

IAPG

RIDA

Registro de Incidentes en
Ductos de la Argentina

2^{do} Informe (1993 - 2023)

AÑO 2024

Tabla de contenido

| | |
|---|-----------|
| PARTICIPANTES EN LA REDACCIÓN DEL 2º INFORME RIDA | 7 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1. CONTENIDO DE RIDA | 9 |
| 2. DEFINICIONES | 10 |
| 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DUCTOS | 11 |
| 3.1 Longitud y producto transportado | 11 |
| 3.2 Año de construcción | 12 |
| 3.3 Máxima presión admisible de operación (MAPO) | 13 |
| 4.4 Clase de Trazado | 14 |
| 4.5 Diámetro | 15 |
| 4.6 Espesor de pared | 17 |
| 4.7 Grado del acero | 18 |
| 4.8 Revestimiento | 19 |
| 4.9 Tapada | 20 |
| 4. CARACTERÍSTICAS DE LOS INCIDENTES | 21 |
| 4.1 Incidentes acumulados por año | 21 |
| 5.2 Distribución de incidentes en el período 1993-2023 | 23 |
| 5.3 Distribución de incidentes en el período 2009-2023 | 24 |
| 5. EXPOSICIÓN AL DAÑO | 26 |
| 6. FRECUENCIAS DE FALLA PRIMARIAS | 27 |
| 7.1 Frecuencia de falla primaria por causa | 28 |
| 7.2 Frecuencia de falla primaria por principales sub-causas | 29 |
| 7.3 Frecuencia de falla primaria por el tamaño del orificio de fuga | 30 |

7.4 Distribución de sub-causas de incidentes en función del tamaño del orificio de fuga para el período 2009-2023 30

| | |
|--|-----------|
| 8. FRECUENCIAS DE FALLA SECUNDARIAS | 34 |
| 8.1 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y el diámetro del ducto | 34 |
| 8.2 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el diámetro del ducto | 34 |
| 8.3 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y el diámetro del ducto | 35 |
| 8.4 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el diámetro del ducto | 36 |
| 8.5 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de falla y el revestimiento del ducto | 36 |
| 8.6 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de falla y el revestimiento del ducto | 37 |
| 8.7 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y el revestimiento del ducto | 38 |
| 8.8 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de falla y el revestimiento del ducto | 38 |
| 8.9 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y la tapada del ducto | 39 |
| 8.10 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y la tapada del ducto | 40 |
| 8.11 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y la tapada del ducto | 40 |
| 8.12 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y la tapada del ducto | 41 |
| 8.13 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto | 42 |
| 8.14 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto | 42 |
| 8.15 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto | 43 |
| 8.16 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto | 43 |
| 8.17 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y el grado del acero del ducto | 44 |
| 8.18 Frecuencia de falla por causa dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el grado del acero del ducto | 45 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 8.19 | Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y el grado del acero del ducto | 45 |
| 8.20 | Frecuencia de falla por causas independientes de tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el grado del acero del ducto | 46 |
| 8.21 | Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto | 47 |
| 8.22 | Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto | 47 |
| 8.23 | Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto | 48 |
| 8.24 | Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto | 49 |
| 7. | CONSECUENCIAS | 49 |
| 9.1 | Consecuencias de los incidentes ocurridos | 49 |
| 9.2 | Frecuencia de ocurrencia de los incidentes con consecuencias sobre terceros o sus bienes | 50 |
| 8. | CONCLUSIONES | 51 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Longitud anual de ductos incluidos en RIDA | 11 |
| Figura 2 - Longitud anual por año de construcción. | 12 |
| Figura 3 - Longitud anual por rango de MAPO | 13 |
| Figura 4 - Longitud anual por Clase de Trazado | 14 |
| Figura 5 - Longitud anual de ductos por diámetro | 15 |
| Figura 6 – Longitud anual de ductos por espesor de pared | 17 |
| Figura 7 – Longitud anual por grado del acero | 18 |
| Figura 8 – Longitud anual por revestimiento aplicado en la construcción del ducto. | 19 |
| Figura 9 – Longitud anual por tapada nominal del ducto. | 20 |
| Figura 10 – Incidentes acumulados por año | 21 |
| Figura 11 – Incidentes totales por año | 22 |
| Figura 12 – Incidentes por año por causas dependientes del tiempo | 22 |
| Figura 13 – Incidentes por año por causas estáticas o residentes | 23 |
| Figura 14 – Incidentes por año por causas independientes del tiempo | 23 |
| Figura 15 – Distribución de Incidentes acumulados por sub-causa para período 1993-2023 | 23 |
| Figura 16– Distribución de Incidentes acumulados por sub-causa para período 2009-2023 | 25 |
| Figura 17– Evolución de la exposición al daño en el período 1993-2023 | 26 |
| Figura 18 – Evolución de la exposición al daño en el período 2009-2023 | 26 |
| Figura 19 – Distribución de Incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga menor a 2mm para el período 2009-2023 | 31 |
| Figura 20 – Distribución de Incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 2 mm a < 110 mm para el período 2009-2023 | 32 |

Figura 21 – Distribución de Incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 110 mm a rotura para el período 2009-2023 33

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 – Distribución de kilómetros de ductos por fluido transportado | 12 |
| Tabla 2– Distribución de kilómetros de ductos por década de construcción | 13 |
| Tabla 3– Distribución de kilómetros de ductos por rango de MAPO | 14 |
| Tabla 4– Distribución de kilómetros de ductos por Clase de Trazado | 15 |
| Tabla 5– Distribución de kilómetros de ductos por diámetro nominal | 16 |
| Tabla 6 – Distribución de longitud de ductos por rango de espesor nominal | 17 |
| Tabla 7 – Distribución de kilómetros de ductos por grado del acero | 18 |
| Tabla 8 – Distribución de kilómetros de ductos por tipo de revestimiento | 19 |
| Tabla 9 – Distribución de kilómetros de ductos por rango de tapada. | 20 |
| Tabla 10 – Distribución de incidentes por períodos y causa | 22 |
| Tabla 11 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para período 1993-2023 | 24 |
| Tabla 12 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para período 2009-2023 | 25 |
| Tabla 13 – Exposición al daño para diferentes períodos | 27 |
| Tabla 14 – Frecuencia de falla primaria para diferentes períodos | 27 |
| Tabla 15 – Frecuencia de falla primaria por grupo de causa de falla para diferentes períodos | 28 |
| Tabla 16 – Frecuencia de falla primaria por principales sub-causas de falla para diferentes períodos | 29 |
| Tabla 17 – Frecuencia de falla primaria por principales sub-causas de falla para diferentes períodos | 30 |
| Tabla 18 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga menor a 2 mm para el período 2009-2023 | 31 |
| Tabla 19 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 2 mm a <110 mm para el período 2009-2023 | 32 |
| Tabla 20 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 110 mm a rotura para el período 2009-2023 | 33 |
| Tabla 22 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 | 34 |
| Tabla 23 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo | 35 |
| Tabla 24 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes. | 35 |
| Tabla 25 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo | 36 |
| Tabla 26 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de falla y revestimiento del ducto para el período 2009-2023. | 37 |
| Tabla 27 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de falla y revestimiento del ducto para el período 2009-2023 considerando solo las fallas producidas por causas dependientes del tiempo | 38 |
| Tabla 28 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de falla y revestimiento del ducto para el período 2009-2023 considerando solo las fallas producidas por causas estáticas o residentes | 38 |
| Tabla 29 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de falla y revestimiento del ducto para el período 2009-2023 considerando solo las fallas producidas por causas independientes del tiempo. | 39 |
| Tabla 30 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y tapada del ducto para el período 2009-2023 | 39 |
| Tabla 31 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y tapada del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo | 40 |
| Tabla 32 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y tapada del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes | 41 |

| | |
|---|----|
| Tabla 33 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo | 41 |
| Tabla 34 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y espesor de la pared del ducto para el período 2009-2023 | 42 |
| Tabla 35 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y espesor de pared del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo | 42 |
| Tabla 36 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y espesor de pared del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes | 43 |
| Tabla 37 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo | 44 |
| Tabla 38 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y grado del acero del ducto para el período 2009-2023 | 44 |
| Tabla 39 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y grado del acero del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo | 45 |
| Tabla 40 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y grado del acero del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes | 46 |
| Tabla 41 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y grado del acero del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo | 46 |
| Tabla 42 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto para el período 2009-2023 | 47 |
| Tabla 43 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo | 48 |
| Tabla 44 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes | 48 |
| Tabla 45 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo | 49 |
| Tabla 46 - Cantidad de incidentes en los que hubo explosiones, incendios, daños a propiedad de terceros, personas heridas o fallecidas en diferentes períodos (entre paréntesis cantidad de personas) | 50 |
| Tabla 47 – Frecuencia de ocurrencia en diferentes períodos de incidentes en los que haya habido explosiones, incendios, daños a propiedad de terceros, personas heridas o fallecidas | 50 |

Participantes en la redacción del 2º Informe RIDA

RIDA se nutre del aporte anual de los datos ingresados por personal autorizado de cada una de las 16 empresas adheridas.

El diseño, actualización y mantenimiento de la aplicación RIDA está a cargo de la Gerencia de Sistemas.

En la redacción del 2º Informe RIDA participaron Eduardo Carzoglio, Presidente de la Sub-comisión, Cristian Dávila, de Distribuidora de Gas Cuyana, Carmela Gómez, de Gasoducto Cruz del Sur, Ivana Rodini, de Litoral Gas, Carlos Flores, de Naturgy BAN, Lucas Coria, por Gasoducto Trasandino Argentina, Claudio Gomina, de Axion Energy, Ramiro Lamas, de Refinor, Marianela Gómez, de TGN y Hermann Dazeo, de TGS.

Introducción

El 12 de julio de 2018 la Comisión de Integridad de Oleoductos y Gasoductos del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, IAPG, organizó un Workshop sobre Incidentes en Ductos de Transmisión de Petróleo y de Gas. En las conclusiones del mismo se recomendó organizar una base de datos que compilara los datos sobre fugas, derrames y roturas ocurridos en los ductos de la Argentina.

Los Programas de Gestión de Integridad de Ductos de transporte de hidrocarburos líquidos y gas natural se encuentran en nuestro país regulados respectivamente por la Resolución 120E/2017 de la Secretaría de Recursos Hidrocarburíferos del Ministerio de Energía y Minería y por NAG 100, emitida por Enargas, Ente Nacional Regulador del Gas. En ambos casos, se establece la necesidad de realizar análisis de riesgo asociados a la operación de los ductos en función de las amenazas a la integridad identificadas en cada punto de los mismos y de las consecuencias que pueda haber ante la ocurrencia de la pérdida de la estanqueidad de los ductos.

En 2019 la Comisión de Integridad de Oleoductos y Gasoductos del IAPG creó una Sub-comisión de trabajo denominada RIDA, formada por empresas de transporte por ductos de gas natural e hidrocarburos líquidos con el fin de recolectar información de incidentes que impliquen una liberación de fluido no intencional. Las empresas participantes se adhieren voluntariamente y se comprometen a entregar la información que anualmente, por requerimiento de las regulaciones vigentes, deben presentar a los organismos regulatorios relacionadas con fugas, derrames y roturas ocurridos en el año anterior. El grupo de trabajo creó la base de datos RIDA (**R**egistro de Incidentes en **D**uctos de la **A**rgentina) en donde se almacenan año a año las características de los ductos y de los incidentes ocurridos desde 1993.

En la elaboración de este 2º Informe RIDA (1993-2023) participaron las siguientes empresas:

Camuzzi Gas del Sur
Camuzzi Gas Pampeana
Compañía Mega
Distribuidora de Gas Cuyana
Distribuidora de Gas del Centro
Gas NEA
Gasoducto Cruz del Sur
Litoral Gas
Naturgy BAN
Oldelval
Oleoducto Trasandino Argentina
Pan American Energy
Refinor
Transportadora de Gas del Norte
Transportadora de Gas del Sur
YPF

La extensión de los sistemas de ductos de transporte de hidrocarburos líquidos y gas natural incluidos en RIDA en el año 2023 fue 39659 kilómetros.

El objetivo principal de este trabajo es proveer una base amplia de información, para obtener estadísticas nacionales que puedan ser utilizadas en los análisis de riesgo.

El Segundo Informe 1993-2023, al igual que lo hizo el Primer Informe 1993-2020, contiene la descripción del sistema de ductos de Argentina desde el año 1993 al año 2023, la descripción de las fugas, derrames y roturas ocurridas en el mismo período y la determinación de frecuencias de falla en el período 2009-2023.

Los datos y frecuencias de falla reportados en este Informe son los que corresponden a esta población de ductos. Deben ser utilizados por profesionales familiarizados con el análisis de riesgo.

1. Contenido de RIDA

En RIDA se incluyen datos de ductos de transmisión de hidrocarburos líquidos y gas natural a partir del año 1993, independientemente del año de construcción.

Los ductos deben reunir las siguientes condiciones:

- operar a una presión mayor a 15 bar
- ser de acero
- estar enterrados o sumergidos
- estar fuera del dominio exclusivo del operador, en el espacio público o bajo dominio de terceros

Por lo tanto, no se incluyen incidentes ocurridos en los ductos dentro de estaciones de bombeo o plantas compresoras y estaciones de medición y regulación. Se encuentran incluidos incidentes ocurridos en válvulas de bloqueo de línea instaladas fuera de los recintos de las plantas anteriores.

Anualmente se registran las siguientes características nominales de los ductos en operación al 31 de diciembre:

- Longitud
- Diámetro
- Espesor de pared
- Grado del acero
- Revestimiento externo
- Profundidad de tapada
- MAPO
- Producto transportado
- Longitud de cada clase de trazado
- Longitud de sitios identificados como de alta consecuencia

Para cada incidente se registra:

- Características particulares del ducto en el que ocurrió el incidente
- Tamaño del orificio de fuga, derrame o rotura
- Causa del incidente, según la descripción de causas incluidas en ASME B31.8 S y API 1160
- Ocurrencia de ignición y/o explosión
- Consecuencias para las personas y bienes de terceros

2. Definiciones

Se definen a continuación las diferentes categorías utilizadas en RIDA.

Longitud por categoría: se calcula la longitud de ductos con una misma característica. Puede ser longitud total del ducto, longitud de los ductos que transportan determinado fluido, longitud por clase de revestimiento, grado del acero, diámetro o de trazado y longitud por rango de espesor de pared, de MAPO, de profundidad de tapada o de año de construcción. La unidad de medición es kilómetro (km).

Incidente: evento de pérdida de estanqueidad del ducto, no deseado o involuntario desde el punto de vista del operador, que provoca una fuga o derrame del fluido transportado.

Exposición individual al daño: se calcula multiplicando la longitud de un ducto por la cantidad de años en que se ha llevado registro de los incidentes ocurridos en él. La unidad de medición es kilómetro-año (km.año).

Exposición total al daño: se calcula sumando las exposiciones individuales al daño de todos los ductos incluidos en RIDA. La unidad de medición es kilómetro-año (km.año).

Exposición parcial al daño por clase: se calcula sumando las exposiciones individuales de todos los ductos que pertenezcan a una misma clase. Por ejemplo la exposición parcial al daño de los ductos de diámetro inferior o igual a 10" es la suma de las exposiciones individuales al daño de todos los ductos de diámetro 2" a 10". La unidad de medición es kilómetro-año (km.año).

Frecuencia de falla: se calcula dividiendo la cantidad de incidentes ocurridos en un período por la exposición al daño acumulada en ese período. El período pueden ser cinco años o desde el inicio del registro de incidentes hasta una determinada fecha. En este Informe se calculan las frecuencias de falla para los períodos 2009-2013, 2014-2018, 2019-2023 y 2009-2023. La unidad de medida es incidentes por kilómetro.año (incidente/(km.año)). La notación de la frecuencia es científica. Una frecuencia de falla expresada 10^{-3} indica cantidad de incidentes por año cada 1.000 km de ductos, expresada 10^{-4} indica cantidad de incidentes por año cada 10.000 km de ductos y expresada 10^{-5} indica cantidad de incidentes por año cada 100.000 km de ductos. En este Informe en general se expresa en 10^{-4} .

Frecuencia de falla primaria: es la que se calcula tomando en cuenta la totalidad de los ductos incluidos en RIDA para un determinado período. Los incidentes considerados pueden pertenecer solo a una causa o sub causa, o grupo de las mismas.

Frecuencia de falla secundaria: es la que se calcula tomando en cuenta solo una clase de alguna o algunas características de los ductos incluidos en RIDA para un determinado período, con lo cual la exposición debe ser calculada para la clase de ductos seleccionada. Los incidentes considerados pueden pertenecer solo a una causa o sub causa, o grupo de las mismas.

3. Características de los ductos

Se describe la población de ductos incluidos en RIDA en función de longitud, producto transportado, año de construcción, máxima presión admisible de operación (MAPO), clase de trazado y sus características nominales de diseño respecto de diámetro, espesor, grado del acero, revestimiento y tapada.

Para cada característica se describe a través de un gráfico la evolución anual desde el año 1993 hasta el año 2023. Para una mejor evaluación en una tabla se muestran los valores desagregados correspondientes a los últimos 15 años, vale decir para los años 2009, 2014, 2019 y 2023.

3.1 Longitud y producto transportado

El conjunto de ductos de transporte de hidrocarburos líquidos y gaseosos incluidos en RIDA suma 39659 km en el año 2023. En la Figura 1 se observa su evolución desde el año 1993.

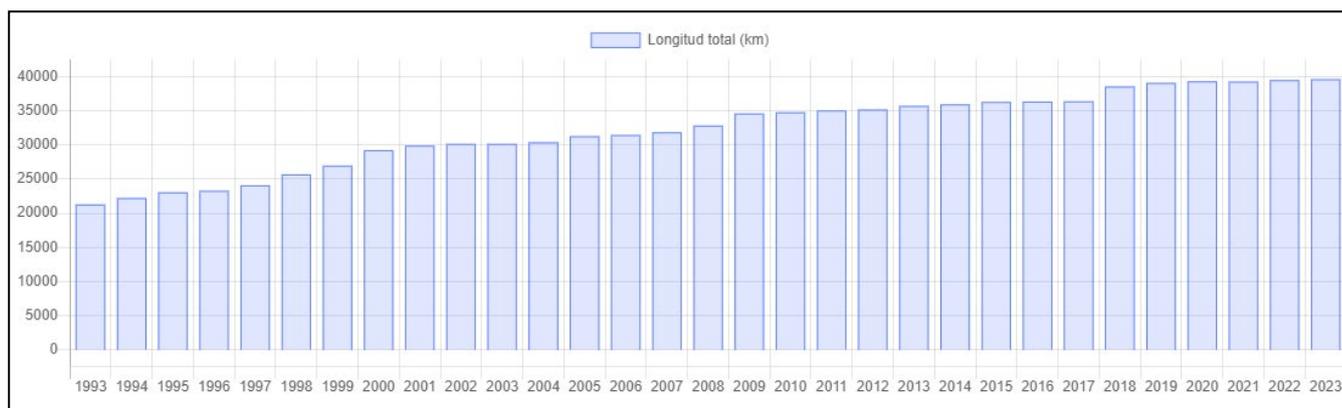


Figura 1 - Longitud anual de ductos incluidos en RIDA

La distribución de longitud de ductos por producto transportado se muestra en la Tabla 1. La mayor proporción corresponde a transporte de gas natural.

| Producto | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Km | Km | Km | Km | % |
| Gas Natural | 27715 | 29047 | 32131 | 32674 | 82,39 |
| Petróleo Crudo | 3339 | 3339 | 3429 | 3420 | 8,62 |
| Poliducto | 2933 | 2933 | 2933 | 2940 | 7,41 |
| NGL | 599 | 599 | 599 | 599 | 1,51 |
| Propano | 15 | 15 | 15 | 15 | 0,04 |
| Jet A-1 | 11 | 11 | 11 | 11 | 0,03 |
| Total | 34612 | 35944 | 39118 | 39659 | 100 |

Tabla 1 – Distribución de kilómetros de ductos por fluido transportado

3.2 Año de construcción

La figura 2 muestra la longitud anual por década de construcción de los ductos. Se puede apreciar la longitud construida cada año a partir de 1993. No se observan caídas pronunciadas en ningún año para los ductos de cada década, lo que muestra que la mayoría de estos ductos continúan en operación. Existen ductos en operación de más de 70 años de antigüedad.

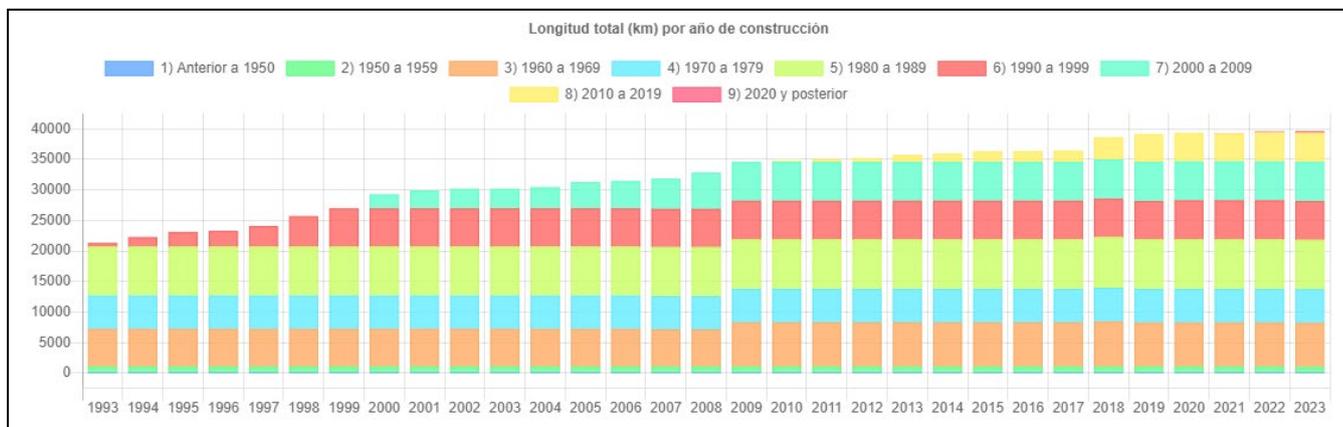


Figura 2 - Longitud anual por año de construcción.

La Tabla 2 muestra la longitud de ductos en operación por década de construcción en los años 2009, 2014, 2019 y 2023. En el año 2023 muestra la longitud de ductos de transporte de gas natural, hidrocarburos líquidos, total y porcentaje sobre el total para cada década. Desde 1960 a 2009 se incorporaron más de 5000 km de ductos por década.

| Década de Construcción | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|----------|-------|---------|
| | Km | Km | Km | Gas | Líquidos | Total | % Total |
| | | | | Km | Km | Km | % |
| Anterior 1950 | 79 | 79 | 79 | 79 | 0 | 79 | 0,20 |
| 1950 a 1959 | 1002 | 1002 | 1002 | 573 | 382 | 955 | 2,41 |
| 1960 a 1969 | 7210 | 7210 | 7203 | 3944 | 3255 | 7199 | 18,15 |
| 1970 a 1979 | 5526 | 5526 | 5526 | 4036 | 1477 | 5513 | 13,90 |
| 1980 a 1989 | 8074 | 8074 | 8071 | 7459 | 610 | 8069 | 20,35 |
| 1990 a 1999 | 6324 | 6324 | 6324 | 5889 | 500 | 6389 | 16,11 |
| 2000 a 2009 | 6396 | 6396 | 6396 | 5632 | 792 | 6424 | 16,20 |
| 2010 a 2019 | 0 | 1332 | 4516 | 4631 | 97 | 4728 | 11,92 |
| 2020 a 2023 | 0 | 0 | 0 | 302 | 0 | 302 | 0,76 |

Tabla 2– Distribución de kilómetros de ductos por década de construcción

3.3 Máxima presión admisible de operación (MAPO)

En la Figura 3 se puede observar la longitud anual por rango de MAPO entre 15 kg/cm² y más de 105 kg/cm². En los ductos más nuevos la tendencia es operar a mayores presiones.

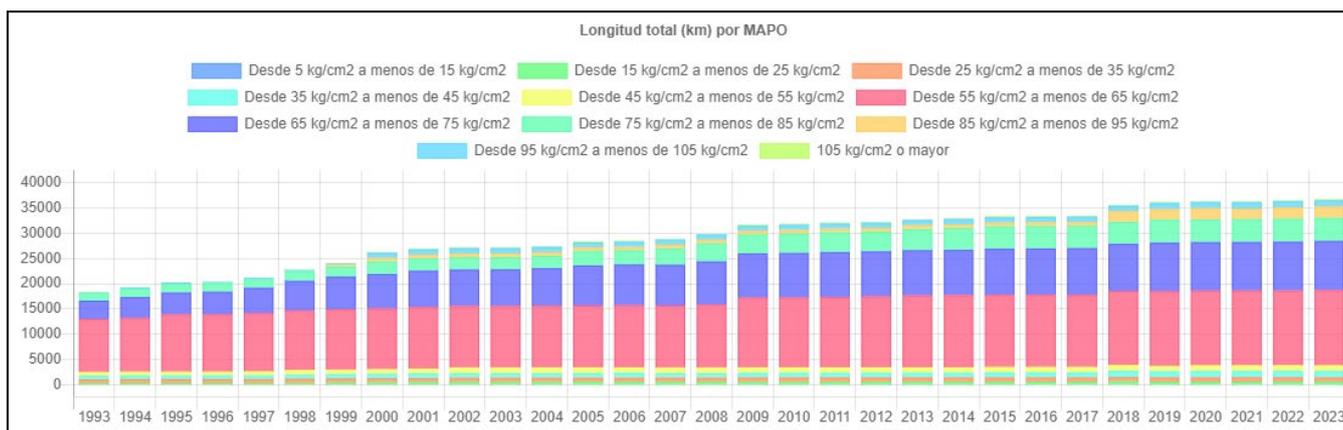


Figura 3 - Longitud anual por rango de MAPO

En la Tabla 3 se muestra la longitud de ductos por rango de MAPO en los años 2009, 2014, 2019 y 2023. En el año 2023 se muestra la longitud de ductos de transporte de gas natural, hidrocarburos líquidos, total y porcentaje sobre el total para cada rango de MAPO. La mayor proporción de ductos, 79,72%, opera con MAPO entre 55 y 85 kg/cm².

| Rango de MAPO | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|---------|
| | | | | Gas | Líquidos | Total | % Total |
| Kg/cm ² | Km | Km | Km | Km | Km | Km | % |
| MAPO < 25 | 532 | 543 | 571 | 575 | 6 | 581 | 1,58 |
| 25 ≤ MAPO < 35 | 868 | 877 | 872 | 813 | 19 | 832 | 2,27 |
| 35 ≤ MAPO < 45 | 915 | 926 | 1164 | 1205 | 56 | 1261 | 3,44 |
| 45 ≤ MAPO < 55 | 1117 | 1117 | 1122 | 956 | 166 | 1122 | 3,06 |
| 55 ≤ MAPO < 65 | 13816 | 14289 | 14816 | 13569 | 1355 | 14924 | 40,68 |
| 65 ≤ MAPO < 75 | 8762 | 8957 | 9611 | 9419 | 354 | 9773 | 26,64 |
| 75 ≤ MAPO < 85 | 3749 | 4343 | 4530 | 3161 | 1390 | 4551 | 12,40 |
| 85 ≤ MAPO < 95 | 713 | 732 | 2082 | 1928 | 333 | 2261 | 6,16 |
| 95 ≤ MAPO < 105 | 1023 | 1043 | 1231 | 915 | 316 | 1231 | 3,36 |
| 105 ≤ MAPO | 151 | 155 | 151 | 0 | 151 | 151 | 0,41 |

Tabla 3– Distribución de kilómetros de ductos por rango de MAPO

4.4 Clase de Trazado

En la Figura 4 se puede observar la longitud anual de ductos según su Clase de Trazado.

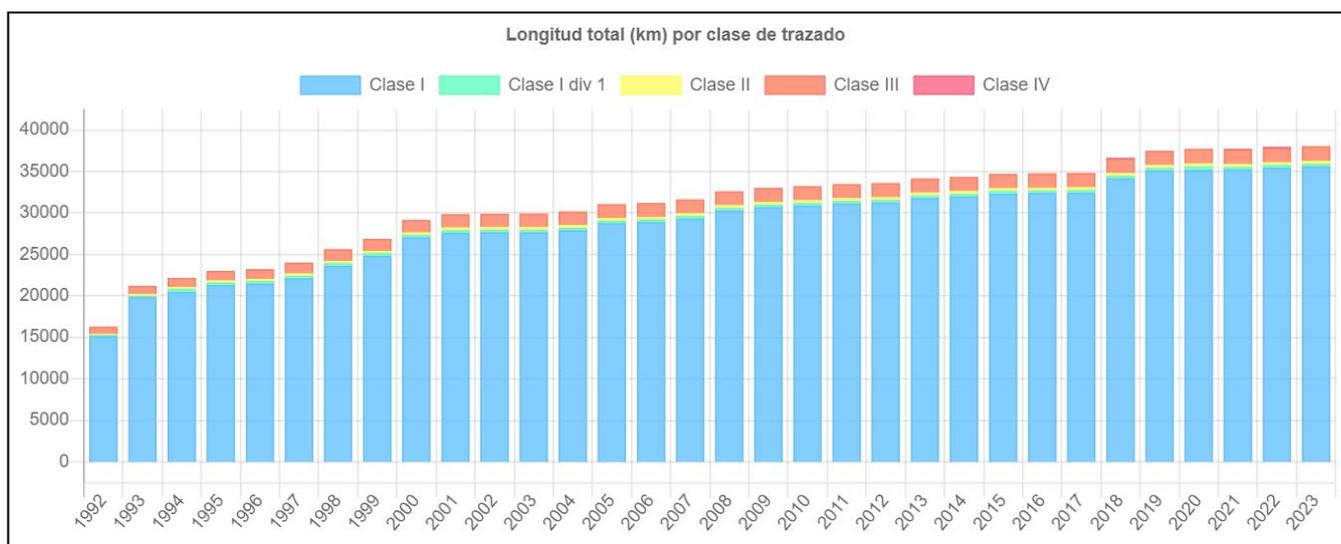


Figura 4 - Longitud anual por Clase de Trazado

En la Tabla 4 se muestra la longitud de ductos por Clase de Trazado en los años 2009, 2014, 2019 y 2023. En el año 2023 se muestra la longitud de ductos de transporte de gas natural, hidrocarburos líquidos, total y porcentaje sobre el total para cada clase de trazado.

Se puede observar que los ductos en Clase de Trazado 1 son los predominantes, los ductos en Clase de Trazado 2 se han mantenido constantes, en muy bajo porcentaje a lo largo del tiempo, han aumentado levemente los ductos en Clase de Trazado 3 y disminuido considerablemente en Clase de Trazado 4 en el año 2023 por el abandono de ductos que se encontraban en esa Clase.

| Clase de Trazado | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|---------|
| | | | | Gas | Líquidos | Total | % Total |
| | Km | Km | Km | Km | Km | Km | % |
| Clase 1 Div 1 | 305 | 305 | 305 | 0 | 305 | 305 | 0,802 |
| Clase 1 | 30696 | 31987 | 35124 | 30498 | 5113 | 35611 | 93,629 |
| Clase 2 | 337 | 342 | 342 | 271 | 72 | 343 | 0,901 |
| Clase 3 | 1675 | 1697 | 1735 | 1740 | 34 | 1774 | 4,664 |
| Clase 4 | 0 | 13 | 13 | 1 | 0 | 1 | 0,003 |

Tabla 4– Distribución de kilómetros de ductos por Clase de Trazado

4.5 Diámetro

En la Figura 5 se puede observar la longitud anual de ductos por diámetro nominal. Históricamente ductos con diámetro 24" y 30" han sido los predominantes.

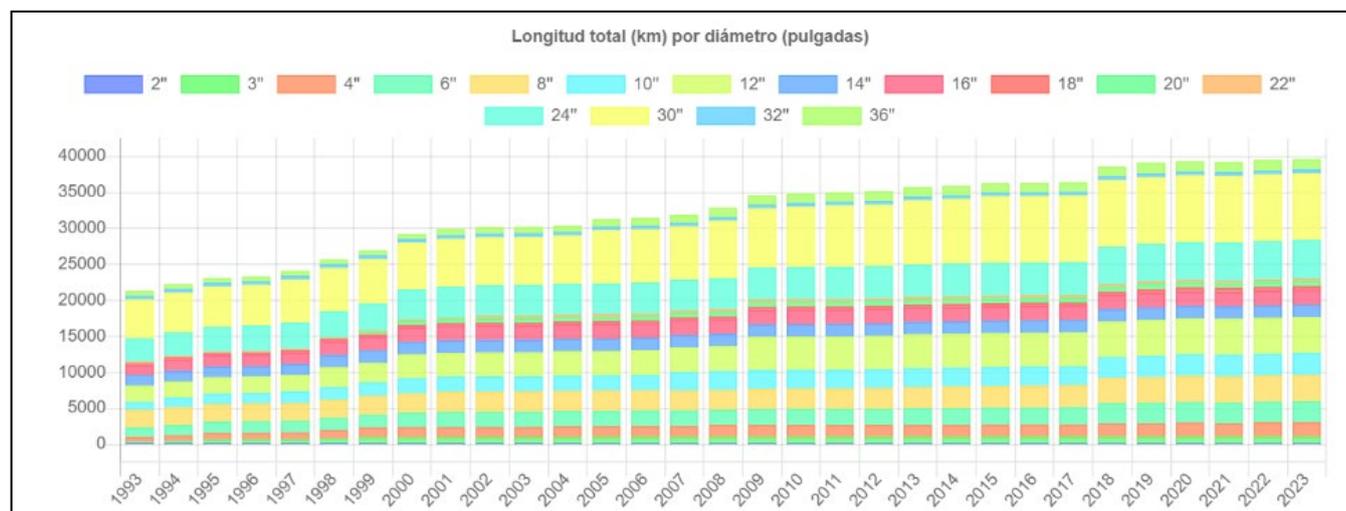


Figura 5 - Longitud anual de ductos por diámetro

En la Tabla 5 se muestra la longitud de ductos por diámetro nominal en los años 2009, 2014, 2019 y 2023. En el año 2023 se muestra la longitud de ductos de transporte de gas natural, hidrocarburos líquidos, total y porcentaje sobre el total para cada diámetro.

Los ductos de 24" y 30" son el 36,90% en el año 2023. Mayoritariamente transportan gas natural. Los ductos de transporte de hidrocarburos líquidos en su mayor parte son de 12" a 16". Las líneas cuyo diámetro es menor o igual a 12" son el 44,62% de las líneas en operación, en su mayor parte de empresas distribuidoras de gas natural.

| Diámetro | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | | | |
|----------|------|------|------|------|----------|-------|---------|
| | | | | Gas | Líquidos | Total | % Total |
| pulgada | Km | Km | Km | Km | Km | Km | % |
| 2 | 133 | 135 | 147 | 156 | 0 | 156 | 0,39 |
| 3 | 860 | 868 | 879 | 878 | 0 | 878 | 2,21 |
| 4 | 1679 | 1679 | 1892 | 2020 | 0 | 2020 | 5,09 |
| 6 | 2213 | 2355 | 2824 | 2902 | 18 | 2920 | 7,36 |
| 8 | 2818 | 2981 | 3579 | 3626 | 51 | 3677 | 9,27 |
| 10 | 2596 | 2606 | 2967 | 2939 | 137 | 3076 | 7,75 |
| 12 | 4609 | 4710 | 4983 | 1802 | 3174 | 4976 | 12,55 |
| 14 | 1736 | 1736 | 1736 | 0 | 1727 | 1727 | 4,35 |
| 16 | 2034 | 2034 | 2034 | 1027 | 1007 | 2034 | 5,13 |
| 18 | 400 | 401 | 545 | 422 | 123 | 545 | 1,37 |
| 20 | 678 | 678 | 678 | 610 | 68 | 678 | 1,71 |
| 22 | 346 | 346 | 346 | 180 | 166 | 346 | 0,87 |
| 24 | 4455 | 4566 | 5257 | 5296 | 50 | 5346 | 13,48 |
| 30 | 8231 | 9000 | 9289 | 9223 | 66 | 9289 | 23,42 |
| 32 | 528 | 528 | 528 | 0 | 528 | 528 | 1,33 |
| 36 | 1297 | 1320 | 1435 | 1463 | 0 | 1463 | 3,69 |

Tabla 5– Distribución de kilómetros de ductos por diámetro nominal

4.6 Espesor de pared

En la Figura 6 se puede observar la longitud anual de ductos por rango de espesor de pared.

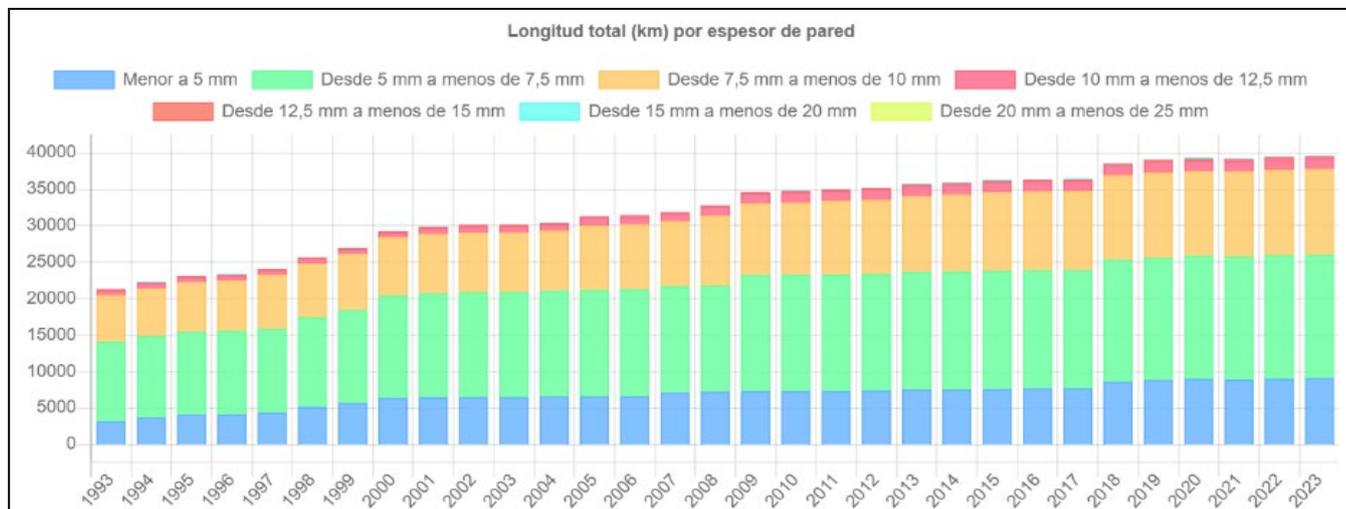


Figura 6 – Longitud anual de ductos por espesor de pared

En la Tabla 6 se muestra la longitud de ductos por rango de espesor de pared en los años 2009, 2014, 2019 y 2023. En el año 2023 se muestra la longitud de ductos de transporte de gas natural, hidrocarburos líquidos, total y porcentaje sobre el total para cada rango de espesor de pared. La mayor proporción de ductos, 72,35%, tiene espesor entre 5 y 10mm.

| Espesor | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|---------|
| | | | | Gas | Líquidos | Total | % Total |
| mm | Km | Km | Km | Km | Km | Km | % |
| Espesor < 5 | 7296 | 7552 | 8811 | 8719 | 402 | 9121 | 23,00 |
| 5 ≤ Espesor < 7,5 | 15938 | 16167 | 16841 | 10490 | 6464 | 16954 | 42,75 |
| 7,5 ≤ Espesor < 10 | 9797 | 10555 | 11648 | 11556 | 182 | 11738 | 29,60 |
| 10 ≤ Espesor < 12,5 | 1421 | 1474 | 1506 | 1469 | 66 | 1535 | 3,87 |
| 12,5 ≤ Espesor < 15 | 119 | 119 | 234 | 234 | 0 | 234 | 0,59 |
| 15 ≤ Espesor < 20 | 37 | 74 | 74 | 74 | 0 | 74 | 0,19 |
| 20 ≤ Espesor < 25 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0,01 |

Tabla 6 – Distribución de longitud de ductos por rango de espesor nominal

4.7 Grado del acero

En la Figura 7 se puede observar la longitud anual por grado del acero.

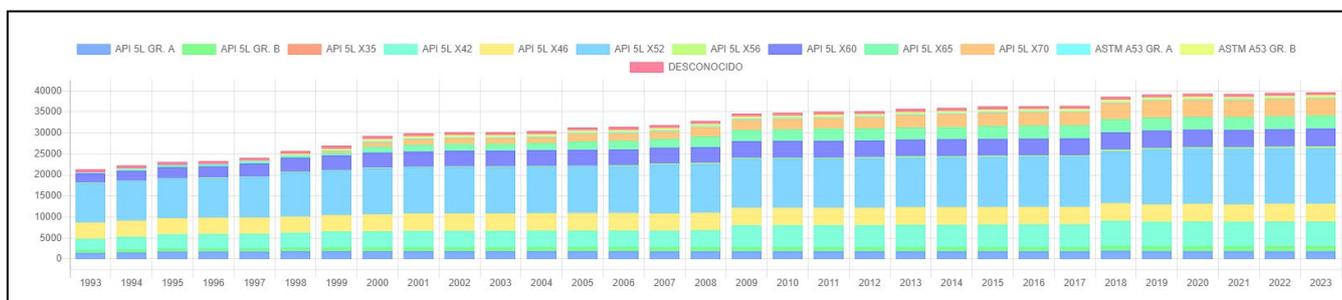


Figura 7 – Longitud anual por grado del acero

En la Tabla 7 se muestra la longitud para cada calidad de acero en los años 2009, 2014, 2019 y 2023. En el año 2023 se muestra, además de la longitud de ductos de transporte total, el porcentaje sobre el total para cada grado del acero del ducto. La mayor proporción de ductos, 33,48%, responde al grado API 5L X52.

| Grado del acero | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|---------|
| | | | | Gas | Líquidos | Total | % Total |
| | | | | Km | Km | Km | % |
| API 5L Grado A | 1859 | 1859 | 1855 | 1850 | 0 | 1850 | 4,66 |
| API 5L Grado B | 960 | 965 | 1151 | 1254 | 11 | 1265 | 3,18 |
| API 5L X35 | 0 | 0 | 0 | 114 | 0 | 114 | 0,29 |
| API 5L X42 | 5209 | 5343 | 5814 | 4252 | 1566 | 5818 | 14,63 |
| API 5L X46 | 4154 | 4154 | 4154 | 1221 | 2970 | 4191 | 10,54 |
| API 5L X52 | 11623 | 11902 | 13107 | 11964 | 1353 | 13317 | 33,48 |
| API 5L X56 | 243 | 243 | 319 | 349 | 0 | 349 | 0,88 |
| API 5L X60 | 3998 | 4010 | 4158 | 3938 | 300 | 4238 | 10,66 |
| API 5L X65 | 2683 | 2894 | 3077 | 2276 | 801 | 3077 | 7,74 |
| API 5L X70 | 2383 | 3074 | 3986 | 4078 | 25 | 4103 | 10,32 |
| ASTM A53 Gr.A | 266 | 266 | 266 | 265 | 0 | 265 | 0,67 |
| ASTM A53 Gr.B | 496 | 496 | 496 | 496 | 0 | 496 | 1,25 |
| Desconocido | 738 | 738 | 738 | 690 | 0 | 690 | 1,73 |

Tabla 7 – Distribución de kilómetros de ductos por grado del acero

4.8 Revestimiento

En la Figura 8 se puede observar la longitud anual por tipo de revestimiento aplicado a los ductos en el momento de su construcción. Los revestimientos de base asfáltica son los predominantes, seguidos de los polietilenos extruidos.

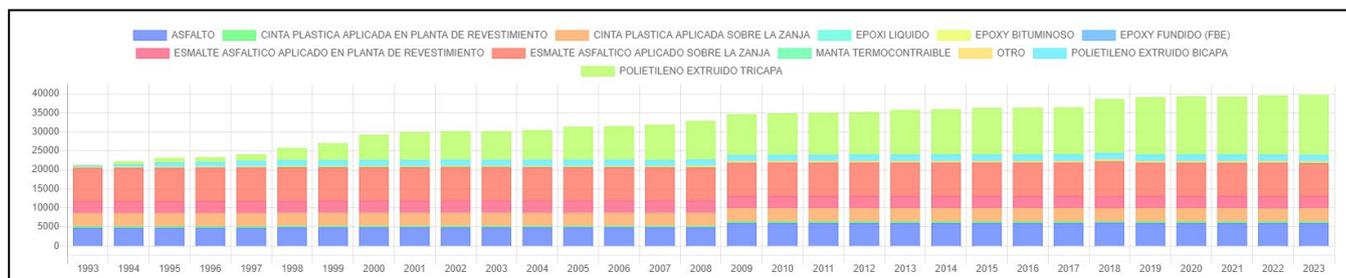


Figura 8 – Longitud anual por revestimiento aplicado en la construcción del ducto.

En la Tabla 8 se muestra la longitud para cada revestimiento en los años 2009, 2014, 2019 y 2023. En el año 2023 se muestra, además de la longitud de ductos de transporte total, el porcentaje sobre el total para cada revestimiento.

| Revestimiento | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|----------|-------|---------|
| | | | | Gas | Líquidos | Total | % Total |
| | | | | Km | Km | Km | % |
| Asfalto | 6052 | 6052 | 6047 | 3283 | 2754 | 6037 | 15,22 |
| Esmalte asfáltico aplicado sobre la zanja | 8665 | 8665 | 8660 | 5677 | 2967 | 8644 | 21,80 |
| Esmalte asfáltico aplicado en planta de revestimiento | 3273 | 3310 | 3310 | 3263 | 0 | 3263 | 8,23 |
| Cinta plástica aplicada sobre la zanja | 3346 | 3346 | 3346 | 3345 | 0 | 3345 | 8,43 |
| Cinta plástica aplicada en planta de revestimiento | 365 | 365 | 365 | 365 | 0 | 365 | 0,92 |
| Polietileno extruido bicapa | 1620 | 1716 | 1716 | 1650 | 66 | 1716 | 4,33 |
| Polietileno extruido tricapa | 10695 | 11894 | 15078 | 14367 | 1326 | 15693 | 39,57 |
| Manta termocontraíble | 120 | 120 | 120 | 120 | 0 | 120 | 0,30 |
| Epoxy fundido (FBE) | 54 | 54 | 54 | 54 | 0 | 54 | 0,14 |
| Epoxy bituminoso | 33 | 33 | 33 | 33 | 0 | 33 | 0,08 |
| Epoxy líquido | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0,01 |
| Otro | 387 | 387 | 387 | 387 | 0 | 387 | 0,98 |

Tabla 8 – Distribución de kilómetros de ductos por tipo de revestimiento

La mayor proporción de ductos, 45,25%, han sido revestidos con revestimientos de base asfáltica de distintas calidades. Se trata de ductos construidos antes de 1986. Se puede observar en la Figura 8 que prácticamente desde el año 2006 el único revestimiento aplicado en ductos nuevos es polietileno extruido tricapa, que en 2023 se encuentra en el 39,57% de los ductos en operación.

4.9 Tapada

En la Figura 9 se puede observar la longitud anual por profundidad de tapada nominal. La tapada más común es entre 80 y 100cm.

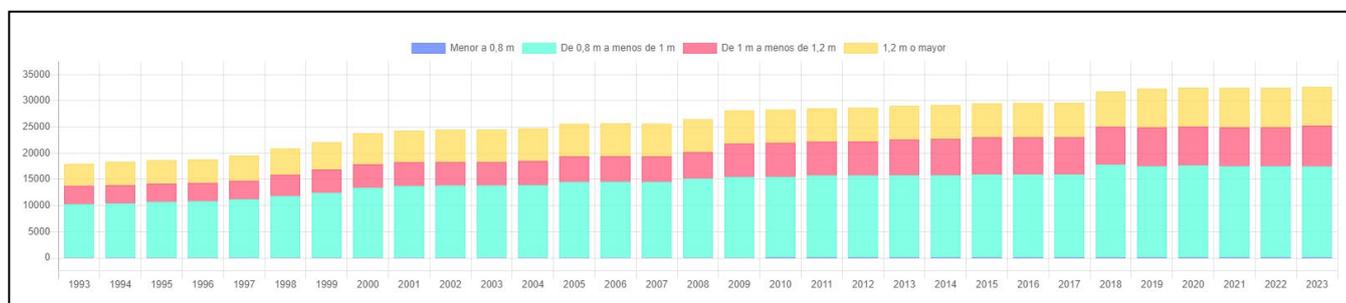


Figura 9 – Longitud anual por tapada nominal del ducto.

En la Tabla 9 se muestra la longitud para cada rango de tapada en los años 2009, 2014, 2019 y 2023. En el año 2023 se muestra, además de la longitud de ductos de transporte total, el porcentaje sobre el total para cada rango de tapada. La mayor proporción de ductos, 53,10%, posee tapada entre 80 y 100cm. Al comparar los resultados desde 2014 en adelante, se observa que la tapada de los ductos construidos a partir de ese año es superior a 80cm.

| Tapada | 2009 | 2014 | 2019 | 2023 | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | | | | Total | % Total |
| cm | Km | Km | Km | Km | % |
| Tapada < 80 | 39 | 76 | 76 | 75 | 0,23 |
| 80 ≤ Tapada < 100 | 15400 | 15675 | 17425 | 17351 | 53,10 |
| 100 ≤ Tapada < 120 | 6364 | 6978 | 7409 | 7815 | 23,91 |
| Tapada ≥ 120 | 6331 | 6457 | 7385 | 7438 | 22,76 |

Tabla 9 – Distribución de kilómetros de ductos por rango de tapada.

4. Características de los incidentes

Hasta la fecha de redacción de este Informe, se han registrado 374 incidentes en RIDA ocurridos entre 1993 y 2023. En las páginas siguientes se muestran frecuencias de falla para el período 2009-2023 y para los quinquenios 2009-2014, 2013-2018 y 2019-2023 que permiten tener un panorama acerca de la evolución en los últimos 15 años.

4.1 Incidentes acumulados por año

En la Figura 10 se representa la evolución anual de todos los incidentes ocurridos durante el periodo 1993-2023. Asimismo, se presenta la evolución de los incidentes agrupados en causas dependientes del tiempo, independientes del tiempo y residentes o estáticas.

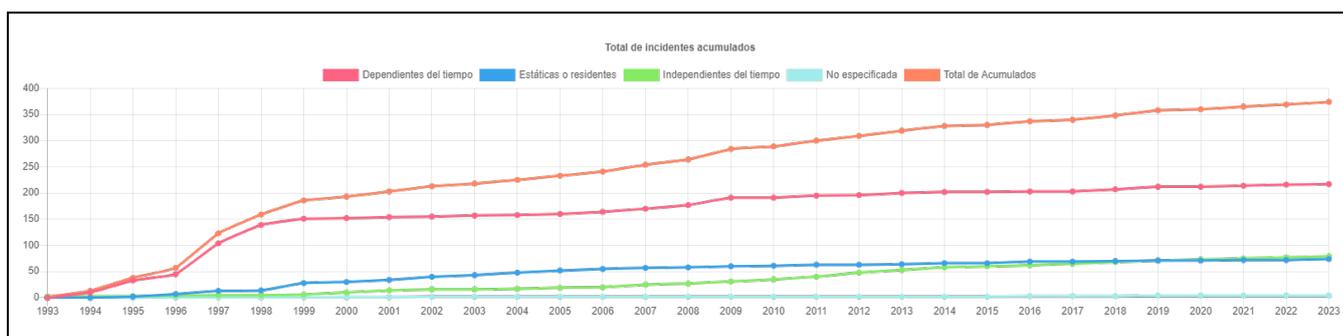


Figura 10 – Incidentes acumulados por año

La Tabla 10 exhibe los incidentes totales acumulados para los periodos 1993-2023, 2009-2013, 2014-2018, 2019-2023 y 2009-2023. Además, se presentan los totales acumulados para cada categoría de causa. Es notable la disminución constante de la cantidad de incidentes con el avance del tiempo a pesar de que los ductos suman años de operación y en particular el retroceso del número de incidentes por causas dependientes del tiempo. En los 3 quinquenios desde 2009 la mayor cantidad de incidentes corresponde a causas independientes del tiempo.

| Incidentes con fuga, derrame y/o rotura | 1993- 2023 | 2009- 2013 | 2014- 2018 | 2019- 2023 | 2009-2023 | | |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|----------|-------|
| | Nº | Nº | Nº | Nº | Gas | Líquidos | Total |
| | | | | | Nº | Nº | Nº |
| Total | 374 | 55 | 29 | 26 | 63 | 47 | 110 |
| Dependientes del tiempo | 217 | 23 | 7 | 10 | 10 | 30 | 40 |
| Estática o residente | 74 | 6 | 6 | 4 | 13 | 6 | 16 |
| Independientes del tiempo | 79 | 26 | 15 | 11 | 33 | 19 | 52 |
| No especificada | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |

Tabla 10 – Distribución de incidentes por períodos y causa

En la Figura 11 se muestran los incidentes totales por año para el período 1993-2023, en las Figuras 12, 13 y 14 se representan, para el mismo período, respectivamente los incidentes totales por año por causas dependientes del tiempo, los incidentes por causas residentes o estáticas y los incidentes por causas independientes del tiempo. Se debe prestar atención a que la escala de cantidad de incidentes cambia en cada gráfico.

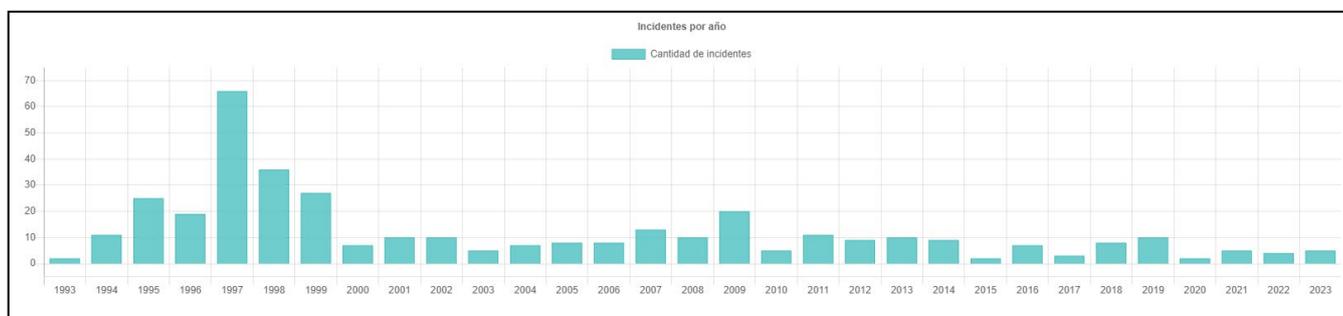


Figura 11 – Incidentes totales por año

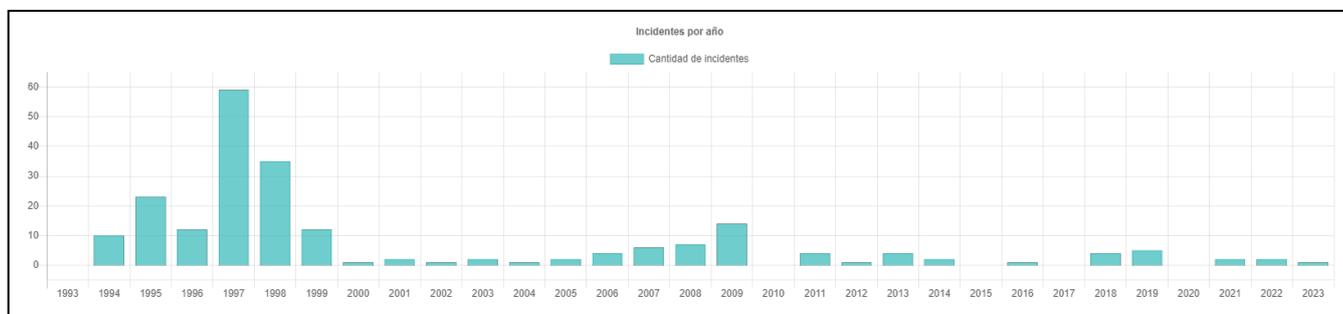


Figura 12 – Incidentes por año por causas dependientes del tiempo

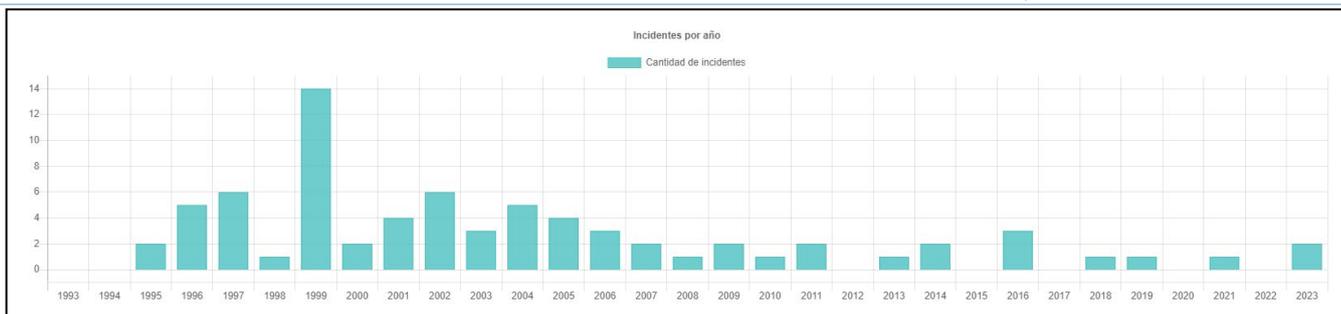


Figura 13 – Incidentes por año por causas estáticas o residentes

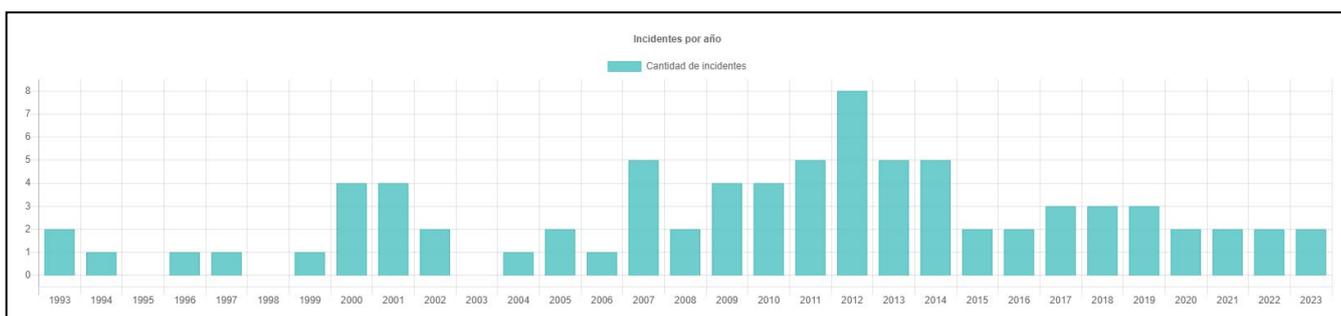


Figura 14 – Incidentes por año por causas independientes del tiempo

5.2 Distribución de incidentes en el período 1993-2023

En la Figura 15 se muestra la distribución de incidentes por sub-causa para el período 1993-2023. En la Tabla 11 se muestran la distribución de incidentes en el período 1993-2023. Se desglosan por sub-causa y se agrupan en diversos colores por las causas (Dependientes del tiempo, Estáticas o residentes e Independientes del tiempo), como así también la ponderación sobre la totalidad de los incidentes



Figura 15 – Distribución de Incidentes acumulados por sub-causa para período 1993-2023

| Causa | Cantidad de Incidentes | Porcentaje (%) |
|---|------------------------|----------------|
| Corrosión externa | 206 | 55,08 |
| Corrosión interna | 2 | 0,53 |
| Corrosión bajo tensión | 7 | 1,87 |
| Fragilización por hidrógeno | 2 | 0,53 |
| Falla en otras soldaduras de construcción | 24 | 6,42 |
| Fallas en válvulas | 19 | 5,08 |
| Falla de manufactura de la soldadura del caño | 15 | 4,01 |
| Fallas en sellos | 13 | 3,48 |
| Falla de manufactura de la chapa del caño | 2 | 0,53 |
| Fallas de uniones roscadas | 1 | 0,27 |
| Daño por tercero | 49 | 13,10 |
| Robo de fluido | 13 | 3,48 |
| Daño por contratista | 6 | 1,60 |
| Deslizamiento de ladera | 5 | 1,34 |
| Crecida de curso de agua | 3 | 0,80 |
| Daño por personal propio | 1 | 0,27 |
| Operación incorrecta | 1 | 0,27 |
| Caída de rayo | 1 | 0,27 |
| Otras fallas | 4 | 1,07 |

Tabla 11 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para período 1993-2023

5.3 Distribución de incidentes en el período 2009-2023

En el período 2009-2023 se produjeron 110 incidentes. En la Figura 16 se muestra la distribución de incidentes por sub-causa para el período 2009-2023. En la Tabla 12 se muestra la cantidad y porcentaje correspondiente a cada sub-causa agrupadas por causa y fluido transportado.



Figura 16– Distribución de Incidentes acumulados por sub-causa para período 2009-2023

| Causa | Cantidad de Incidentes | | | |
|---|------------------------|----------|-------|-------|
| | Gas | Líquidos | Total | (%) |
| Corrosión externa | 15 | 18 | 33 | 30,00 |
| Corrosión interna | 0 | 2 | 2 | 1,82 |
| Corrosión bajo tensión | 2 | 1 | 3 | 2,73 |
| Fragilización por hidrógeno | 2 | 0 | 2 | 1,82 |
| Falla en otras soldaduras de construcción | 5 | 1 | 6 | 5,45 |
| Falla de manufactura de la sold. del caño | 3 | 5 | 8 | 7,27 |
| Fallas en sellos | 2 | 0 | 2 | 1,82 |
| Daño por tercero | 30 | 8 | 38 | 34,55 |
| Robo de fluido | 0 | 10 | 10 | 9,09 |
| Daño por contratista | 2 | 1 | 3 | 2,73 |
| Caída de rayo | 1 | 0 | 1 | 0,91 |
| Otras fallas | 1 | 1 | 2 | 1,82 |

Tabla 12 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para período 2009-2023

5. Exposición al daño

La exposición al daño, medida en kilómetro-año, indica el ámbito en tiempo de operación y longitud del ducto en el cual han ocurrido los incidentes. En la Figura 17 se muestra la evolución de la exposición al daño de todos los ductos registrados en RIDA desde el año 1993 hasta el año 2023, alcanzando el valor de 999.643 km.año.

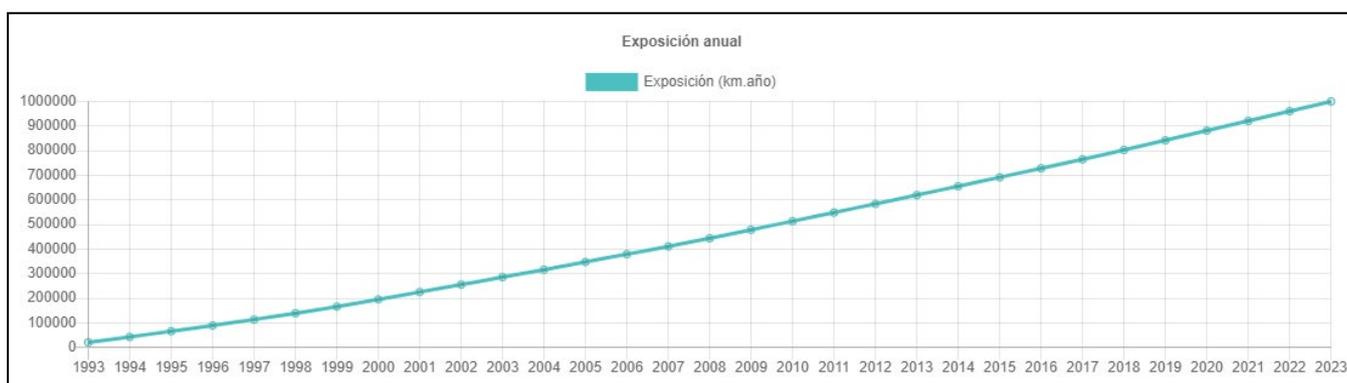


Figura 17– Evolución de la exposición al daño en el período 1993-2023

A la fecha de redacción de este Informe todas las empresas participantes del informe de RIDA han cargado todos sus incidentes ocurridos desde 2006 pero no desde 1993. Las frecuencias de falla que se muestran en las secciones siguientes están calculadas para el período 2009-2023 y para los quinquenios 2009-2013, 2014-2018 y 2019-2023. En la Figura 18 se muestra la evolución de la exposición al daño de los ductos registrados en RIDA desde el año 2009 hasta el año 2023, alcanzando el valor de 555.467 km.año.

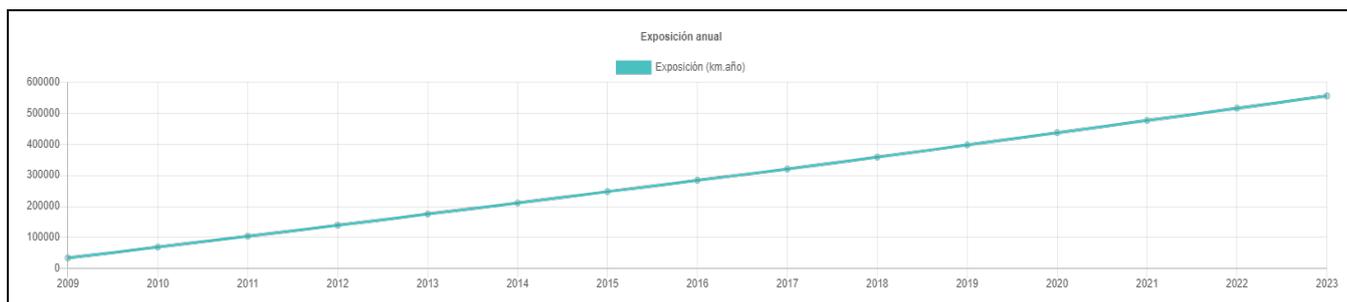


Figura 18 – Evolución de la exposición al daño en el período 2009-2023

En la Tabla 13 se encuentran las exposiciones acumuladas para los períodos en que se informarán frecuencias de falla primarias.

| Período | Exposición al daño | | |
|------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------|
| | Ductos de gas natural | Ductos de hidrocarburos líquidos | Total |
| año | Km.año | Km.año | Km.año |
| 1993-2023 | 809.958 | 189.685 | 999.643 |
| 2009-2013 | 140.278 | 35.128 | 175.406 |
| 2014-2018 | 148.050 | 35.131 | 183.181 |
| 2019-2023 | 161.276 | 35.597 | 196.873 |
| 2009-2023 | 449.611 | 105.856 | 555.467 |

Tabla 13 – Exposición al daño para diferentes períodos

6. Frecuencias de falla primarias

En la Tabla 14 se muestra la frecuencia de falla primaria para diferentes períodos considerando todo tipo de fugas, derrames y roturas. Es notable la disminución de la frecuencia entre el primer y tercer quinquenio. El valor para el período 2019-2023 es el 42.1 % del valor del período 2009-2013.

| Período | Incidentes | Exposición al daño | Frecuencia de falla primaria |
|--|------------|--------------------|------------------------------|
| Años | Cantidad | Km.año | Incidentes/km.año |
| 2009-2013 | 55 | 175.408 | 3,136 10 ⁻⁴ |
| 2014-2018 | 29 | 183.183 | 1,583 10 ⁻⁴ |
| 2019-2023 | 26 | 196.876 | 1,321 10 ⁻⁴ |
| 2009-2023 | 110 | 555.462 | 1,980 10 ⁻⁴ |
| 1^{er} Informe RIDA 2006-2020 | 118 | 503.864 | 2,342 10 ⁻⁴ |

Tabla 14 – Frecuencia de falla primaria para diferentes períodos

Resulta también significativa las mejoras respecto del 1^{er} Informe RIDA (1993-2020) para los últimos 15 años. La cantidad de incidentes fue 6,8% menor, la exposición al daño fue 10,2% mayor y la frecuencia de falla fue 15,5% menor

7.1 Frecuencia de falla primaria por causa

En la Tabla 15 se muestra la frecuencia de falla primaria de las tres grandes causas de incidentes para diferentes períodos. Se observa para el período 2009-2023 que la frecuencia de falla primaria para hidrocarburos líquidos, en todos los casos es mayor (más del doble) que para gas natural.

| Causa de falla | Frecuencia de falla primaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|----------------------------------|--|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | 2009-2013 | 2014-2018 | 2019-2023 | 2009-2023 | | |
| | | | | Gas | Líquidos | Total |
| Todas | 3,136 10⁻⁴ | 1,583 10⁻⁴ | 1,321 10⁻⁴ | 1,395 10⁻⁴ | 4,522 10⁻⁴ | 1,980 10⁻⁴ |
| Dependientes del tiempo | 1,311 10 ⁻⁴ | 0,382 10 ⁻⁴ | 0,508 10 ⁻⁴ | 0,420 10 ⁻⁴ | 2,021 10 ⁻⁴ | 0,720 10⁻⁴ |
| Estáticas o residentes | 0,342 10 ⁻⁴ | 0,328 10 ⁻⁴ | 0,203 10 ⁻⁴ | 0,221 10 ⁻⁴ | 0,577 10 ⁻⁴ | 0,288 10⁻⁴ |
| Independientes del tiempo | 1,482 10 ⁻⁴ | 0,819 10 ⁻⁴ | 0,559 10 ⁻⁴ | 0,730 10 ⁻⁴ | 1,828 10 ⁻⁴ | 0,936 10⁻⁴ |
| No especificada | 0 | 0,055 10 ⁻⁴ | 0,051 10 ⁻⁴ | 0,022 10 ⁻⁴ | 0,096 10 ⁻⁴ | 0,036 10⁻⁴ |

Tabla 15 – Frecuencia de falla primaria por grupo de causa de falla para diferentes períodos

7.2 Frecuencia de falla primaria por principales sub-causas

En la Tabla 16 se muestra la frecuencia de falla primaria de cada una de las sub-causas de los incidentes ocurridos entre 2009 y 2023.

| Sub causa de falla | Frecuencia de falla primaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|--|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | 2009-2013 | 2014-2018 | 2019-2023 | 2009-2023 | | |
| | | | | Gas | Líquidos | Total |
| Corrosión externa | 1,19 10 ⁻⁴ | 0,218 10 ⁻⁴ | 0,406 10 ⁻⁴ | 0,332 10 ⁻⁴ | 1,732 10 ⁻⁴ | 0,594 10⁻⁴ |
| Corrosión Interna | 0,057 10 ⁻⁴ | 0,054 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 0,194 10 ⁻⁴ | 0,036 10⁻⁴ |
| Corrosión Bajo Tensión | 0,102 10 ⁻⁴ | 0 | 0,057 10 ⁻⁴ | 0,043 10 ⁻⁴ | 0,096 10 ⁻⁴ | 0,054 10⁻⁴ |
| Fragilización por hidrógeno | 0 | 0,011 10 ⁻⁴ | 0 | 0,044 10 ⁻⁴ | 0 | 0,036 10⁻⁴ |
| Falla manufactura de soldadura del caño | 0,228 10 ⁻⁴ | 0,109 10 ⁻⁴ | 0,101 10 ⁻⁴ | 0,066 10 ⁻⁴ | 0,481 10 ⁻⁴ | 0,144 10⁻⁴ |
| Falla en otras soldaduras de construcción | 0,057 10 ⁻⁴ | 0,164 10 ⁻⁴ | 0,101 10 ⁻⁴ | 0,110 10 ⁻⁴ | 0,096 10 ⁻⁴ | 0,108 10⁻⁴ |
| Falla en sellos | 0,057 10 ⁻⁴ | 0,054 10 ⁻⁴ | 0 | 0,043 10 ⁻⁴ | 0 | 0,036 10⁻⁴ |
| Daño por contratista | 0 | 0,109 10 ⁻⁴ | 0,050 10 ⁻⁴ | 0,044 10 ⁻⁴ | 0,096 10 ⁻⁴ | 0,054 10⁻⁴ |
| Daño por tercero | 1,025 10 ⁻⁴ | 0,650 10 ⁻⁴ | 0,203 10 ⁻⁴ | 0,664 10 ⁻⁴ | 0,770 10 ⁻⁴ | 0,684 10⁻⁴ |
| Robo de fluido | 0,171 10 ⁻⁴ | 0,054 10 ⁻⁴ | 0,305 10 ⁻⁴ | 0 | 0,962 10 ⁻⁴ | 0,180 10⁻⁴ |
| Otras fallas | 0 | 0,055 10 ⁻⁴ | 0,051 10 ⁻⁴ | 0,022 10 ⁻⁴ | 0,096 10 ⁻⁴ | 0,036 10⁻⁴ |

Tabla 16 – Frecuencia de falla primaria por principales sub-causas de falla para diferentes períodos

7.3 Frecuencia de falla primaria por el tamaño del orificio de fuga

En la Tabla 17 se muestra la frecuencia de falla primaria por tamaño del orificio por el que se produjo la fuga, derrame o rotura para diferentes períodos.

| Tamaño del orificio de fuga | Frecuencia de falla primaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|-----------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | 2009-2013 | 2014-2018 | 2019-2023 | 2009-2023 | | |
| | | | | Gas | Líquidos | Total |
| 0 mm a < 2 mm | 1,254 10 ⁻⁴ | 0,327 10 ⁻⁴ | 0,711 10 ⁻⁴ | 0,376 10 ⁻⁴ | 2,406 10 ⁻⁴ | 0,756 10⁻⁴ |
| 2 mm a < 6 mm | 0,228 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 0,066 10 ⁻⁴ | 0,096 10 ⁻⁴ | 0,072 10⁻⁴ |
| 6 mm a < 20 mm | 0,114 10 ⁻⁴ | 0,054 10 ⁻⁴ | 0,051 10 ⁻⁴ | 0,022 10 ⁻⁴ | 0,288 10 ⁻⁴ | 0,072 10⁻⁴ |
| 20 mm a < 40 mm | 0,684 10 ⁻⁴ | 0,164 10 ⁻⁴ | 0,101 10 ⁻⁴ | 0,133 10 ⁻⁴ | 1,058 10 ⁻⁴ | 0,306 10⁻⁴ |
| 40 mm a < 110 mm | 0,456 10 ⁻⁴ | 0,327 10 ⁻⁴ | 0,051 10 ⁻⁴ | 0,288 10 ⁻⁴ | 0,192 10 ⁻⁴ | 0,270 10⁻⁴ |
| 110 mm a corte completo | 0,171 10 ⁻⁴ | 0,382 10 ⁻⁴ | 0,203 10 ⁻⁴ | 0,221 10 ⁻⁴ | 0,385 10 ⁻⁴ | 0,252 10⁻⁴ |
| Corte completo | 0,228 10 ⁻⁴ | 0,327 10 ⁻⁴ | 0,203 10 ⁻⁴ | 0,288 10 ⁻⁴ | 0,096 10 ⁻⁴ | 0,252 10⁻⁴ |

Tabla 17 – Frecuencia de falla primaria por principales sub-causas de falla para diferentes períodos

7.4 Distribución de sub-causas de incidentes en función del tamaño del orificio de fuga para el período 2009-2023

En la Figura 19 se muestra la distribución de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga menor de 2 mm en el período 2009-2023. En la Tabla 18 se muestra la cantidad y porcentaje correspondiente a cada sub-causa agrupadas por causa. Se puede observar que la mayor parte de las fugas para este tamaño de orificio corresponden a corrosión externa y a la vez, si consultamos la Tabla 12, que la mayoría de las fugas por corrosión externa y todas la por corrosión interna se produjeron a través de orificios de tamaño menor a 2 mm.

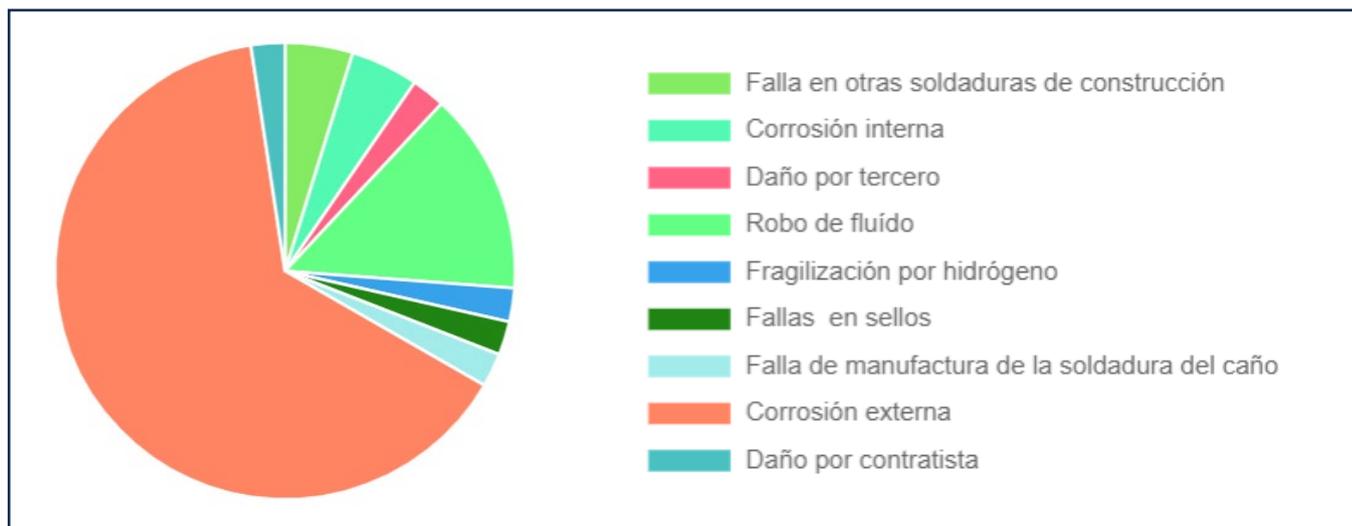


Figura 19 – Distribución de Incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga menor a 2mm para el período 2009-2023

| Causa | Cantidad de Incidentes | | | |
|---|------------------------|----------|-------|-------|
| | Gas | Líquidos | Total | % |
| Corrosión externa | 12 | 15 | 27 | 64,29 |
| Corrosión interna | 0 | 2 | 2 | 4,76 |
| Fragilización por hidrógeno | 1 | 0 | 1 | 2,38 |
| Falla en otras soldaduras de construcción | 1 | 1 | 2 | 4,76 |
| Falla de manufactura de la sold. del caño | 1 | 0 | 1 | 2,38 |
| Fallas en sellos | 1 | 0 | 1 | 2,38 |
| Daño por tercero | 1 | 0 | 1 | 2,38 |
| Robo de fluido | 0 | 6 | 6 | 14,29 |
| Daño por contratista | 0 | 1 | 1 | 2,38 |

Tabla 18 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga menor a 2 mm para el período 2009-2023

En la Figura 20 se muestra la distribución de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 2 mm a menor de 110 mm en el período 2009-2023. En la Tabla 19 se muestra la cantidad y porcentaje correspondiente a cada sub-causa agrupadas por causa. Se puede observar que la mayor parte de las fugas para este tamaño de orificio corresponden a daño por tercero.



Figura 20 – Distribución de Incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 2 mm a <110 mm para el período 2009-2023

| Causa | Cantidad de Incidentes | | | |
|---|------------------------|----------|-------|-------|
| | Gas | Líquidos | Total | % |
| Corrosión externa | 1 | 3 | 4 | 10,00 |
| Corrosión bajo tensión | 0 | 1 | 1 | 2,50 |
| Falla de manufactura de la soldadura del caño | 0 | 1 | 1 | 2,50 |
| Falla en otras soldaduras de construcción | 1 | 0 | 1 | 2,50 |
| Fallas en sellos | 1 | 0 | 1 | 2,50 |
| Daño por tercero | 17 | 7 | 24 | 60,00 |
| Robo de fluido | 0 | 4 | 4 | 10,00 |
| Daño por contratista | 2 | 0 | 2 | 5,00 |
| Caída de rayo | 1 | 0 | 1 | 2,50 |
| Otras fallas | 0 | 1 | 1 | 2,50 |

Tabla 19 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 2 mm a <110 mm para el período 2009-2023

En la Figura 21 se muestra la distribución de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 110 mm a rotura en el período 2009-2023. En la Tabla 20 se muestra la cantidad y porcentaje correspondiente a cada sub-causa agrupadas por causa. De la misma, se presenta que los mayores orificios se producen por daño por tercero y fallas en soldaduras respectivamente.

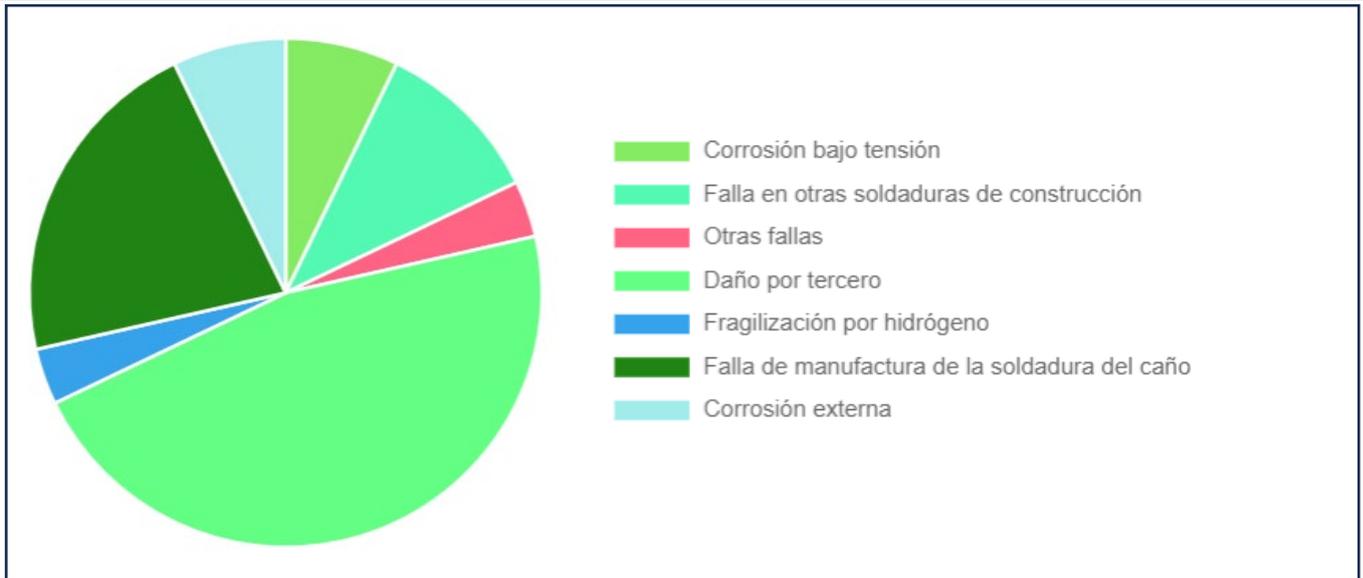


Figura 21 – Distribución de Incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 110 mm a rotura para el período 2009-2023

| Causa | Cantidad de Incidentes | | | |
|---|------------------------|----------|-------|-------|
| | Gas | Líquidos | Total | % |
| Corrosión externa | 2 | 0 | 2 | 7,14 |
| Corrosión bajo tensión | 2 | 0 | 2 | 7,14 |
| Fragilización por hidrógeno | 1 | 0 | 1 | 3,57 |
| Falla en otras soldaduras de construcción | 3 | 0 | 3 | 10,71 |
| Falla de manufactura de la soldadura del caño | 2 | 4 | 6 | 21,43 |
| Daño por tercero | 12 | 1 | 13 | 46,43 |
| Otras Fallas | 1 | 0 | 1 | 3,57 |

Tabla 20 – Cantidad y porcentaje de incidentes por sub-causa para tamaño de orificio de fuga de 110 mm a rotura para el período 2009-2023

8. Frecuencias de falla secundarias

8.1 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y el diámetro del ducto

En la Tabla 22 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 6 rangos de diámetro del ducto considerando todos los incidentes ocurridos en el período 2009-2023.

| Diámetro | Frecuencia de falla secundaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|-----------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | Fluido transportado | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Gas | Líquidos | Total |
| 2" a 4" | 0 | 0,475 10 ⁻⁴ | 1,425 10 ⁻⁴ | 1,900 10 ⁻⁴ | 0 | 1,900 10 ⁻⁴ |
| 6" a 10" | 0,079 10 ⁻⁴ | 0,866 10 ⁻⁴ | 0,394 10 ⁻⁴ | 1,295 10 ⁻⁴ | 2,838 10 ⁻⁴ | 1,338 10 ⁻⁴ |
| 12" a 16" | 1,869 10 ⁻⁴ | 1,402 10 ⁻⁴ | 0,389 10 ⁻⁴ | 0,755 10 ⁻⁴ | 4,963 10 ⁻⁴ | 3,660 10 ⁻⁴ |
| 18" a 22" | 0,905 10 ⁻⁴ | 0 | 0,453 10 ⁻⁴ | 1,578 10 ⁻⁴ | 0 | 1,358 10 ⁻⁴ |
| 24" a 28" | 1,932 10 ⁻⁴ | 1,104 10 ⁻⁴ | 0,552 10 ⁻⁴ | 3,624 10 ⁻⁴ | 0 | 3,587 10 ⁻⁴ |
| 30" a 36" | 0,061 10 ⁻⁴ | 0,061 10 ⁻⁴ | 0,367 10 ⁻⁴ | 0,386 10 ⁻⁴ | 2,526 10 ⁻⁴ | 0,490 10 ⁻⁴ |

Tabla 21 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023

8.2 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el diámetro del ducto

En la Tabla 23 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 6 rangos de diámetro del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas dependientes del tiempo, a sea los producidos por corrosión externa, corrosión interna, corrosión bajo tensión y fragilización por hidrógeno.

| Diámetro | Frecuencia de falla secundaria por causas dependientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|-----------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| 2" a 4" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6" a 10" | 0,079 10 ⁻⁴ | 0,079 10 ⁻⁴ | 0 | 0,081 10 ⁻⁴ | 2,838 10 ⁻⁴ | 0,157 10 ⁻⁴ |
| 12" a 16" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18" a 22" | 0,453 10 ⁻⁴ | 0 | 0,453 10 ⁻⁴ | 1,052 10 ⁻⁴ | 0 | 0,905 10 ⁻⁴ |
| 24" a 28" | 1,656 10 ⁻⁴ | 0 | 0,138 10 ⁻⁴ | 1,812 10 ⁻⁴ | 0 | 1,794 10 ⁻⁴ |
| 30" a 36" | 0 | 0 | 0,184 10 ⁻⁴ | 0,193 10 ⁻⁴ | 0 | 0,184 10 ⁻⁴ |

Tabla 22 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo

8.3 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y el diámetro del ducto

En la Tabla 24 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 6 rangos de diámetro del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas estáticas o residentes, a sea los producidos por falla de manufactura de los materiales, fallas de construcción y fallas de sellos.

| Diámetro | Frecuencia de falla secundaria por causas estáticas o residentes (incidentes/km.año) | | | | | |
|-----------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| 2" a 4" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6" a 10" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12" a 16" | 0,078 10 ⁻⁴ | 0,078 10 ⁻⁴ | 0,234 10 ⁻⁴ | 0,252 10 ⁻⁴ | 0,452 10 ⁻⁴ | 0,389 10 ⁻⁴ |
| 18" a 22" | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24" a 28" | 0,276 10 ⁻⁴ | 0,276 10 ⁻⁴ | 0,276 10 ⁻⁴ | 0,836 10 ⁻⁴ | 0 | 0,828 10 ⁻⁴ |
| 30" a 36" | 0,061 10 ⁻⁴ | 0 | 0,184 10 ⁻⁴ | 0,129 10 ⁻⁴ | 2,526 10 ⁻⁴ | 0,245 10 ⁻⁴ |

Tabla 23 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes.

8.4 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el diámetro del ducto

En la Tabla 25 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 6 rangos de diámetro del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas independientes del tiempo, a sea los producidos por daño por tercero, robo del fluido, daño por contratista, etcétera.

| Diámetro | Frecuencia de falla secundaria por causas independientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|-----------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | Fluido transportado | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Gas | Líquidos | Total |
| 2" a 4" | 0 | 0,475 10 ⁻⁴ | 1,188 10 ⁻⁴ | 1,663 10 ⁻⁴ | 0 | 1,663 10 ⁻⁴ |
| 6" a 10" | 0 | 0,787 10 ⁻⁴ | 0,394 10 ⁻⁴ | 1,214 10 ⁻⁴ | 0 | 1,181 10 ⁻⁴ |
| 12" a 16" | 0,545 10 ⁻⁴ | 0,935 10 ⁻⁴ | 0,156 10 ⁻⁴ | 0,503 10 ⁻⁴ | 2,143 10 ⁻⁴ | 1,635 10 ⁻⁴ |
| 18" a 22" | 0,453 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 0,526 10 ⁻⁴ | 0 | 0,453 10 ⁻⁴ |
| 24" a 28" | 0 | 0,828 10 ⁻⁴ | 0,138 10 ⁻⁴ | 0,976 10 ⁻⁴ | 0 | 0,966 10 ⁻⁴ |
| 30" a 36" | 0 | 0,061 10 ⁻⁴ | 0 | 0,064 10 ⁻⁴ | 0 | 0,061 10 ⁻⁴ |

Tabla 24 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo

8.5 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de falla y el revestimiento del ducto

En la Tabla 26 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 grupos de revestimientos del ducto considerando todos los incidentes ocurridos en el período 2009-2023. Los grupos incluyen a los revestimientos citados en la Tabla 8. Los revestimientos de base asfáltica incluyen a los revestimientos asfalto, esmalte asfáltico aplicado sobre la zanja y aplicado en planta de revestimiento. Las cintas plásticas incluyen a las cintas plásticas aplicadas sobre la zanja y en planta de revestimiento. Los revestimientos extruidos incluyen a los polietilenos extruidos bicapa y tricapa. Los revestimientos epoxis incluyen a los epoxis fundido (FBE), líquido y bituminoso. Los revestimientos varios incluyen a las mantas termocontraíbles y a los otros.

Con respecto a la frecuencia de falla secundaria con revestimiento epoxi, es necesario mencionar que el valor obtenido se debe a la baja cantidad de km de ductos en la base de datos RIDA con este tipo de revestimiento. La exposición acumulada de ductos con ese tipo de revestimientos es muy baja (aproximadamente 1600km.año en el periodo analizado) en comparación con otros revestimientos (ej.

ductos revestidos con base asfáltica: 321.000 km.año en el mismo periodo). De los siguientes gráficos se puede extraer información sobre el origen de la falla que genera esa frecuencia.

Se observa que la frecuencia de falla secundaria para ductos revestidos con revestimientos de base asfáltica es del orden de 7 veces mayor que la correspondiente a revestimientos de cinta plástica o polietileno extruido. A su vez la correspondiente a ductos que transportan fluidos líquidos es el doble de la de ductos que transportan gas natural.

| Revestimiento | Frecuencia de falla secundaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|----------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de falla | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Base asfáltica | 1,517 10 ⁻⁴ | 1,295 10 ⁻⁴ | 0,703 10 ⁻⁴ | 2,665 10 ⁻⁴ | 5,324 10 ⁻⁴ | 3,515 10 ⁻⁴ |
| Cinta plástica | 0,180 10 ⁻⁴ | 0,180 10 ⁻⁴ | 0,180 10 ⁻⁴ | 0,539 10 ⁻⁴ | 0 | 0,539 10 ⁻⁴ |
| Polietileno extruido | 0 | 0,136 10 ⁻⁴ | 0,317 10 ⁻⁴ | 0,443 10 ⁻⁴ | 0,571 10 ⁻⁴ | 0,453 10 ⁻⁴ |
| Epoxi | 0 | 7,463 10 ⁻⁴ | 0 | 7,463 10 ⁻⁴ | 0 | 7,463 10 ⁻⁴ |
| Varios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 25 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de falla y revestimiento del ducto para el período 2009-2023.

8.6 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de falla y el revestimiento del ducto

En la Tabla 27 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de falla con 5 grupos de revestimiento del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas dependientes del tiempo, a sea los producidos por corrosión externa, corrosión interna y fisuración asistida por el ambiente (incluye corrosión bajo tensión).

| Revestimiento | Frecuencia de falla secundaria por causas dependientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de falla | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Base asfáltica | 1,110 10 ⁻⁴ | 0,148 10 ⁻⁴ | 0,148 10 ⁻⁴ | 0,979 10 ⁻⁴ | 2,315 10 ⁻⁴ | 1,406 10 ⁻⁴ |
| Cinta plástica | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Polietileno extruido | 0 | 0,045 10 ⁻⁴ | 0,045 10 ⁻⁴ | 0,049 10 ⁻⁴ | 0,571 10 ⁻⁴ | 0,091 10 ⁻⁴ |
| Epoxi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Varios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 26 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de falla y revestimiento del ducto para el período 2009-2023 considerando solo las fallas producidas por causas dependientes del tiempo

8.7 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y el revestimiento del ducto

En la Tabla 28 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de falla con 5 grupos de revestimiento del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas estáticas o residentes, ya sea los producidos por falla de manufactura de los materiales, fallas de construcción y fallas de sellos.

Asociado a lo mencionado en el apartado 8.5 sobre los valores de frecuencia de falla secundaria para ductos revestidos con epoxi, se observa que la causa de falla es estática.

| Revestimiento | Frecuencia de falla secundaria por causas estáticas o residentes (incidentes/km.año) | | | | | |
|-----------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de falla | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Base asfáltica | 0,111 10 ⁻⁴ | 0,074 10 ⁻⁴ | 0,296 10 ⁻⁴ | 0,381 10 ⁻⁴ | 0,695 10 ⁻⁴ | 0,481 10⁻⁴ |
| Cinta plástica | 0,180 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 0,180 10 ⁻⁴ | 0 | 0,180 10⁻⁴ |
| Polietileno extruido | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Epoxi | 0 | 7,463 10 ⁻⁴ | 0 | 7,463 10 ⁻⁴ | 0 | 7,463 10⁻⁴ |
| Varios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 27 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de falla y revestimiento del ducto para el período 2009-2023 considerando solo las fallas producidas por causas estáticas o residentes

8.8 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de falla y el revestimiento del ducto

En la Tabla 29 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de falla con 5 grupos de revestimiento del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas independientes del tiempo, es decir, asociadas a fuerzas naturales, operaciones incorrectas, daño por tercero, robo del fluido y daño por contratista.

| Revestimiento | Frecuencia de falla secundaria por causas independientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|----------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de falla | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Base asfáltica | 0,296 10 ⁻⁴ | 1,036 10 ⁻⁴ | 0,259 10 ⁻⁴ | 1,305 10 ⁻⁴ | 2,199 10 ⁻⁴ | 1,591 10 ⁻⁴ |
| Cinta plástica | 0 | 0,180 10 ⁻⁴ | 0,180 10 ⁻⁴ | 0,359 10 ⁻⁴ | 0 | 0,359 10 ⁻⁴ |
| Polietileno extruido | 0 | 0,091 10 ⁻⁴ | 0,227 10 ⁻⁴ | 0,345 10 ⁻⁴ | 0 | 0,317 10 ⁻⁴ |
| Epoxi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Varios | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 28 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de falla y revestimiento del ducto para el período 2009-2023 considerando solo las fallas producidas por causas independientes del tiempo.

8.9 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y la tapada del ducto

En la Tabla 30 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 4 rangos de tapada del ducto considerando todos los incidentes ocurridos en el período 2009-2023. Los rangos son los incluidos en la Tabla 9.

| Tapada cm | Frecuencia de falla secundaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|--------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido Transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Tapada < 80 | 0 | 18,18 10 ⁻⁴ | 0 | 18,18 10 ⁻⁴ | 0 | 27,27 10 ⁻⁴ |
| 80 ≤ Tapada < 100 | 0,245 10 ⁻⁴ | 0,326 10 ⁻⁴ | 0,367 10 ⁻⁴ | 0,899 10 ⁻⁴ | 22,12 10 ⁻⁴ | 0,938 10 ⁻⁴ |
| 100 ≤ Tapada < 120 | 2,831 10 ⁻⁴ | 0,849 10 ⁻⁴ | 1,038 10 ⁻⁴ | 4,063 10 ⁻⁴ | 5,627 10 ⁻⁴ | 4,719 10 ⁻⁴ |
| Tapada ≥ 120 | 0,589 10 ⁻⁴ | 2,062 10 ⁻⁴ | 0,687 10 ⁻⁴ | 3,036 10 ⁻⁴ | 3,557 10 ⁻⁴ | 3,338 10 ⁻⁴ |

Tabla 29 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y tapada del ducto para el período 2009-2023

8.10 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y la tapada del ducto

En la Tabla 31 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 4 rangos de tapada del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas dependientes del tiempo, a sea los producidos por corrosión externa, corrosión interna, corrosión bajo tensión y fragilización por hidrógeno.

| Tapada cm | Frecuencia de falla secundaria por causas dependientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | Fluido transportado | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Gas | Líquidos | Total |
| Tapada < 80 | 0 | 9,091 10 ⁻⁴ | 0 | 9,091 10 ⁻⁴ | 0 | 9,091 10⁻⁴ |
| 80 ≤ Tapada < 100 | 0,082 10 ⁻⁴ | 0 | 0,163 10 ⁻⁴ | 0,245 10 ⁻⁴ | 0 | 0,245 10⁻⁴ |
| 100 ≤ Tapada < 120 | 2,265 10 ⁻⁴ | 0 | 0,094 10 ⁻⁴ | 1,950 10 ⁻⁴ | 2,926 10 ⁻⁴ | 2,359 10⁻⁴ |
| Tapada ≥ 120 | 0,393 10 ⁻⁴ | 0,393 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 1,355 10 ⁻⁴ | 0,785 10⁻⁴ |

Tabla 30 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y tapada del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo

8.11 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y la tapada del ducto

En la Tabla 32 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 4 rangos de tapada del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas estáticas o residentes, a sea los producidos por falla de manufactura de los materiales, fallas de construcción y fallas de sellos.

| Tapada cm | Frecuencia de falla secundaria por causas o residentes (incidentes/km.año) estáticas | | | | | |
|------------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquido | Total | |
| Tapada < 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 ≤ Tapada < 100 | 0,082 10 ⁻⁴ | 0,041 10 ⁻⁴ | 0,122 10 ⁻⁴ | 0,245 10 ⁻⁴ | 0 | 0,245 10⁻⁴ |
| 100 ≤ Tapada < 120 | 0,094 10 ⁻⁴ | 0,094 10 ⁻⁴ | 0,283 10 ⁻⁴ | 0,065 10 ⁻⁴ | 0,225 10 ⁻⁴ | 0,472 10⁻⁴ |
| Tapada ≥ 120 | 0,098 10 ⁻⁴ | 0,098 10 ⁻⁴ | 0,295 10 ⁻⁴ | 0 | 0,847 10 ⁻⁴ | 0,491 10⁻⁴ |

Tabla 31 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y tapada del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes

8.12 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y la tapada del ducto

En la Tabla 33 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 4 rangos de tapada del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas independientes del tiempo, a sea los producidos por daño por tercero, robo del fluido, daño por contratista, etcétera.

| Tapada cm | Frecuencia de falla secundaria por causas independientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|------------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Tapada < 80 | 0 | 9,091 10 ⁻⁴ | 9,091 10 ⁻⁴ | 18,18 10 ⁻⁴ | 0 | 18,18 10⁻⁴ |
| 80 ≤ Tapada < 100 | 0,082 10 ⁻⁴ | 0,285 10 ⁻⁴ | 0,082 10 ⁻⁴ | 0,408 10 ⁻⁴ | 22,12 10 ⁻⁴ | 0,448 10⁻⁴ |
| 100 ≤ Tapada < 120 | 0,472 10 ⁻⁴ | 0,755 10 ⁻⁴ | 0,566 10 ⁻⁴ | 1,300 10 ⁻⁴ | 2,476 10 ⁻⁴ | 1,793 10⁻⁴ |
| Tapada ≥ 120 | 0,098 10 ⁻⁴ | 1,473 10 ⁻⁴ | 0,393 10 ⁻⁴ | 3,036 10 ⁻⁴ | 1,186 10 ⁻⁴ | 1,963 10⁻⁴ |

Tabla 32 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y diámetro del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo

8.13 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto

En la Tabla 34 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 rangos de espesor del ducto considerando todos los incidentes ocurridos en el período 2009-2023.

| Espesor de pared [mm] | Frecuencia de falla secundaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|-----------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Espesor < 5 | 0 | 0,415 10 ⁻⁴ | 0,498 10 ⁻⁴ | 0,960 10 ⁻⁴ | 0 | 0,912 10 ⁻⁴ |
| 5 ≤ Espesor < 7,5 | 1,586 10 ⁻⁴ | 1,138 10 ⁻⁴ | 0,650 10 ⁻⁴ | 2,492 10 ⁻⁴ | 4,526 10 ⁻⁴ | 3,375 10 ⁻⁴ |
| 7,5 ≤ Espesor < 10 | 0,122 10 ⁻⁴ | 0,367 10 ⁻⁴ | 0,367 10 ⁻⁴ | 0,860 10 ⁻⁴ | 0 | 0,857 10 ⁻⁴ |
| 10 ≤ Espesor < 12,5 | 0 | 0,451 10 ⁻⁴ | 0 | 0,451 10 ⁻⁴ | 0 | 0,451 10 ⁻⁴ |
| Espesor ≥ 12,5 | 2,874 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 0 | 2,874 10 ⁻⁴ | 2,874 10 ⁻⁴ |

Tabla 33 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y espesor de la pared del ducto para el período 2009-2023

8.14 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto

En la Tabla 35 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 rangos de espesor de pared del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas dependientes del tiempo, es decir los producidos por corrosión externa, corrosión interna, corrosión bajo tensión y fragilización por hidrógeno.

| Espesor de pared mm | Frecuencia de falla secundaria por causas dependientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|---------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Espesor < 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 ≤ Espesor < 7,5 | 1,220 10 ⁻⁴ | 0,203 10 ⁻⁴ | 0,081 10 ⁻⁴ | 1,210 10 ⁻⁴ | 1,954 10 ⁻⁴ | 1,504 10 ⁻⁴ |
| 7,5 ≤ Espesor < 10 | 0 | 0 | 0,184 10 ⁻⁴ | 0,184 10 ⁻⁴ | 0 | 0,184 10 ⁻⁴ |
| 10 ≤ Espesor < 12,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Espesor ≥ 12,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 34 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y espesor de pared del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo

8.15 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto

En la Tabla 36 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 rangos de espesor de pared del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas estáticas o residentes, es decir los producidos por falla de manufactura de los materiales, fallas de construcción y fallas de sellos, o’rings, válvulas, etc.

| Espesor de pared mm | Frecuencia de falla secundaria por causas estáticas o residentes (incidentes/km.año) | | | | | |
|------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| | | | | Gas | Líquidos | Total |
| Espesor < 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 ≤ Espesor < 7,5 | 0,081 10 ⁻⁴ | 0,081 10 ⁻⁴ | 0,325 10 ⁻⁴ | 0,403 10 ⁻⁴ | 0,062 10 ⁻⁴ | 0,488 10 ⁻⁴ |
| 7,5 ≤ Espesor < 10 | 0,122 10 ⁻⁴ | 0 | 0,061 10 ⁻⁴ | 0,184 10 ⁻⁴ | 0 | 0,184 10 ⁻⁴ |
| 10 ≤ Espesor < 12,5 | 0 | 0,451 10 ⁻⁴ | 0 | 0,451 10 ⁻⁴ | 0 | 0,451 10 ⁻⁴ |
| Espesor ≥ 12,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 35 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y espesor de pared del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes

8.16 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto

En la Tabla 37 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 rangos de espesor de pared del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas independientes del tiempo, es decir los producidos por daño por tercero, robo del fluido, daño por contratista, operaciones incorrectas, clima y fuerzas naturales.

| Espesor de pared mm | Frecuencia de falla secundaria por causas independientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| Espesor < 5 | 0 | 0,414 10 ⁻⁴ | 0,414 10 ⁻⁴ | 0,873 10 ⁻⁴ | 0 | 0,829 10 ⁻⁴ |
| 5 ≤ Espesor < 7,5 | 0,285 10 ⁻⁴ | 0,813 10 ⁻⁴ | 0,244 10 ⁻⁴ | 1,009 10 ⁻⁴ | 1,852 10 ⁻⁴ | 1,342 10 ⁻⁴ |
| 7,5 ≤ Espesor < 10 | 0 | 0,367 10 ⁻⁴ | 0,122 10 ⁻⁴ | 0,491 10 ⁻⁴ | 0 | 0,490 10 ⁻⁴ |
| 10 ≤ Espesor < 12,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Espesor ≥ 12,5 | 2,874 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 2,874 10 ⁻⁴ | 0 | 2,874 10 ⁻⁴ |

Tabla 36 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y el espesor de pared del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo

8.17 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y el grado del acero del ducto

La Tabla 38 exhibe la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga, desagregada en 5 grupos según los grados del acero del ducto considerando todos los incidentes ocurridos en el período 2009-2023.

| Grado del acero | Frecuencia de falla secundaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|-------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| API 5L X35, X42 y X46 | 1,651 10 ⁻⁴ | 1,307 10 ⁻⁴ | 0,550 10 ⁻⁴ | 1,164 10 ⁻⁴ | 6,173 10 ⁻⁴ | 3,508 10 ⁻⁴ |
| API 5L X52 y X56 | 0,900 10 ⁻⁴ | 0,423 10 ⁻⁴ | 0,741 10 ⁻⁴ | 2,081 10 ⁻⁴ | 1,930 10 ⁻⁴ | 2,064 10 ⁻⁴ |
| API 5L X60, X65 y X70 | 0,065 10 ⁻⁴ | 0,129 10 ⁻⁴ | 0,064 10 ⁻⁴ | 0,213 10 ⁻⁴ | 0,688 10 ⁻⁴ | 0,258 10 ⁻⁴ |
| API 5L y ASTM Gr. A y B | 0 | 0,547 10 ⁻⁴ | 0,729 10 ⁻⁴ | 1,290 10 ⁻⁴ | 0 | 1,276 10 ⁻⁴ |
| Desconocido | 0 | 7,263 10 ⁻⁴ | 0,908 10 ⁻⁴ | 8,171 10 ⁻⁴ | 0 | 8,171 10 ⁻⁴ |

Tabla 37 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y grado del acero del ducto para el período 2009-2023

8.18 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el grado del acero del ducto

La Tabla 39 presenta la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga, con 5 grupos según los grados de acero del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 relacionados a las causas dependientes del tiempo, o sea los producidos por corrosión externa, corrosión interna, corrosión bajo tensión y fragilización por hidrógeno.

| Grado del acero | Frecuencia de falla secundaria por causas dependientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|--------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| API 5L X35, X42 y X46 | 1,101 10 ⁻⁴ | 0,206 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 2,792 10 ⁻⁴ | 1,307 10⁻⁴ |
| API 5L X52 y X56 | 0,741 10 ⁻⁴ | 0,053 10 ⁻⁴ | 0,218 10 ⁻⁴ | 1,070 10 ⁻⁴ | 0,482 10 ⁻⁴ | 1,006 10⁻⁴ |
| API 5L X60, X65 y X70 | 0 | 0,064 10 ⁻⁴ | 0,064 10 ⁻⁴ | 0,071 10 ⁻⁴ | 0,688 10 ⁻⁴ | 0,129 10⁻⁴ |
| API 5L y ASTM Gr. A y B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Desconocido | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 38 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y grado del acero del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo

8.19 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y el grado del acero del ducto

En la Tabla 40 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 grupos basados en los grados del acero del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas estáticas o residentes, es decir, los producidos por falla de manufactura de los materiales, fallas de construcción y fallas de sellos.

| Grado del acero | Frecuencia de falla secundaria por causas estáticas o residentes (incidentes/km.año) | | | | | |
|--------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| API 5L X35, X42 y X46 | 0,069 10 ⁻⁴ | 0,069 10 ⁻⁴ | 0,206 10 ⁻⁴ | 0,129 10 ⁻⁴ | 0,588 10 ⁻⁴ | 0,344 10⁻⁴ |
| API 5L X52 y X56 | 0,106 10 ⁻⁴ | 0,053 10 ⁻⁴ | 0,317 10 ⁻⁴ | 0,416 10 ⁻⁴ | 0,965 10 ⁻⁴ | 0,476 10⁻⁴ |
| API 5L X60, X65 y X70 | 0,065 10 ⁻⁴ | 0,064 10 ⁻⁴ | 0 | 0,142 10 ⁻⁴ | 0 | 0,129 10⁻⁴ |
| API 5L y ASTM Gr. A y B | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Desconocido | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 39 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y grado del acero del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes

8.20 Frecuencia de falla por causas independientes de tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y el grado del acero del ducto

La Tabla 41 exhibe la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 grupos según el grado del acero del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas independientes del tiempo, o sea los producidos por daño por tercero, robo del fluido y daño por contratista.

| Grado del acero | Frecuencia de falla secundaria por causas independientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|----------------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| API 5L X35, X42 y X46 | 0,482 10 ⁻⁴ | 0,963 10 ⁻⁴ | 0,275 10 ⁻⁴ | 0,905 10 ⁻⁴ | 2,646 10 ⁻⁴ | 1,722 10⁻⁴ |
| API 5L X52 y X56 | 0,053 10 ⁻⁴ | 0,318 10 ⁻⁴ | 0,211 10 ⁻⁴ | 0,595 10 ⁻⁴ | 0,482 10 ⁻⁴ | 0,582 10⁻⁴ |
| API 5L X60, X65 y X70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| API 5L y ASTM Grado A y B | 0 | 0,547 10 ⁻⁴ | 0,728 10 ⁻⁴ | 1,290 10 ⁻⁴ | 0 | 1,275 10⁻⁴ |
| Desconocido | 0 | 7,263 10 ⁻⁴ | 0,908 10 ⁻⁴ | 8,171 10 ⁻⁴ | 0 | 8,171 10⁻⁴ |

Tabla 40 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y grado del acero del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo

8.21 Frecuencia de falla en función del tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto

En la Tabla 42 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 6 rangos de MAPO del ducto considerando todos los incidentes ocurridos en el período 2009-2023. No se han registrado incidentes en el período 2009-2023 en ductos con MAPO menor a 15 kg/cm² y mayor a 95 kg/cm².

| MAPO kg/cm ² | Frecuencia de falla secundaria (incidentes/km.año) | | | | | |
|--------------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Fluido transportado | | |
| Gas | | | | Líquidos | Total | |
| 15 ≤ MAPO < 45 | 0,540 10 ⁻⁴ | 4,860 10 ⁻⁴ | 1,350 10 ⁻⁴ | 7,037 10 ⁻⁴ | 0 | 6,750 10⁻⁴ |
| 45 ≤ MAPO < 55 | 0 | 0 | 0,595 10 ⁻⁴ | 0,699 10 ⁻⁴ | 0 | 0,595 10⁻⁴ |
| 55 ≤ MAPO < 65 | 1,298 10 ⁻⁴ | 0,185 10 ⁻⁴ | 0,463 10 ⁻⁴ | 1,382 10 ⁻⁴ | 7,383 10 ⁻⁴ | 1,947 10⁻⁴ |
| 65 ≤ MAPO < 75 | 0,216 10 ⁻⁴ | 0,072 10 ⁻⁴ | 0,505 10 ⁻⁴ | 0,661 10 ⁻⁴ | 8,268 10 ⁻⁴ | 0,794 10⁻⁴ |
| 75 ≤ MAPO < 85 | 1,087 10 ⁻⁴ | 0,932 10 ⁻⁴ | 0,155 10 ⁻⁴ | 0 | 6,797 10 ⁻⁴ | 2,174 10⁻⁴ |
| 85 ≤ MAPO < 95 | 0 | 0,513 10 ⁻⁴ | 0 | 0,689 10 ⁻⁴ | 0 | 0,513 10⁻⁴ |

Tabla 41 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto para el período 2009-2023

8.22 Frecuencia de falla por causas dependientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto

En la Tabla 43 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 rangos de MAPO del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas dependientes del tiempo, es decir los producidos por corrosión externa, corrosión interna, corrosión bajo tensión y fragilización por hidrógeno. No se han registrado incidentes por causas dependientes del tiempo en el período 2009-2023 en ductos con MAPO menor a 15 kg/cm² o mayor a 85 kg/cm².

| MAPO kg/cm ² | Frecuencia de falla secundaria por causas dependientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|--------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | Fluido transportado | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Gas | Líquidos | Total |
| 15 ≤ MAPO < 45 | 0,270 10 ⁻⁴ | 0,270 10 ⁻⁴ | 0 | 0,563 10 ⁻⁴ | 0 | 0,540 10⁻⁴ |
| 45 ≤ MAPO < 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 ≤ MAPO < 65 | 0,881 10 ⁻⁴ | 0,046 10 ⁻⁴ | 0,185 10 ⁻⁴ | 0,819 10 ⁻⁴ | 3,938 10 ⁻⁴ | 1,113 10⁻⁴ |
| 65 ≤ MAPO < 75 | 0,144 10 ⁻⁴ | 0 | 0,072 10 ⁻⁴ | 0,073 10 ⁻⁴ | 8,268 10 ⁻⁴ | 0,216 10⁻⁴ |
| 75 ≤ MAPO < 85 | 1,087 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 0 | 3,399 10 ⁻⁴ | 1,087 10⁻⁴ |

Tabla 42 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas dependientes del tiempo

8.23 Frecuencia de falla por causas estáticas o residentes en función del tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto

En la Tabla 44 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 6 rangos de MAPO del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas estáticas o residentes, a sea los producidos por falla de manufactura de los materiales, fallas de construcción y fallas de sellos. No se han registrado incidentes por estas causas en el período 2009-2023 en ductos con MAPO menor a 15 kg/cm² o mayor a 95 kg/cm².

| MAPO kg/cm ² | Frecuencia de falla secundaria por causas estáticas o residentes (incidentes/km.año) | | | | | |
|--------------------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | Fluido transportado | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Gas | Líquidos | Total |
| 15 ≤ MAPO < 45 | 0 | 0 | 0,270 10 ⁻⁴ | 0,281 10 ⁻⁴ | 0 | 0,270 10⁻⁴ |
| 45 ≤ MAPO < 55 | 0 | 0 | 0,595 10 ⁻⁴ | 0,699 10 ⁻⁴ | 0 | 0,595 10⁻⁴ |
| 55 ≤ MAPO < 65 | 0,093 10 ⁻⁴ | 0,046 10 ⁻⁴ | 0,139 10 ⁻⁴ | 0,307 10 ⁻⁴ | 0 | 0,278 10⁻⁴ |
| 65 ≤ MAPO < 75 | 0,073 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 0,073 10 ⁻⁴ | 0 | 0,073 10⁻⁴ |
| 75 ≤ MAPO < 85 | 0 | 0,169 10 ⁻⁴ | 0,155 10 ⁻⁴ | 0 | 0,485 10 ⁻⁴ | 0,324 10⁻⁴ |
| 85 ≤ MAPO < 95 | 0 | 0,513 10 ⁻⁴ | 0 | 0,689 10 ⁻⁴ | 0 | 0,513 10⁻⁴ |

Tabla 43 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas estáticas o residentes

8.24 Frecuencia de falla por causas independientes del tiempo en función del tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto

En la Tabla 45 se muestra la frecuencia de falla secundaria relacionando el tamaño del orificio de fuga con 5 rangos de MAPO del ducto considerando solamente los incidentes ocurridos en el período 2009-2023 debido a causas independientes del tiempo, a sea los producidos por daño por tercero, robo del fluido y daño por contratista. No se han registrado incidentes por causas independientes del tiempo en el período 2009-2023 en ductos con MAPO menor a 15 kg/cm² o mayor a 85 kg/cm².

| MAPO kg/cm ² | Frecuencia de falla secundaria por causas independientes del tiempo (incidentes/km.año) | | | | | |
|--------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| | Tamaño del orificio de fuga | | | Fluido transportado | | |
| | < 2 mm | 2 a < 110 mm | 110 mm a rotura | Gas Natural | Líquidos | Todos |
| 15 ≤ MAPO < 45 | 0,270 10 ⁻⁴ | 4,590 10 ⁻⁴ | 1,080 10 ⁻⁴ | 6,192 10 ⁻⁴ | 0 | 5,940 10⁻⁴ |
| 45 ≤ MAPO < 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 ≤ MAPO < 65 | 0,324 10 ⁻⁴ | 0,093 10 ⁻⁴ | 0,139 10 ⁻⁴ | 0,256 10 ⁻⁴ | 3,445 10 ⁻⁴ | 0,556 10⁻⁴ |
| 65 ≤ MAPO < 75 | 0 | 0,072 10 ⁻⁴ | 0,361 10 ⁻⁴ | 0,441 10 ⁻⁴ | 0 | 0,433 10⁻⁴ |
| 75 ≤ MAPO < 85 | 0 | 0,932 10 ⁻⁴ | 0 | 0 | 2,913 10 ⁻⁴ | 0,932 10⁻⁴ |

Tabla 44 – Frecuencia de falla secundaria por tamaño del orificio de fuga y MAPO del ducto para el período 2009-2023 considerando solo los producidos por causas independientes del tiempo

7. Consecuencias

9.1 Consecuencias de los incidentes ocurridos

En la Tabla 46 se muestra la cantidad de incidentes que en diferentes períodos han tenido explosiones e incendios, provocado daños a la propiedad de terceros o han resultado con personas heridas o fallecidas. La cantidad de personas heridas o fallecidas aparece entre paréntesis. Se puede observar que sobre 114 incidentes ocurridos en el período 2006-2020 en el 10,53% de los mismos se han producido explosiones, en 4,38% se han producido incendios, el 11,40% se han provocado daño a propiedad de terceros, en el 0,88% se han provocado heridas a personas y en el 0,88% se ha producido la muerte de personas.

| | Cantidad de incidentes | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1993-2020 | 2006-2010 | 2011-2015 | 2016-2020 | 2006-2020 |
| Explosión | 33 | 2 | 4 | 6 | 12 |
| Incendio | 11 | 2 | 1 | 2 | 5 |
| Daño a propiedad de terceros | 17 | 2 | 9 | 2 | 13 |
| Lesionados | 1 (6) | 0 | 1 (6) | 0 | 1 (6) |
| Fallecidos | 3 (12) | 0 | 1 (2) | 0 | 1 (2) |

Tabla 45 - Cantidad de incidentes en los que hubo explosiones, incendios, daños a propiedad de terceros, personas heridas o fallecidas en diferentes períodos (entre paréntesis cantidad de personas)

9.2 Frecuencia de ocurrencia de los incidentes con consecuencias sobre terceros o sus bienes

En la Tabla 47 se muestra la frecuencia de ocurrencia, en diferentes períodos, de incidentes en los que ha habido explosiones, incendios, se han provocado daños a la propiedad de terceros o han resultado personas heridas o fallecidas.

La frecuencia de ocurrencia de personas heridas en los incidentes ocurridos en el período 2006-2020 y la frecuencia de ocurrencia de fallecidos en el mismo período es $0,040 \times 10^{-4}$ fallecidos/km.año.

| Consecuencia | Frecuencia de ocurrencia | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------|------------------------|
| | 2006-2010 | 2011-2015 | 2016-2020 | 2006-2020 | | |
| | | | | Gas | Líquidos | Total |
| Explosión | $0,126 \times 10^{-4}$ | $0,239 \times 10^{-4}$ | $0,538 \times 10^{-4}$ | $0,213 \times 10^{-4}$ | 0 | $0,238 \times 10^{-4}$ |
| Incendio | $0,126 \times 10^{-4}$ | $0,060 \times 10^{-4}$ | $0,112 \times 10^{-4}$ | $0,118 \times 10^{-4}$ | 0 | $0,099 \times 10^{-4}$ |
| Daño a propiedad de terceros | $0,126 \times 10^{-4}$ | $0,538 \times 10^{-4}$ | $0,112 \times 10^{-4}$ | $0,308 \times 10^{-4}$ | 0 | $0,258 \times 10^{-4}$ |
| Lesionados | 0 | $0,060 \times 10^{-4}$ | 0 | $0,024 \times 10^{-4}$ | 0 | $0,020 \times 10^{-4}$ |
| Fallecidos | 0 | $0,060 \times 10^{-4}$ | 0 | $0,024 \times 10^{-4}$ | 0 | $0,020 \times 10^{-4}$ |

Tabla 46 – Frecuencia de ocurrencia en diferentes períodos de incidentes en los que haya habido explosiones, incendios, daños a propiedad de terceros, personas heridas o fallecidas

8. Conclusiones

- RIDA es hoy una base de datos de incidentes de fugas, derrames y roturas en servicio en 39659 km de ductos de transporte de gas natural e hidrocarburos líquidos en Argentina, con una exposición acumulada de 999643 km-año.
- Existen 374 incidentes reportados en el período 1993-2023.
- La frecuencia de falla para el período 2009-2023 es $1,980 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, lo que equivale a 0,198 incidentes por año por cada 1000 km de ductos en operación.
- A lo largo del período 2009-2023 la frecuencia de falla se ha reducido notablemente. En el quinquenio 2009-2013 resultó $3,136 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, en el período 2014-2018 resultó $1,583 \times 10^{-4}$ y en el período 2019-2023 resultó $1,321 \times 10^{-4}$, el 42% de la frecuencia de falla del primer quinquenio.
- En el 1^{er} Informe RIDA (1993-2020) la frecuencia de falla para el período 2006-2020 resultó $2,342 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año. Para el período de 15 años de este Informe ha habido un descenso del 15,5%.
- La principal causa de incidentes en el período 2009-2023 fue daños por tercero, $0,684 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, seguido por corrosión externa, $0,594 \times 10^{-4}$, y robo de fluido, $0,180 \times 10^{-4}$. Si consideramos que el robo de fluido solo ocurre sobre los ductos que transportan hidrocarburos líquidos la frecuencia de falla resulta $0,962 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año.
- La principal causa de incidentes en el período 2019-2023 fue corrosión externa, para la cual la frecuencia de falla resultó $0,406 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año. La segunda causa fue robo de fluido, cuya frecuencia de falla resultó $0,305 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año. Nuevamente, si consideramos que el robo de fluido solo ocurre sobre los ductos que transportan hidrocarburos líquidos la frecuencia de falla resulta $1,717 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año.
- La frecuencia de falla para ductos revestidos con revestimientos asfálticos para el período 2009-2023 resultó $3,515 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, más de 6,5 veces mayor que para revestimientos de cinta plástica ($0,539 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año) o de polietileno extruido ($0,453 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año).
- La frecuencia de ocurrencia de incidentes donde se produjeron explosiones, para el período 2009-2023, resultó $0,180 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, lo que equivale a 0,018 incidentes por año por cada 1000 km de ductos en operación.
- La frecuencia de ocurrencia de incidentes donde se produjeron daños a la propiedad de terceros, para el período 2009-2023, resultó $0,234 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, lo que equivale a 0,023 incidentes por año por cada 1000 km de ductos en operación.
- La frecuencia de ocurrencia de incidentes donde se produjeron incendios, para el período 2009-2023, resultó $0,090 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, lo que equivale a 0,009 incidentes por año por cada 1000 km de ductos en operación.

- La frecuencia de ocurrencia de incidentes donde resultaron personas heridas, para el período 2009-2023, resultó $0,018 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, lo que equivale a 0,002 incidentes por año por cada 1000 km de ductos en operación. La frecuencia de cantidad de personas heridas resultó $0,108 \times 10^{-4}$ heridos/km.año lo que equivale a 0,011 personas heridas por año por cada 1000 km de ductos en operación.
- La frecuencia de ocurrencia de incidentes donde resultaron personas fallecidas, para el período 2009-2023, resultó $0,018 \times 10^{-4}$ incidentes por km.año, lo que equivale a 0,002 incidentes por año por cada 1000 km de ductos en operación. La frecuencia de cantidad de personas fallecidas resultó $0,036 \times 10^{-4}$ fallecidos/km.año lo que equivale a 0,004 personas fallecidas por año por cada 1000 km de ductos en operación.
- El 2^{do} Informe RIDA (1993-2023) se construyó con el soporte de IAPG, Instituto Argentino del Petróleo y del Gas y la colaboración de 16 Empresas transportistas de hidrocarburos líquidos y gas natural que decidieron aunar esfuerzos.