

# Modelo de simulación para el análisis de riesgo de un nuevo material compuesto con matriz epoxi en su desempeño mecánico como capa de sellado del aluminio en naves marítimas

## Simulation model for risk analysis of a new epoxy matrix composite material in its mechanical performance as a sealing layer for aluminum in marine vessels

\*N. Díaz Sotomayor, \*A. Giraldo \*F. Ospino, \*\*Alexander Pulido, \*\*Luis Marcos Castellano  
{ndiaz22,foospino7,agiraldo10foospino7,agiraldo10 } @unisimon.edu.co – {20202020} @unisimonbolivar.edu.co  
*\*Estudiante de Ingeniería de Industrial \*\*Profesor investigador del grupo GEMAS, \*\*\* Investigador Senior*  
**Universidad Simón Bolívar, Barranquilla-Colombia.**

### Resumen

El análisis de riesgo es de gran ayuda en la toma de decisiones al momento de enfrentar riesgos financieros, se utiliza para saber si el desarrollo de un nuevo producto que se planea llevar a cabo es de utilidad. Además, nos ayuda a estudiar incertidumbres que se tienen sobre el posible resultado de los riesgos que se puedan presentar. Este trabajo está enfocado en el estudio y desarrollo de un modelo de simulación de riesgos que nos ayudará a predecir el resultado económico de nuestro nuevo material. Un método de análisis del riesgo por simulación es el análisis de sensibilidad que usaremos para evaluar los distintos escenarios, incluyendo los escenarios en el peor de los casos y los escenarios en el mejor de los casos. Con este método vamos a generar valores de los datos de entrada probabilísticos (costo de mano de obra directa, costo de piezas y demanda durante el primer año) y luego calcularemos el valor resultante de la utilidad en el nuevo material compuesto con matriz epoxi. En nuestro modelo de simulación llevaremos a cabo ensayos que arrojen probabilidades de utilidad del nuevo producto, generando los datos de entrada

probabilísticos y calcularemos el valor del resultado de salida.

**Palabras clave:** Simulación, análisis de riesgo, datos de entrada probabilísticos, diagrama de flujo.

### Abstract

Risk analysis is used to make decisions regarding financial risks, to know if the decision you want to carry out is useful for the development of a new product. In addition, it helps us study uncertainties that exist regarding the possible result of a decision versus the risks that may arise. This work is focused on the study and development of a risk simulation model to predict the economic result of a new material. A method of risk analysis is called sensitivity analysis. to assess a worst-case scenario and a best-case scenario. With this method we are going to generate probabilistic input data values (direct labor cost, cost of parts and demand during the first year) and then calculate the resulting value of profit. models with input, output and probabilistic data applied on the new epoxy

matrix composite material. In our simulation model, we will carry out tests that show the probability of utility of the new product, generating the probabilistic input data and calculating the value of the output result to analyze.

**Keywords:** Simulation, risk analysis, probabilistic input data, flow diagram.

## I. INTRODUCCIÓN

La simulación es un método que se utiliza en la toma de decisiones como herramienta para el análisis numérico y la experimentación. Es útil cuando se desea lanzar un nuevo producto al mercado y es necesario valorar la probabilidad de una utilidad y la de una pérdida de dicho producto[1]. Un ensayo de simulación logra mayor fiabilidad al momento de correr riesgos, desarrollando medidas de interés de los resultados. Por ejemplo, nos interesa calcular la utilidad promedio y la probabilidad de una pérdida de un producto, pero para que las medidas de los resultados tengan sentido, los valores de los datos de entrada probabilísticos para la simulación deben ser representativos de lo que es probable que suceda cuando el nuevo producto se introduzca en el mercado. Una parte esencial del procedimiento de simulación es la capacidad de generar valores representativos para los datos de entrada probabilísticos. Se utilizan números aleatorios y las distribuciones de probabilidad asociadas con cada dato de entrada probabilístico para generar valores representativos que permitan la toma de decisiones.

Los análisis de riesgos son necesarios cuando se quiere tener una mejor idea del potencial de utilidad/pérdida de un nuevo producto[1]. En esta investigación realizaremos ensayos de simulación tomando como datos aleatorios el costo de mano de obra directa, el costo de las piezas y la demanda durante el primer año de un nuevo material compuesto con matriz epoxi en su desempeño mecánico como capa de sellado del aluminio[2]. La idea es calcular la

utilidad promedio del producto, obtenida de los distintos escenarios simulados para un año. Este tipo de simulación también toma el nombre de Simulación Montecarlo.

En el análisis de sensibilidad para analizar el riesgo se requiere generar valores para los datos de entrada probabilísticos representativos de lo que pudiéramos observar en la práctica. Para generar tales valores debemos conocer la distribución de probabilidad de cada dato de entrada probabilístico.

La resina epoxi es un polímero con diversas funcionalidades, se puede utilizar como adhesivo, protección en objetos electrónicos, pintura epoxi o como capa de sellado y recubrimiento. Al conocer las maravillosas capacidades de este material utilizado en el sector naviero para la protección de las barcas por ser un polímero termoestable con buena resistencia al calor, al agua y con buenas propiedades eléctricas. Se usa mucho en protección contra corrosión y como aislantes de circuitos eléctricos.

Se descubrió que mejorando el comportamiento mecánico de la resina epóxica, se obtendrán mejores resistencias ante la exposición en el entorno en el que se encuentre alargando su vida útil, entonces se diseñó un nuevo material, EXPOCERAM XXXX, compuesto por matriz epoxi y partículas cerámicas,

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, el propósito de este proyecto es tomar una decisión apropiada para obtener un resultado del potencial de utilidad/pérdida del nuevo material.

## II. SIMULACIÓN

“Métodos cuantitativos para los negocios, 11a (Ed)(2011)” Deducen que es uno de los métodos cuantitativos más utilizados actualmente para tomar decisiones de lo que se hará, el uso de estos métodos nos ayudará a plantear diferentes escenarios para enfrentar el

análisis de riesgo en la toma de decisiones del nuevo material.

La simulación es utilizada en el mundo de los negocios ya que juega un papel muy importante dentro de la toma de decisiones al momento de lanzar un nuevo material o producto nos permite de alguna forma predecir, describir y ayudar a identificar cómo operará en el mercado con ciertas opciones dadas de los datos de entrada controlables y valores generados al azar de los valores de entrada controlables, que nos conduzcan a sistemas deseables. En este sentido, la simulación puede ser una herramienta efectiva para plantear y evaluar distintos escenarios que pueda tener el nuevo material en el mercado.

El modelo de simulación contiene expresiones matemáticas y relaciones lógicas que describen cómo calcular el valor de los datos de salida dados los valores de los datos de entrada. Cualquier modelo de simulación tiene dos datos de entrada: controlables y probabilísticos “Métodos cuantitativos para los negocios, 11a (Ed)(2011)” La figura 1 muestra un diagrama conceptual sobre el modelo de simulación.

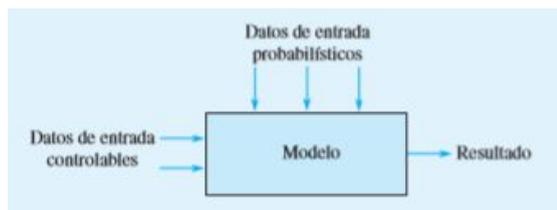


figura 1 Diagrama conceptual de un modelo de simulación [1].

¿Qué es la simulación de un nuevo material?

Como lo plantea “Métodos cuantitativos para los negocios, 11a (Ed).(2011), cap-16.1Análisis de riesgo” La simulación no es una técnica de optimización es por eso que utilizaremos el modelo de simulación para el desarrollo de un nuevo producto con el objetivo de determinar la probabilidad de que el nuevo material genere las utilidades

necesarias para poder tomar decisiones en su desarrollo y saber si será rentable para el proyecto.

En la simulación que realizaremos del nuevo material necesitaremos desarrollar un modelo que relacione el beneficio o utilidad (la medida del resultado), utilizaremos toda la información de costos de este nuevo material para lograr obtener varios datos de entrada probabilísticos como la demanda, costo de piezas y costo de mano de obra. El único dato de entrada controlable es si se introduce el producto y/o nuevo material en el mercado, con esto se generarán posibles valores para los datos de entrada probabilísticos y podremos calcular la utilidad resultante. El modelo de utilidad para análisis de sensibilidad se ilustra en la figura 2.

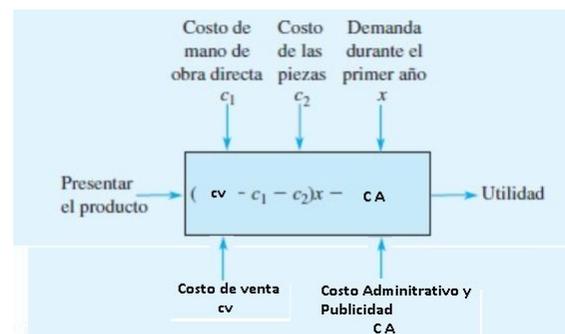


figura 2 Fórmula para hallar la utilidad de nuevo producto[1].

### III. ESTADO DEL ARTE

La corrosión es el deterioro que sufren los metales al ser atacados por reacción química o electroquímica en el medio ambiente, este deterioro es acelerado por el oxígeno, agua y la temperatura [3]. Esto es uno de los principales problemas del sector naviero fluvial y marítimo, siendo uno de los medios de transporte más económicos del comercio en Colombia y a nivel mundial. De acuerdo a los estudios realizados por Lloyd’s Register, Qnitq [4], la barcaza es uno de los medios de transporte, cuya estructura está hecha de acero [5], siendo el acero uno de los metales más

importante y usado en las construcciones de artefactos y embarcaciones gracias a sus propiedades, su conformabilidad, durabilidad, conductividad térmica, pero tiene un gran problema la cual es su baja resistencia a la corrosión [6].

Sin embargo, uno de los materiales más resistentes a la corrosión y que superando por mucho a la pintura, pero con una limitante que no es resistente al desgaste por abrasión, es el aluminio por su ligereza. El aluminio es uno de los materiales más sostenible, ya que las industrias exponen que resiste el tipo de corrosión progresiva. El aluminio aleado y tratado puede resistir la corrosión por agua, sal y otros medios, siendo este el segundo metal más importante para las industrias después del acero [7].

Las propiedades que convierten al aluminio en un metal tan provechoso es su ligereza sobre un tercio del peso del acero, su alta resistencia a la corrosión que lo convierte de gran utilidad para los equipos o productos que requieren de protección conservación y resistencia, es buen conductor de Electricidad y calor, buen reflector de luz que lo hace idóneo para la instalación de sistema reflectores bombillas, es un material impermeable e inodoro muy dúctil beneficioso en el sector que se está trabajando.

En el sector fluvial, este material es de gran utilidad por las grandes ventajas que tiene, como por ejemplo su ligereza. Reduce el peso de un equipo o vehículo hasta un 30% lo que ahorra energía y combustible para el vehículo al generar menor fuerza y potencia para moverse, lo que genera menor porcentaje de polución [8].

Durante muchos años, la protección contra la corrosión en los artefactos que se mueven por ríos y mares ha sido la pintura de alto desempeño, utilizada como barrera protectora para la protección de la oxidación o corrosión, pero esta barrera tiene algunos limitantes, la cual es muy poco resistente al desgaste por abrasión, y por consecuencia se producen

largas paradas por mantenimiento. Debido a este problema diversos grupos de investigadores se han enfocado en proyectos que buscan solucionar los problemas que se presentan en los equipos navieros y se han hallado algunas posibles soluciones, pero no han sido del todo eficaces, ya que la problemática sigue presentándose.

La necesidad de mejorar la resistencia al desgaste abrasivo, rayado y corrosión, con el valor agregado de que tenga una larga vida útil con poco mantenimiento, ha permitido el desarrollo de materiales compuestos de matriz polimérica (en este caso epoxi) combinado con partículas de refuerzo (cerámica) adecuadas para tener un material con cualidades diferentes que no son alcanzables por cada uno de los materiales, de manera independiente el objetivo del material compuesto que se requiere es conseguir dotarlo de alta resistencia al desgaste abrasivo y al rayado. [9]

Para hacer énfasis en estos problemas de mejorar su resistencia al desgaste abrasivo, al rayado y mejorar su adherencia, se ha trabajado arduamente en el análisis de estos conceptos y las causas de cada uno, en el proceso de análisis se detectó que a nivel económico hay grandes gastos dedicados al mantenimiento, ya que al no resistir lo suficiente y/o no durar mucho tiempo se gasta más dinero renovando las piezas fracturadas, demasiadas rayadas o afectadas por la corrosión [10]. Dado que el desgaste abrasivo se da con el roce entre un material externo (arena, óxido...), generalmente, las aleaciones de cobre no son protegidas con recubrimientos de pintura, [11] de los materiales metálicos el zinc y las combinaciones de estos son, los más utilizados para la protección y recubrimiento de estas estructuras puesto que han evidenciado que son buenos protectores contra la corrosión, ofrecen doble protección para estas estructuras protección por barrera y también logra una producción limpia, sin emisiones que contaminen al medio ambiente [12]. La elección de uno u otro puede darse

debido a aspectos según el material con el que esté construido.

El sector naviero existen diversos problemáticas que implican costos elevados a la hora de combatirlos de manera frecuente. Las barcasas, suelen tener un constante gasto de mantenimiento en sus cascos debido al desgaste que sufre dado por la exposición constante y fricción directa de ella con cualquier otro material dentro de la zona donde navegue esta. Debido a esto surge nuestro interés investigativo de buscar una forma de combatir este problema, brindar varias opciones de mejora a la vida útil de los cascos de la barcaza y optimizar gastos dentro de las empresas [13].

Ante este problema de investigación se plantea el proyecto por el cual es analizar el riesgo de un producto para capa de sellado con materiales compuestos con una matriz epoxica, reforzadas con partículas cerámicas, aplicado sobre aluminio puro por proyección térmica por arco eléctrico, (ARC-SPRAY) es un equipo de metalización por arco eléctrico [14]. Este equipo se utiliza para la aplicación de capas metálicas sobre los más diversos materiales para así poder lograr una alta resistencia al desgaste por abrasión y a la corrosión.

El recubrimiento contra la corrosión y el desgaste del acero últimamente se hace con Aluminio puro aplicado por proyección térmica con arco eléctrico (arc spray) que tiene presenta una superficie porosa, razón por la cual se hace necesario realizar un sellado con una capa polimérica, regularmente epoxi, que no tiene alto desempeño frente al desgaste abrasivo.

La resina epoxi es un material polímero. Que por medio de años de investigación se han logrado encontrará resultados, que por la combinación de dos o más materiales se pueda mejorar el desgaste al rayado, resistencia a la corrosión, dureza o adhesión [15]. Estos materiales se caracterizan por tener un material

base conocido, como matriz. la cual puede ser de diferentes tipos como; Metales, cerámicos o polímeros, que poseen elementos reforzantes que están dispersos en la matriz, conocidas como: partículas y fibras continuas. Un compuesto de matriz polimérica, en inglés PMC, es un material compuesto que se incorpora a una fase de refuerzo como fibras y polvos, en este caso polvo cerámico, la materia prima de un material compuesto está constituida por un polímero y una fase de refuerzo [16].

El material compuesto se define como todo Sistema o combinación de materiales constituidos a partir de una Unión no química insolubles entre sí de dos o más componentes que da lugar a uno nuevo con propiedades características específicas, no siendo estas nuevas propiedades ninguna de las anteriores. [17, 16] Se identifican dos fases una continua constituida por una matriz y otra fase discontinua denominada refuerzo [18].

Estos materiales son de buenas propiedades mecánicas resistentes a la corrosión ya los agentes químicos dada sus particulares características pueden ser moldeados con absoluta libertad de formas.

Los compuestos polímeros pueden cubrir una amplia gama de combinaciones de materiales que permiten que los productos se diseñan de una manera nueva más avanzada con más desarrollo que proporciona una forma más rentable los polímeros significa muchos miembros o partes y se definen como un material constituido por moléculas [19].

Este tipo de materiales son objeto de investigación debido a sus potenciales aplicaciones tecnológicas economía y de ser además ambientalmente amigables para la fabricación de estos materiales compuestos se usan refuerzos particulados y matrices de polímeros termoestables.

Los polímeros termoestables tienden a ser resinas de mucha rigidez y someterlos a temperaturas elevadas promueve la

descomposición química del polímero, es un material compuesto de refuerzo que posee características diferentes de las de sus materiales de origen, los materiales compuestos de matriz termoestable no necesitan grandes inversiones en moldes, ni controles de temperatura; ya que la mayoría de resinas se procesan a temperatura ambiente [20].

Es necesario definir el alcance que han tenido los materiales compuestos en la industria naval para mejorar su comprensión, por ello luego de diferentes clasificaciones llevadas a cabo respecto a los tipos de materiales compuestos que pueden intervenir en su composición como matrices, se puede afirmar que los materiales compuestos de matriz polimérica y en especial los de matrices termoestables son los más utilizados con tales propósitos en el campo naval [21].

En la universidad Simón Bolívar se han desarrollado dos posibles soluciones para mitigar simultáneamente la corrosión y el desgaste abrasivo que son: El primero llamado MMC como matriz de aluminio puro con partículas cerámicas de alúmina y el segundo compuesto es PMC, con matriz polimérica (pinturas epóxicas) reforzado con partículas cerámicas de alúmina. Ambos recubrimientos deben incrementar la resistencia al desgaste abrasivo manteniendo altos niveles de resistencia a la corrosión [22].

#### **IV. RESULTADOS**

A continuación mostraremos el modelo de simulación de nuestro nuevo producto, teniendo en cuenta una demanda mensual, durante doce meses, con dos porcentajes de desviación para la demanda y el costo unitario, del 20% y del 15%.

Mesual	Demanda	Costo Unitario	Precio de Venta	Utilidad Bruta (\$)	Costo variable de Producción (\$)	Costo Fijo de Producción (\$)	Utilidad neta (\$)
1	3,660.51	\$61,398.42	\$98,000.00	\$358,730,267.30	\$224,749,701.36	\$38,202,680.00	\$95,777,885.94
2	4,980.58	\$85,473.37	\$98,000.00	\$488,097,271.31	\$425,707,320.88	\$38,202,680.00	\$24,187,270.43
3	4,334.84	\$77,721.74	\$98,000.00	\$424,814,282.77	\$336,911,290.75	\$38,202,680.00	\$49,700,312.01
4	3,311.34	\$64,169.15	\$98,000.00	\$324,511,543.53	\$212,486,011.74	\$38,202,680.00	\$73,822,851.80
5	4,061.68	\$64,427.35	\$98,000.00	\$398,044,537.56	\$261,683,207.78	\$38,202,680.00	\$98,158,649.78
6	4,231.86	\$67,556.03	\$98,000.00	\$414,721,904.46	\$285,887,413.55	\$38,202,680.00	\$90,631,810.91
7	4,577.98	\$60,089.11	\$98,000.00	\$448,642,385.25	\$275,086,964.94	\$38,202,680.00	\$135,352,740.31
8	4,834.28	\$74,101.64	\$98,000.00	\$473,759,317.37	\$358,227,985.84	\$38,202,680.00	\$77,328,651.53
9	3,944.10	\$77,464.78	\$98,000.00	\$386,522,142.28	\$305,529,094.18	\$38,202,680.00	\$42,790,368.09
10	4,189.54	\$74,500.57	\$98,000.00	\$410,574,656.00	\$312,122,910.62	\$38,202,680.00	\$60,249,065.38
11	3,912.32	\$59,883.84	\$98,000.00	\$383,407,250.70	\$234,284,668.81	\$38,202,680.00	\$110,919,901.90
12	5,073.59	\$54,604.16	\$98,000.00	\$497,211,878.50	\$277,039,143.27	\$38,202,680.00	\$181,970,055.23
13	4,711.37	\$75,982.73	\$98,000.00	\$461,714,399.03	\$357,982,852.20	\$38,202,680.00	\$65,528,866.84
14	3,276.12	\$80,450.54	\$98,000.00	\$321,059,577.79	\$263,565,485.10	\$38,202,680.00	\$19,291,412.69
15	3,121.93	\$59,821.26	\$98,000.00	\$305,949,173.77	\$186,757,817.24	\$38,202,680.00	\$80,988,676.53
16	4,091.98	\$66,315.49	\$98,000.00	\$401,014,302.45	\$271,361,852.68	\$38,202,680.00	\$91,449,769.77
17	4,533.59	\$55,801.78	\$98,000.00	\$444,291,701.20	\$252,982,307.27	\$38,202,680.00	\$153,106,713.92
18	5,277.32	\$92,186.74	\$98,000.00	\$517,176,909.18	\$486,498,500.97	\$38,202,680.00	-\$7,524,271.80
19	4,747.56	\$74,855.31	\$98,000.00	\$465,260,485.97	\$355,379,776.97	\$38,202,680.00	\$71,678,029.00
20	5,656.37	\$91,523.17	\$98,000.00	\$554,324,450.23	\$517,689,095.26	\$38,202,680.00	-\$1,567,325.04
21	5,310.13	\$76,507.68	\$98,000.00	\$520,392,336.60	\$406,265,429.29	\$38,202,680.00	\$75,924,227.31
22	4,580.35	\$80,849.19	\$98,000.00	\$448,874,654.12	\$370,317,867.75	\$38,202,680.00	\$40,354,106.37
23	4,537.26	\$79,440.28	\$98,000.00	\$444,651,577.85	\$360,441,282.21	\$38,202,680.00	\$46,007,615.64
24	4,057.36	\$74,601.48	\$98,000.00	\$397,621,103.53	\$302,684,934.03	\$38,202,680.00	\$56,733,489.50
TOTAL	225,283.61	\$77,116.78	\$98,000.00	\$428,807,004.53	\$318,401,788.11		\$72,202,536.42

Tabla 1. Simulación con una distribución normal inversa. Demanda con una media de 4,373.04 y una desviación del 15%, el Costo unitario con una media de \$67,566.00 y una desviación del 15%

Mesual	Demanda	Costo Unitario	Precio de Venta	Utilidad Bruta (\$)	Costo variable de Producción (\$)	Costo Fijo de Producción (\$)	Utilidad neta (\$)
1	4,333.49	\$55,141.10	\$98,000.00	\$424,682,235.21	\$238,953,518.40	\$38,202,680.00	\$147,526,036.81
2	3,732.70	\$96,638.67	\$98,000.00	\$365,804,932.18	\$360,723,497.73	\$38,202,680.00	-\$33,121,245.54
3	4,693.26	\$59,838.97	\$98,000.00	\$459,939,425.29	\$280,839,813.11	\$38,202,680.00	\$140,896,932.19
4	4,713.24	\$39,476.04	\$98,000.00	\$461,897,169.42	\$186,059,903.54	\$38,202,680.00	\$237,634,585.88
5	3,488.78	\$48,953.42	\$98,000.00	\$341,900,649.27	\$170,787,823.76	\$38,202,680.00	\$132,910,145.51
6	4,277.80	\$79,564.36	\$98,000.00	\$419,224,653.89	\$340,360,607.32	\$38,202,680.00	\$40,661,366.57
7	3,493.98	\$74,680.98	\$98,000.00	\$342,410,063.13	\$260,933,871.97	\$38,202,680.00	\$43,273,511.15
8	3,011.41	\$72,175.46	\$98,000.00	\$295,118,557.02	\$217,350,183.66	\$38,202,680.00	\$39,565,693.36
9	4,646.09	\$49,820.52	\$98,000.00	\$455,316,877.33	\$231,470,669.90	\$38,202,680.00	\$185,643,527.43
10	4,068.29	\$85,912.15	\$98,000.00	\$398,692,009.40	\$349,515,162.17	\$38,202,680.00	\$10,974,167.23
11	4,933.46	\$40,504.69	\$98,000.00	\$483,479,337.55	\$199,828,370.41	\$38,202,680.00	\$245,448,287.13
12	5,329.24	\$83,113.14	\$98,000.00	\$522,265,200.78	\$442,929,615.78	\$38,202,680.00	\$41,132,905.00
13	4,625.77	\$49,086.39	\$98,000.00	\$453,325,300.34	\$227,062,281.14	\$38,202,680.00	\$188,060,339.20
14	4,671.14	\$69,085.72	\$98,000.00	\$457,771,690.80	\$322,709,039.80	\$38,202,680.00	\$96,859,971.00
15	5,913.79	\$78,753.60	\$98,000.00	\$579,551,782.14	\$465,732,536.40	\$38,202,680.00	\$75,616,565.74
16	3,922.52	\$51,315.39	\$98,000.00	\$384,406,906.76	\$201,285,606.95	\$38,202,680.00	\$144,918,619.81
17	5,272.05	\$63,283.30	\$98,000.00	\$516,660,883.40	\$333,632,709.00	\$38,202,680.00	\$144,825,494.40
18	4,210.60	\$52,288.01	\$98,000.00	\$412,639,041.10	\$220,164,044.30	\$38,202,680.00	\$154,272,316.80
19	4,881.31	\$75,456.16	\$98,000.00	\$478,368,698.52	\$368,325,177.99	\$38,202,680.00	\$71,840,840.53
20	3,784.12	\$58,793.53	\$98,000.00	\$370,843,314.07	\$222,481,496.28	\$38,202,680.00	\$110,159,137.80
21	5,404.57	\$80,088.88	\$98,000.00	\$529,647,541.04	\$432,845,691.78	\$38,202,680.00	\$58,599,169.26
22	4,169.38	\$60,798.11	\$98,000.00	\$408,599,545.67	\$253,490,630.88	\$38,202,680.00	\$116,906,234.79
23	3,375.76	\$89,964.66	\$98,000.00	\$330,824,812.35	\$303,699,417.71	\$38,202,680.00	-\$11,077,285.37
24	3,517.70	\$56,444.80	\$98,000.00	\$344,734,270.35	\$198,555,685.10	\$38,202,680.00	\$107,975,905.26
TOTAL	296,952.49		\$98,000.00	\$426,587,704.04	\$284,572,389.79		\$103,812,634.25

Tabla 2. Simulación con una distribución normal inversa. Demanda con una media de 4,373.04 y una desviación del 20%, el Costo unitario con una media de \$67,566.00 y una desviación del 20%

## V. CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de riesgo de un nuevo producto con el fin de interpretar el comportamiento, expresado en utilidad, de la resina Epóxica ante su lanzamiento al mercado, con base a los hechos históricos sobre la demanda, precio de venta y costos de producción que este producto ha tenido, se pudo hacer una simulación de una demanda mensual aleatoria por medio con distribución normal inversa, con una media 4,373.04 y una desviación del 15% y el 20% con el fin de hacerlo lo más real posible, y un costo unitario aleatorio hallado por una distribución normal inversa con una media de \$67,566.00, y con desviaciones del 15% y 20% . A pesar de que este material tiene unas excelentes propiedades mecánicas por naturaleza, al ser alterado con partículas cerámicas aumenta ese listado de propiedades que le permiten ser un material de alto impacto y obtener aún mejores resultados que los simulados anteriormente. A nivel de acontecimientos históricos, las mayorías de sus aplicaciones se ven en la cinematografía, fotografía, para producción de pinturas, acabados en el arte, pero no posee tantas aplicaciones en el sector naviero, lo cual a nivel de competitividad nos genera una gran ventaja, en resumidas cuentas puede considerarse un buen negocio. Esta resina epóxica como recubrimiento, como capa de sellado, aumenta la vida útil de los equipos, en este caso del sector naviero, disminuyendo la necesidad de gastos en mantenimientos, tomando esta ventaja a nivel de costos dentro de la compañía quien decida comprar este producto y a favor de quien lo venda, se podría decir que por la calidad del producto, hay una alta probabilidad de que genere una buena demanda y una probabilidad casi que baja, de generar utilidades negativas.

## VI. REFERENCIAS

- [1] D. Anderson, D. Sweeney and T. Williams, Métodos cuantitativos para los negocios (11a. ed.), 11th ed. México, D.F.: CENGAGE Learning, 2011, p. 696.
- [2] D. Féron, "Corrosion behaviour and protection of copper and aluminium alloys in seawater". Woodhead Publishing, 2007.
- [3] Salazar-Jiménez, J. Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. Tecnología en Marcha. Vol. 28, N° 3, Julio-Septiembre. Pág 127-136.
- [4] Munger, Charles. Corrosion Prevention Protective Coatings
- [5] Andrés Alejandro Osorio Carrillo; Yúber Andrés Romero Aristizábal, 2016, Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial (CIGEPI).
- [6] Jose Luis Maldonado Florez, 1996, Acero y sus aplicaciones.
- [7] Burton A. et al. Thermal Spray Coatings. Handbook ASTM Vol 18. 1992. Friction, Lubrication, and Wear Technology. USA 2000 pp 1686
- [8] D. Féron, "Corrosion behaviour and protection of copper and aluminium alloys in seawater". Woodhead Publishing, 2007.
- [9] Mata Cabrera, F. (s.f.). Técnica Industrial. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/13/40/a40.pdf>
- [10] conceptos técnicas y lenguaje; Andrade de Mattos Días, Luis; Zigurete Editora y Comercial Ltda. Marzo 2006.
- [11] Ruiz JM, Ceballos L, Fuentes MV, Osorio R, Toledano M, García-Godoy F. Propiedades

mecánicas de resinas compuestas modificadas o no con poliácidos. Av. Odontostomatol2003

[12] Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M.P. (2010) Metodología de la Investigación (5ª Ed.). México: McGraw Hill Educación.

[13] Pagano, R. R. (2000). Estadística para las ciencias del comportamiento. Madrid: International Thompson.

[14] Sánchez Carrión, J.J. (1995). Manual de análisis de datos. Madrid: Alianza.

[15] Una Mirada hacia el sector marítimo, portuario y aduanero, Federación Colombiana de Agentes Logísticos FITAC. Escuela Naval de Cadetes ‘‘Almirante Padilla’’ (Marzo de 2016). Colombia.

[16] Bayat, M., Yang, H., Ko, F. K., Michelson, D., & Mei, A. (2014). Electromagnetic interference shielding effectiveness of hybrid multifunctional Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/carbon nanofiber composite. *Polymer*, 55(3), pp.936-943. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2013.12.042>.

[17] Wessel, J, K. (2004). HANDBOOK OF ADVANCED MATERIALS-ENABLING NEW DESIGNS. Oak Ridge: WILEY-INTERSCIENCE.

[18 ] ARPAL Prensa, mayo 2007, Revista Recupera, revista del Gremi de Recuperación de Catalunya, N° 40, julio 2005, Revista Residuos, N° 105 julio 2008.

[19] Mecapedia-Enciclopedia Virtual de Ingeniería Mecánica, Área de Ingeniería Mecánica-Dpto. Ingeniería Mecánica y Construcción, Universidad Jaume I - Castellón - España. Resistencia mecánica (23/06/2014).

[20] ASM Handbook volume 2, Properties and selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials, 10<sup>o</sup> edition 1991.

[21] Besednjak, A. (2009). MATERIALES COMPUESTOS: PROCESOS DE FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES. Barcelona: Edicions UPC.

[22] Committee on new. Materials for Advanced Civil Aircraft, C. o. (1996). NEW MATERIALS FOR NEXT GENERATION COMMERCIAL TRANSPORT. Washington, D.C: National Academy Press.