

SELECCIÓN BAJO INCERTIDUMBRE DE PORTAFOLIOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Roberto José Taboada González, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Gerardo Gabriel Alfaro Calderón, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Federico González Santoyo, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto realizar un análisis de la cartera de centrales de generación en México, utilizando el modelo de portafolio de Markowitz, con objeto de coadyuvar a la planeación de Centrales de Generación Eléctricas en el país. Se presentan los conceptos fundamentales de la Teoría Moderna de Portafolio, así como el análisis de un caso de estudio que utiliza siete tecnologías de generación, con variación en las restricciones. El portafolio que resulta de aplicar el método propuesto por este estudio ofrece al mismo tiempo una disminución del riesgo y un aumento en los rendimientos; no se pretende que sustituya a ningún método de planeación actual sino que sea una herramienta adicional para la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVES: Portafolio, Riesgo, Incertidumbre, Inversión, Planeación

PORTFOLIO SELECTION UNDER UNCERTAINTY OF POWER GENERATION

ABSTRACT

This paper analyzes the Mexican power plant generation portfolio using the Markowitz portfolio model, to help the planning of electric power generation in the country. It presents the fundamental concepts of Modern Portfolio Theory and the analysis of a case study that uses seven technologies of power generation, with variations in the constraints. The portfolio that results from application of the method proposed in this paper, offers at the same time a reduction in the risk and increase in returns. The goal of this paper is not to substitute any current planning method but to give an additional tool to help in decision making,

JEL: G, H8, C6

KEYWORDS: Portfolio, Risk, Uncertainty, Investment, Planning

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se muestra una aplicación del modelo de portafolio de Markowitz para la selección de centrales de generación, utilizando siete tecnologías de generación y un periodo de 20 años de datos estadísticos de cada una, el resultado obtenido es un portafolio de tecnologías de generación que minimiza el riesgo a un rendimiento dado, comparándose con el portafolio planeado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para el año 2026. En la Tabla 1 se presenta la generación de energía al cierre del 2010 contrastada con la generación del escenario de planeación para el año 2026.

La planeación de la generación se realiza actualmente en base al costo mínimo, sin considerar el riesgo inherente a cada tecnología principalmente debido al suministro de los combustibles. En el presente trabajo se realiza un portafolio de generación en base al riesgo y al rendimiento, aplicando el modelo de Markowitz. Dentro de la revisión literaria Shimon Awerbuch tiene trabajos donde aplica el modelo de Markowitz utilizando el inverso del costo nivelado de generación para obtener los rendimientos, en el presente trabajo

los rendimientos se obtienen restando al precio medio de venta el costo nivelado de generación de cada tecnología, obteniendo rendimientos más apegados a la realidad. Con el fin de explicar con claridad el presente trabajo se presenta una revisión literaria donde se analizan las principales investigaciones en la materia. En la sección de metodología se explican brevemente las principales formulas del modelo, así como la obtención de los datos. Posteriormente se presentan los resultados y las conclusiones de la investigación.

Tabla 1: Generación de Energía (GWh) Servicio Público- Escenario de Planeación

Tipo de generación	Generación % 2010 242,538 GWh	Generación % 2026 446,234 GWh
Termoeléctrica convencional	18.6%	2.4%
Ciclo Combinado	47.6%	63.4%
Carbón	13.2%	13.9%
Nuclear	2.4%	2.7%
Hidraulica	15.2%	9.4%
Geotermia	2.7%	1.9%
Eolica	0.1%	5.7%
Solar	0.0%	.003%

Fuente: Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012

REVISIÓN LITERARIA

La preocupación por encontrar la forma eficiente de diversificar los activos de generación ha dado lugar a la escritura de numerosos trabajos que abordan el tema bajo diferentes enfoques, en este apartado se describen los trabajos relacionados más importantes. Shimon Awerbuch ha sido uno de los principales impulsores de la aplicación de la teoría de portafolio de media varianza en el proceso de selección de tecnologías de generación. En el año 2000 publicó un artículo donde realiza un ensayo para los Estados Unidos utilizando las dos tecnologías dominantes en ese país gas natural y carbón y utiliza los costos de combustible exclusivamente y toma como activo libre de riesgo a la energía eólica el resultado es que al considerar una energía cara como la eólica el riesgo y el costo de variable de generación disminuyen.

En 2003 Awerbuch y Berger (2003) publicaron un artículo con el objetivo de mejorar políticas de diversificación y seguridad energética en la Unión Europea, utilizando también la teoría de portafolio de Markowitz. La diferencia con el método tradicional de costo mínimo es la necesidad de incluir el riesgo de la generación de energía, medido por la variabilidad en el precio de la generación de energía para obtener la frontera eficiente del portafolio de generación. Como resultado de este estudio es que un portafolio de tecnologías de generación con diferentes características financieras puede ser menos costoso a lo largo del tiempo que un portafolio que solo se base en tecnologías de costo mínimo como las basadas en combustibles fósiles. Stirling (2008) hace un estudio profundo de las características de un sistema de energía diverso e identifica tres propiedades de la diversidad (variedad, balance y disparidad). Basado en dicha descomposición para el concepto de diversidad, desarrolla un marco para cuantificar la diversidad de un sistema de energía. Bolinger and Wiser (2008) se concentran en la fuente principal de riesgo para los inversionistas en el sector de generación, riesgos del precio de combustible y sus relaciones con los precios de la energía. Estos autores argumentan que la volatilidad del precio de los combustibles fósiles, especialmente el gas, debería ser tomada en cuenta en las decisiones de inversión y selección de la tecnología. Bazilean y Roques (2008) abordan la diversidad en términos de riesgo y detallan los diferentes tipos de riesgo que afectan a las decisiones. Ilustran el potencial de la teoría de portafolio de la media varianza, para balancear los beneficios de la reducción de riesgos de varios portafolios tecnológicos. Blyth (2008) explora el potencial de las opciones reales para complementar el análisis de la teoría del portafolio. La teoría de las opciones captura el impacto en la oportunidad de inversión y la flexibilidad en la administración de la valuación de las inversiones. Esto da un conjunto diferente de visiones de políticas. El problema aquí no concierne tanto con una definición de arriba hacia abajo de una mezcla óptima sino de

un entendimiento de abajo hacia arriba de los incentivos que enfrenta una inversión individual bajo incertidumbre. Awerbuch y Yang (2006) hacen una aplicación de la teoría de portafolio para una mezcla de generación en la Unión Europea para poder reducir el costo en el año 2020, el riesgo de generación y las emisiones de CO₂, así como también ampliar la seguridad de suministro de energía. Utilizan el costo nivelado de generación para obtener el retorno para cada tecnología. Las mezclas óptimas de generación obtenidas contienen grandes participaciones de viento, nuclear y tecnologías limpias, las cuales son energías más caras por sí mismas.

Jensen y Beurskens (2008) presentan un portafolio de activos de generación para Holanda para el año 2030. Este trabajo se enfoca en la dimensión del costo-riesgo de la cartera holandesa de tecnologías de generación en lugar de rendimiento-riesgo para el despliegue potencial adicional de las tecnologías de generación renovable. El resultado muestra que la energía renovable reduce el riesgo con un pequeño impacto en el costo de la cartera. Doherty et al. (2008) Realizó un caso de estudio para un sistema de electricidad aislado en Irlanda, tomando en cuenta el porcentaje máximo de participación de tecnologías con intermitencia de generación para garantizar la seguridad de suministro del sistema. Los portafolios resultantes son examinados con respecto al impacto de los costos del carbón sobre el desarrollo de plantas de generación eólicas. Krey & Zweifel (2008) se concentró en las maneras de mejorar la estabilidad de las correlaciones entre diferentes precios de combustibles y como robustecer la teoría de portafolio. Utiliza un enfoque econométrico, para filtrar los componentes sistemáticos de la matriz de covarianzas. Aplica su enfoque a computar portafolios de generación para Suiza y Estados Unidos.

Van Zon and Fuss (2008) determina un portafolio óptimo para el Reino Unido con volatilidad en los precios del combustible e incertidumbre concerniente al progreso tecnológico en un contexto cambios técnicos e inversiones irreversibles. Combina teoría de portafolio con aspectos de programación dinámica. Este modelo es ilustrado en el contexto de políticas públicas actuales en el Reino Unido y demuestra que la reducción del riesgo incrementa el costo. Delarue, et al, (2008) presentan el modelo de portafolio distinguiendo entre capacidad instalada, energía y la energía instantánea real entregada. De esta manera, la variabilidad de las energía del viento y los límites de rampa de las plantas convencionales son correctamente incluidos en la optimización de la inversión. Los resultados muestran que la introducción de las centrales eólicas pueden bajar el riesgo del costo de generación. Florian Kienzle et al, (2007) Analizan la eficiencia del portafolio de generación de la empresa de electricidad BKW, una de las mayores empresas de Suiza. Aplican la teoría de portafolio media - varianza a las mezclas actual y futura y se derivan las respectivas fronteras eficientes. El análisis se basa en cambios relativos en los costos de generación complementado por un análisis de costos reales.

Gustavo A. Marreiro et al: (2011) Presentan un trabajo para evaluar la política de energía de Brasil. El análisis utiliza la teoría de portafolio media – varianza para evaluar la eficiencia de la mezcla de generación de energía, en términos de costos y riesgos. El portafolio de generación de Brasil está cercano a la frontera eficiente debido a la hidroelectricidad aporta el 79% de la generación, en Brasil la tendencia de la diversificación es aumentar la participación de plantas de combustible fósil, pero si se introduce un precio al CO₂ puede ser una opción para promover fuentes renovables de generación y reducir el nivel de activismo discrecional del gobierno.

METODOLOGÍA

En la investigación se aplica el método científico, con un diseño de investigación no experimental, de corte transversal y de tipo correlacional causal debido a que los datos que se utilizan ya ocurrieron y por lo tanto no son manipulados, son éstos a una fecha determinada y describen las relación entre las variables: rendimiento, riesgo, generación eléctrica, costo nivelado y precio de venta. El método que se utiliza se desprende de la Teoría de Portafolio, desarrollada por H. Markowitz, planteada como un modelo de optimización restringida, cuya función objetivo consiste en la maximización de los rendimientos, sujeta a

un riesgo determinado por el planeador. El problema consiste en determinar la mezcla óptima de tecnologías de generación que maximice el rendimiento sujeto a un riesgo dado medido por la desviación estándar de los rendimientos o que minimice el riesgo dado un rendimiento requerido, a que la suma de las participaciones de las tecnologías sea igual a 1 y a las restricciones de generación de las tecnologías. Los datos de entrada del modelo son los costos anuales nivelados de generación de cada una de las tecnologías para producir la energía eléctrica, así como el precio medio de venta del MWh de energía eléctrica de cada uno de los años del análisis, el horizonte de tiempo analizado comprende 20 años de 1992 al año 2011. Los rendimientos se obtienen restando del precio medio de venta anual el costo de generación anual para cada tecnología utilizando la siguiente fórmula:

$$r_{ij} = \frac{PV_j - C_{ij}}{C_{ij}} \quad (1)$$

Donde:

r_{ij} = Rendimiento de la tecnología i en el periodo j

PV_j = Precio medio de venta en el periodo j

C_{ij} = Costo de la tecnología i en el periodo j

Planteamiento Matemático Las variables de decisión son:

w_i = participación de la tecnología i en el portafolio de generación (dada en fracción del portafolio total).

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (2)$$

$$w_i \geq 0 \quad (3)$$

i = TC, CC, CAR, NUC, GEO, HIDRO, EOL

TC = Térmica Convencional (Combustóleo)

CC = Ciclo Combinado (Gas natural)

CAR = Carbón

NUC = Nuclear

GEO = Geotérmica

HIDRO = Hidráulica

EOL = Eólica

Función Objetivo

La varianza de los rendimientos del portafolio mide el riesgo total del portafolio

$$\text{Min } \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{ij} = w^T V w \quad (4)$$

La Tabla 2 resume las covarianzas entre tecnologías (σ_{ij}^2) que se utilizan en la función objetivo modelo como a continuación se indica. La función objetivo es la minimización de la varianza del portafolio de tecnologías de generación

$$\begin{aligned}
 \text{minimizar } z = & w_{TC}^2 \sigma_{TC}^2 + w_{CC}^2 \sigma_{CC}^2 + w_{CAR}^2 \sigma_{CAR}^2 + w_{NUC}^2 \sigma_{NUC}^2 + w_{GEO}^2 \sigma_{GEO}^2 + w_{HID}^2 \sigma_{HID}^2 \\
 & + w_{EOL}^2 \sigma_{EOL}^2 + 2w_{TC}w_{CC}\sigma_{TC-CC} + 2w_{TC}w_{CAR}\sigma_{TC-CAR} + 2w_{TC}w_{NUC}\sigma_{TC-NUC} \\
 & + 2w_{TC}w_{GEO}\sigma_{TC-GEO} + 2w_{TC}w_{HID}\sigma_{TC-HID} + 2w_{TC}w_{EOL}\sigma_{TC-EOL} + 2w_{CC}w_{CAR}\sigma_{CC-CAR} \\
 & + 2w_{CC}w_{NUC}\sigma_{CC-NUC} + 2w_{CC}w_{GEO}\sigma_{CC-GEO} + 2w_{CC}w_{HID}\sigma_{CC-HID} \\
 & + 2w_{CC}w_{EOL}\sigma_{CC-EOL} + 2w_{CAR}w_{NUC}\sigma_{CAR-NUC} + 2w_{CAR}w_{GEO}\sigma_{CAR-GEO} \\
 & + 2w_{CAR}w_{HID}\sigma_{CAR-HID} + 2w_{CAR}w_{EOL}\sigma_{CAR-EOL} + 2w_{NUC}w_{GEO}\sigma_{NUC-GEO} \\
 & + 2w_{NUC}w_{HID}\sigma_{NUC-HID} + 2w_{NUC}w_{EOL}\sigma_{NUC-EOL} + 2w_{GEO}w_{HID}\sigma_{GEO-HID} \\
 & + 2w_{GEO}w_{EOL}\sigma_{GEO-EOL} + 2w_{HID}w_{EOL}\sigma_{HID-EOL}
 \end{aligned}$$

El rendimiento del portafolio queda determinado por el rendimiento esperado de cada tecnología

$$\mu_p = E[r_p] = \sum_{i=1}^n w_i E[r_i] = \sum_{i=1}^n w_i \mu_i \tag{5}$$

En forma matricial se tiene:

$$\mu_p = w^T e \quad \text{Donde} \quad e = E[r] = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_n \end{bmatrix} \tag{6}$$

Tabla 2: Matriz de Covarianzas V (Σ_{ij})

		j						
Tecnología		TC	CC	CAR	NUC	GEO	HID	EOL
	TC	0.022	0.021	0.027	0.049	0.044	0.013	0.047
	CC	0.021	0.083	0.036	0.028	0.064	0.009	0.030
	CAR	0.027	0.036	0.077	0.085	0.062	0.017	0.077
i	NUC	0.049	0.028	0.085	0.210	0.137	0.033	0.166
	GEO	0.044	0.064	0.062	0.137	0.145	0.020	0.131
	HID	0.013	0.009	0.017	0.033	0.020	0.019	0.011
	EOL	0.047	0.030	0.077	0.166	0.131	0.011	0.196

El rendimiento del portafolio es establecido de antemano de acuerdo al rendimiento deseado por la Subdirección de Programación. Este rendimiento es una de las restricciones del modelo. El modelo puede plantearse como la maximización de los rendimientos esperados, como función objetivo sujeta a una varianza del portafolio determinada por el planeador, además de todas las demás restricciones mencionadas para el anterior modelo. A los rendimientos por tecnología se les realizó la prueba Jarque Bera para determinar si su comportamiento es normal, aceptando la hipótesis nula en todos los casos.

$$JB = \frac{n}{6} S^2 + \left(\frac{k-3}{4} \right)^2 \tag{7}$$

Donde:

JB = Coeficiente de Jarque Bera

S = Coeficiente de asimetría

k = Curtosis

El coeficiente de Jarque Bera es una prueba para determinar la normalidad de una serie de datos (Tabla 3). Esta prueba mide la diferencia de la asimetría menos la curtosis de la serie de datos en análisis respecto a los valores que presenta una distribución normal. (Guerrero 2008). Bajo la hipótesis nula de una normal el

coeficiente de Jarque Bera toma valores inferiores a 6, la hipótesis alternativa toma valores superiores a 6, es decir no existe normalidad. (Guerrero 2008). A continuación se presentan los resultados de los rendimientos de las tecnologías y como puede verse el comportamiento de todas las tecnologías es normal, dado que todos los resultados para JB son inferiores a 6.

Tabla 3: Resultados de la Prueba Jarque Bera a los Rendimientos

	TC	CCC	CARB	NUC	GEO	HIDRO	EOLO
S	0.53287	-0.4242	0.34791	0.81927	-0.1276	0.32111	-0.0896
k	-1.3858	-0.6018	0.05614	-0.4265	-1.3635	0.97826	-0.4637
JB	5.7553	3.84297	2.57005	5.17258	4.81429	1.36558	3.02612

RESULTADOS

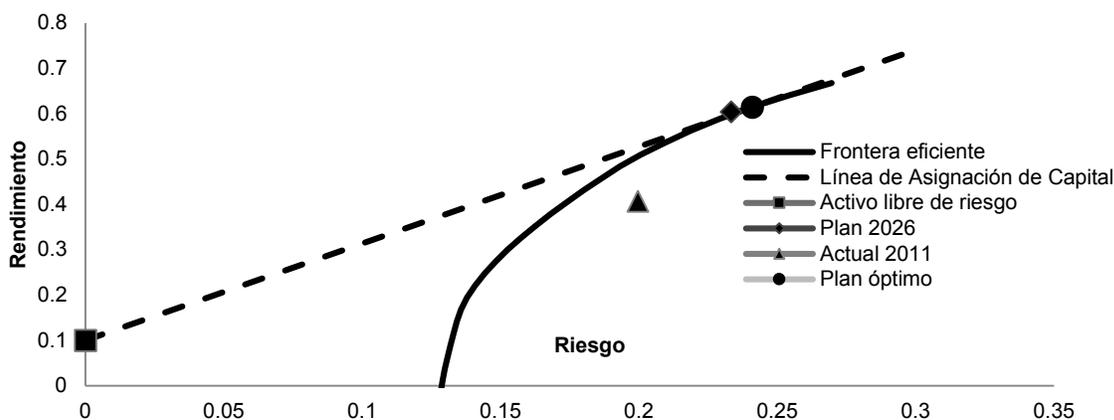
Se realizó una primera corrida en MATLAB solo con la restricción de que la suma de los porcentajes para cada tecnología debe ser uno, el resultado que se obtuvo se muestra tanto en la Tabla 3 como en la Figura 1. En la Tabla 4 podemos observar que solo con dos tecnologías se llega al portafolio óptimo, resulta evidente que esta solución aunque óptima no se puede tomar como buena porque existen restricciones impuestas por el entorno, tales como la disponibilidad de combustibles, metas de generación con energía limpia, reducción de consumo de algún combustible, el hecho de que ya se tienen mínimos de generación por ya tener instalada capacidad con tecnologías como la nuclear, la geotérmica y la hidroeléctrica entre otras, que deben ser consideradas.

Tabla 4: Frontera Eficiente Sin Restricciones

Indice Sharpe	Riesgo	Rendimiento	TC	CCC	CARB	NUC	GEO	HIDRO	EOLO
2.3586	.2562	.7042	0	.756	.244	0	0	0	0

En la Figura 1 se observa el portafolio óptimo en la intersección de la frontera eficiente y la línea de asignación de capital, así mismo podemos ver que tanto el portafolio actual como el portafolio de planeación para el 2026 no están en la frontera eficiente, este último queda muy cerca del óptimo.

Figura 1: Frontera Eficiente Sin Restricciones



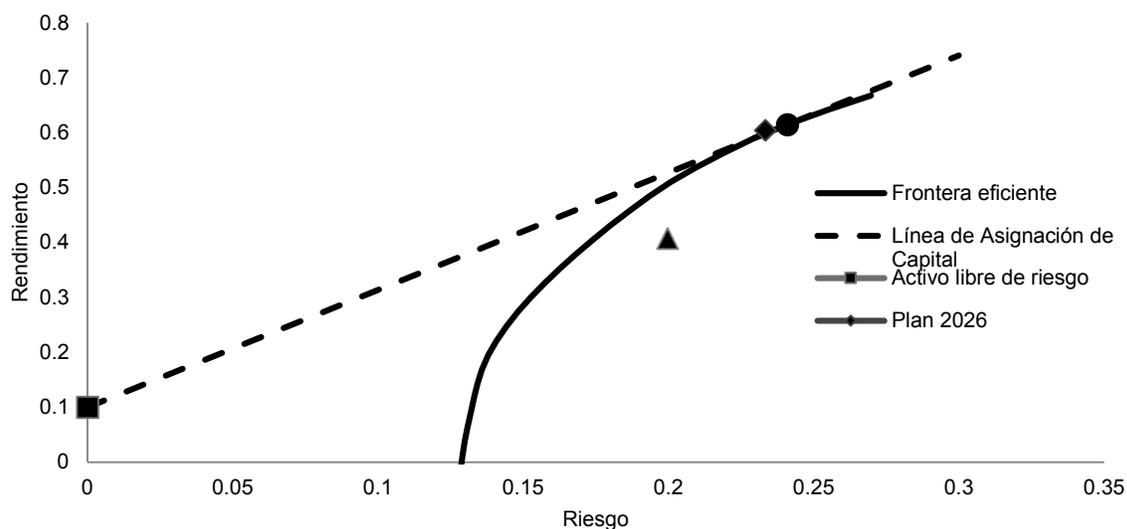
Se realizó otra corrida en MATLAB con la restricción impuesta por la Secretaría de Energía de tener para el año 2026 el 35% instalado de energía renovable, en este caso tampoco se introdujeron al modelos otro

tipo de restricciones. La Tabla 5 nos muestra los resultados de generar con energías renovables cuando menos el 35% para el año 2026, obsérvese que en este caso el portafolio se distribuye sólo en tres tecnologías, 65% centrales de ciclo combinado, 10.87% en hidroeléctricas y 24.13% en centrales eólicas. Se puede observar que no participan energías como la termoeléctrica convencional (TC), la de carbón (CARB), la nuclear (NUC) y la geotérmica (GEO). Al igual que en la primera corrida no se consideraron más restricciones impuestas por el entorno.

Tabla 5: Frontera Eficiente 35% Energías Limpias

Indice Sharpe	Riesgo	Rendimiento	TC	CCC	CARB	NUC	GEO	HIDRO	EOLO
2	0.244	0.587	0	0.65	0	0	0	0.1087	0.2413

Figura 2: Frontera Eficiente Con 35% de Generación Limpia



En la Figura 2 se observa que el portafolio de planeación para 2026 se encuentra por arriba de la frontera eficiente, esto debido principalmente a que dicho portafolio no cumple con la restricción del 35% de energía renovable, impuesta en las proyecciones gubernamentales.

CONCLUSIONES

Del ejercicio anterior dejamos en claro que a pesar de ser una herramienta usada para la realización de portafolios de inversión de valores bursátiles, es posible aplicar el modelo a la selección de activos de generación. Como se puede ver en los resultados el portafolio actual no se encuentra en la frontera eficiente en ninguno de los casos lo que nos indica que la mezcla puede ser optimizada, para quedar en la frontera eficiente o cerca de ésta. También es posible establecer que al aplicar el modelo en el portafolio pueden elegirse tecnologías que presentan menos variabilidad en los rendimientos. La principal limitación del presente estudio son los datos obtenidos de Comisión Federal de Electricidad, ya que estos se realizaron en años con inflaciones locales muy altas. Además de no contar con suficientes datos de energía eólica, habiéndose basado estos en análisis teóricos. En un próximo estudio sería conveniente obtener datos de los costos promedio de despacho de la generación de cada tecnología para varios años y comparar los resultados obtenidos en el presente estudio.

REFERENCIA

- Alexander, G. J. (2009). From Markowitz to modern risk management. *European Journal of Finance*, 15(5/6), 451-461. Retrieved from EBSCOhost.
- Alfaro, G. (1996, Noviembre). Aplicación del Modelo de Desviación Media Absoluta en la Optimización de Carteras de Inversión. Tesis. . Morelia, Michoacán , México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Allan, G., Eromenko, I., McGregor, P., & Swales, K. (2011). The regional electricity generation mix in Scotland: A portfolio selection approach incorporating marine technologies. *Energy Policy*, 39(1), 6-22. doi:10.1016/j.enpol.2010.08.028
- Awerbuch, S. a. (2008). Using Portfolio Theory to Value Power Generation Investments. In M. a.
- Awerbuch, S. (2002). *Estimating Electricity Costs and Prices*. Paris: IEA.
- Awerbuch, S. a. (2003, Febrero). Making, Applying Portfolio Theory to EU Electricity Planning and Policy. Paris, France: OECD/IEA.
- Baca Urbina, G. (2006). Evaluación de Proyectos. In G. Baca Urbina, *Evaluación de proyectos* (p. 392). México: Mc Graw Hill.
- Bar-Lev, D. , Katz, S. , 1976 . A portfolio approach to fossil fuel procurement in the electric utility industry . *The Journal of Finance* 31 , 933–947 .
- Bazilean, M. &. (2008). *Analytical Methods for Energy Diversity & Security*. Oxford: Elsevier.
- Benninga, S. (2000). *Financial modeling*. Massachusetts, USA: MIT Press.
- Breen, W. (1972). Portfolio Theory and Capital Markets. *Journal of Finance*, 27(4), 968-969. Retrieved from Business Source Premier database.
- Brigham, E. F. (2004). *Fundamentos de Administración Financiera*. México, D.F,: CECSA.
- Buttell, A. (2010). Harry M. Markowitz on Modern Portfolio Theory, the Efficient Frontier, and His Life's Work. *Journal of Financial Planning*, 23(5), 18-23. Retrieved from Business Source Premier database.
- Chen, H. (2008). Value-at-Risk Efficient Portfolio Selection Using Goal Programming. *Review of Pacific Basin Financial Markets & Policies*, 11(2), 187-200. Retrieved from EBSCOhost.
- Chen, s., & brown, S. J. (1983). Estimation Risk and Simple Rules for Optimal Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 38(4), 1087-1093. Retrieved from EBSCOhost.
- Comisión Federal de Electricidad. (2008, marzo 18). CFE. Retrieved marzo 18, 2008, from <http://www.cfe.gob.mx>
- Comisión Federal de Electricidad. (n.d.). *Costos y parámetros de referencia para la formulación de proyectos de inversión del sector eléctrico*. México, D. F., México.

Das, S., Markowitz, H., Scheid, J., & Statman, M. (2010). Portfolio Optimization with Mental Accounts. *Journal of Financial & Quantitative Analysis*, 45(2), 311-334. Retrieved from Business Source Premier database.

David, F. R. (2008). *Conceptos de Administración Estratégica*. México: Pearsom.

Delarue, E. , De Jonghe, C. , Belmans, R. , D'haeseleer, W. , 2011 . Applying portfolio theory to the electricity sector: Energy versus power . *Energy Economics* 33 , 12–23 .

Doherty, R., Outhred, H., & O'Malley, M. (2006). Establishing the Role That Wind Generation May Have in Future Generation Portfolios. *IEEE Transactions on Power Systems*, 21(3), 1415-1422. doi:10.1109/TPWRS.2006.879258.

EirGrid , 2011 . Ensuring a secure, reliable and efficient power system in a changing environment. Available online

García, C., & Velasco, C. (2008). Configuración del portafolio tecnológico, diversidad e innovación: un estudio longitudinal. (Spanish). *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa (CEDE)*, 3453-80. Retrieved from EBSCOhost.

Gitman, L. W. (1986). *Fundamentos de Administración Financiera*. México, D.F.: Harla.

Gutjahr, W. J., Katzensteiner, S., Reiter, P., Stummer, C., & Denk, M. (2010). Multi-objective decision analysis for competence-oriented project portfolio selection. *European Journal of Operational Research*, 205(3), 670-679. doi:10.1016/j.ejor.2010.01.041

Gutjahr, W. (2011). Optimal dynamic portfolio selection for projects under a competence development model. *OR Spectrum*, 33(1), 173-206. doi:10.1007/s00291-009-0180-9

H. Congreso de la Unión de la Cámara de Diputados. (2011). Secretaría de Energía. Retrieved Agosto 11, 2011, from www.sener.gob.mx

Hakansson, n. (1971). Multi-period mean-variance analysis: toward a general theory of portfolio choice. *Journal of Finance*, 26(4), 857-884. Retrieved from Business Source Premier database

Honohan, P. (1980). TESTING A STANDARD THEORY OF PORT FOLIO SELECTION. *Oxford Bulletin of Economics & Statistics*, 42(1), 17-35. Retrieved from Business Source Premier database

Kucko, I. (2007). INVESTMENT FUND PORTFOLIO SELECTION STRATEGY. *Business: Theory & Practice*, 8(4), 214-220. Retrieved from EBSCOhost.

Hubbert, Simon (2012). *Essential mathematics for market risk management*. Chichester, U.K: Wiley

Marín, J. M. (2001). *Economía Financiera*. Barcelona: Antoni Bosch.

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance* , 77-91.

Marreiro , Gustavo A. (2011) Efficient Power Generating Portfolio in Brazil: Conciliating Cost, Emissions and Risk Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de La Laguna

Molano, J. (2007). CAPM: TEORÍA Y HALLAZGOS EMPÍRICOS PARA COLOMBIA, 2001-2006. (Spanish). *Outlier*, 3195-224. Retrieved from EBSCOhost.

Pachamanova, D. y Fabozzi, F (2010). *Simulation and Optimization in Finance*. New Jersey, USA: Wiley
Ross, S. A. (2000). *Finanzas Corporativas*. México: Mc Graw Hill.

Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A theory of market of equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance* , 425-442.

Van Horne, J. C. (1988). *Fundamentos de Administración Financiera*. México, D.F.: Prentice Hall.

Vargas, R. (2007). *Energy Security in Mexico: An Evaluation in the Light of St. Petersburg*. México, D. F.: Friedrich Ebert Stiftung.

BIOGRAFÍA

Roberto José Taboada González Profesor de la Universidad Vasco de Quiroga. Ingeniero Industrial por el Instituto Politécnico Nacional, Maestro en Administración por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, estudiante del Doctorado en Negocios Internacionales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. rtaboada@hotmail.com

Gerardo Gabriel Alfaro Calderón Profesor e Investigador Titular “C” de T.C. en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ingeniero Industrial por el Instituto Tecnológico de Morelia, Maestro en Administración por la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad habiendo obtenido mención honorífica. Doctor en Ciencias por el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán. Obtiene el Certificado de Estudios Avanzados (DEA) en la Universitat de Rovira i Virgili España. ggalfaroc@gmail.com

Federico González Santoyo Es Profesor e Investigador Titular “C” TC desde 1980 en la UMSNH en Morelia México, adscrito a la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas. Doctor en Ingeniería (Investigación de Operaciones) por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, Doctorado en Economía y Empresa de la Universitat Rovira i Virgili (España) (Programa concluido), Doctor en Ciencias por el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDEM), obteniendo el grado con Mención Honorífica. fegosa@gmail.com