



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“MODELOS DE SIMULACIÓN PARA MEJORAR
PROCESOS INDUSTRIALES”: una revisión de la
literatura científica

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Industrial

Autor:

Teofilo Enrique Cruzado Diaz

Asesor:

Dr. José Santos Cortegana Salazar

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios y a mis compañeros de trabajo quienes supieron guiarme por el buen camino, darnos fuerzas para seguir Adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

..

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento se dirige a quien ha forjado nuestro camino y nos ha dirigido por el sendero correcto, a Dios, el que en todo momento estuvo conmigo ayudándome a aprender de mis errores y a no cometerlos otra vez. Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy Te lo agradezco, padre celestial.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	5
RESUMEN	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	12
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....	19
REFERENCIAS.....	20
ANEXOS	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Artículos científicos seleccionados por países.	12
Tabla 2 Artículos científicos seleccionados por base de datos.	12
Tabla 3 Artículos científicos seleccionados por año.	13
Tabla 4 Artículos científicos seleccionados por región peruana.	13
Tabla 5 Clasificación de métodos de simulación.	14
Tabla 6 Clasificación de modelos de simulación.	15
Tabla 7 Tipos de simulación.	15
Tabla 8 Tipos de software de simulación.	16
Tabla 9 Campos de aplicación de simulación.	16
Tabla 10 Clasificación por modos de simulación.	17
Tabla 11 Clasificación por técnicas estadísticas de simulación.	17
Tabla 12 Clasificación por técnicas de pronóstico en simulación.	18
Tabla 13 Resultados de la revisión sistemática.	23

RESUMEN

La investigación es tuvo como problema ¿Qué se conoce sobre modelos de simulación aplicados para mejorar de los procesos industriales durante los años 2009-2019?, el objetivo de esta revisión sistemática es analizar los estudios teóricos y empíricos sobre modelos de simulación aplicados en la mejora de procesos industriales. Se encontraron 13 artículos científicos de los cuales se han excluido 3 artículos pertenecientes a los años 2001, 2007 y 2004. Los 10 artículos seleccionados pertenecen al tema de modelos de simulación en procesos industriales, 2 de ellos se han extraído de la base de datos Google Académico, 3 de Redalyc, 4 de Scielo y 1 artículo de Ebsco. Los documentos encontrados se clasifican a los métodos de simulación en Métodos analíticos, métodos continuos y métodos discretos, asimismo existen modelos de simulación físicos, analíticos y matemáticos. Los tipos de simulación encontrados en este documento son simulación Montecarlo, juegos operacionales y simulación en sistemas. Las técnicas estadísticas aplicadas en la simulación son medidas de centralización, medidas de dispersión y prueba T de Student. Los softwares para simulación encontrados fueron Writness, Pro-Model, Arena y Ithink.

PALABRAS CLAVES: Simulación, procesos industriales, viabilidad, estadística.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La simulación la define Castro (2017) como: “la representación de un proceso o fenómeno mediante otro más simple, que permite analizar sus características” (p. 18).

Sin embargo, Cruz (2013) afirma que: “la simulación de procesos es una herramienta de la ingeniería industrial, que utiliza para representar un proceso mediante otro que lo hace mucho más simple e entendible” (p. 4).

Actualmente Condori (2016), explica que el uso de la simulación se ha aumentado dentro del ámbito industrial y comercial producto del desarrollo de las computadoras, las que constituyen una valiosa herramienta para aplicar esta técnica (p. 6).

La simulación de procesos industriales se realiza mediante computadoras y software específicos, que utilizan recursos como: gráficos potentes, bases de datos, computación intensiva, etc; siendo una poderosa técnica de resolución de problemas reales, utilizando un modelo numérico, de tal forma que con los resultados se puede obtener una estimación de las características del sistema (Quino, 2013, p. 32).

Jiménez (2013) propone que la simulación puede aplicarse para el estudio de sistemas de líneas de espera, inventarios, negocios, proyectos de inversión, modelos de inversión, flujos de efectivo y otros que suelen ser de gran interés (p. 11).

La simulación en el área industrial, inicio aplicando modelos en las fábricas para remplazar la mano de obra en actividades tales como anotaciones contables, escritura de informes y resolución de ecuaciones, obteniendo como ventaja la velocidad y la exactitud de sus cálculos (Konrad, 2014, p. 35).

Flores (2015) explica que mediante el modelo de simulación que se basa en la teoría de la probabilidad y consiste en simular los resultados de las variables aleatorias; permite

conocer si un estudio es óptimo o no, teniendo en cuenta las variables financieras que se pueden estimar, esto ayuda a que los gestores del proyecto puedan conocer posibles resultados que se obtendrá a través de la realización de la inversión y por medio de ello realizar una adecuada gestión de costos (pp. 18-22).

La elaboración y aplicación de la simulación acelera la comprensión del proceso industrial y permite explicar, capacitar, mejorar y probar cualquier posible situación o cambio en el sistema (Botero y Acevedo, 2013, p. 3).

Según Gonzales (2013) “En la industria, la simulación se aplica en varias etapas, como: en la etapa de diseño para mejorar un proceso o diseño, o a un sistema que tiene que modificarse. Es recomendable la aplicación de la simulación a sistemas existentes para mejorar en el comportamiento” (p. 19).

Con la simulación, se pueden identificar y analizar las fallas que se encuentran o se pueden presentar en el sistema, al aplicar la simulación sabremos qué es lo que ocurriría en un proceso industrial al modificar una o varias variables, responde a la interrogante de ¿Qué pasaría si...?, que permitirá mejorar resultados (Del Carpio y Eyzaguirre, 2013, pp. 12-18).

Hadzich (2013) afirma que: “La importancia de la simulación radica en que es menos costoso y cada vez más rápido que construir un sistema real, además descubre errores de diseño en el modelo en lugar de hacerlo en la realidad, asimismo, en base a los resultados obtenidos en la simulación se pueden tomar decisiones a tiempo” (p. 15).

Pilco (2013) explica que: “Para construir un modelo es necesario una eficiente selección de factores que intervienen directamente en el comportamiento del objeto y una descripción adecuada de las relaciones funcionales, tomando en cuenta que debe ser subjetivo a la realidad” (p.4).

Toro, Ledezma y Escobar (2015) clasifican los métodos de simulación en simulación Montecarlo, juegos operacionales y simulación de sistemas (p. 10).

La simulación Montecarlo es un modelo matemático computarizado que permite tener en cuenta el riesgo en análisis cuantitativos y tomas de decisiones. Se utiliza en los campos como los de finanzas, gestión de proyectos, energía, manufacturación, ingeniería, investigación y desarrollo, seguros, petróleo y gas, transporte y medio ambiente. Este modelo ofrece a los ingenieros industriales a tomar decisiones ante una serie de posibles resultados, así como la probabilidad de que se produzcan según las medidas tomadas (Toro *et al.*, 2015, pp. 5-12).

Los juegos operacionales determinan tanto soluciones óptimas para estrategias como estructuras óptimas para sistemas y se refieren a aquellas situaciones donde hay algún conflicto de intereses entre los trabajadores o entre quienes toman decisiones, dentro de la estructura de un ambiente simulado (Toro *et al.*, 2015, pp. 17-21).

La simulación de sistemas es un modelo que permiten que el observador analice la reacción del ambiente a ciertas actividades alternativas de la administración. Esa reacción del ambiente proporciona un medio para determinar la decisión que se tome en el problema (Toro *et al.*, 2015, pp. 23-27).

La pregunta de investigación es ¿Qué se conoce sobre modelos de simulación aplicados para mejorar de los procesos industriales durante los años 2009-2019?, para ello se analizan estudios teóricos y empíricos sobre simulación en procesos.

El objetivo de esta revisión sistemática es analizar los estudios teóricos y empíricos sobre modelos de simulación aplicados en la mejora de procesos industriales, en los últimos cinco años.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Este documento es una revisión sistemática, que son el mejor esfuerzo por recopilar y sintetizar evidencia científica sobre un tema (Durach, Kembro, y Wieland, 2017, p. 18).

La elaboración de la revisión sistemática inició eligiendo el tema mediante una lluvia de ideas, posteriormente se definieron las palabras claves del tema que son simulación, procesos industriales, simulación Montecarlo, cálculo matemático y análisis estadístico; luego se realizó la búsqueda de artículos combinando las palabras claves, sin embargo, se encontraron varios documentos referentes al tema y para depurarlos y elegirlos se aplicaron criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de selección, fueron los documentos en idioma español ya que fueron los de mayor comprensión, documentos publicados desde el año 2009 hasta el 2019; documentos que fueron artículos científicos ya que el resto de documentos son considerados literatura gris, y finalmente los documentos publicados en las bases de datos Ebsco, Scielo y Redalyc pero de ellos sólo se eligieron los que se refieren a modelos de simulación aplicados a procesos industriales. De los documentos seleccionados se rescataron las herramientas, técnicas y métodos que forman parte de la simulación.

Los criterios de exclusión que fueron los documentos publicados con antigüedad superior a 10 años, documentos que no fueron artículos científicos como ensayos, tesis, monografías, entre otros y los documentos que no fueron publicados en una base de datos confiables.

Después de aplicar los criterios de selección y exclusión se leyó los documentos elegidos y de ellos se hizo un breve resumen, la información relevante se clasificó en la tabla 13 (ver anexo 1), en ella se detalla el resumen, año, fuente y autor.

Se encontraron 13 artículos científicos de los cuales se han excluido 3 artículos pertenecientes a los años 2001, 2007 y 2004. Los 10 artículos seleccionados pertenecen al tema de modelos de simulación en procesos industriales, 2 de ellos se han extraído de la base de datos Google Académico, 3 de Redalyc, 4 de Scielo y 1 artículo de Ebsco.

Cada uno de los artículos seleccionados han sido analizados y resumidos mediante el parafraseo, primero se analizó los objetivos, luego los resultados y finalmente las conclusiones, con esos datos se ha elaborado un breve resumen a criterio propio.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Se analizaron los documentos encontrados referentes a modelos de simulación en procesos industriales, encontrados en Redalyc, Scielo, Google Académico y Ebsco. Tomando en cuenta los estudios descritos en la tabla 13 (ver anexo 1) se clasificó la información en las siguientes tablas:

Tabla 1
Artículos científicos seleccionados por países.

País	Cantidad	Porcentaje
Perú	8	40%
Colombia	5	25%
Chile	2	10%
México	2	10%
Bolivia	1	5%
Argentina	1	5%
Ecuador	1	5%
Total	20	100%

En la tabla 1, se muestra los artículos científicos clasificados por país, el 40% de los documentos encontrados fueron de Perú, el 25% fueron de Colombia, el 10% fue de Chile, el 10% de México, el 5% de Bolivia, el 5% de Argentina y el 5% de Ecuador.

Tabla 2
Artículos científicos seleccionados por base de datos.

Base de Datos	Cantidad	Porcentaje
Redalyc	8	40%
Google Académico	8	40%
Scielo	3	15%
Ebsco	1	5%
Total	20	100%

En la tabla 2, se han clasificado los documentos de acuerdo a su base de datos donde ha sido hallada, en Redalyc se han hallado el 40% de documentos, en Google Académico se ha encontrado el 40% de documentos, en Scielo se encontró el 15% de documentos y en Ebsco se encontró el 5%.

Tabla 3
Artículos científicos seleccionados por año.

Año	Cantidad	Porcentaje
2013	12	60%
2014	1	5%
2015	3	15%
2016	3	15%
2017	1	5%
Total	20	100%

En la tabla 3, se muestra los artículos científicos clasificados por año, el 60% de los documentos analizados fueron publicados en el 2013, el 15% fueron publicados en el año 2015, el 15% se publicaron en el 2016, el 5% se publicaron en el 2014 y el 5% fueron publicados en el 2017.

Tabla 4
Artículos científicos seleccionados por región peruana.

Región del Perú	Cantidad	Porcentaje
Lima	5	62.5%
Puno	1	12.5%
Tacna	1	12.5%
Ancash	1	12.5%
Total	8	100%

En la tabla 4 se muestra, se clasificaron los documentos encontrados en las regiones peruanas, el 62.5% se encontraron en Lima en universidades como la Universidad Mayor de San Marcos, Universidad de Ingeniería y Pontificia Universidad Católica del Perú. El 12.5% se encontraron en Puno en la Universidad Nacional del Altiplano, el 12.5% se encontró en Tacna en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y el 12.5% se encontró en Ancash en la Universidad Nacional del Santa.

Luego de presentar los resultados de la búsqueda, se analizó los análisis de los documentos en las siguientes tablas:

Tabla 5
Clasificación de métodos de simulación.

Métodos de simulación	Descripción	Cantidad de documentos que abordan el tema
Métodos analíticos	Están asociados a la teoría de colas. Está ligada a la complejidad dinámica de los procesos.	7
Métodos continuos	En este método se simula utilizando ecuaciones diferenciales que reflejan la variación en el tiempo de cada variable de estado.	7
Métodos discretos	En este método las variables del modelo evolucionan sobre un conjunto discreto, quizás aleatorio.	6
Total		20

En la tabla 5, se muestran los métodos de simulación encontrados en los 20 documentos analizados, en 7 de ellos se emplearon los métodos de simulación analíticos, 7 abordaron los métodos continuos y 6 abordaron los métodos discretos.

Tabla 6
Clasificación de modelos de simulación.

Modelos de simulación	Descripción	Cantidad de documentos que abordan el tema
Físicos	Estos modelos se construyen en estados de tiempo estáticos, pero con propiedades idénticas al objeto.	8
Analíticos	Permiten describir situaciones dinámicas de un sistema o proceso valiéndose de sus características propias.	6
Matemáticos	Son esenciales para modelar procesos utilizan cifras, símbolos y ecuaciones matemáticas para representar a la realidad del sistema u objeto.	6
Total		20

En la tabla 6, se muestran los modelos de simulación encontrados en los 20 documentos, 8 de ellos emplearon los modelos físicos, 6 aplicaron los modelos analíticos y 6 utilizaron el modelo matemático.

Tabla 7
Tipos de simulación.

Tipos de simulación	Descripción	Cantidad de documentos que abordan el tema
Simulación Montecarlo	Se basa en tomar muchos muestreos aleatorios para llegar a resultados próximos de resultados reales.	11
Juegos operacionales	Utiliza un modelo de juego para permitir tomar decisiones y observar el comportamiento del modelo como resultado de sus acciones.	5
Simulación de sistemas	Permiten que el observador analice la reacción del ambiente a ciertas actividades alternativas de la administración.	4
Total		20

En la tabla 7, se evidencia que de los 20 documento 11 han empleado la simulación Montecarlo, 5 aplicaron juegos operacionales y 4 aplicaron simulación de sistemas.

Tabla 8
Tipos de software de simulación.

Software de simulación	Descripción	Cantidad de documentos que abordan el tema
Writness	Dirigido a procesos industriales de producción, está dotado de múltiples herramientas para su función principal.	6
Pro-Model	Incluyen determinar la mejor combinación de factores para maximizar producción minimizando costo, etc.	5
Arena	Facilita la disponibilidad del software el cual está formado por módulos de lenguaje siman.	5
Ithink	Incorpora algunos elementos de visualización gráfica “amigable” de resultados del tipo “simulador de vuelo” y mayor potencia de cálculo.	4
Total		20

En la tabla 8, se muestran los softwares para simulación encontrados en los 20 documentos, 6 de ellos emplearon Writness, 5 aplicaron Pro-Model, 5 aplicaron Arena y 4 utilizaron el software Ithink.

Tabla 9
Campos de aplicación de simulación.

Campos de aplicación	Descripción	Cantidad de documentos que abordan el tema
Procesos manufactureros	Detecta cuellos de botellas, distribuye personal, y determina la política de producción.	9
Plantas industriales	Establece condiciones óptimas de operación.	8
Capacitación	Aprende por sí misma utilizando el método más natural para aprender: el de prueba y error.	2
Transporte	Detecta zonas de posible congestionamiento, zonas con mayor riesgo de accidentes, predice la demanda para cada hora del día.	1
Total		20

En la tabla 9, se analizaron los campos de aplicación de los 20 documentos encontrados, 9 de ello, fueron aplicados en procesos manufactureros, 8 a plantas industriales, 2 a capacitaciones de personal y 1 al campo de transporte.

Tabla 10
Clasificación por modos de simulación.

Modos	Descripción	Cantidad de documentos que abordan el tema
Análisis	Se utiliza para estimar la respuesta del sistema real ante entradas especificadas.	13
Diseño	Se utiliza en la etapa de diseño de un equipo donde el problema es determinar los parámetros.	4
Control	Se utiliza cuando se desea determinar las condiciones de operación de un sistema.	3
Total		20

En la tabla 10, se clasificaron los documentos por modos de simulación, 13 de ellos emplearon el modo de análisis, 4 el modo de diseño y 3 el modo de control.

Tabla 11
Clasificación por técnicas estadísticas de simulación.

Técnicas estadísticas	Descripción	Cantidad de documentos que abordan el tema
Medidas de centralización	Representan a toda la distribución. Los más importantes son la media aritmética, la mediana y la moda.	8
Medidas de dispersión	Indican si los valores están agrupados o dispersos. Los más importantes son varianza y desviación típica	8
Prueba T de Student	Compara las medias de dos categorías dentro de una variable dependiente, o las medias de dos grupos diferentes.	4
Total		20

En la tabla 11, se clasificaron los documentos por técnicas estadísticas de simulación, 8 de ellos emplearon medidas de centralización, 8 aplicaron medidas de dispersión y 4 aplicaron la prueba T de Student.

Tabla 12
Clasificación por técnicas de pronóstico en simulación.

Técnicas estadísticas	Descripción	Cantidad de documentos que abordan el tema
Método ingenuo	Resulta más dudoso a medida que se alarga el periodo de pronosticar.	10
Método barométrico	Implica que patrones históricos tienden a repetirse en el futuro y acariciar la idea de que este puede ser predicho.	6
Método analítico	Supone un análisis detallado de fuerzas causales que operan corrientemente sobre la variable que ha de predecirse.	4
Total		20

En la tabla 12, se clasificaron los documentos por técnicas de pronóstico de simulación, 10 de ellos emplearon el método ingenuo, 6 aplicaron el método barométrico y 4 aplicaron el método analítico.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La simulación en el área industrial, inicio aplicando modelos en las fábricas para remplazar la mano de obra en actividades tales como anotaciones contables, escritura de informes y resolución de ecuaciones, obteniendo como ventaja la velocidad y la exactitud de sus cálculos (Cruz, 2013).

Los documentos encontrados se clasifican a los métodos de simulación en Métodos analíticos (Gonzáles, 2013), métodos continuos (Jiménez, 2013) y métodos discretos (Hadzich, 2013); asimismo existen modelos de simulación físicos (Pilco, 2013), analíticos (Pilco, 2013) y matemáticos (Santiago, 2013).

Los tipos de simulación encontrados en este documento son simulación Montecarlo (Santiago, 2013), juegos operacionales (Botero & Acevedo, 2013) y simulación en sistemas (Flores, 2015).

Las técnicas estadísticas aplicadas en la simulación son medidas de centralización (Jiménez, 2013), medidas de dispersión (Pilco, 2013) y prueba T de Student (Santiago, 2013).

Los softwares para simulación encontrados fueron Writness (Cruz, 2013), Pro-Model (Flores, 2015), Arena (Hadzich, 2013) y Ithink (Quino, 2013).

REFERENCIAS

- Arias, M., Aedo, M., & Olguín, G. (2013). Simulación de Monte Carlo aplicada a la estimación de depresiones. (*Artículo científico*). Santiago, Chile: Universidad de Santiago de Chile. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_artte.
- Battista, E., Ocampo, F., & Passamai, F. (2016). Nuevas pruebas de rendimiento con simulación. (*Artículo científico*). La Plata, Argentina: Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Agricultura Familiar. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_asades_2016.pdf
- Bazan, C., & Cruz, E. (2013). Analisis de riesgo en proyectos de inversion un caso de estudio. (*Artículo científico*). Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84903854.pdf>
- Botero, L., & Acevedo, H. (2013). Simulación digital en un proyecto de construcción en Colombia. (*artículo científico*). Medellín, Colombia: Universidad EAFIT. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/215/21518651004.pdf>
- Castro, z. (2017). Evaluación de proyectos de inversión para pequeñas y medianas empresas con una estrategia de proyección financiera. (*artículo científico*). El Fuerte, México: Universidad Autónoma Indígena de México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070001.pdf>
- Condori, V. (2016). Mejorando procesos mediante simulación. (*artículo científico*). La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6564/3.pdf>
- Cruz, F. (2013). Procesos estocásticos en la valuación de proyectos de inversión, opciones reales, árboles binomiales, simulación bootstrap y simulación Monte Carlo. (*artículo científico*). D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39523159005>
- Del Carpio, J., & Eyzaguirre, R. (2013). Análisis de riesgo en la evaluación de alternativas de inversión utilizando Crystal Ball. (*artículo científico*). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de <https://www.redalyc.org>

- Delgado, R., Velasco, L., & Onofa, E. A. (2016). Desarrollo, construcción y pruebas de simulación. (*Artículo científico*), 83(199), 183-190. Medellín, Colombia: Dyna. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/496/49648868024.pdf>
- Flores, R. (2015). Efectividad de simulación en procesos industriales. (*Artículo científico*). Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2294/Flores_Zapana.
- González, J. (2013). Estudio comparativo de simulación en Nicaragua. (*Artículo científico*). Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <http://www.upv.es/entidades/CCD/infoweb/ccd/info/U0635489.pdf>
- Hadzich, M. (2013). Simulación en minería. (*Artículo científico*). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://miguelhadzich.com/wp-content/uploads/2013.pdf>
- Jiménez, F. (2013). Evaluación económica de proyectos de inversión utilizando simulación. (*artículo*). Santiago, Chile: Instituto Tecnológico. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile>
- Kastillo, J., Vaca, D., & Martí, J. (2015). Mejoras de procesos con simulación. (*Artículo científico*). Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec>.
- Konrad Adenauer Stiftung. (2014). El programa de simulación. (*Artículo científico*). Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de http://www.kas.de/wf/doc/kas_39491-1522-4-30.pdf?141110180444
- Peñañiel, V., & Andrade, M. (2013). Simulación Monte Carlo para registros de precipitación pluvial monte carlo Simulation for rainfall records. (*Artículo científico*). La Paz, Bolivia: Universidad Boliviana de Física. Obtenido de <http://www.scielo.org.bo/scielo>
- Pilco, V. (2013). Ahorro potencial aplicando simulación. (*Artículo científico*). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe>
- Quino, G. (2013). Evaluación comparativa de simulación de proyectos. (*Artículo científico*). Tacna, Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/281445796_EVALUACION.

Santiago, W. (2013). Diseño de un modelo de simulación. (*Artículo científico*). Nuevo Chimbote, Perú: Universidad Nacional del Santa. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2172/23358.pdf?sequence>

Toro, S., Ledezma, J., & Escobar, J. (2015). Modelo de evaluación de proyectos de inversión en condiciones de riesgo para apertura de programas de pregrado en instituciones de educación superior de Colombia. (*artículo científico*). Lima, Perú: Universidad de Lima. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3374/3374435.pdf>

Zapata, C., Piñeros, L., & Castaño, D. (2013). El método de simulación de Montecarlo en estudios de confiabilidad de sistemas de distribución de energía eléctrica. (*Artículo científico*). Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84912053017>

ANEXOS

Tabla 13
Resultados de la revisión sistemática.

Autor/Año	Fuente	Resumen
(Toro, Ledezma, y Escobar, 2015)	Redalyc	Proponen un modelo de evaluación procesos con información real y simulado con pruebas computacionales en Crystal Ball®, para la toma de decisiones.
(Castro, 2017)	Redalyc	Determinó las etapas de un proceso industrial: mercadológica, técnica, organizacional, ambiental, legal y financiera.
(Bazan y Cruz, 2013)	Redalyc	Estudiaron el modelo determinístico que se implementa con el modelo aleatorio que expone 10.000 escenarios para analizar.
(Del Carpio y Eyzaguirre, 2013)	Redalyc	Usaron herramientas que les permita plantear diferentes escenarios de inversión, como el método de Monte Carlo.
(Arias, Aedo y Olguín, 2013)	Redalyc	Emplearon la técnica de simulación de Monte Carlo que aporta significativamente en el análisis de inversión bajo condiciones de riesgo
(Zapata, Piñeros y Castaño, 2013)	Redalyc	Concluyeron que la aplicación de Monte Carlo indica una distribución de probabilidades del VANE.
(Cruz, 2013)	Redalyc	Incorporó procesos estocásticos en la valuación de procesos industriales utilizando opciones reales.
(Peñañiel y Andrade, 2013)	Scielo	Analizó los flujos de efectivos futuros obtenidos por simulación bootstrap.
(Botero & Acevedo, 2013)	Redalyc	Analizó el método de la Trayectoria Crítica (Critical Path Method CPM) para conocer la duración total del proyecto y adoptar las decisiones.
(Jiménez, 2013)	Google Académico	Aplican la simulación en la evaluación económica de procesos industriales, para determinar la distribución del TIR, o el VAN esperado, o el TIR esperado.
(Santiago, 2013)	Google Académico	Aplicaron el modelo Matemático utilizando el Valor Actual Neto.
(Flores, 2015)	Ebsco	Los métodos de simulación analizan los ingresos y gastos relacionados con el proyecto, y los flujos de caja que se obtienen en dicho proyecto.
(Condori, 2016)	Scielo	Aplican métodos analíticos basados en técnicas asociadas a la teoría de colas.
(Konrad, 2014)	Google Académico	Analizan los métodos continuos utilizando ecuaciones diferenciales que reflejan la variación en el tiempo de cada variable de estado.
(Pilco, 2013)	Google Académico	Estudian los métodos discretos sobre un conjunto discreto de puntos, quizás aleatorio, del eje de tiempos.
(Hadzich, 2013)	Google Académico	Aplico la decisión de inversión mediante un árbol de decisión que analiza decisiones secuenciales basada y probabilidades asociadas
(Battista, Ocampo y	Scielo	Crean un histograma de probabilidad para la variable de salida o pronóstico y el número de iteraciones. Se

Passamai, 2016)		determinó la probabilidad de ocurrencia mediante los intervalos de confianza
(Quino, 2013)	Google Académico	Utiliza un método alternativo para el análisis de riesgo consiste en construir diferentes escenarios para las variables de entrada.
(Kastillo, Vaca y Martí, 2015)	Google Académico	Explicaron que la simulación Monte Carlo se apoya en el complemento de Microsoft Excel, Crystal Ball.
(Delgado, Velasco y Onofa, 2016)	Google Académico	Utilizan el análisis de sensibilidad, posterior a la simulación, que determina el porcentaje de criticidad en el modelo a través de perturbaciones dinámicas.