

TRABAJO DE FIN DE CARRERA

# EVALUACION DE RIESGOS DE CORROSION Y DESARROLLO DE UN PLAN DE MITIGACION EN OLEODUCTOS

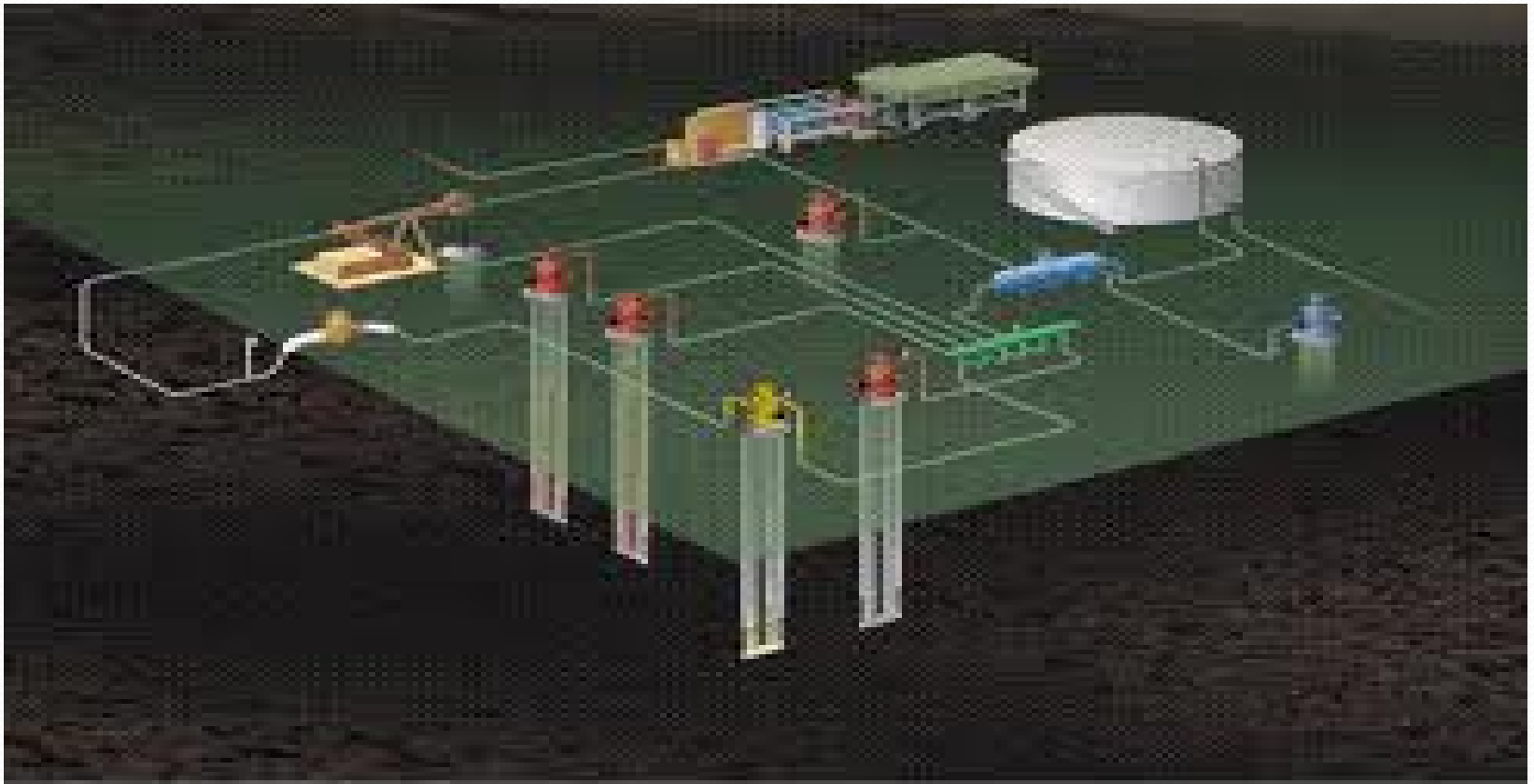
Preparado por : Wilson Corrales

JULIO DEL 2013

# CONTENIDO

1. Grafico Producción Petrolera
2. Planteamiento del problema
3. Pronostico
4. Objetivo General
5. Justificación
6. Hipótesis
7. Método de investigación
8. Población y muestra
9. Principales Hallazgos
10. Análisis FODA
11. Análisis de riesgos
12. Análisis Técnico – Económico
13. Conclusiones
14. Recomendaciones.

# Instalaciones petroleras



**Fig. 1.1. Proceso de Recolección de Crudo en un Campo Petrolero**

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- El petróleo es una fuente de energía no renovable muy importante para el desarrollo del país
- Para la explotación petroleras las compañías cuentan con una estructura física básicamente de aleaciones de hierro que tiende a desgastarse con el tiempo.
- El impacto de la corrosión en la industria del petróleo tiene su efecto sobre gastos capitales y operacionales. Es necesario realizar estudios en este tema para disminuir los efectos de desgaste que garanticen una actividad petrolera segura.

# PRONOSTICO

- Las fallas relacionadas a corrosión han constituido sobre el 25% de fallas en la industria petrolera a nivel mundial.
- La producción petrolera en el país ha experimentado un ligero incremento en estos últimos años así como sus instalaciones
- A pesar de existir sistemas de monitoreo de corrosión interna y externa, están latentes riesgos de fugas o derrames que pueden implicar grandes pérdidas económicas y afectación al medio ambiente.
- De no existir estrategias corporativas en evaluación y mitigación de estos riesgos las pérdidas pueden ser cuantiosas.

# OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los diferentes riesgos del área petrolera para modelar matemáticamente, en base a ello establecer el impacto económico y proponer un plan de mitigación o eliminación de riesgos relacionando costo – beneficio a través del tiempo enfocados siempre en garantizar una operación petrolera mas segura para la organización

# OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluación de riesgos en el área petrolera
  - Riesgos de corrosión interna
  - Riesgos de corrosión externa
  - Riesgos de daños por terceros
- Evaluación de impactos económicos de derrames
- Propuesta de planes para manejos de riesgos
  - Plan de manejo de riesgos de corrosión interna
  - Plan de manejo de corrosión externa
  - Plan de riesgos de daños por terceros.

# JUSTIFICACION

- La investigación es de importancia debido a que se analizó un sector muy importante de la economía nacional como es la petrolera y su operación se encuentra ubicada en un frágil ecosistema del oriente ecuatoriano, donde de no existir un adecuado control de riesgos se puede llegar a grandes pérdidas económicas e imagen de la compañía en caso de producirse una falla o derrame en una tubería de oleoducto.

# HIPOTESIS

- Los riesgos de corrosión de una empresa petrolera pueden ser cuantificados y evaluados con la ayuda de cálculos matemáticos, que ayuden a predecir el comportamiento de desgaste de las tuberías, y mediante esta información se puede generar modelos de probabilidades de riesgos que ayuden a tomar decisiones para elaborar planes que permitan mitigar o eliminar los riesgos de fallas en oleoductos.

# METODO DE LA INVESTIGACION

- El método de investigación incluyó:
  - **La observación** que permitió establecer las características actuales de las tuberías con esquema conceptual
  - **El método hipotético deductivo.-** Considero como punto de partida datos proporcionado de las condiciones existentes de tuberías para generar la hipótesis
  - **El método inductivo – deductivo:** Se presento los resultados de este oleoducto en particular y se hace extensivo para otros oleoductos en forma general.

# MODALIDAD DE LA INVESTIGACION

- La investigación consideró todos los aspectos del entorno de la compañía que afectan en mayor o menor grado, donde se incluyó, estado interno, medio ambiente que lo rodea, se analizó los riesgos que representa y sus prioridades para establecer planes de mitigación.

# POBLACION Y MUESTRA

- POBLACION.- Constituye las líneas de oleoducto del Oriente Ecuatoriano que son arterias principales para el transporte de petróleo y entrega al OCP (Oleoductos de Crudos Pesados).
- MUESTRA.- La muestra constituye una línea de oleoducto ubicada en el Oriente Ecuatoriano provincia de Lago Agrio y es utilizada para entrega de petróleo al OCP.

# PRINCIPALES HALLASGOS

- ANALISIS FODA INTERNO

Esta enfocado en una investigación de la realidad de la compañía, analizar los resultados de los factores internos y externos al entorno y mediante un análisis brindar un diagnostico



# PRINCIPALES HALLASGOS

- ANALISIS FODA INTERNO
- Mediante el análisis FODA se obtuvo los siguientes resultados:

Elemento FODA	# de elementos	Valor Total
Fortalezas	5	21
Debilidades	5	16
Oportunidades	2	8
Amenazas	7	29

# PRINCIPALES HALLAZGOS

- ANALISIS FODA INTERNO
- Mediante el análisis FODA se obtuvo los siguientes estrategias

Estrategia FODA	Valor Total
DA (Debilidades - amenazas)	45
DO (Debilidades – oportunidades)	24
FA (Fortalezas -amenazas )	50
FO (Fortalezas – Oportunidades)	29

Nota : Las estrategias DA y FA son las de mayor importancia que requieren análisis.

# PRINCIPALES HALLAZGOS

- ANALISIS FODA INTERNO
- Estrategia FA
  - Aprovechar la experiencia técnica de los empleados para consolidar un grupo que se dedique exclusivamente a evaluar y mitigar los riesgos
- Estrategia DA
  - Obtener toda la información necesaria para evaluar las condiciones de la integridad de los oleoductos y en base a ello desarrollar programas de protección.

# PRINCIPALES HALLAZGOS

- ANALISIS DE RIESGOS
- El análisis se enfocó en medir la probabilidad y la consecuencia de un potencial evento, cuya información es útil para toma de decisiones y el control de riesgos.

$$\textit{Riesgo}=\textit{probabilidad*consecuencia}$$

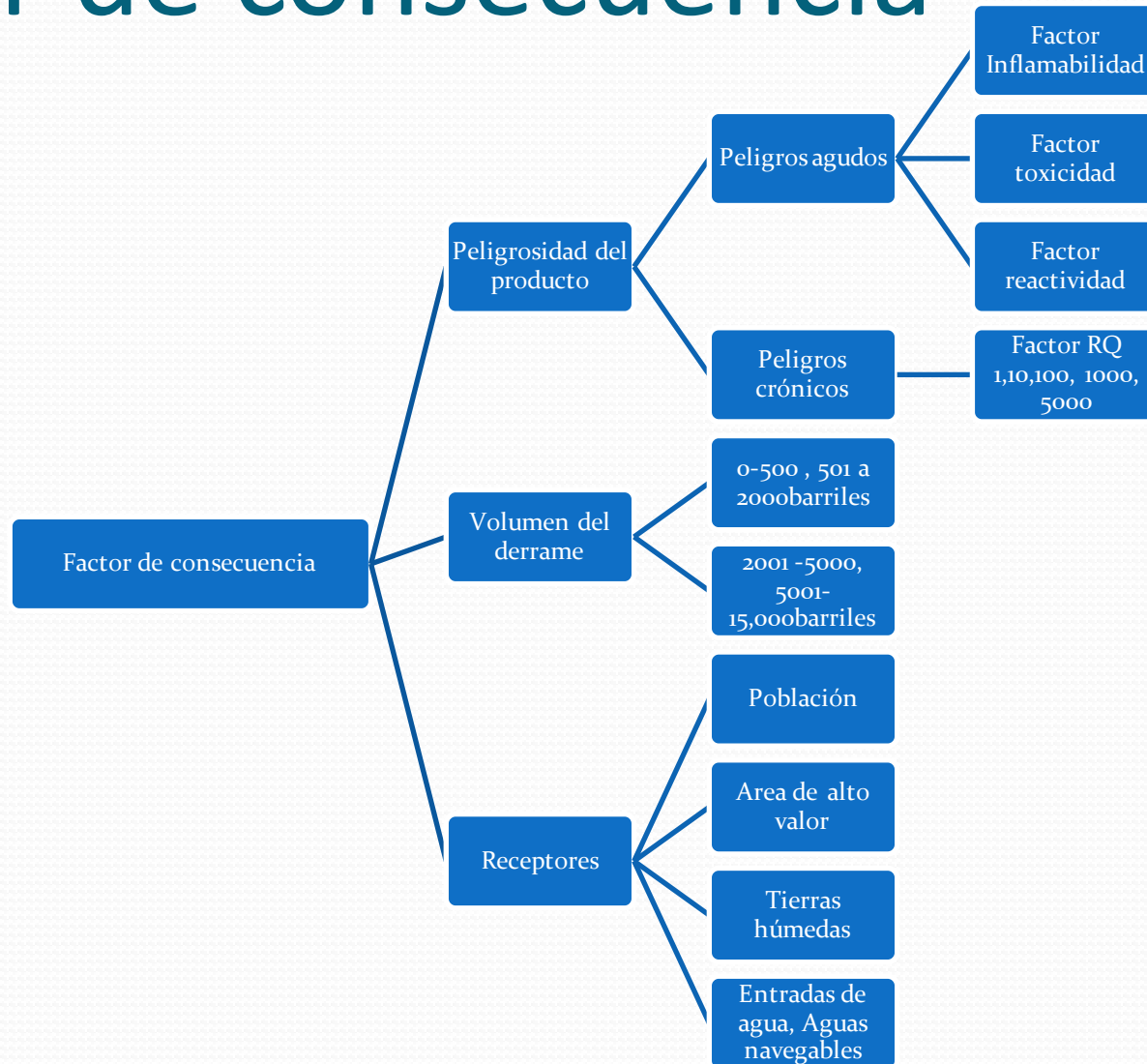
# PRINCIPALES HALLAZGOS

- ANALISIS DE RIESGOS
- **Consecuencia.**- Se calculó en base a análisis de los potenciales productos peligrosos que se transporta a través de una tubería e incluye derrames, liqueos cantidad dispersa y sus receptores.

$$FID=PP*VD*R$$

- Donde : FID= factor de consecuencia de falla
  - PP = peligrosidad del producto
  - VD = volumen del derrame
  - R = receptores

# Factor de consecuencia

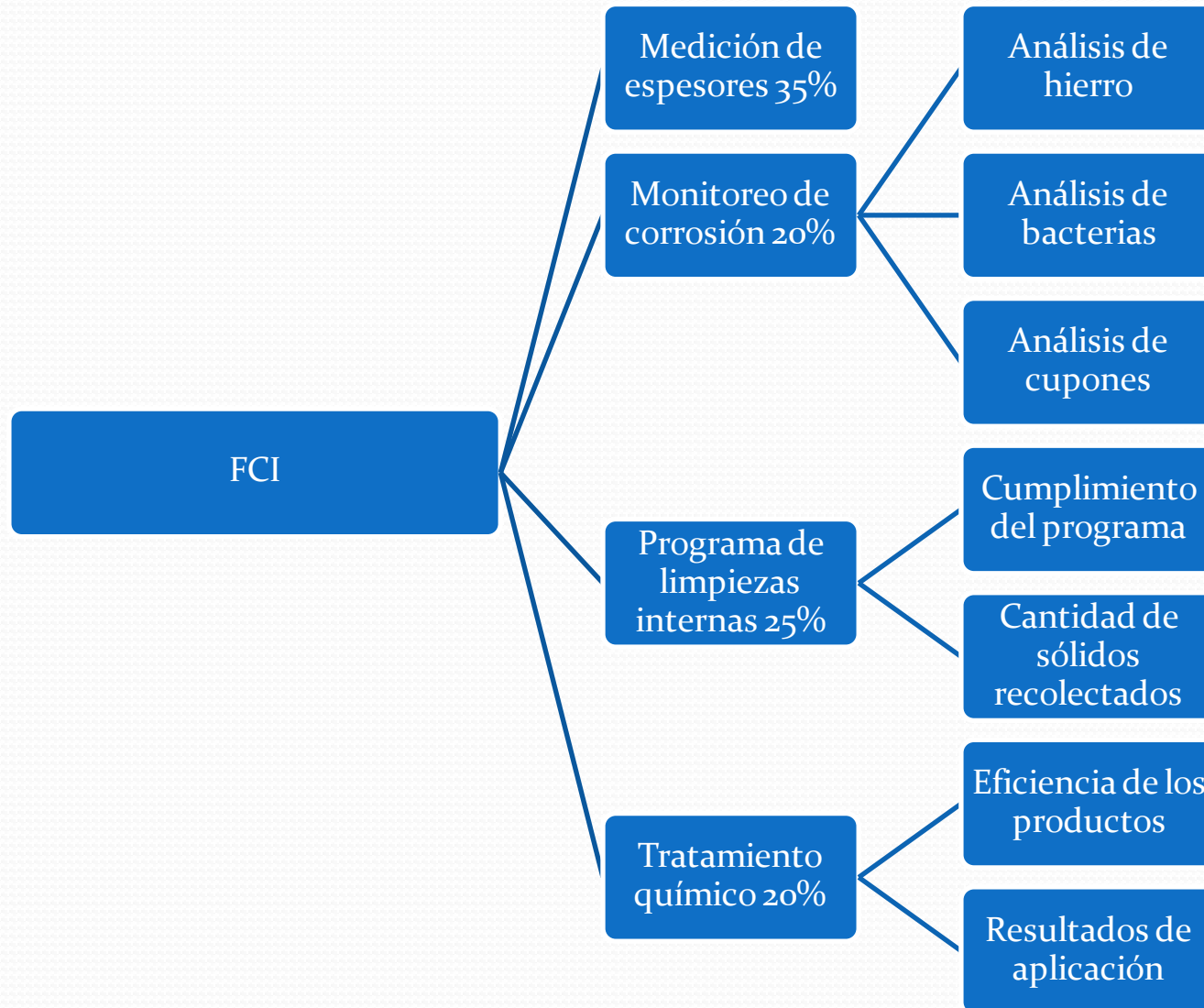


# PRINCIPALES HALLASGOS

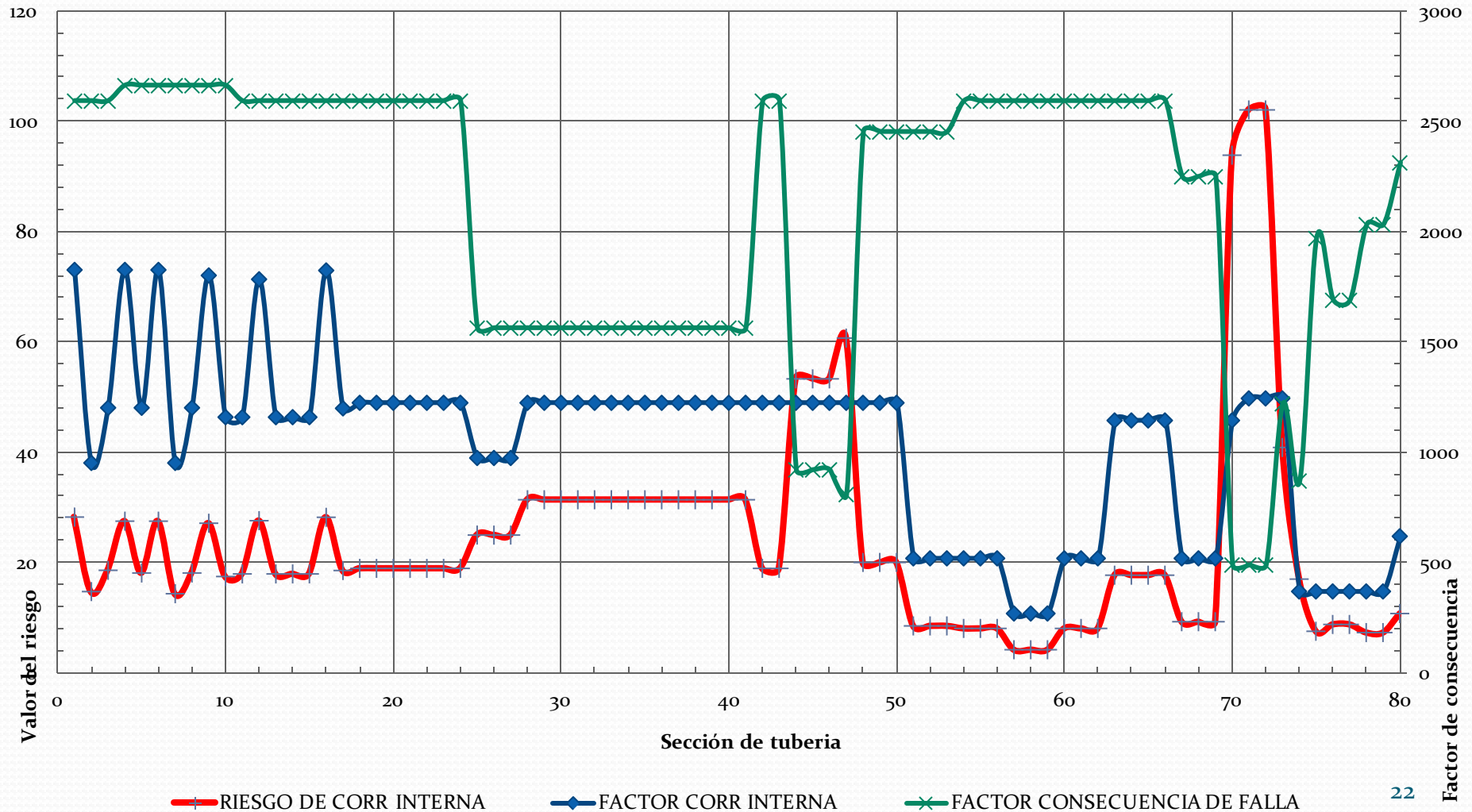
- ANALISIS DE RIESGOS
- **Probabilidad de corrosión interna.**- Se evaluaron los riesgos a los que esta expuesta una tubería desde el punto de vista de corrosión interna
- FCI = medición de espesores +monitoreo de corrosión interna + programa de limpieza + tratamiento químico
- Donde : FCI= Factor de corrosión interna



# Factor de corrosión interna



## Análisis de riesgos de corrosión interna

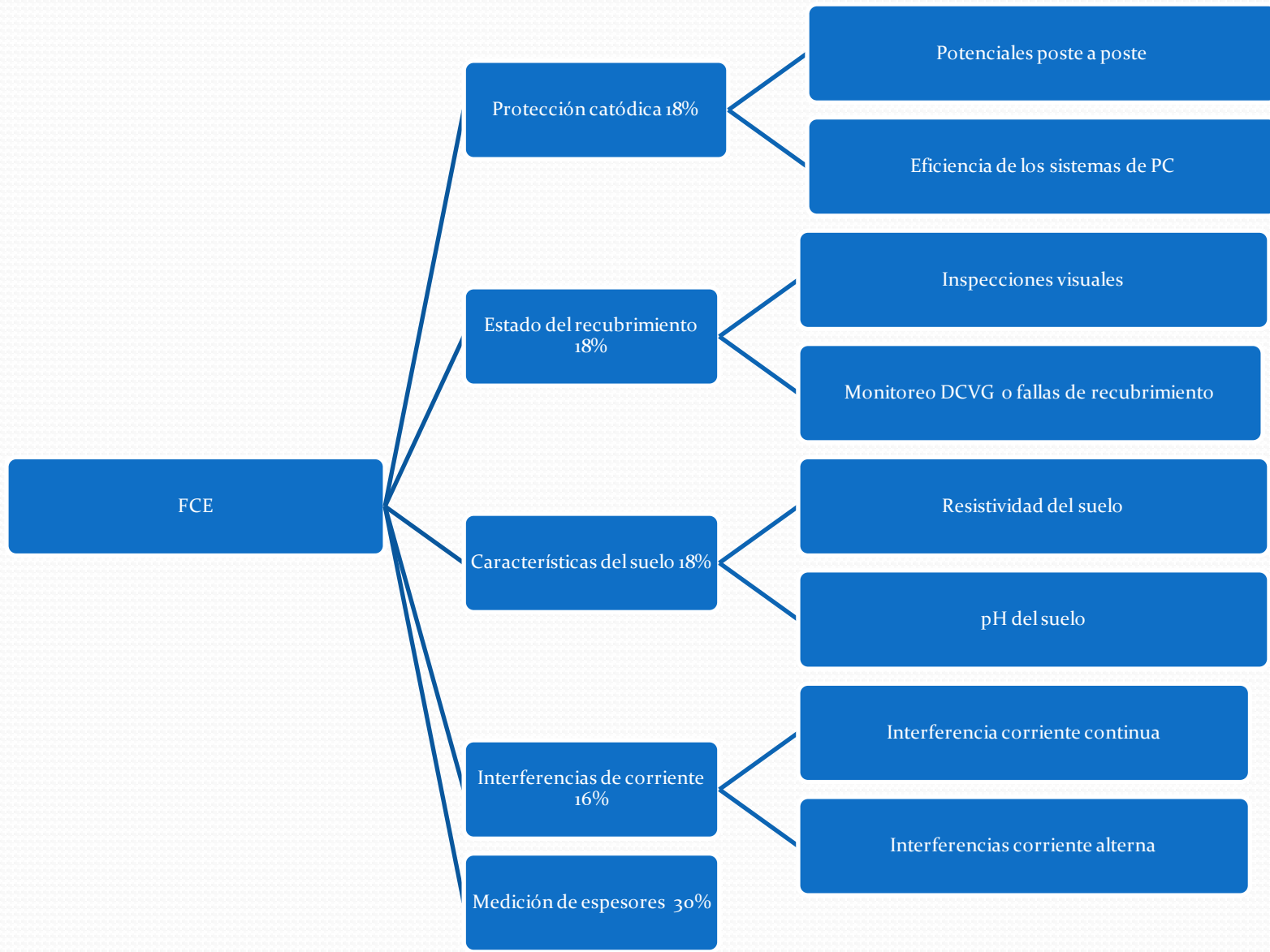


# PRINCIPALES HALLASGOS

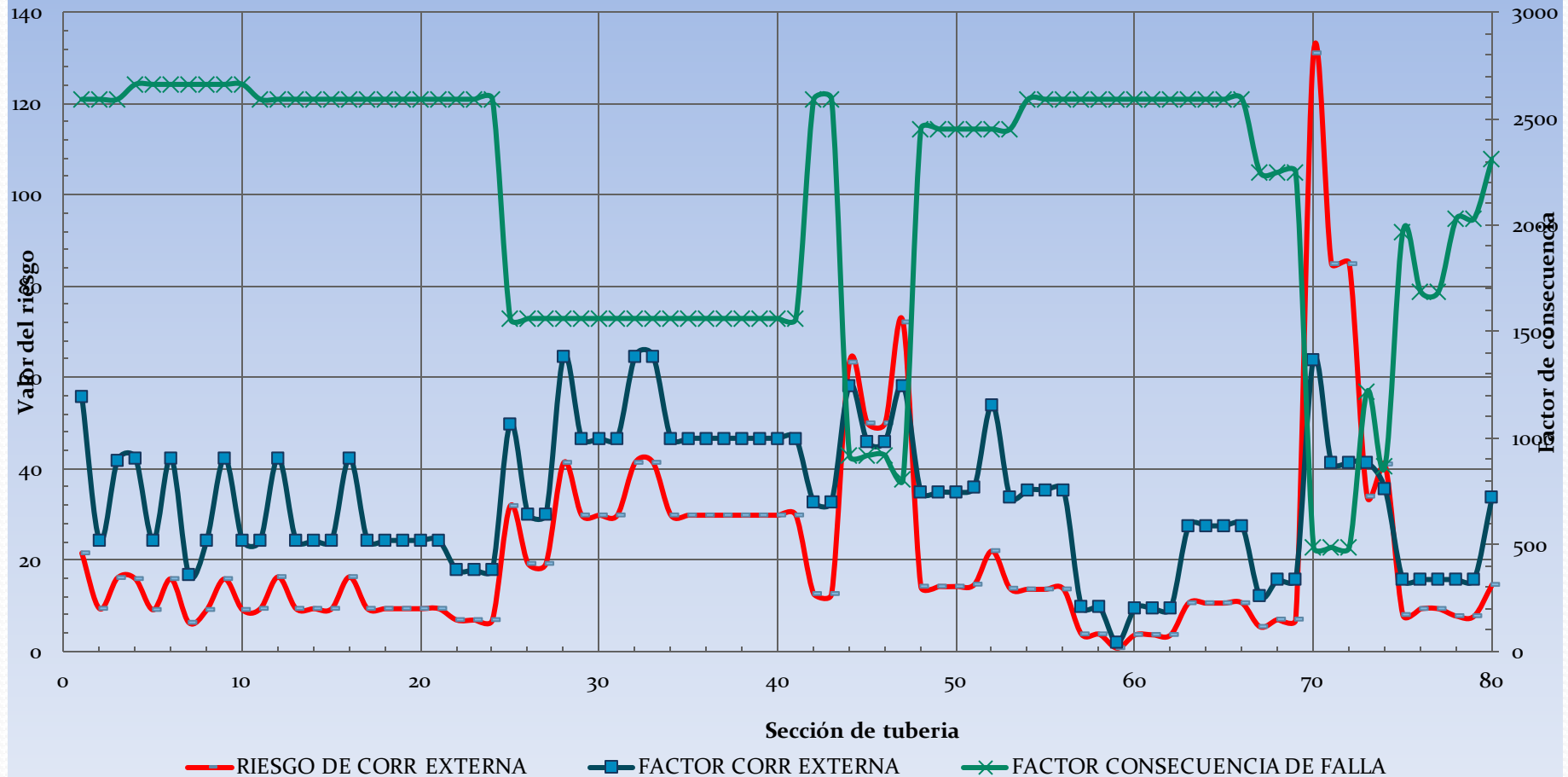
- ANALISIS DE RIESGOS
- **Probabilidad de corrosión externa.**- Se evaluaron los riesgos a los que esta expuesta una tubería desde el punto de vista de corrosión externa
- $FCE = \text{Protección catódica} + \text{estado del recubrimiento} + \text{características del suelo} + \text{interferencia de corriente eléctrica} + \text{medición de espesores}$
- Donde : FCE= Factor de corrosión externa



# Factor de corrosión externa



## Análisis de riesgos de corrosión externa

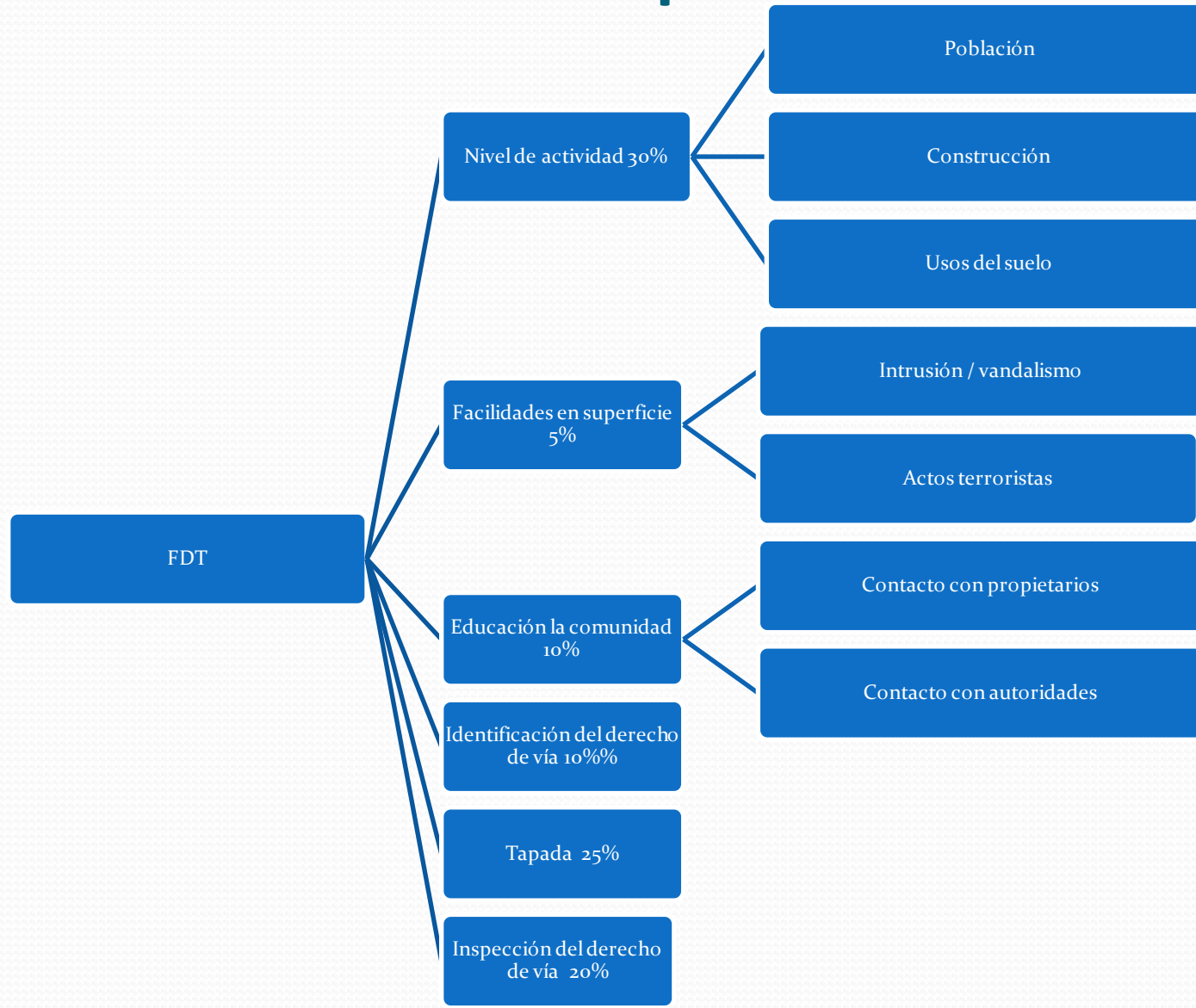


# PRINCIPALES HALLASGOS

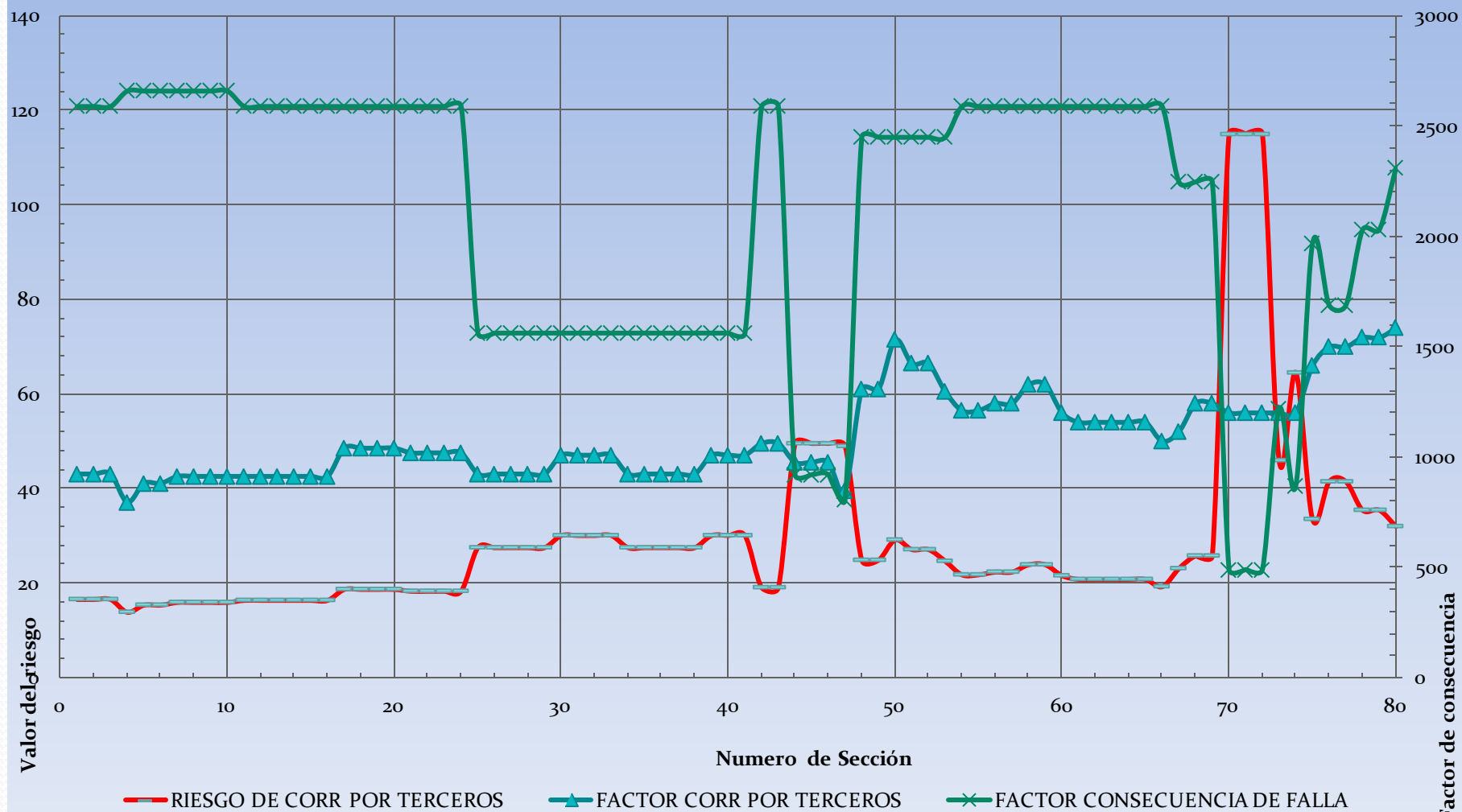
- ANALISIS DE RIESGOS
- **Probabilidad de daños por terceros.**- Se evaluaron los riesgos a los que esta expuesta una tubería desde el punto de vista de daños por agentes externos
- FDT = Nivel de actividad + facilidades de superficie + educación a la comunidad + identificación del derecho de vía + tapada + inspección del derecho de vía
- Donde : FDT= Factor de daños por terceros



# Factor de daños por terceros



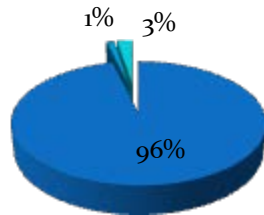
## Análisis de riesgos de daños por terceros



# RIESGOS DE OLEODUCTOS

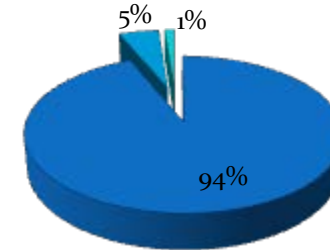
## Riesgos de corrosión interna

■ baja ■ moderada ■ alta



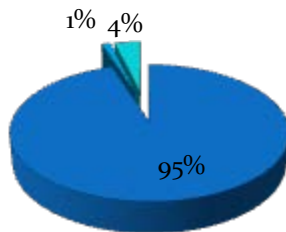
## Riesgos de corrosión externa

■ baja ■ moderada ■ alta



## Riesgos de corrosión por terceros

■ baja ■ moderada ■ alta



Puntaje	Selección de criticidad
0 a 60	Bajo
61 a 100	Moderado
>100	Alto

Clasificación de rangos de criticidad

# PLAN DE MITIGACION CORROSION INTERNA

CATEGORIA MITIGACION

Riesgo de corrosión interna

ESTRATEGIAS

Mitigación y Reparación de sección interna  
con acciones a corto y mediano plazo

ACCIONES PROPUESTAS A CORTO PLAZO	ENTIDAD A CARGO	PRIORIDAD	VIABILIDAD
Aplicación de químicos	Departamento de Químicos	Alta	Si
Remoción de impurezas internas	Dep. De Producción	Alta	Si
Monitoreo de espesores de tuberías	Dep. De Construcciones	media	Si

ACCIONES PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO	ENTIDAD A CARGO	PRIORIDAD	VIABILIDAD
Reemplazo de sección de tubería	Dep. De Construcciones	Media	Si
Instalación de recubrimiento externo	Dep. De Construcciones	Media	Si

# PLAN DE MITIGACION CORROSION INTERNA

## PRESUPUESTO

ACCION	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO ANUAL
A corto plazo	Aplicación de químicos	13,140
	Remoción de impurezas	3,600
	Monitoreo de espesores	20,000
A mediano plazo	Reemplazo de sección de tubería	200,000
Total		236,740

## CRONOGRAMA

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Aplicación de químicos												
Remoción de impurezas												
Monitoreo de espesores												
Reemplazo de sección												

# PLAN DE MITIGACION CORROSION EXTERNA

CATEGORIA MITIGACION

Riesgo de corrosión externa

ESTRATEGIAS

Contratación de compañía calificada para reparación de zona afectada y estudios de característica de la zona

ACCIONES PROPUESTAS A CORTO PLAZO	ENTIDAD A CARGO	PRIORIDAD	VIABILIDAD
Excavación e inspección de zona afectada	Dep. De Construcciones	Alta	Si
Reparación de zona con destrucción de recubrimiento	Dep. De Construcciones	Alta	Si
Monitoreo de espesores	Dep. De Construcciones	Alta	Si

ACCIONES PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO	ENTIDAD A CARGO	PRIORIDAD	VIABILIDAD
Actualización del sistema de protección catódica	Dep. De Construcciones	Media	Si
Refuerzo en zonas con interferencias aledañas	Dep. De Construcciones	Media	Si

# PLAN DE MITIGACION CORROSION EXTERNA

## PRESUPUESTO

ACCION	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO ANUAL
A corto plazo	Excavación e inspección de zona afectada	50,000
	Reparación de zona con destrucción de recubrimiento	10,000
	Monitoreo de espesores	25,000
A mediano plazo	Actualización del sistema de protección catódica	50,000
	Refuerzo en zonas con interferencias aledañas	15,000
Total		150,000

## CRONOGRAMA

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Excavación e inspección de zona afectada												
Reparación de zona con destrucción de recubrimiento												
Monitoreo de espesores												
Actualización del sistema de protección catódica												
Refuerzo en zonas con interferencias aledañas												

# PLAN DE MITIGACION DAÑOS POR TERCEROS

CATEGORIA MITIGACION

Riesgo de corrosión daños por terceros

ESTRATEGIAS

Contratación de compañía calificada para reparación de zona afectada y estudios de característica de la zona

ACCIONES PROPUESTAS A CORTO PLAZO	ENTIDAD A CARGO	PRIORIDAD	VIABILIDAD
Identificación del derecho de vía	Dep. De Construcciones	Media	Si
Educación a la comunidad	Dep. De Relaciones comunitarias	Media	Si
Vigilancia motorizada y programada	Dep. De Seguridad física	Media	Si

ACCIONES PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO	ENTIDAD A CARGO	PRIORIDAD	VIABILIDAD
Instalación de sistema de monitoreo remoto	Dep. De Construcciones	Media	Si
Acuerdos con propietarios	Dep. relaciones comunitarias	Media	Si
Reforzamiento de áreas propensas a daños por terceros	Dep. De Construcciones	Media	Si

# PLAN DE MITIGACION DAÑOS POR TERCEROS

ACCION	ACTIVIDAD	PRESUPUESTO ANUAL
A corto plazo	Identificación del derecho de vía	15,000
	Educación a la comunidad	20,000
	Vigilancia motorizada y programada	20,000
A mediano plazo	Instalación de sistema de monitoreo remoto	50,000
	Acuerdos con propietarios	15,000
	Reforzamiento de áreas propensas a daños por terceros	30,000
Total		150,000

## CRONOGRAMA

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Identificación del derecho de vía												
Educación a la comunidad												
Vigilancia motorizada y programada												
Instalación de sistema de monitoreo remoto												
Acuerdos con propietarios												
Reforzamiento de áreas propensas a daños por terceros												

# ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

- Este análisis incluyó un enfoque costos beneficios tomando en consideración un VAN del proyecto con un interés del 20%
- Del análisis técnico se resumen las secciones de oleoducto que requiere atención:

<b>Factor de riesgo</b>	<b>Sección 70</b>	<b>Sección 71</b>	<b>Sección 72</b>
Corrosión interna		X	X
Corrosión externa	X		
Daños por terceros	X	X	X
Total Secciones en riesgo	2	2	2

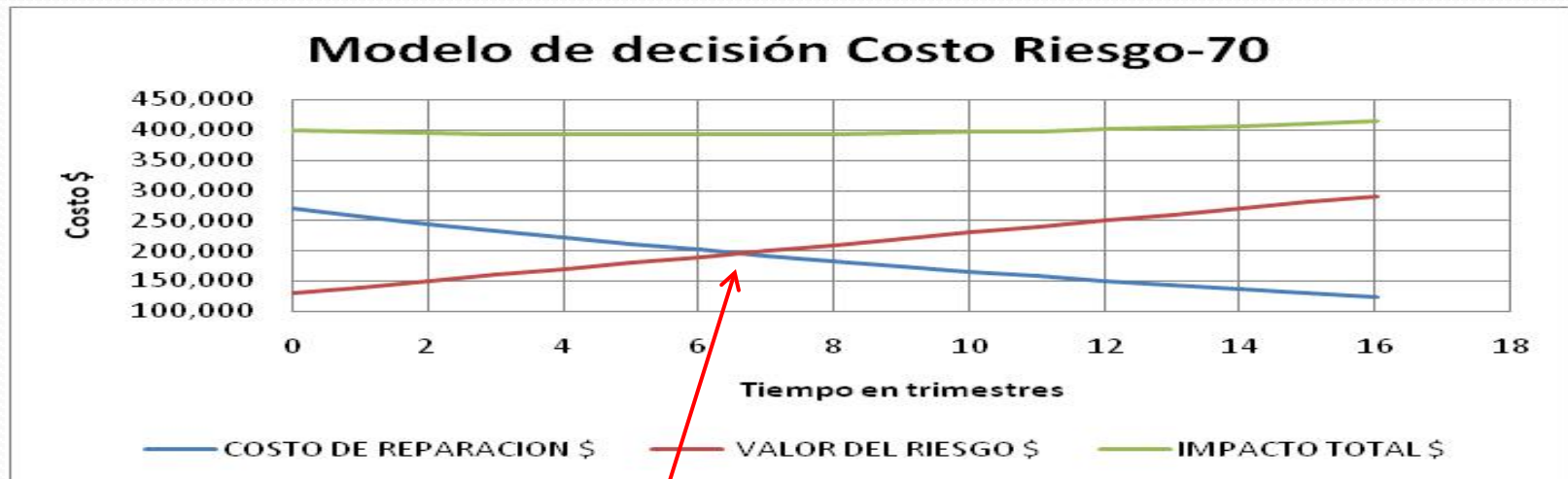
# ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

Los costos asociados para mitigación de riesgos basados en el medio donde se desarrollan las actividades petroleras son:

- Costo actual para mitigar el riesgo de corrosión interna = \$ 200.000
- Costo actual para mitigar el riesgo de corrosión externa = \$ 120.000
- Costo actual para mitigar los daños por terceros = \$ 150.000
- Valor actual del riesgo de corrosión interna = \$ 100.000
- Valor actual del riesgo de corrosión externa = \$ 30.000
- Valor actual del riesgo de daños por terceros = \$ 100.000

# ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

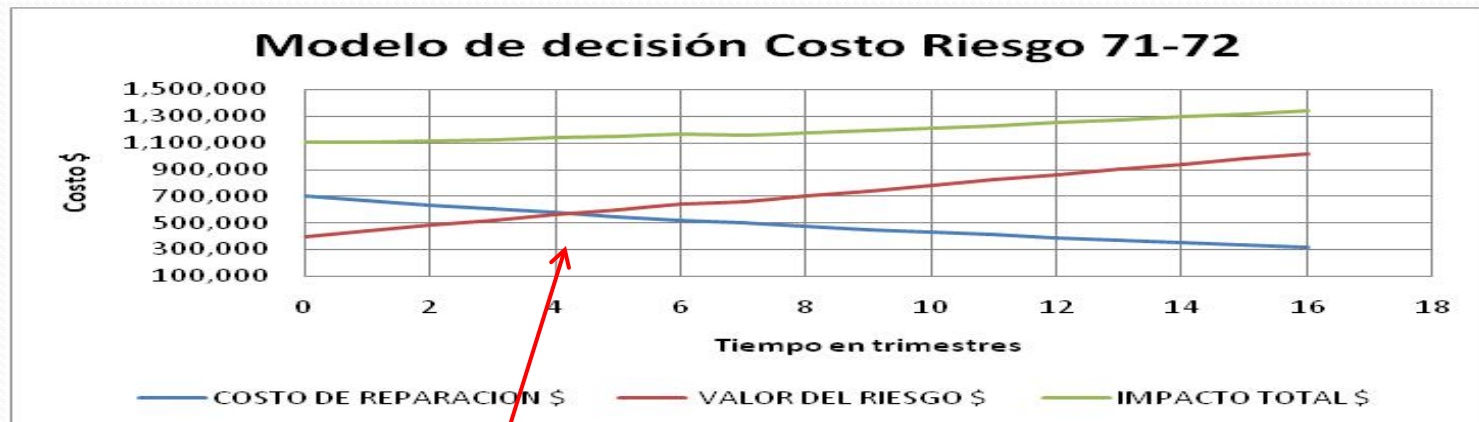
En base a los costos y el VAN se generó el siguiente grafico en relación al tiempo, donde para la sección 70 se obtuvieron los siguientes resultados:



Punto optimo de inversión

# ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

En base a los costos y el VAN utilizado se generó el siguiente grafico de costos en relación al tiempo donde para la sección 71-72 se obtuvieron los siguientes resultados :



Punto optimo de inversión

# ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

El índice económico obtenido esta en función de :

Indice económico = Valor de riesgo / Costo de reparación o mitigación

<b>TIEMPO en trimestres</b>	<b>Indice en seccion 70</b>	<b>Indice en seccion 71 y 72</b>
0	0.5	0.6
1	0.5	0.7
2	0.6	0.8
3	0.7	0.9
4	0.8	1.0
5	0.9	1.1
6	0.9	1.2
7	1.0	1.3
8	1.1	1.5
9	1.3	1.6
10	1.4	1.8

El índice me indica que hasta 1 son rangos donde se puede manejar un riesgo controlado.

# ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

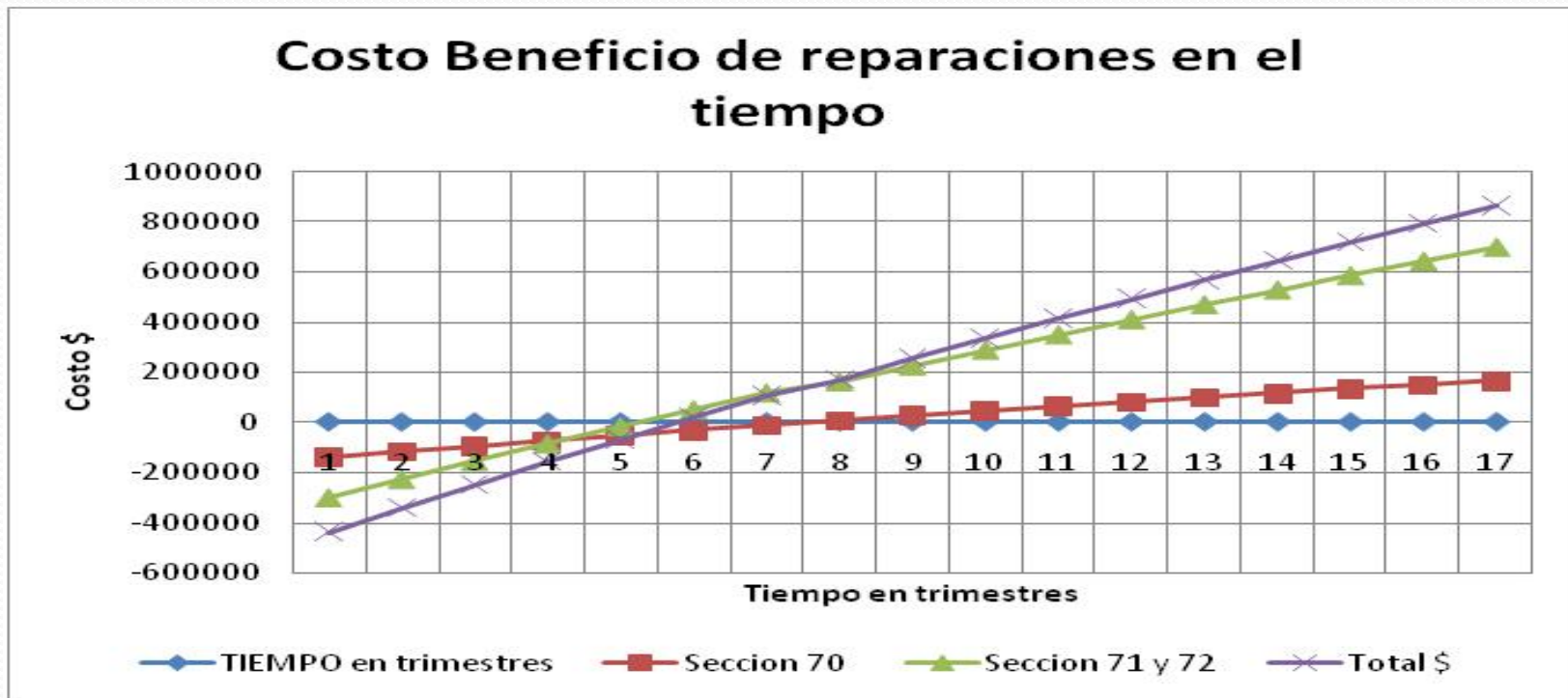
El análisis de costo beneficio con el tiempo se detalla a continuación:  
 Costo beneficio = Valor de riesgo - Costo de reparación o mitigación

TIEMPO en trimestres	Costo- Beneficio \$		Costo beneficio
	Seccion 70	Seccion 71 y 72	Total \$
0	(140,000)	(300,000)	(440,000)
1	(117,143)	(226,667)	(343,810)
2	(94,898)	(154,921)	(249,819)
3	(73,236)	(84,686)	(157,922)
4	(52,130)	(15,892)	(68,021)
5	(31,552)	51,532	19,980
6	(11,478)	117,649	106,171
7	8,116	162,523	170,639
8	27,253	226,212	253,466
9	45,956	288,774	334,729
10	64,243	350,261	414,504

El valor de costo beneficio me indica el tiempo donde este se hace positivo determinando económicamente el tiempo adecuado de realizar la mitigación.

# ANALISIS TECNICO - ECONOMICO

El análisis de costo beneficio con el tiempo se detalla a continuación:  
 $\text{Costo beneficio} = \text{Valor de riesgo} - \text{Costo de reparación o mitigación}$



El valor de costo beneficio me indica el tiempo donde este se hace positivo determinando económicamente el tiempo adecuado de realizar la mitigación.

# CONCLUSIONES

- El análisis FODA es una herramienta de gran utilidad que permitió diagnosticar la situación actual de la compañía petrolera siendo las estrategias FA y DA donde se debe enfocar para maximizar los resultados y beneficios.
- De la investigación se concluyó que a nivel mundial las fallas en las operaciones de la industria de gas y del petróleo, un alto porcentaje de esto corresponde a fallas debido a problemas asociados con corrosión de ahí el interés de propuesta de mejora.
- Para evaluación de riesgo no existe un método universal aceptado, sin embargo la habilidad para predecir la falla en una tubería cuando y donde va a ocurrir no es una ciencia exacta independiente de la metodología que se plantee, pero con la ayuda del modelo definido y las acciones se contribuirá a disminuir las probabilidades de fallas o accidentes.

# CONCLUSIONES

- El peso asignado a cada uno de los factores que influyen en los riesgos de corrosión reflejan la importancia de dicho ítem en cada punto, los mismos que están basados en la experiencia del personal técnico así como las normas aplicadas a cada sistema, los mismos pueden ser extrapolados a otras operaciones con similares características. De la investigación y los resultados obtenidos se concluyó que el método cumple las expectativas para optimización de costos en el tiempo.
- Parte fundamental del análisis son los costos, que permitieron una reducción entre el 18% y el 25% utilizando el modelo planteado, en el que evaluó hasta donde se puede manejar el riesgo sin afectar la operación. Es necesario acotar que el costo representa un valor que necesariamente tiene que realizarse en determinado momento del proyecto.

# CONCLUSIONES

- El modelo planteado se enfocó en el manejo de riesgos desde el punto de vista de análisis, cálculos matemáticos de probabilidad y consecuencia, con los que se obtiene una buena aproximación al objetivo trazado que es manejar el riesgo hasta llevarlo a niveles tolerables desde un punto de vista técnico - económico.
- La mayor ventaja de este modelo es que aparte de ser útil para esta investigación puede ser fácilmente adaptado en otras operaciones con el fin de plantear planes de manejo en ambientes seguros de trabajo y cuidado del medio ambiente.

# RECOMENDACIONES

- Es recomendable que las compañías se enfoquen en las 2 estrategias de mayor interés investigadas que son FA y DA para maximizar los resultados y beneficios direccionando sus esfuerzos a la planificación y control de riesgos mediante la recolección de información organización, cuantificación, evaluación y su posterior mitigación de los riesgos.
- Es recomendable continuar con estudios adicionales usando como fuente una matriz de riesgos en lugar de las ecuaciones de consecuencia de falla para realizar simulaciones y poder establecer ventajas y desventajas entre el modelo actual y el método de matriz de riesgos.

# RECOMENDACIONES

- En base a los resultados obtenidos es recomendable usar el presente modelo como una guía para disminuir los impactos de los riesgos que afecta al personal de operaciones, el actual frágil ecosistema del Oriente Ecuatoriano, desde un punto de vista técnico y económico de cada compañía.
- Es recomendable que los presupuestos y el control de los costos de cada una de las áreas de la compañía dejen de ser de exclusiva responsabilidad de los gerentes operacionales, líderes de área o gerentes de proyecto. Estos deben ser también parte de las responsabilidades de los supervisores de acuerdo a la jerarquía y responsabilidad. Este involucramiento creará un mayor compromiso hacia los intereses generales de la compañía.



**FIN**