

Valoración Cualitativa de Riesgos de Ductos Offshore de Transporte de Hidrocarburos Aplicando Metodología de Proceso Analítico de Jerarquías (AHP)

Diego José Mendoza Ramos
Tecna Integrity and Corrosion Engineering S.A – Bogotá, Colombia

Resumen

El propósito del presente trabajo es mostrar el desarrollo del modelo de valoración de riesgos para ductos de transporte de hidrocarburos offshore (costa afuera) [1] aplicando el método de proceso analítico de jerarquías (AHP) [2] por sus siglas en inglés, metodología creada por el distinguido académico Thomas L. Saaty.

Se aplicó AHP sobre las amenazas y consecuencias específicamente asociadas al medio de operación offshore. Este método se basa en la comparación entre pares de elementos y permite además medir el nivel de consistencia de las apreciaciones de las personas por medio de cálculos matriciales. Se estimaron pesos de amenazas en tres niveles, y para estimación de pesos de consecuencias se aplicó AHP en un único nivel según el tipo de segmento a ser evaluado.

Se han adoptado las mejores prácticas de estándares industriales, referencias especializadas reconocidas, recursos académicos y juicio experto, tomando en consideración las recomendaciones de aplicación de la metodología AHP.

Se estableció además la matriz de riesgo típica recomendada y un plan de acción típico recomendado, enfocado a atacar las principales amenazas basado en estándares internacionales y la criticidad valorada de manera preliminar según el modelo desarrollado.

La metodología AHP probó ser factible logrando determinar de forma preliminar los pesos en la valoración de amenazas y consecuencias. Finalmente, se determinó que debido a factores humanos pueden tenerse

desviaciones considerables en valoraciones cuando se comparan la metodología cualitativa directa tradicional y AHP. Se visualizaron grandes oportunidades de mejora aplicando la metodología AHP en otros campos relacionados con el riesgo de ductos, plantas, la gerencia de mantenimiento y la ingeniería en general.

1. Generalidades

1.1. Alcance

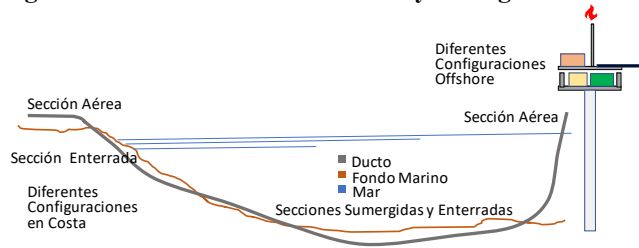
El modelo fue desarrollado como parte del proyecto de creación del módulo de valoración de riesgos de ductos offshore en el software PIDT (Pipeline Integrity Data Tools) de TICE (Tecna Integrity and Corrosion Engineering S.A.), para áreas marítimas de la región Andina (Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela) con el aporte de especialistas como referencia para futuras implementaciones.

Se aplicó de la metodología AHP para la valoración cualitativa de riesgos técnicos en la operación de ductos offshore construidos en acero para el transporte de hidrocarburos. El proceso para dar un peso aproximado a cada tipo de amenaza y valoración de consecuencias para valorar riesgo se aborda generalmente en talleres en los que participan especialistas en varias disciplinas y conocedores de la instalación a evaluar. Se debate sobre la importancia de las amenazas y consecuencias, así como la probabilidad de falla, teniendo en cuenta lo recomendado en estándares industriales, reportes históricos de fallas, manuales del cliente/operador, bibliografía, entre otras fuentes de información.

1.2. Contexto

De acuerdo con lo indicado en el estándar DNV-RP-116 [3] y tal como se ilustra en la figura 1, se muestran los distintos segmentos de un ducto offshore, el cual está comprendido entre cada uno de los dos extremos costa y mar delimitados por las últimas válvulas o aislamientos. Los límites también pueden quedar definidos por las regulaciones locales.

Figura 1. Alcance del ducto offshore y sus segmentos.



Los componentes de la valoración de riesgos comprenden principalmente amenazas y consecuencias.

1.3. Amenazas

En el contexto de la operación de ductos de transporte de hidrocarburos offshore se define amenaza como “una indicación de un peligro inminente o daño al ducto, que puede tener una influencia adversa en la integridad del sistema”. En el presente trabajo se ha considerado como referencia principal de las amenazas que conforman el modelo, las indicadas en el estándar DNV-RP-F116 [3], haciendo adaptaciones para la región. En el primer nivel de amenazas se tienen corrosión, daños por terceros, estructurales, naturaleza, operaciones y diseño/fabricación/construcción (DFI). A partir de este nivel se subclasificaron en tres niveles más (total 4 niveles).

1.4. Consecuencias

Mulhbauer [4] para el contexto de la operación de ductos de transporte de hidrocarburos define como consecuencia a la “pérdida de algún tipo”. Las pérdidas pueden ser directas o

indirectas. Las pérdidas directas generalmente consideradas son las siguientes:

- Daños al medio ambiente.
- Daños a la propiedad o daños materiales.
- Pérdida de producto.
- Interrupción del Servicio.
- Costos de limpieza, descontaminación y recuperación.
- Pérdida de la reputación e imagen.
- Daños a las personas sean partes del personal, contratistas, otros operadores o comunidades aledañas.
- Incumplimiento de compromisos de entrega de producto a clientes.
- Pérdida del empleo.

Por otra parte, las pérdidas indirectas pueden comprender penalizaciones contractuales, insatisfacción de clientes, reacciones políticas, pérdida de mercado, gastos legales, multas e indemnizaciones de ley.

Para los efectos del presente modelo, teniendo en cuenta experiencias previas, se tomaron en consideración cinco (5) grandes grupos de clasificación de consecuencias, estos son; ambientales (mar, suelo, aire, fauna, flora), personas, reputación (imagen), económicas (pérdidas de dinero) y clientes (incumplimiento de compromisos).

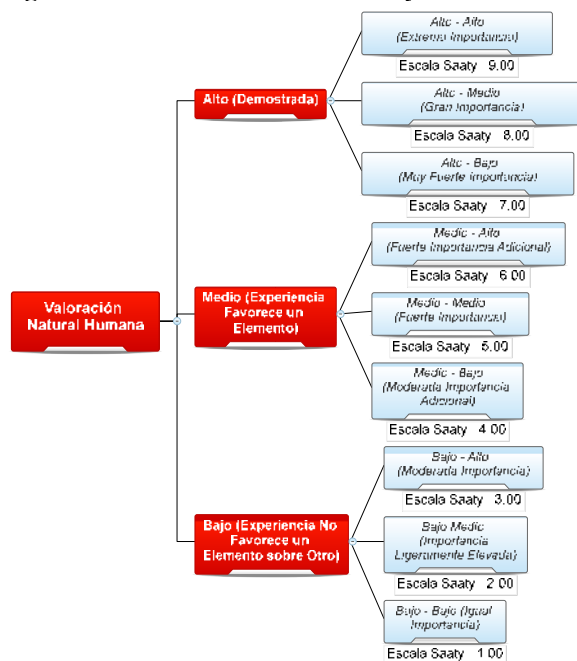
2. Valoración AHP

2.1. AHP y la Valoración de Riesgos

La metodología AHP fue desarrollada y aplicada por el distinguido académico Thomas L. Saaty. Consiste en un proceso de análisis de la posición jerárquica de factores, elementos o variables para determinar sus niveles de importancia, así como para evaluar alternativas durante la toma de decisiones. Se logra principalmente dar valoración matemática a lo que resulta intangible. En el caso de los riesgos, éstos son totalmente intangibles y su percepción cambia dependiendo del rol del evaluador siendo natural encontrar que un alto

riesgo para una persona quizás no lo sea para otra. La percepción del riesgo también cambia en el tiempo dependiendo de las experiencias vividas. El método AHP en sí valida matemáticamente lo que las personas ponderan.

Figura 2. Escala de Thomas L. Saaty.



En el método AHP se realiza primeramente una comparación entre pares, de varios factores que afectan un sistema, proceso o una decisión. La comparación se realiza empleando una escala numérica a la calificación que se dará, la cual se muestra en la figura 2.

La escala de 1-9 recomendada por Saaty y colaboradores obedece a que el ser humano generalmente tiene tres niveles de calificación, estas son bajo, medio y alto. Si a su vez, se construye subniveles de calificación para cada uno de estos niveles entonces se tiene por ejemplo para la escala baja; bajo-bajo, bajo medio y bajo alto, y así sucesivamente para los niveles medio y alto. De esta manera se obtiene $3 \times 3 = 9$ niveles de evaluación (ver figura 2). Si se intenta usar más niveles de evaluación, se presentarán grandes inconsistencias debido a que nuestra mente maneja una cantidad baja de elementos a la vez.

2.2. Valoración AHP de Amenazas

Para los distintos niveles de amenazas que afectan el valor del riesgo se construyó una matriz de comparación entre pares de amenazas como la mostrada en la tabla I. En esta comparación, se determinó que la amenaza de corrosión tiene un valor de seis (6) frente a la amenaza por problemas de diseño, fabricación y construcción (DFI), que de acuerdo con la escala de Saaty de la figura 2, fue valorada como “fuerte importancia adicional”. De la misma manera, a la amenaza por corrosión se le otorgó el valor de dos (2) comparada con interferencia por terceros, valorada como “ligeramente elevada” con respecto a esta última. Así sucesivamente se realiza una evaluación para el resto de las amenazas de la primera fila y para cada una de las filas. Cuando la relación de importancia entre un factor fue inversa, se empleó un valor también inverso de la escala de Saaty de la figura 2. Luego el resto de los datos de la matriz de valoración se obtuvo automáticamente mediante el inverso de la relación ya dada. Por ejemplo, se evaluó que la corrosión tiene un valor de cuatro (3) con respecto a las amenazas estructurales entonces las amenazas estructurales tuvieron un valor de $1/3$ con respecto a la amenaza de corrosión. Para el caso de la comparación de la amenaza con esta misma, se otorgó obviamente el valor de la unidad (1). Para aquellas amenazas que se estimaron de igual importancia se asignó también el valor de la unidad (1).

Figura 3. Amenazas y Pesos por AHP hasta nivel 2.

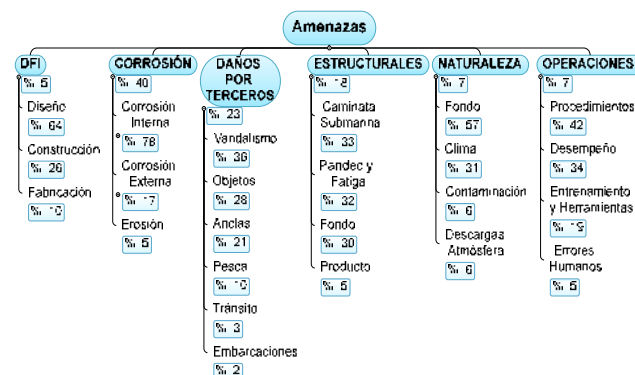


Tabla I. Comparación entre pares de amenazas en la aplicación de la metodología AHP.

VALORACIÓN AMENAZAS	Corrosión	DFI	Terceros	Naturaleza	Estructurales	Operaciones Incorrectas
Corrosión	1	6	2	4	3	8
DFI	1/6	1	1/4	1	1/5	1/3
Terceros	1/2	4	1	3	2	4
Naturaleza	1/4	1	1/3	1	1/4	1
Estructurales	1/3	5	1/2	4	1	3
Operaciones Incorrectas	1/8	3	1/4	1	1/3	1

Tabla II. Normalización de la matriz de comparación entre pares de amenazas.

VALORACIÓN AMENAZAS	Corrosión	DFI	Terceros	Naturaleza	Estructurales	Operaciones Incorrectas
Corrosión	0,4211	0,3000	0,4615	0,2857	0,4423	0,4615
DFI	0,0702	0,0500	0,0577	0,0714	0,0295	0,0192
Terceros	0,2105	0,2000	0,2308	0,2143	0,2948	0,2308
Naturaleza	0,1053	0,0500	0,0769	0,0714	0,0369	0,0577
Estructurales	0,1404	0,2500	0,1154	0,2857	0,1474	0,1731
Operaciones Incorrectas	0,0526	0,1500	0,0577	0,0714	0,0491	0,0577

Tabla III. Cálculo de pesos amenazas a partir de la matriz normalizada de comparación entre pares.

VALORACIÓN AMENAZAS	Corrosión	DFI	Terceros	Naturaleza	Estructurales	Operaciones Incorrectas	Promedio Filas = Peso	Peso (%)
Corrosión	0,4211	0,3000	0,4615	0,2857	0,4423	0,4615	0,3954	39,5351
DFI	0,0702	0,0500	0,0577	0,0714	0,0295	0,0192	0,0497	4,9669
Terceros	0,2105	0,2000	0,2308	0,2143	0,2948	0,2308	0,2302	23,0198
Naturaleza	0,1053	0,0500	0,0769	0,0714	0,0369	0,0577	0,0664	6,6360
Estructurales	0,1404	0,2500	0,1154	0,2857	0,1474	0,1731	0,1853	18,5324
Operaciones Incorrectas	0,0526	0,1500	0,0577	0,0714	0,0491	0,0577	0,0731	7,3097
Totales	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	100,0000

Luego de la valoración de acuerdo con las escalas recomendadas, se deben hacer una serie de cálculos que incluyen un proceso de normalización de la matriz de la tabla I para obtener los pesos porcentuales de los factores evaluados. De esta manera para el ejemplo mostrado, la matriz normalizada es la indicada en la tabla II. El promedio de cada fila es el peso porcentual (%) que tiene el factor evaluado y que es presentado en la tabla III. Se aplican otros procesos matemáticos para incrementar la exactitud de los pesos porcentuales calculados. Finalmente se procede medir el nivel de inconsistencia de la matriz empleando un proceso de cálculo matricial, el cual resultó ser en este caso 4,52%. De esta forma se estimaron los pesos en los cuatro niveles de amenazas del modelo. En la figura 3 se muestran los resultados de los pesos estimados de los niveles 1 y 2.

2.3. Valoración AHP de Consecuencias

De la misma manera como se hizo para las amenazas, se aplicó la metodología AHP para cada uno de los cinco (5) tipos de consecuencias. En las figuras 4 y 5 se muestran gráficos que resumen los resultados obtenidos. Se estimó un escenario general del ducto (extremo costa a extremo mar), con el objeto de plantear un esquema típico de aplicación y para validar los resultados (ver figura 4). Se realizó la validación y comprobación mediante el cálculo de los pesos obtenidos segmento por segmento, ponderando además por AHP la importancia de cada segmento. Las desviaciones entre las dos formas de cálculo fue 3,15 %, habiendo una gran consistencia entre las distintas valoraciones por AHP

Figura 4. Pesos por AHP de los tipos de consecuencias según ubicación de segmentos y escenarios.

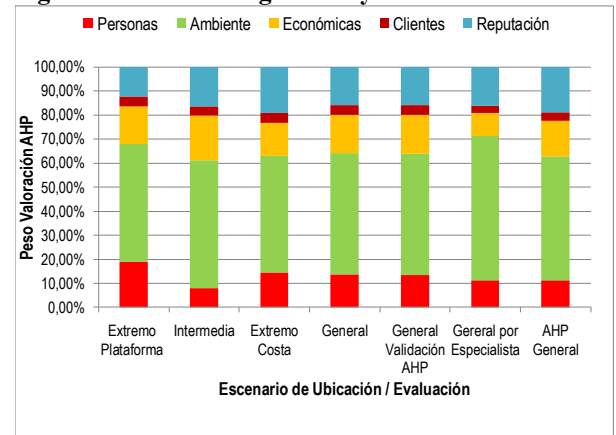
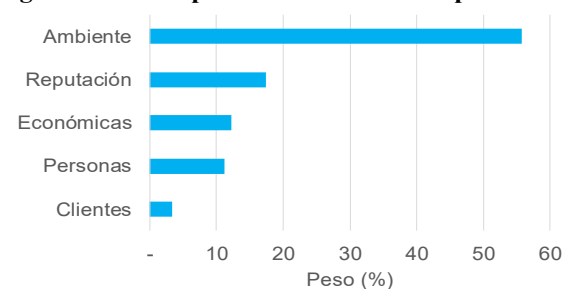


Figura 5. Pesos típicos de consecuencias por AHP.



2.4. Medida de Consistencia en AHP

La metodología AHP mide por cálculos matriciales el nivel de inconsistencia de los

pesos obtenidos. El nivel de inconsistencia de la matriz de la tabla I fue de 4,52%. Si se quiere disminuir el nivel de inconsistencia en ciertos parámetros en particular, se puede reevaluar nuevamente la matriz o emplear herramientas de cálculo para detectar dónde se presentan las mayores inconsistencias de la matriz. Sin embargo, aunque parezca paradójico, se presume de una mejor evaluación cualitativa cuando se tiene cierto nivel de inconsistencia, pudiéndose desconfiar en una matriz muy o perfectamente consistente que fuera obtenida de valores pre calculados forzosamente. Se considera generalmente que un nivel de inconsistencia menor al 10% otorga validez a la evaluación.

2.5. Comparación del Modelo con Estadística de Fallas.

En la figura 6, se muestra el gráfico comparativo entre los resultados del modelo típico desarrollado por TICE para la región Andina (a), las estadísticas de incidentes en el Golfo de México (b) y Mar del Norte (c) [3][5], considerando únicamente el primer nivel de amenazas. Se observan grandes diferencias en la distribución de pesos de amenazas a excepción de la amenaza de corrosión que siempre es muy dominante en cada caso. Si se compara las estadísticas del Golfo de México (b) con el peso de amenazas del modelo típico obtenido (a), se intercambian en jerarquía respectivamente las amenazas relacionadas con la naturaleza y las operaciones con las amenazas daños por terceros y estructurales. Esto se debe principalmente a las estadísticas de vandalismo en la región, por una parte, y por otra, la relativa poca experiencia en la amenaza estructural en ductos offshore que se tiene en la región. Muy en contraste, para el Mar del Norte (c) las estadísticas están dominadas por la amenaza de daños por terceros debido a la gran actividad offshore de la región y no en está primer lugar la amenaza de corrosión ya que existe una cantidad relativamente mayor de infraestructura y prácticas para la inspección interna de ductos.

De esta manera, se dio conformidad a los pesos definidos en este nivel de amenazas del modelo típico de valoración de riesgos luego de la comparación con la información estadística específica.

Figura 6. Comparación modelo típico con estadísticas. Pesos de amenazas versus tipo por región.

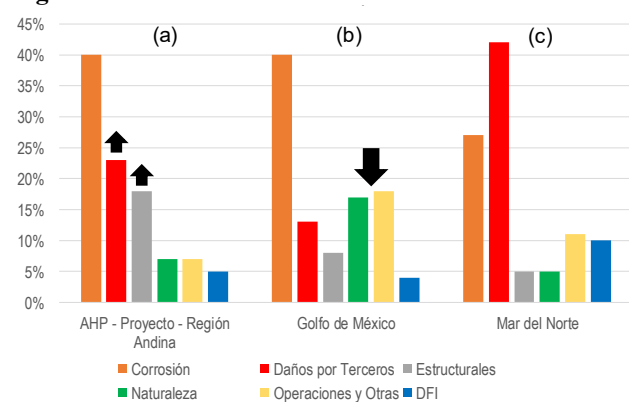
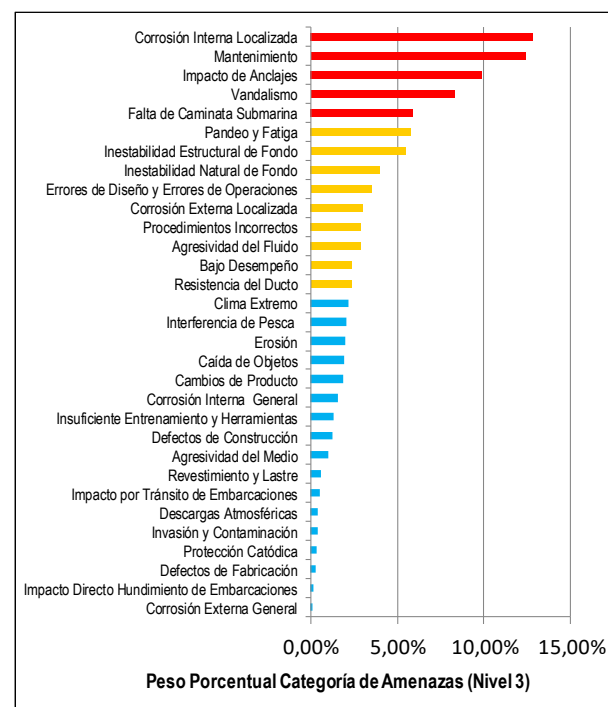


Figura 7. Pareto del peso de amenazas específicas.



2.6. Validación por Principio de Pareto.

Para los niveles intermedios de amenazas (nivel 2 y 3), se construyó el gráfico de Pareto

de la figura 7 para validar si los pesos estimados de los distintos tipos de amenazas específicas se comportan de acuerdo con los resultados obtenidos en experiencias previas y resultados estadísticos. Durante de esta labor se reevaluaron las estimaciones realizadas por AHP con los especialistas, requiriendo la repetición del 14% del total de las evaluaciones.

2.7. Valoración Cualitativa Tradicional versus AHP

Posterior a desarrollar el modelo, se evaluaron las diferencias entre el cálculo de los pesos porcentuales de los parámetros de evaluación de las amenazas obtenidos por valoración cualitativa aplicando metodología AHP y los obtenidos de la manera tradicional por asignación de peso cualitativamente de manera directa. En la figura 8 se muestra un gráfico de las desviaciones que se presentan en el último nivel de amenazas (nivel 4) al comparar ambos métodos de valoración.

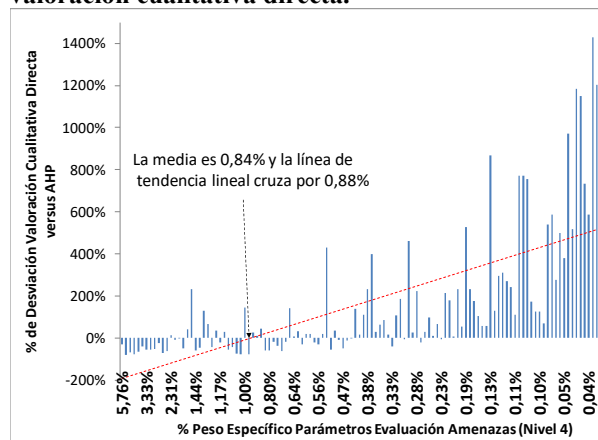
Cuando las amenazas fueron de un peso porcentual muy importante (lado izquierdo del gráfico), las desviaciones fueron relativamente pequeñas y negativas, es decir que el método AHP otorga un peso mayor que la valoración cualitativa directa. Cuando las amenazas fueron de un peso porcentual poco importante (lado derecho del gráfico), las desviaciones fueron relativamente grandes y positivas, es decir que el método AHP otorga un peso menor que la valoración cualitativa directa.

Estas desviaciones pueden explicarse por la tendencia de los evaluadores de asignar a un parámetro de evaluación de reducida importancia valores numéricos en el orden 10%. Por ejemplo, en elementos que realmente poseen valores en el orden del 2% es muy difícil que por apreciación directa una persona asigne tal valor. De la misma manera cuando en un grupo de varios elementos (típicamente de 4 a 7), donde hay uno de gran relevancia se observó que es muy difícil que los evaluadores

asignen a priori un peso considerablemente alto a éste, por ejemplo de un orden de más del 70%, ya que este valor está muy alejado de una razón proporcional a la cantidad de elementos como lo es $100\% / 4 \text{ elementos} = 25\%$ cada elemento y más aún de $100\% / 7 \text{ elementos} = 14,28\%$ cada elemento. También contribuye a las desviaciones de manera muy importante los errores que se producen por trabajar números enteros de 5 en 5% o 10 en 10% generalmente usados para asignar porcentajes de pesos por valoración cualitativa directa.

Se observó que la línea de tendencia lineal del gráfico de desviaciones cruza muy cercana a la media de los parámetros de amenazas (media = 0,84% y punto de cruce = 0,88%), dividiendo casi perfectamente los resultados en los grupos de desviaciones positivas y negativas. Por otra parte, los promedios obtenidos por el método AHP tienden a ser similares a los obtenidos por valoración cualitativa directa, lo cual indica que los dos tipos de evaluaciones cualitativas resultaron más consistentes en la valoración de promedios. Es de notar también que hubo unas pocas excepciones en algunas amenazas que no se comportaron de acuerdo con esta tendencia general.

Figura 8. Desviaciones entre valoración AHP y valoración cualitativa directa.



Este análisis no se realizó para el caso de consecuencias ya que sólo se dispone de cinco (5) elementos de evaluación no siendo representativo.

Se realizó también pruebas de cálculo al modelo valorando el riesgo asignando puntuación entre 1 y 5 unidades en parámetros de evaluación de amenazas, considerando las consecuencias constantes. Esto arrojó como resultado que la desviación típica entre el riesgo valorado cualitativamente por AHP y el valorado de forma cualitativa directa es de $\pm 15\%$. Por otra parte, empleando las herramientas de búsqueda de máximos y mínimos de Microsoft Excel®, se obtuvo como resultado que las desviaciones máximas entre los valores de riesgo obtenidos por ambas metodologías pueden llegar hasta valores extremos de $+86\%$ y -43% , lo cual es muy notable, aunque válido solo en los peores casos.

3. Clasificación de Riesgo

Como a priori se desconoce la importancia de la probabilidad de amenazas en comparación con las consecuencias, se construyó una matriz de riesgo típica a partir de la suma del valor de la probabilidad de falla y del valor de las consecuencias. Para esto se construyó la matriz de riesgo “auxiliar” indicada en la figura 9. En esta matriz se determinaron cinco (5) niveles de criticidad dividiendo en cinco (5) partes iguales la suma de valor de probabilidad de amenazas y valor de consecuencias.

De esta manera, en la figura 10 se obtuvo la matriz de riesgo resultado de multiplicar el valor asignado a la probabilidad de falla por el valor asignado a las consecuencias. Las zonas de criticidad de esta última matriz son las mismas que se obtuvieron en la matriz de la figura 9.

4. Plan de Acción Típico

Finalmente se construyó un plan de acción típico recomendado que se elaboró teniendo en cuenta las amenazas de mayor peso según los análisis realizados en el presente proyecto, siguiendo las prácticas y estándares recomendados, referencias bibliográficas y experiencias previas. La relevancia de las

actividades de mantenimiento dependerá de los requerimientos de cada operador específico, sus condiciones operativas, que se ha gestionado o no, cumplimiento de regulaciones locales, entre otros factores.

Figura 9. Matriz auxiliar de criticidad de riesgo.

Matriz de Determinación de Zonas de Criticidad de Riesgo (Suma Valor Probabilidad y Consecuencias)									VALORACIÓN CUALITATIVA CONSECUENCIAS				
				Muy Bajas		Bajas		Medias		Altas		Muy Altas	
				A		B		C		D		E	
				1		2		3		4		5	
VALORACIÓN CUALITATIVA PROBABILIDAD DE FALLA	Muy Alta	E	5	6	7	8	9	10					
	Alta	D	4	5	6	7	8	9					
	Media	C	3	4	5	6	7	8					
	Baja	B	2	3	4	5	6	7					
	Muy Baja	A	1	2	3	4	5	6					
Criticidad del Riesgo				Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto					

Figura 10: Matriz con clasificación típica de riesgo.

Matriz de Riesgo (Probabilidad x Consecuencias)				VALORACIÓN CUALITATIVA CONSECUENCIAS				
				Muy Bajas	Bajas	Medias	Altas	Muy Altas
				A	B	C	D	E
				1	2	3	4	5
VALORACIÓN CUALITATIVA PROBABILIDAD DE FALLA	Muy Alta	E	5	5	10	15	20	25
	Alta	D	4	4	8	12	16	20
	Medi	C	3	3	6	9	12	15
	Baja	B	2	2	4	6	8	10
	Muy Baja	A	1	1	2	3	4	5
Criticidad del Riesgo				Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto

5. Conclusiones

La aplicación de la metodología AHP para la valoración de riesgos de ductos offshore fue factible. Se logró predefinir el nivel de importancia de parámetros de amenazas y tipos de consecuencias y se generó un nuevo procedimiento de valoración de consecuencias aplicando la metodología AHP por segmentos del ducto offshore.

Se determinó que la metodología AHP contribuye a una mejor calificación de elementos evaluados especialmente cuando

poseen niveles de importancia muy bajas, incrementando la exactitud de toda la evaluación de riesgos a través de cálculos matriciales comprobables que miden la consistencia de comparación entre pares.

Se logró validar similitud y congruencia de resultados con información estadística disponible aplicando el principio de Pareto.

Se determinó que hay desviaciones apreciables cuando se valora el riesgo cualitativamente de forma directa con respecto a la metodología AHP.

La combinación de AHP con estructuras de desagregación de hasta siete (7) elementos facilitó su aplicación y análisis de los principales tipos de amenazas. La desagregación en ocho (8) o más elementos genera un número muy alto de comparaciones (28) y el análisis resulta extendido y confuso.

Se estableció el plan de acción típico con base a los resultados obtenidos en la elaboración del modelo típico. Para completar el modelo se estableció además la matriz de valoración de riesgo típica.

6. Recomendaciones

Para la operación y región o área específica en la que se desea emplear el modelo típico, es necesario hacer los ajustes en los pesos porcentuales empleando la metodología AHP en los diferentes niveles de amenazas y consecuencias, utilizando también el juicio experto, la información estadística y demás fuentes de información.

Se pueden emplear los resultados preliminares del modelo para la toma de decisiones de alto nivel o gerencia. Aún sin hacer evaluación específica alguna, los pesos predeterminados en el modelo típico tanto para amenazas como consecuencias son de gran utilidad para la toma de decisiones relativas a la integridad.

Cada vez que sea posible, se debe usar la información histórica de falla disponible para los distintos tipos de amenazas para incrementar la exactitud de la valoración AHP.

Se puede extender la metodología AHP a la valoración de planes de acción. La metodología AHP es también de utilidad para valoración de riesgos onshore, plantas o estaciones y en general para otras aplicaciones de ingeniería.

Para la futura aplicación del modelo es importante que se tengan en cuenta las experiencias y reportes de fallas históricos, incluyendo la de otros ductos a cargo de la operación, otros operadores cercanos, de la región e incluso los eventos de alto impacto a nivel internacional.

REFERENCIAS

- [1] Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Mecánica, “Modelo Cualitativo de Evaluación de Riesgos en Ductos de Transporte de Hidrocarburos Costa Afuera (Offshore) Aplicando El Proceso de Análisis de Jerarquías (AHP)”, Proyecto de Grado. Bucaramanga. 2017.
- [2] SAATY, Thomas, University of Pittsburgh,” Decision making with the analytic hierarchy process”. Pittsburgh, USA. 2008.
- [3] DET NORSKE VERITAS, DNV-RP-F116, “Integrity Management of Submarine Pipeline Systems”. Noruega. 2009.
- [4] MULHBAUER Kent. Gulf Professional Publishing, “Pipeline Risk Management Manual: Ideas, Techniques, and Resources” Tercera Edición. Massachusetts, USA. 2004.
- [5] MOTT MACDONALD LTD, The Health and Safety Executive, The UK Offshore Operators Association and The Institute of Petroleum, “The Update of Loss of containment Data for Offshore Pipelines” Croydon UK. 12 June 2003.

Diego Mendoza Ramos es Ingeniero Aeronáutico, Magíster y Especialista en Gerencia de Mantenimiento, Especialista en Gerencia de Proyectos y con Diplomado en Ingeniería de Petróleos Offshore. Con 24 años de experiencia en proyectos de inspección, mantenimiento, control de corrosión, ensayos no destructivos, integridad y confiabilidad, principalmente para las industrias de hidrocarburos y aeronáutica. Certificado NACE Corrosion Technologist, SMRP-CMRP y PMI-PMP.

Datos de Contacto con Autor:

1. Autor: Diego José Mendoza Ramos
2. Teléfono:
 - a. Residencia: +57-1-759.1256
 - b. Oficina: +57-1-368.4311
 - c. Celular: +57-316-876.9038
3. Dirección del autor:
 - a. Residencia: Calle 25 Nro.32A-41
 - b. Oficina: Carrera 32 Nro. 22B-60
 - c. E. mail: diegoglobal@gmail.com
 - d. Ciudad: Bogotá
 - e. País: Colombia