importante que une las capitales de ambos países, es operado conjuntamente por las empresas ferroviarias Renfe y Comboios de Portugal (CP). Este servicio es realizado mediante un tren hotel con un servicio por ambos sentidos que posibilita estar a primera hora en Madrid o en Lisboa. Este trayecto es realizado en ancho ibérico, lo que no supone incrementos en el tiempo de viaje por necesitar un cambio de ancho. Sin embargo, debido a las características de la infraestructura, el tiempo de viaje es muy superior comparado con otros modos de transporte, por carretera o avión.

Con el fin de facilitar la conexión ferroviaria entre la península Ibérica y el resto de Europa, se diseñaron los siguientes proyectos ferroviario de alta velocidad, en ancho UIC. El primero de ellos es la conexión entre España y Francia, a través de la sección internacional entre la localidad española de Figueras y la francesa de Perpiñán. El segundo de ellos es la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad, que incluía entre otros, el desarrollo del tramo portugués para la línea Lisboa-Madrid. Estos proyectos tenían un punto común, el desarrollo de la infraestructura a través de contratos de colaboración público-privada. Por lo que ambos proyectos forman parte de los estudios de caso de la investigación que van a ser analizados en los siguientes apartados.

Sección internacional Figueras-Perpiñán

En 1992, España y Francia celebraron una cumbre en Albi, Francia, donde manifestaron su voluntad de construir una línea de alta velocidad ferroviaria entre ambos países. Posteriormente, España y Francia fueron definiendo las características principales de la línea, tanto a nivel técnico como de trazado. La línea uniría Barcelona con Montpellier para extenderse a París, pasando por Narbonne de donde se conectaría con otro ramal a Toulouse (vea *Sénat de la France* (1997)). En el año 1994, se celebra



ron sendos consejos europeos en Corfú, Grecia, y Essen, Alemania, donde se estableció una lista de proyectos prioritarios de transporte, entre los que se encontraba la sección internacional de alta velocidad Figueras-Perpiñán incluido en el proyecto de tren de alta velocidad sur para la conexión Madrid-Barcelona-Perpiñán-Montpellier (vea [Parlamento Europeo \(1994\)](#); [Consejo Europeo de Corfú, 24 y 25 de junio de 1994 \(1994\)](#)).

El 10 de octubre de 1995, fruto de la cumbre hispano-francesa celebrada en Madrid, España y Francia firmaron el denominado acuerdo de Madrid cuyo objeto era establecer las bases para la construcción y explotación de una conexión de alta velocidad entre España y Francia, a través de Figueras y Perpiñán. Se estipularon las siguientes características técnicas: vía en ancho UIC, doble vía y explotación de tráfico mixto de viajeros y mercancías. Además, los Estados se comprometieron a conectar mediante ancho UIC la sección internacional Figueras-Perpiñán a la conexión Barcelona-Montpellier, en el momento de su puesta en explotación. Contractualmente se ejecutaría mediante una concesión conjunta en la que los concedentes serían el Reino de España y la República Francesa y el concesionario sería una empresa privada (vea [Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement \(27 de enero, 2011\)](#); [López Pita \(s.f.\)](#)).

Red ferroviaria portuguesa de alta velocidad

En 1998, Portugal lanzó la construcción de una red ferroviaria de alta velocidad de forma coordinada con España; ambos Estados acordaron que la red fuera diseñada en ancho UIC (cf. [Presidência do Conselho de Ministros. Lisboa \(1988\)](#)). Para este proceso, Portugal constituyó en el año 2000 la empresa pública Rede Ferroviária de Alta Velocidade (RAVE), formada al 60 % por el Estado portugués y al 40 % por Rede Ferroviária Nacional (RE-FER), gestor público de infraestructuras ferroviarias de Portugal. El propósito de la empresa RAVE era analizar, preparar y facilitar la implantación de la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad (vea [Rede Ferroviária de Alta Velocidade \(2004\)](#); [Tribunal de Contas \(2014\)](#)).

Tras varias cumbres celebradas entre Portugal y España hasta el año 2009, las características de la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad quedaron definida con las siguientes características definidas en la Tabla 1 (vea [Rede Ferroviária de Alta Velocidade \(2006, 2008, 2009\)](#)).

■ **Tabla 1** Red ferroviaria portuguesa de alta velocidad

| Ejes | Tiempo de viaje | Tráfico | Longitud | Velocidad máxima | Paradas |
|-------------------|-----------------|------------------------|----------|------------------|---------|
| Lisboa-Madrid | 2h45' | Pasajeros y mercancías | 206km | 350km/h | 3 |
| Lisboa-Oporto | 1h15' | Pasajeros | 314km | 300km/h | 6 |
| Oporto-Vigo | 60' | Pasajeros y mercancías | 100km | 250km/h | 4 |
| Aveiro-Salamanca | 2h45' | Pasajeros y mercancías | 70km | 250km/h | 3 |
| Évora-Faro-Huelva | 2h | Pasajeros | 200km | 300km/h | 3 |

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN SOBRE LOS ESTUDIOS DE CASO

Tras la descripción de los estudios de caso, se van a determinar aquellos factores de éxito y de fracaso que se han identificado desde el lanzamiento de la ideal inicial, pasando por el proceso de contratación hasta la puesta en servicio par aquellas líneas en las que se haya producido esta etapa. Cabe destacar que este análisis se realiza tanto para las áreas de la infraestructura, del servicio del transporte y de contratación.

Factores de éxito

Tras el proceso de análisis descrito anteriormente, se pasan a detallar y discutir los factores de éxito identificados.

Tiempo de viaje. Uno de los aspectos más valorados por los ciudadanos a la hora de escoger un modo de transporte es el tiempo de viaje. Por lo que en el momento de diseñar nuevas infraestructuras ferroviarias de alta velocidad debe tenerse en cuenta cuánto tiempo se van a ahorrar los ciudadanos con respecto a los tiempos actuales de



viaje por ferrocarril convencional. Estas variaciones de tiempos de viaje se muestran en la Tabla 2 para la sección internacional Figueras-Perpiñán (vea TP Ferro (2010)).

■ **Tabla 2** Nuevos tiempos de viaje para la sección internacional Figueras-Perpiñán

| Conexión | Tiempo de viaje ferrocarril alta velocidad | Tiempo de viaje ferrocarril convencional | Tiempo ahorrado |
|-----------------------|--|--|-----------------|
| Barcelona-París | 5h30' | 8h40' | 3h10' |
| Barcelona-Lyon | 3h45' | 6h40' | 2h55' |
| Barcelona-Marsella | 3h35' | 6h30' | 2h55' |
| Barcelona-Toulouse | 2h45' | 5h | 2h15' |
| Barcelona-Montpellier | 2h10' | 4h15' | 2h5' |
| Barcelona-Perpiñán | 50' | 2h45' | 1h55' |

Con la puesta en servicio de la sección internacional Figueras-Perpiñán, los tiempos de viaje entre Barcelona y las principales ciudades francesas suponía una reducción media en los tiempos de viaje entre dos y tres horas. Haciendo muy competitivos los nuevos tiempos de viaje frente a otros modos de transporte como el coche o autobús. Además de facilitar el movimiento entre ciudadanos españoles y franceses que viven en regiones limítrofes, haciéndolo más atractivo en tren que en coche, no sólo por la reducción de tiempos, sino también por la orografía. Con respecto a la España y Portugal existe una alta movilidad transfronteriza debido a diferentes razones, como culturales, lingüísticas, económicas o históricas. Sin embargo, las fluidas relaciones entre ambos Estados contrastan con el bajo nivel de infraestructuras de transporte que impide un mayor acercamiento entre los ciudadanos de ambas naciones. Las nuevas conexiones ferroviarias de alta velocidad benefician tanto a Portugal como a España, y especialmente en el movimiento diario de ciudadanos de las regiones españolas de Galicia, Castilla y León, Extremadura y Andalucía, debido a que comparten



frontera con Portugal (vea ?Chen *et al.* (2015); Carvalho *et al.* (2017); Varela Cornado (2018)). Con la puesta en servicio de la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad, los tiempos de viaje serían los que se detallan en la Tabla 3 (vea Rede Ferroviária de Alta Velocidade (2006); Renfe (27 de noviembre, 2013)).

■ **Tabla 3** Nuevos tiempos de viaje para la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad

| Conexión | Tiempo de viaje ferrocarril alta velocidad | Tiempo de viaje ferrocarril convencional | Tiempo ahorrado |
|-------------------------------------|--|--|-----------------|
| Lisboa-Madrid | 2h45' | 10h6' | 7h21' |
| Lisboa-Porto | 1h15' | 2h50' | 1h35' |
| Porto-Vigo | 60' | 4h' | 3h25' |
| Aveiro-Salamanca | 2h45' | Por tren y autobús, 5h03' | 2h18' |
| Évora-Faro-Huelva Tramo Lisboa-Faro | 1h30' | 3h23' | 1h53' |
| Évora-Faro-Huelva Tramo Faro-Huelva | 30' | Sin conexión ferroviaria. Por autobús: 1h40' | 1h10' |

Dentro de la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad, cabe destacar que el más considerable y diferenciador ahorro en el tiempo de viaje, era para la conexión entre las capitales de ambos Estados, pasando de 10 horas y 6 minutos a dos horas y 45 minutos, es decir, una reducción de siete horas y 21 minutos. Este nuevo tiempo de viaje permitiría viajes diarios de ida y vuelta, facilitando el intercambio comercial y reuniones de negocios, así como, un aumento de la demanda turística.

Alcance contractual. Contractualmente, existen dos aspectos que hay que destacar. El primero de ellos es el alcance de las tareas a realizar en el contrato de colaboración público-privada. Tanto para la sección internacional Figueras-Perpiñán, como para la red portuguesa de alta velocidad, los contratos firmados incluían entre otros los alcances de diseño, construcción y mantenimiento (cf. *Rede Ferroviária de Alta Velocidade (2007)*; *González (2001)*; *Tribunal de Contas (2014)*). Cada contrato de colaboración público-privada es único, pero un aspecto muy relevante para el cumplimiento del plazo de ejecución por parte del adjudicatario es que las tareas de diseño, construcción y mantenimiento sean responsabilidad de una única empresa o grupo de empresas. Esto supone que el adjudicatario sienta necesidad de finalizar las tareas asignadas a cada etapa, para así poder facturar los hitos correspondientes a cada una de ellas. De los estudios de caso que estamos investigando, la sección internacional Figueras-Perpiñán fue finalizada en el plazo previsto contractualmente, comenzando en el año 2004 y finalizando en el año 2009, es decir, cinco años para las actividades de diseño y construcción (Eiffage, 2010). Este hecho también se corrobora en las líneas francesas Bretagne-Pays de la Loire, Sud Europe Atlantique y Contournement Nîmes-Montpellier, todas ellas acabaron su construcción en los plazos estipulados contractualmente.

En el caso de la sección internacional Figueras-Perpiñán, únicamente se firmó un contrato de colaboración público-privada entre el Reino de España y la República Francesa que fue adjudicado a TP Ferro, consorcio formado por los grupos constructores más importantes de España y Francia, ACS y Eiffage (vea de *Santiago Pérez (2004)*; *Sanz Gandásegui (2005)*). Para el caso de la red portuguesa de alta velocidad, el gobierno portugués estructuró los trabajos en los siguientes seis contratos de colaboración público-privada que se muestran en la Tabla 4 (vea *Rede Ferroviária de Alta Velocidade (2007)*; *Tribunal de Contas (2014)*).

De todos estos contratos de colaboración público-privada, Portugal comenzó la contratación por aquellos que formaban parte de la línea Lisboa-Madrid. La sección Poceirão-Caia correspondiente con el contrato PPP1 que fue firmado en el año 2010 entre Portugal y el consorcio ELOS-Ligações de Alta Velocidade (cf. *Direcção-Geral do Tesouro e Finanças (2010)*; *Tribunal de Contas (2014)*). Este consorcio estaba compuesto principalmente por empresas portuguesas de los ámbitos de la construcción, ingeniería y financiero, pero también por empresas constructoras españolas. También se lanzó el proceso de contratación de la otra sección entre Lisboa y Pocei-

■ **Tabla 4** Contratos de colaboración público-privada para la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad

| Ejes | Sección | Contrato | Alcance |
|----------------|---------------------|----------|--|
| Lisboa-Madrid | Poceirão-Caia | PPP1 | Subestructura y superestructura. Estación de Évora. Línea ferroviaria convencional para mercancías entre Évora y Caia. |
| Lisboa-Madrid | Lisboa-Poceirão | PPP2 | Subestructura y superestructura. Nuevo puente sobre el río Tajo, Terceira Travessia do Tejo (TTT). |
| Lisboa-Porto | Lisboa-Pombal | PPP3 | Subestructura y superestructura. Estación de Leiria. |
| Lisboa-Porto | Pombal-Porto | PPP4 | Subestructura y superestructura. Estación de Aveiro. |
| Oporto-Vigo | Braga-Valença | PPP5 | Subestructura y superestructura. |
| Todos los ejes | Todas las secciones | PPP6 | Sistemas de señalización y comunicaciones. |



rão, contrato PPP2, que formaba parte de la línea Lisboa-Madrid. Debido a la crisis financiera internacional del periodo 2008-2010, que afectó en gran medida a Portugal, el contrato PPP1 se rescindió, se desistió el proceso de contratación PPP2 y los otros contratos no se lanzaron (vea [Direcção-Geral do Tesouro e Finanças \(2009\)](#); [Tribunal de Contas \(2014\)](#)).

El segundo aspecto contractual para destacar es que los contratos para ambos estudios de caso incluían tanto los trabajos de subestructura como de superestructura, esto quiere decir que un único equipo de ingeniería va a ser responsable del diseño ambos trabajos sistemas. Este aspecto es muy importante ya que la modificación en el diseño de uno de ellos afecta al otro, por lo que no puede entenderse su desarrollo a través de grupos de trabajo independientes. Existe un caso en Europa, el de la construcción de la línea de los Países Bajos, Hogesnelheidslijn Zuid, también conocida como HSL-Zuid y traducida en español como línea de alta velocidad sur, en la que los trabajos de la subestructura y superestructura fueron contratos de formada separada y, además, troceados en pequeñas secciones de la línea. De la experiencia holandesa se aprendió que esta forma de contratación supuso unos incrementos económicos con respecto a la inversión inicialmente prevista, ya que se redujo la competencia al licitarse todos los trabajos de forma simultánea y además, tras la adjudicación, se generaron retrasos y rediseños debido a que los grupos de ingeniería de la subestructura y superestructura no trabajaban de forma coordinada.

Cooperación entre países. El último factor de éxito a destacar es la cooperación bilateral, entre España y Francia, y España y Portugal. Sin el compromiso de los diferentes Estados, un proyecto de esta magnitud, como la puesta en servicio de una línea de alta velocidad entre dos países, no puede llevarse a cabo. Además, es necesario que ese compromiso sea fuerte y sólido, y que no se vea truncado por cambios políticos. En los casos de estudio, los proyectos de conexión entre la península Ibérica y el resto de Europa, nacían con una base sólida, fundamentada principalmente en la necesidad tanto de España como de Portugal, de conexas sus redes ferroviarias al resto de Europa a través del ancho UIC, y de esa forma franquear una barrera tecnológica y permeabilizar las conexiones a través de los Pirineos, para así poder continuar con el proyecto común de la Unión Europea. Para ambos estudios de caso, los hitos más importantes para acordar los trazados y características de las líneas se realizaron en las cumbres bilaterales. Para la sección internacional Figueras-Perpiñán, las primeras conversaciones surgie-

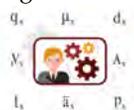
ron como fruto de la cumbre franco-española de Albi en el año 1992 (cf. [Sénat de la France \(1997\)](#)). Formalizándose, estos compromisos en el llamado acuerdo de Madrid que fue firmado el 10 de octubre de 1995, en la cumbre hispanofrancesa celebrada en Madrid. También se crearía una comisión intergubernamental que en nombre de ambos Estados llevaría a cabo todo el proceso de estudios, licitación, seguimiento del contrato de concesión y dirección de la Agrupación Europea de Interés Económico (AEIE) Sur-Europa-Mediterráneo (SEM) que fue creada en abril de 1995 entre las empresas ferroviarias Renfe y Société Nationale des Chemins de fer Français (SNCF) (vea [Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement \(27 de enero, 2011\)](#); [López Pita \(s.f.\)](#)).

Para la conexión entre España y Portugal, en 1988 el Consejo de Ministros portugués inició el lanzamiento de la implantación de la alta velocidad en Portugal en coordinación con España (vea [Presidência do Conselho de Ministros. Lisboa \(1988\)](#)). Las negociaciones se desarrollaron a través de las cumbres bilaterales entre ambos países, culminando el proceso en noviembre de 2005, se llevó a cabo una cumbre luso-española en Évora (Portugal), donde se ratificaban los compromisos de ambos Estados, priorizando la conexión entre las capitales de ambas naciones (vea [Rede Ferroviária de Alta Velocidade \(2005\)](#)). En el año 2001, Portugal y España crearon el grupo europeo de interés económico, Alta Velocidad España-Portugal, denominado en portugués, Alta Velocidad Espanha-Portugal. Este grupo de interés está formado al 50 % por ambas naciones, por la parte portuguesa representada por la empresa RAVE y por la parte española por ADIF, empresa pública española dedicada a la gestión de infraestructuras ferroviarias. Con la creación del grupo de interés ambas naciones se responsabilizaban de la construcción de las secciones transfronterizas (cf. [Rede Ferroviária de Alta Velocidade \(2004\)](#); [Tribunal de Contas \(2014\)](#)).

Factores de fracaso

Una vez identificados los factores de éxito, se pasan a detallar y discutir los factores de fracaso.

Proceso de contratación. Dentro de los procedimientos de contratación de ambos estudios de caso existe espacio para la mejora, por los motivos que veremos a continuación. Para el caso de la sección internacional Figueras-Perpiñán, se publicó el anuncio de licitación el 5 de julio de 2001, en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas, para la presentación de candidaturas hasta el 1



de octubre de 2001 (vea [González \(2001\)](#)). Esta contratación se realizaba mediante un procedimiento negociado abierto (cf. [Salmerón i Bosch \(2010\)](#)). El 30 de noviembre de 2001 se comunicó que los seis licitadores que habían presentado su candidatura pasaban a la fase de presentación de ofertas cuya fecha de entrega era el 2 de abril de 2002. Las ofertas fueron valoradas por criterios técnicos y económicos, entre los que destacaban, fondos propios aportados, subvención solicitada, duración de la concesión, políticas tarifarias y distribución de riesgos (vea [González \(2001\)](#)). El 11 de julio de 2002, fue seleccionado el consorcio Euroferro para pasar a la fase negociación. Estas negociaciones comenzaron el 7 de octubre de 2002 y finalizaron el 16 de abril de 2003, sin haber llegado a un acuerdo, por lo que el concurso quedó desierto (cf. [Salmerón i Bosch \(2010\)](#)).

El 25 de abril de 2003 se volvió a enviar al Diario Oficial de las Comunidades Europeas un nuevo anuncio de concesión, con fecha de recepción de candidaturas el 18 de junio de 2003 (vea [González \(2003\)](#)). En esta segunda licitación los pliegos tenían un mayor detalle de concreción del alcance contractual (cf. [Salmerón i Bosch \(2010\)](#)). El procedimiento volvió a ser negociado con publicidad (vea [Sanz Gandásegui \(2005\)](#)). Posteriormente, el 11 de julio de 2003 se invitó a los candidatos seleccionados a presentar sus ofertas el 7 de octubre de 2003 (vea [TP Ferro \(2010\)](#)). El 14 de noviembre de 2003, de los cuatros candidatos pasaron a la fase negociadora fueron TP Ferro y Ferromed (vea [Sanz Gandásegui \(2005\)](#)). El 30 de enero de 2004, la concesión fue adjudicada a la empresa TP Ferro Concesionaria S.A. de nacionalidad española (cf. [de Santiago Pérez \(2004\)](#)).

Para la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad, se lanzó en junio de 2008 la contratación del tramo PPP1 que unía Poceirão con Caía, que formaba parte de la línea Madrid-Lisboa. El plazo de presentación de ofertas finalizó el 2 de octubre de 2008 con cuatro candidaturas (Direção-Geral do Tesouro e Finanças, 2008; Tribunal de Contas, 2014). En diciembre de 2008, se aprobó el informe de valoración por el que pasaban a la fase de negociación los licitadores ELOS–Ligações de Alta Velocidade y ALTAVIA ALENTEJO–Infraestructuras de Alta Velocidade. Los criterios de valoración estaban repartidos a un 50 % para la proposición económica, un 20 % el riesgo y un 30 % para la calidad (vea [Tribunal de Contas \(2014\)](#)). Tras la fase de negociación se adjudicó el proyecto a ELOS–Ligações de Alta Velocidade, firmándose el contrato el 8 de mayo de 2010 (cf. [Direção-Geral do Tesouro e Finanças \(2010\)](#); [Tribunal de Contas \(2014\)](#)). Posteriormente, el Tribunal de Contas revisó el proceso

de negociación y las estipulaciones del contrato detectando una serie de irregularidades por las que no se había cumplido los requerimientos ni el alcance del proceso contratación, por lo que solicitó que se repitiera la fase de negociación. En noviembre de 2010, se repitió el proceso de negociación entre los dos licitadores de la segunda fase, por lo que se presentaron nuevas ofertas y en enero de 2011 fue aprobado el nuevo informe de valoración. Ese mismo mes se volvió a adjudicar el concurso al consorcio ELOS–Ligações de Alta Velocidade. Entre las modificaciones contractuales destacaron el redimensionamiento de la estación de Évora que implicó una reducción de costes de construcción, transferencia del riesgo arqueológico al sector privado según lo indicado en el pliego, eliminación de la garantía del Estado portugués para la constitución del préstamo del Banco Europeo de Inversiones por una de un banco comercial, fijación de una tasa de interés constante para toda la vida del proyecto por lo que se eliminaba la incertidumbre sobre las variaciones de este índice, modificaciones en los importes de construcción, financiación y mantenimiento. El 28 de enero de 2011, se publicó la modificación contractual en el Diário da República, con efectos retroactivos al 8 de mayo de 2010 (vea [Tribunal de Contas \(2014\)](#)).

Como se puede observar en los dos estudios de caso del procedimiento de contratación, éste ha tenido que ser repetido o no se ha desarrollado de acuerdo a la normativa, lo que ha implicado retrasos en la firma de contrato final. Los contratos de colaboración público-privada son únicos, debido a las variaciones de alcance que pueden tener. Además, son contratos con estipulaciones más complejas que los tradicionales. Por lo que para mejorar este aspecto, las administraciones públicas deben contar con una agencia de colaboraciones público-privadas, dotada de expertos que guíen y asesoren a los diferentes organismos públicos involucrados en estos proyectos, desde el lanzamiento de la licitación hasta la finalización del contrato.

Previsión de tráfico. De los dos estudios de caso, el único que se puso en servicio fue la sección internacional Figueras-Perpiñán. En el año 2009, esta infraestructura fue recibida, cumpliendo con los plazos contractuales. Sin embargo, la conexión con la red de alta velocidad española entre Figueras y Barcelona no estaba todavía disponible (vea [EIF \(2010\)](#)). Por lo que se compensó a TP Ferro, ampliando en tres años la concesión, ya que obtenía sus ingresos a través del canon que cobraba a los trenes que circulaban por la sección internacional (cf. [Ministerio de Fomento \(6 de noviembre, 2009\)](#)). El 19



de diciembre de 2010, de forma temporal y previa a la puesta en marcha de la alta velocidad entre Barcelona y Figueras, comenzó un servicio de lanzadera operado por Renfe en ancho ibérico entre Barcelona y Figueras, realizando transbordo a un Train à Grande Vitesse (TGV) operado por SNCF para continuar viaje hasta París (cf. [de Fomento \(27 de enero, 2011\)](#)).

Línea ferroviaria de alta velocidad entre Barcelona y Figueras, se inauguró el 8 de enero de 2013, comenzado al día siguiente dos circulaciones diarias por sentido entre Madrid y Figueras del servicio AVE operado por Renfe, para enlazar en la estación de Figueras con el TGV de SNCF hasta París (vea [de Fomento \(8 de enero, 2013\)](#)). Finalmente, el 15 de diciembre de 2013, comenzaron los servicios internacionales directos entre España y Francia, casi cinco años después de haber recepcionado la infraestructura. El servicio de transporte pasó a ser gestionado conjuntamente a través de la Agrupación Europea de Interés Económico denominada Renfe-SNCF en cooperación. La operación comenzó con cinco servicios diarios en ambos sentidos, dos de ellos para la conexión Barcelona-París, uno para Madrid-Marsella, otro para Barcelona-Toulouse y otro para Barcelona-Lyon (vea [Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement \(27 de enero, 2011\)](#); [Renfe \(27 de noviembre, 2013\)](#)).

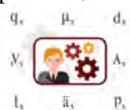
Debido a los retrasos en la conexión de con la red española de alta velocidad, la baja cantidad de circulaciones de viajeros, así como de mercancías a causa de la crisis económica en España, TP Ferro se declaró en suspensión de pagos el 19 de marzo de 2015. Por lo que el 16 de diciembre de 2016, España y Francia comunicaron a TP Ferro la rescisión del contrato de concesión por incumplimiento de sus obligaciones, siendo efectivo a partir del 20 de diciembre de 2016 (cf. [BOE \(2016\)](#)). A continuación, el 19 de diciembre de 2016 se firmó entre España y Francia, un convenio para la explotación y mantenimiento de la línea cuyo comienzo se produciría el 20 de diciembre de 2016 con una duración de cuatro años, y posibilidad de prórroga dos años más. La empresa Línea Figueras Perpignan formada por los administradores ferroviarios públicos de España y Francia, ADIF y SNCF Réseau, pasó a ser la responsable de la explotación de la infraestructura (vea [BOE \(2016\)](#)).

Como puede observarse en este caso, la previsión de tráfico realizada por TP Ferro no se adaptó a la realidad de la operación. Por un lado, se subestimó que pudieran existir retrasos en la puesta en servicio de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa y por otro, el cálculo de la demanda de tráfico de pasajeros

y de mercancías se sobredimensionó, estos dos puntos llevaron a que TP Ferro no pudiera cumplir con su plan de negocio y fuese necesario finalizar anticipadamente el contrato. Este aspecto podría haberse solventado si en el momento de presentación de ofertas, el consorcio TP Ferro hubiera realizado o solicitado un estudio independiente de los tráficos de la línea. De esa manera hubiera podido valorar el riesgo real de continuar con el proyecto.

Material rodante. Para el estudio de caso portugués, se preveía que Portugal comprar el material rodante y lo alquilara a los futuros operadores ferroviarios. Esta opción no era definitiva, ya que sería concretada dependiendo de las directrices europeas, previéndose que en 2010 se liberalizara el transporte internacional de viajeros y en 2017 el nacional. En ese momento, el transporte de mercancías ya se encontraba liberalizado (vea [Rede Ferroviária de Alta Velocidade \(2007\)](#); [Tribunal de Contas \(2014\)](#)). RAVE elaboró una especificación técnica para la adquisición de material rodante y valoró diferentes estudios sobre la forma de adquisición del material rodante (vea [Rede Ferroviária de Alta Velocidade \(2006, 2008\)](#)). En 2010, estando el tramo Poceirão-Caia adjudicado, RAVE indicó que estaba desarrollando la documentación para lanzar la compra de material rodante que luego sería alquilado a los operadores. El operador público ferroviario portugués CP indicó que no fue llamada a participar en la sociedad RAVE, siendo el único operador ferroviario portugués de viajeros, ni le fue facilitada información sobre la adquisición de material rodante, señalando que el tiempo medio para el desarrollo y fabricación de material rodante de alta velocidad es de 4 años (vea [Tribunal de Contas \(2014\)](#)). Por lo que CP mantuvo contactos con el operador español Renfe, al margen de RAVE, para la constitución de una empresa participada por ambos operadores, con la posibilidad de alquiler del material rodante de Renfe para la explotación del eje Lisboa-Madrid. Además, Renfe y CP firmaron un acuerdo para una futura negociación sobre la explotación conjunta de todos los enlaces transfronterizos de alta velocidad (vea [Tribunal de Contas \(2014\)](#)).

Se observa que el proceso de la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad se desarrolló principalmente en el ámbito de la infraestructura, dejando al margen el servicio de transporte, sin prever las reales necesidades de material rodante y de servicios. La compra de nuevo material rodante y en especial de alta velocidad es un proceso lento y complejo, ya que requiere de diferentes etapas y de la intervención de múltiples agentes. Es por ello que en este estudio de caso existió una falta de previsión con respecto al material rodante, ya que el con-



trato de la infraestructura estaba en ejecución, mientras que sobre el material rodante existía una incertidumbre, achacable a la indefinición del modelo de servicio de transporte, lo que suponía retrasar la disposición de material rodante. Por lo tanto, es igual de importante y se debe realizar en paralelo, tanto las actividades referentes a la infraestructura como a las del servicio de transporte, si no se quiere retrasar la puesta en servicio comercial.

5. CONCLUSIÓN

Esta investigación ha descrito las características de los siguientes estudios de caso: la sección internacional Figueras-Perpiñán y la red ferroviaria portuguesa de alta velocidad. Ambos estudios de caso son infraestructuras ferroviarias de alta velocidad diseñadas mediante una contratación de colaboración público-privada.

Tras la aplicación de la metodología de investigación exploratoria a través de estudios de caso, se han identificados los factores de éxito y fracaso durante las fases de contratación, diseño, construcción, puesta en servicio y operación. Los factores de éxito identificados son tiempo de viaje, alcance contractual y cooperación entre países. Mientras que los factores de fracaso son proceso de contratación, previsión de tráfico y material rodante.

Con la identificación de estos factores se pretende que gestores políticos, administraciones públicas, empresas constructoras, tecnólogos ferroviarios, empresas ferroviarias, gestores de infraestructuras ferroviarias, inversores y grupos de interés puedan tomar mejores decisiones en la planificación de nuevas líneas ferroviarias de alta velocidad. Para finalizar, futuras investigaciones pueden enfocarse en líneas ferroviarias de alta velocidad localizadas en otras zonas.

REFERENCIAS

- 2010 *Rapport d'activité 2009*. Eiffage, Recuperado de https://www.eiffage.com/files/live/sites/eiffage-v2/files/Finance/Rapport%20annuel/2009/rapport_activites_2009_sans_dd.pdf.
- 2016 Convenio para la explotación y mantenimiento de la sección internacional de una línea ferroviaria de alta velocidad entre perpiñán y figueres, hecho en parís el 19 de diciembre de 2016. Boletín Oficial del Estado 307: 89015–89080, Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2016/12/21/pdfs/BOE-A-2016-12112.pdf>.
- Besanko, D. and J. Tenreiro Gonçalves, 2013 *High-speed rail in Portugal*. The Kellogg School of Management at Northwestern University.
- Carvalho, S., M. Partidario, and W. Sheate, 2017 High speed rail comparative strategic assessments in eu member states. *Environmental Impact Assessment Review* 66: 1–13.
- Chen, G., M. Correia, and J. de Abreu e Silva, 2015 Estimating the accessibility impacts of high-speed rail in portugal. *Transportation Research Board 94th Annual Meeting*. Washington DC, United States .
- Consejo Europeo de Corfú, 24 y 25 de junio de 1994, 1994 *Conclusiones de la Presidencia*. EuropaRL, Recuperado de https://www.europarl.europa.eu/summits/cor1_es.htm.
- de Fomento, M., 27 de enero, 2011 Los ministros de españa y francia y el presidente de la generalitat viajan de figueres-vilafant a perpiñán en trenes de alta velocidad. [comunicado de prensa]. Fomento Recuperado de <http://www.fomento.es/NR/rdonlyres/85F8395B-E6B0-4039-B4D6-1B795903D788/98441/11012703.pdf>.
- de Fomento, M., 8 de enero, 2013 Su alteza real el príncipe de asturias inaugura la conexión barcelona-figueres de alta velocidad. [comunicado de prensa]. Fomento Recuperado de https://www.fomento.gob.es/recursos_mfom/130108npinauguraciogironafigueres_0.pdf.
- de Santiago Pérez, L., 2004 Resolución de la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Planificación, Dirección General de Ferrocarriles, por la que se anuncia la adjudicación de la concesión para la construcción y explotación de las obras de la sección internacional Figueras-Perpiñán de la línea ferroviaria de alta velocidad entre España y Francia. Boletín Oficial del Estado 175, Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2004/07/21/pdfs/B06450-06450.pdf>.
- Direção-Geral do Tesouro e Finanças, 2009 *Parcerias público-privadas e concessões relatório de 2009*. Lisboa. Ministério das Finanças e da Administração Pública Recuperado de http://www.dgtf.pt/ResourcesUser/PPP/Documentos/Relatorios/Relatorio_PPP_2009.pdf.
- Direção-Geral do Tesouro e Finanças, 2010 *Parcerias público-privadas e concessões relatório de 2010*. Lisboa. Ministério das Finanças e da Administração Pública Recuperado de http://www.dgtf.pt/ResourcesUser/PPP/Documentos/Relatorios/2010/Relatorio_PPP_2010.pdf.
- Djigo, A. and S. Masson, 2015 La grande vitesse ferroviaire, entre mythe et réalité. *Revue Géographique de l'Est* 55(3-4), Recuperado de <http://journals.openedition.org/rge/5625>.
- e Silva J., D. A., D. Silva, and J. M. Sussman, 2011 *The Portuguese High Speed Rail Network: Relating Financing to Strategic and Operating Issues (ESD-WP-2011-02)*. Massachusetts Institute of Technology, Disponi-



- ble en <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/102822/esd-wp-2011-02.pdf?sequence=1&isAllowed=>.
- González, M. N., 2001 Anuncio de concesión para la construcción y explotación de la sección internacional, entre Figueras y Perpiñán, de una línea ferroviaria de alta velocidad entre España y Francia. Boletín Oficial del Estado **164**: 7770–7771, Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2001/07/10/pdfs/B07770-07771.pdf>.
- González, M. N., 2003 Anuncio de concesión para la construcción y explotación de la sección internacional, entre Figueras y Perpiñán, de la línea ferroviaria de alta velocidad entre España y Francia. Boletín Oficial del Estado **110**: 3658, Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2003/05/08/pdfs/B03658-03658.pdf>.
- Jiang, Y., 2015 Inspiration de la LGV Perpignan-Figueras en modèle PPP sur les infrastructures transfrontalières. Canadian Social Science **11(8)**: 149–154.
- López Pita, A., s.f. *Los orígenes de la primera línea internacional del ferrocarril español del siglo XXI: Barcelona – Perpignan*. Recuperado de <http://www.docutren.com/HistoriaFerroviaria/Aranjuez2001/pdf/30.pdf>.
- Ministerio de Fomento, 6 de noviembre, 2009 El Gobierno autoriza a Fomento el gasto para modificar el contrato de la concesionaria de Figueras-Perpignan. [Comunicado de prensa]. MPTFP Recuperado de https://www.mptfp.gob.es/dmsweb/ca/ministerio/delegaciones_gobierno/delegaciones/catalunya/actualidad/notas_de_prensa/notas/2009/11/2009_11_06a/parrafo/0/20091106FOMENTOFigueras-Perpignan.pdf.
- Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, 27 de enero, 2011 Inauguration de la ligne à grande vitesse Perpignan-Figueras. [Comunicado de prensa] Recuperado de https://es.ambafrance.org/IMG/pdf/DP_LGV_Perpignan_-_Figueras.pdf?6709/0d174d35e4c427cbf05f19dda7ebb661a1cb84e8.
- Oliveira Cruz, C., N. Kokkaew, and R. Cunha Marques, 2017 Public-private partnerships for high-speed rail projects: Portugal and Thailand. Advances in Public-Private Partnerships: Proceedings of the 2nd International Conference on Public-Private Partnerships. Reston, VA: American Society of Civil Engineers pp. 133–145.
- Parlamento Europeo, 1994 *Consejo Europeo, reunión de 9 y 10 de diciembre de 1994 en Essen: Conclusiones de la Presidencia*. EuropaRL, Recuperado de https://www.europarl.europa.eu/summits/ess1_es.htm.
- Pedro, M. J. G., J. De Abreu e Silva, and N. Brookes, 2015 How can external stakeholders influence a project? the case of the Portuguese high speed rail network. Transportation Research Board 94th Annual Meeting Compendium of Papers Parlamento Europeo .
- Presidência do Conselho de Ministros. Lisboa, 1988 Resolução do Conselho de ministros no. 52/88. Diário da República **301 - I série**, Recuperado de <https://dre.pt/application/file/353837>.
- Rede Ferroviária de Alta Velocidade, 2004 *Relatório e contas 2004*. Infraestructuras de Portugal, Recuperado de https://www.infraestructurasdeportugal.pt/sites/default/files/rc_2004.pdf.
- Rede Ferroviária de Alta Velocidade, 2005 *Relatório e contas 2005*. Infraestructuras de Portugal, Recuperado de https://www.infraestructurasdeportugal.pt/sites/default/files/rc_2005.pdf.
- Rede Ferroviária de Alta Velocidade, 2006 *Relatório e contas 2006*. Infraestructuras de Portugal, Recuperado de https://www.infraestructurasdeportugal.pt/sites/default/files/rc_2006.pdf.
- Rede Ferroviária de Alta Velocidade, 2007 *Relatório e contas 2007*. Infraestructuras de Portugal, Recuperado de https://www.infraestructurasdeportugal.pt/sites/default/files/rc_2007.pdf.
- Rede Ferroviária de Alta Velocidade, 2008 *Relatório e contas 2008*. Infraestructuras de Portugal, Recuperado de https://www.infraestructurasdeportugal.pt/sites/default/files/rc_2008.pdf.
- Rede Ferroviária de Alta Velocidade, 2009 *Relatório e contas 2009*. Infraestructuras de Portugal, Recuperado de https://www.infraestructurasdeportugal.pt/sites/default/files/rc_2009.pdf.
- Renfe, 27 de noviembre, 2013 Renfe y SNCF estrenan el servicio de alta velocidad directo entre Francia y España con cinco trenes diarios. [Comunicado de prensa]. AmbaFrance Recuperado de https://es.ambafrance.org/IMG/pdf/131127_NP_ALTA_VELOCIDAD_ESPANA_FRANCIA.pdf?13509/22fccd0bc3fc7fbb67d13f50ab751e1667c59a44.
- Salmerón i Bosch, C., 2010 *TP Ferro. Un chemin de fer du XXIe siècle*. Términus, Barcelona, España.
- Sanz Gandásegui, F., 2005 Un ejemplo de concesión internacional de obras públicas: el contrato de concesión para la construcción y explotación de la línea ferroviaria a alta velocidad entre Figueras y Perpiñán. Revista de Administración Pública **168**: 381–407, Recuperado de [aquí](#).
- Sénat de la France, 1997 Accord France - Espagne sur construction d'une ligne ferroviaire à grande vitesse. AVIS **253**, Recuperado de https://www.senat.fr/rap/196-253/196-253_mono.html.
- Tello Blasco, C. M., 2008 Modelos aplicados de colaboración público-privada por la administración pública:



Experiencias en la administración general del estado. Revista Española de Control Externo **10(28)**: 65–87, Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2702960.pdf>.

TP Ferro, 2010 Concesión de la línea ferroviaria de alta velocidad entre figueras y perpiñán. Marketplace Seminar Recuperado de http://marketplaceseminar.org/IMG/pdf/tp_ferro_s_martin.pdf.

Tribunal de Contas, 2014 *Projeto ferroviário português de alta velocidade*, volume 24(2). Recuperado de https://erario.tcontas.pt/pt/actos/rel_auditoria/2014/2s/audit-dgtc-rel024-2014-2s.pdf.

Varela Cornado, M., 2018 El desigual impacto de las políticas ferroviarias en una región transfronteriza. el caso de la eumorregión galicia-norte de portugal. Revista Transporte y Territorio **18**: 354–371.

Yin, R., 2009 *Case study research: Design and methods*. Sage.



Vitoria. También ha desarrollado su actividad profesional en los ámbitos del transporte aeronáutico y ferroviario.



Mario González-Medrano es Ingeniero Industrial por la Universidad Alfonso X El Sabio. Máster en Ingeniería Ferroviaria por la Universidad Carlos III de Madrid. Investigador en formación en la Universidad Camilo José Cela para la obtención del título de Doctor en Economía. Profesor en la Universidad Francisco de

José-María Rotellar-García. Profesionalmente, desde hace más de veinte años es directivo en empresas financieras y en banca. Actualmente es miembro del Executive Board y director de calidad de Exponential Institute, estando en excedencia como Director de rentabilidad ajustada al riesgo de Banco de Santander. Fue Viceconsejero

(viceministro regional) de Hacienda y Política Económica de la Comunidad de Madrid y ha desarrollado también su actividad en empresas y entidades como Banco Popular, Amadeus, Citibank N.A. y Santander Investment. Paralelamente, en el ámbito académico es profesor de la UFV de economía en el grado de Filosofía, Política y Economía y en el Máster en Acción Política. También ha dado clase en la UAM, el CES Cardenal Cisneros, ESADE, el Trinity College o la UFM, entre otras instituciones. Líneas de investigación: el sector financiero y bancario, la política económica, la gestión empresarial y las colaboraciones público-privadas.



PASIVOS LABORALES CONTINGENTES

CURSO AVALADO POR EL CONAC CON HECSE

- Actuarios certificados en PLC: 25 HECSE - 10 HECSEN
- Actuarios NO certificados en PLC: 6.25 HECSE- 2.5 HECSEN



21 DE AGOSTO
DURACIÓN:
25 HORAS

- HECSEN - HORAS DE EDUCACIÓN CONTINUA SUJETAS A EVALUACIÓN (NORMATIVIDAD)

Actuaría & Finanzas

www.actuariayfinanzas.net

- **Data Analytics - Data Science - Data Visualization**
- **Dashboards - Apps - Websites**
- **Riesgos**
- **Dictaminación pericial**
- **Afores, pensiones y seguros**
- **Certificación en Estándares de Competencia Laboral CONOCER**
- **Aula Virtual**



**Silver
Business
Partner**



Contacto:
webmaster@actuariayfinanzas.net

 55 8055 4463

www.actuariayfinanzas.net



COLEGIO
NACIONAL
DE ACTUARIOS

MÉXICO