

# Universidad Nacional de Ingeniería

## Facultad De Ingeniería Ambiental



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

### **Evaluación de Riesgos y Medidas de Prevención para la Atención de Emergencia en un Sistema de Transporte de Ductos De Gas Natural y Líquidos de Gas Natural**

Para Obtener el Título Profesional de Ingeniero De Higiene Y Seguridad Industrial

Elaborado por:

Nestor Raúl De los Santos Joo

ASESOR:

Ing. Javier Taípe Rojas

LIMA - PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mis padres, a mi amada esposa y mis amados hijos,  
porque son mi mayor inspiración, apoyo incondicional y fuente de amor constante.

Este logro es también suyo, con profundo agradecimiento

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a mi asesor académico por su incondicional colaboración para sacar este documento a la luz.

Asimismo, a mi familia, esposa, mis hijos Berenice y Fabrizio, quienes me brindaron su incondicional apoyo emocional y comprensión durante este desafiante trayecto. Sus palabras de aliento fueron un constante impulso que me permitió superar obstáculos y seguir adelante.

Además, quiero reconocer la invaluable colaboración de los expertos en el campo, son muchos, pero con cuyos conocimientos y experiencia contribuyeron en gran medida a la fundamentación y desarrollo de este trabajo.

## INDICE

1	GENERALIDADES.....	1
1.1	ANTECEDENTES REFERENCIALES.....	1
1.2	Planteamiento de la Realidad Problemática.....	2
1.2.1	Objetivo General.....	2
1.2.2	Objetivos Específicos .....	3
1.3	Marco Legal.....	3
2	MARCO TEORICO .....	5
2.1	Gas Natural (GN) .....	5
2.2	Ducto de Gas Natural.....	8
2.3	Posibles escenarios de riesgos - GN.....	9
2.3.1	Explosión .....	9
2.3.2	Formación de cráter ante explosión de ducto enterrado.....	10
2.3.3	Potencial Radio de Impacto .....	11
2.3.4	Line Pack.....	12
2.3.5	Densidad del suelo .....	17
2.4	Líquidos de Gas Natural (LGN) .....	19
2.5	Ducto de Líquido de Gas Natural.....	22
2.6	Posibles escenarios de riesgos - LGN.....	22
2.6.1	Derrames y Dispersión de LGN .....	22
2.6.2	Pool Fire o incendio de pileta.....	24

2.6.3	Flash Fire o Fogonazos.....	24
2.6.4	Jet Fire o Dardo de Fuego .....	25
3	DESCRIPCION DEL TRABAJO .....	26
3.1	Descripción de las operaciones .....	26
3.2	Protección de Diseño y Seguridad en las Instalaciones .....	28
3.2.1	Sistema de detección remota.....	28
3.2.2	Sistema de Información Geográfica.....	29
3.2.3	Válvulas de Bloque de Línea .....	30
3.3	Cálculo del diámetro de cráter por explosión de ducto de GN enterrado .....	32
3.4	Cálculo de radio de impacto por explosión de ducto de GN expuesto .....	75
3.5	Cálculo del volumen de gas liberado por explosión de ducto de GN .....	114
3.6	Cálculo de volumen de combustible liberado por rotura de ducto de LGN .....	116
3.7	Medidas de prevención y de control para la atención de emergencias .....	128
4	CONCLUSIONES.....	137
5	RECOMENDACIONES .....	142
6	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	145
7	ANEXOS.....	147

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Composición del Gas Natural.....	5
<b>Tabla 2</b> Propiedades del Gas Natural .....	6
<b>Tabla 3</b> Efectos de la exposición a atmósferas deficientes en oxígeno .....	7
<b>Tabla 4</b> Densidad de suelo .....	18
<b>Tabla 5</b> Composición del LGN.....	19
<b>Tabla 6</b> Propiedades del LGN .....	20
<b>Tabla 7</b> Sector Selva - Calculo del ancho del Cráter .....	33
<b>Tabla 8</b> Sector Sierra - Calculo del ancho del Cráter.....	42
<b>Tabla 9</b> Sector Costa 18" - Calculo del ancho del Cráter.....	55
<b>Tabla 10</b> Sector Costa 24" - Calculo del ancho del Cráter .....	61
<b>Tabla 11</b> Sector Selva - Calculo del Potencial Radio de Impacto .....	76
<b>Tabla 12</b> Sector Sierra - Calculo del Potencial Radio de Impacto.....	85
<b>Tabla 13</b> Sector Costa - 18" - Calculo del Potencial Radio de Impacto .....	97
<b>Tabla 14</b> Sector Costa - 24" - Calculo del Potencial Radio de Impacto .....	102
<b>Tabla 15</b> Volumen de Gas entre Válvulas de Bloqueo .....	115
<b>Tabla 16</b> Volumen de LGN Gas entre Válvulas de Bloqueo.....	118
<b>Tabla 17</b> Volumen de LGN entre cotas .....	123

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Perfil de Presiones - Ducto GN.....	9
<b>Figura 2</b> Factor de Compresibilidad, Z.....	16
<b>Figura 3</b> Localización de la infraestructura del Sistema de Transporte por Ductos.....	27
<b>Figura 4</b> Infraestructura del sistema de transporte por ductos .....	28
<b>Figura 5</b> Perfil de Elevaciones del ducto de LGN .....	31
<b>Figura 6</b> Perfil de Elevaciones del ducto de GN .....	32
<b>Figura 7</b> Línea General de Acción.....	130
<b>Figura 8</b> Acciones iniciales .....	131
<b>Figura 9</b> Acciones finales .....	132
<b>Figura 10</b> Líneas de Acción para el Control de Derrame .....	133
<b>Figura 11</b> Líneas de Acción para el Control de Incendio.....	134
<b>Figura 12</b> Líneas de Acción para el Control de Dispersión .....	135
<b>Figura 13</b> Líneas de Acción para el Control de Explosión.....	136

## RESUMEN

El alcance de este informe de suficiencia profesional se enfoca en las potenciales emergencias del sistema de transporte de Gas Natural (GN) y Líquido de Gas Natural (LGN) del Proyecto Camisea, las que podrían ocurrir en el derecho de vía, un corredor que alberga a ambos ductos. De las diversas situaciones de emergencia, se presta particular atención a una posible explosión del ducto enterrado de GN. Para abordar este riesgo, este estudio se basa en el cálculo del diámetro del cráter resultante, empleando variables clave como la presión, densidad del terreno, tapada del ducto y coeficiente de dilatación del GN. Los resultados ofrecen un valor crítico que permiten identificar de zonas de seguridad, donde la presencia de edificaciones u otras actividades humanas debería evitarse en cualquier circunstancia. La evaluación del radio de impacto por tubería descubierta, es otro de los puntos que se abordan, estos cálculos son esenciales para definir zonas de seguridad intangibles. Además, este informe aborda el cálculo del volumen de LGN entre válvulas y cotas. En el caso de un derrame, la topografía del terreno podría influir en la magnitud del incidente, ya que, si el derrame ocurre cerca de una cumbre, solo se liberará el volumen contenido en la tubería hasta la altura de la cumbre. En conjunto, este informe contribuye significativamente a la comprensión y la gestión de las emergencias en el transporte de GN y LGN de Camisea, al establecer medidas preventivas y de seguridad que protejan tanto a la población como a las infraestructuras.

Palabras clave: Gas Natural, Líquido de Gas Natural, fuga, derrame, explosión, dispersión, radio de impacto, cráter.



## **ABSTRACT**

The scope of this professional sufficiency report focuses on the potential emergencies of the Natural Gas (NG) and Liquid Natural Gas (LNG) transportation system of the Camisea Project, which could occur within the right of way, a corridor that houses both pipelines. Among the various emergency situations, particular attention is given to a potential explosion of the buried NG pipeline. To address this risk, this study is based on calculating the resulting crater diameter, using key variables such as pressure, terrain density, pipe cover, and NG expansion coefficient. The results provide a critical value that identifies safety zones, where the presence of buildings or other human activities should be avoided under any circumstance. The assessment of the impact radius for uncovered pipelines is another aspect addressed, and these calculations are essential to define intangible safety zones. Furthermore, this report addresses the calculation of the LNG volume between valves and elevations. In the event of a spill, the terrain's topography could influence the incident's magnitude, as a spill near a summit would release only the volume contained in the pipeline up to the summit's height. Collectively, this report significantly contributes to understanding and managing emergencies in the transportation of NG and LNG from Camisea by establishing preventive measures and safety measures that protect both the population and infrastructure. Overall, this report contributes significantly to the understanding and management of emergencies in the transportation of NG and LGN from Camisea gas project, by establishing preventive and security measures that protect both the population and the infrastructures.

Keywords: Natural Gas, Liquid Natural Gas, leak, spill, explosion, dispersion, impact radius, crater.

## PROLOGO

Después de numerosos años de servicio en la industria del petróleo y gas, he sido testigo de la imperante necesidad de comprender las posibles implicaciones que surgirían como resultado de una explosión en el ducto de gas. Este fue el punto de partida para embarcarme en una investigación detallada y exhaustiva sobre los posibles escenarios que se desencadenarían en caso de una explosión, abarcando desde su alcance hasta el radio de evacuación necesario. Este análisis se torna especialmente complejo debido a las múltiples variables que influyen en dicho cálculo.

Un cuestionamiento recurrente por parte de aquellos que residen en proximidad al derecho de vía es: "¿Qué ocurriría...?". El presente trabajo busca responder a esta pregunta y contribuir significativamente al establecimiento de límites en las zonas seguras durante situaciones de emergencia. A pesar de las estrategias de mantenimiento implementadas, existe la posibilidad de que eventos como deslizamientos de tierra o huaycos afecten la integridad del ducto. Sin embargo, es importante resaltar que este sistema está equipado con tecnología de monitoreo en tiempo real, lo que garantiza un seguimiento constante de diversas condiciones.

Aunque no se ha registrado estadísticamente ninguna emergencia en el ducto de gas, se trabaja incansablemente para asegurar que tanto las brigadas de respuesta como la población en general, junto con las autoridades competentes, estén debidamente informadas sobre el ducto y su inherente riesgo potencial. Es importante considerar que, debido a la naturaleza del gas, este tendería a elevarse rápidamente hacia la atmósfera al ser más liviano que el aire, en caso de una liberación no controlada.

Contrastando con esta situación, el ducto de líquido que se encuentra paralelo al de gas ha experimentado diversas emergencias que demandaron atención inmediata. La peculiaridad de este líquido combustible radica en su capacidad para generar cantidades significativas de vapores más densos que el aire, convirtiéndolo en un riesgo latente

durante situaciones de emergencia. Por lo tanto, resulta imperativo evaluar y cuantificar el volumen que podría liberarse en caso de un derrame.

Gran parte de mi crecimiento profesional se debe a esta experiencia, la cual me ha brindado un profundo conocimiento en el análisis de riesgos. Es mi firme intención plasmar este saber en un documento que sea de utilidad tanto en contextos académicos como profesionales, brindando a cualquier persona que lo consulte un valioso recurso para comprender y gestionar de manera eficaz los desafíos inherentes a la seguridad en el transporte de GN y LGN.

# 1 GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES REFERENCIALES

Durante más de tres décadas, ha habido un constante incremento en la producción mundial de gas natural, y Perú no ha sido una excepción ante esta demanda. Después de una negociación compleja y extensa, finalmente se logró la adjudicación del yacimiento de gas natural más grande en la historia del país, marcando así el inicio de un cambio en la matriz energética, que durante mucho tiempo estuvo fuertemente ligada a nuestro recurso hídrico, el agua. El proceso de licitación fue un desafío para Perú, llevando cerca de trece años debido a obstáculos políticos y sociales que retrasaron su producción. No fue hasta mediados de 2004 que el Proyecto Camisea pudo comenzar su operación comercial, lo cual también impulsó la promulgación de leyes para fomentar la inversión y su correspondiente regulación, aspectos en los que el país carecía. Estos hitos históricos marcaron un cambio drástico en la configuración y diversificación de la matriz energética nacional. El sector eléctrico tuvo que transformarse para que todos los hogares peruanos y los diferentes sectores económicos se beneficiaran de un combustible limpio y económico.

El aumento constante en la demanda de gas natural ha estimulado la ejecución de numerosos proyectos de inversión, especialmente en el ámbito de la electrificación. La construcción de este proyecto en particular llevó aproximadamente cuatro años, a pesar de las presiones políticas para su desarrollo. Finalmente, en agosto de 2004, se logró el tan esperado bombeo de gas hacia Lima. Durante el tendido de los ductos, se enfrentaron desafíos como la adquisición o el alquiler de terrenos por donde debían pasar, así como el estudio de terrenos considerados sitios arqueológicos, lo que a veces implicó retrasos debido a la complejidad de dicho trabajo de rescate.

Tal y como se mencionó previamente, la extracción de gas natural impulsó el desarrollo al establecer plantas termoeléctricas que contribuyeron a popularizar el uso de esta fuente de energía. Surgió así una nueva industria que también requirió de estudios preliminares para su crecimiento, y por razones estratégicas, estas instalaciones tuvieron que ubicarse cerca del conducto principal que transportaba el gas hacia Lima. Aunque es cierto que antes de este proyecto ya existían dos yacimientos de gas natural, Aguaytía en la selva central y Costa y Zócalo Norte, otorgados a varias empresas, en términos generales, el proyecto Camisea se considera el hito más relevante en la industria del gas natural en el Perú. Este proyecto impulsó el desarrollo y reestructuró la matriz energética del país. En resumen, logró ampliar el consumo de gas hasta los hogares de muchos peruanos, brindando un combustible de bajo costo.

## **1.2 Planteamiento de la Realidad Problemática**

Con el cambio en la matriz energética generado por el proyecto de Gas de Camisea, fue necesario llevar a cabo la instalación de poliductos de alta presión para transportar el gas desde los yacimientos de Camisea hacia la costa del Perú. Durante la instalación de los poliductos, se dejaron franjas de seguridad de 25 metros de ancho en zonas deshabitadas en ese momento. Sin embargo, debido al crecimiento demográfico del país, en la actualidad se han establecido caseríos, pueblos y edificaciones muy cerca del corredor, lo que requiere una identificación de los posibles impactos en esas construcciones, así como la implementación de medidas preventivas y de mitigación. Además, es necesario llevar a cabo un monitoreo constante del poliducto para anticipar posibles eventos.

### **1.2.1 Objetivo General**

Realizar el análisis de riesgos con sus posibles impactos en el corredor de poliducto de Camisea e implementar medidas de prevención que permitan mitigar las posibles consecuencias ante un incidente operacional

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las áreas de alta consecuencia (HCA - high consequence area) y proponer medidas para mitigar las consecuencias.
- Identificar los riesgos a los que se encuentra expuesto el poliducto e implementar medidas de prevención y planes de contingencias

### **1.3 Marco Legal**

El Decreto Supremo N° 081-2007-EM, conocido como el Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos, establece los principios que rigen la actividad de transporte, incluyendo disposiciones sobre la concesión, tasas y tarifas, así como normas de seguridad y protección ambiental. Además, establece los criterios de fiscalización y las competencias regulatorias correspondientes. Posteriormente, este reglamento fue modificado por el D.S. N° 017-2015-EM, el cual brindó una descripción más precisa de la instalación y la integridad del ducto. El objetivo principal de estas normas es establecer disposiciones actualizadas y claras para la distribución y transporte de gas natural, con el fin de promover un suministro adecuado, garantizar la seguridad y eficiencia en su transporte y distribución, y fomentar la competitividad en el mercado de gas natural. Se abordan diversos aspectos, como los contratos de servicios de transporte, la implementación de la infraestructura necesaria, los requisitos técnicos y de seguridad, entre otros. Además, se establecen los roles y responsabilidades de los agentes involucrados en la distribución y transporte de gas natural, como los distribuidores, transportistas, usuarios finales y reguladores. Todo esto tiene como objetivo asegurar un adecuado funcionamiento de la cadena de suministro y una prestación eficiente del servicio.

El Decreto Supremo N° 043-2007-EM, conocido como el Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos, fue emitido con el objetivo de establecer disposiciones y medidas de seguridad que deben aplicarse en todas las etapas de las actividades de hidrocarburos, desde la exploración y explotación hasta el transporte y almacenamiento. Su propósito es prevenir accidentes, proteger la salud de los trabajadores

y minimizar los impactos ambientales. Las modificaciones introducidas en los D.S. N° 008-2009-EM y D.S. N° 017-2015-EM aclararon que el cumplimiento del reglamento por parte de los contratistas recae en las Empresas Autorizadas y que, en caso de conflicto normativo, estas no están exentas de cumplir con las obligaciones de otras normas aplicables. Además, se estableció que las instalaciones no contempladas en el Reglamento deben cumplir con su propia normativa de seguridad especial. También se incluyó el requisito de que los Manuales de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento del Sistema de Ductos sean elaborados por profesionales con la calificación requerida por el OSINERGMIN, entidad encargada de determinar los requisitos para la inscripción de las personas habilitadas.

El Procedimiento de Evaluación y Aprobación de los Instrumentos de Gestión de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos fue aprobado mediante la Resolución de Consejo Directivo de OSINERGMIN N°240-2010-OS/CD. Este procedimiento establece el proceso mediante el cual se evalúan y aprueban los Instrumentos de Gestión de Seguridad (IGS) presentados por las empresas que llevan a cabo actividades relacionadas con los hidrocarburos. Estos IGS son documentos que contienen las políticas, procedimientos, estándares y planes de seguridad correspondientes a dichas actividades, los cuales deben ser revisados y aprobados por OSINERGMIN.

Ley General de Salud Ley N° 26842, en su Capítulo VI, que resaltan la necesidad de tomar medidas y precauciones exhaustivas en el manejo de sustancias y productos peligrosos; y en su Capítulo VII donde se establecen que los líderes de actividades comerciales deben asegurar la seguridad y salud de empleados y terceros en sus instalaciones.

## 2 MARCO TEORICO

### 2.1 Gas Natural (GN)

Se trata de una combinación de compuestos hidrocarbonados que se encuentra de forma natural como gas, ya sea vinculado al petróleo o independiente de él. En su composición, el metano es el componente más abundante. Además, suele contener agua y sustancias no inflamables consideradas contaminantes, como nitrógeno, dióxido de carbono y compuestos azufrados como el sulfuro de hidrógeno. En algunas ocasiones, también puede presentar trazas de mercurio.

**Tabla 1**

*Composición del Gas Natural*

<b>Componente</b>	<b>% Molar</b>
Metano	88.3670
Etano	10.4200
Propano	0.1690
Isobutano	0.0063
n-Butano	0.0052
Isopentano	0.0007
n-Pentano	0.0008
Hexano	0.0010
Heptano	0.0007
Octano	0.0004
Nitrógeno	0.7870
Dióxido de Carbono	0.2420

*Nota:* (Pluspetrol, 2004)



**Tabla 2**

*Propiedades del Gas Natural*

<b>Propiedades</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>
Peso Molecular	kg/mol	17.72
Gravedad Especifica	.-	0.6118
Poder Calorífico Superior	BTU/ft <sup>3</sup>	978.2
Poder Calorífico Inferior	BTU/ft <sup>3</sup>	1083.42

*Nota:* Pluspetrol

### **Peligros**

Por lo mostrado en la Tabla 1 y siendo el componente principal el metano, se describe la toxicidad del metano.

De forma general, se considera que el metano no es un gas tóxico. Ni la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ni la Administración sobre Seguridad y Salud Ocupacionales (OSHA) lo catalogan como carcinogénico o potencialmente carcinogénico. Sin embargo, es importante tener en cuenta que puede causar asfixia si la concentración de oxígeno se reduce por debajo del 19.5% debido a su desplazamiento. Esto puede ocurrir en situaciones donde hay una alta concentración de metano en el aire, especialmente en entornos cerrados. La asfixia resultante puede llevar a la pérdida de conciencia e incluso a la muerte del individuo.

La Tabla 3 presenta las consecuencias fisiológicas típicas de la exposición a atmósferas deficientes en oxígeno.

Además, es importante tener en cuenta que la exposición breve a Metano comprimido o líquido en la piel puede ocasionar efectos severos debido a la congelación.

**Tabla 3**

*Efectos de la exposición a atmósferas deficientes en oxígeno*

<b>Concentración de Oxígeno (%)</b>	<b>Síntomas de Exposición</b>
12 – 16	Pulso y respiración acelerada, coordinación muscular ligeramente perturbada
10 – 14	Trastorno emocional, fatiga anormal, respiración intermitente
6 -10	Náuseas, vómitos y pérdida de conocimiento
Menos de 6	Movimientos convulsivos, dificultad respiratoria y muerte

*Nota:* Transportadora de Gas del Perú

El metano es un gas altamente inflamable que carece de color, olor y toxicidad, además de ser más liviano que el aire. Por otro lado, el metano forma mezclas con el aire que pueden ser inflamables o explosivas, incluso a concentraciones mucho más bajas que las requeridas para representar un riesgo de asfixia significativo. Aunque el rango de explosividad de una mezcla de metano en aire varía entre el 5.5% y el 15% de metano en volumen, la mezcla explosiva más peligrosa ocurre cuando se mezcla un volumen de metano con 10 volúmenes de aire. Sin embargo, es importante destacar que la temperatura de autoignición del metano es muy alta (537°C), lo que significa que la generación de incendios por metano puede ocurrir si una mezcla inflamable o explosiva se encuentra en contacto con fuentes de calor.

El metano también reacciona violentamente con oxidantes, halógenos y algunos compuestos halogenados

Tomando en cuenta las cualidades previamente mencionadas del metano, tales como su toxicidad, inflamabilidad y explosividad, las principales consecuencias derivadas de una fuga de metano son el riesgo potencial de incendio y/o explosión al mezclarse con el aire. Además, en menor medida, existe la posibilidad de asfixia para las personas o la contaminación del entorno atmosférico. Por consiguiente, el peligro más significativo para la salud reside en las quemaduras que pueden ocurrir si el metano entra en ignición.

Únicamente en el caso de una fuga masiva de gas, las personas y animales en las proximidades del incidente podrían experimentar daños debido al impacto del chorro de gas a alta presión o a la falta de oxígeno en el área, lo que podría provocar asfixia. En relación a su impacto en el medio ambiente, el metano se posiciona como el segundo compuesto más contribuyente al calentamiento global de la Tierra debido a su papel en el efecto invernadero, con un factor de aproximadamente el 15%. Esto lo sitúa por debajo del dióxido de carbono, que representa alrededor del 76% de la contribución total.

## **2.2 Ducto de Gas Natural**

El ducto que transporta el Gas Natural está constituido por un gasoducto de 730 kms de longitud y diámetros de 32", 24" y 18" que inician desde la Selva en Cuzco en la Planta de Malvinas hasta la Costa de Lima ubicado en el City Gate en Lurín.

Las características del ducto se muestran a continuación:

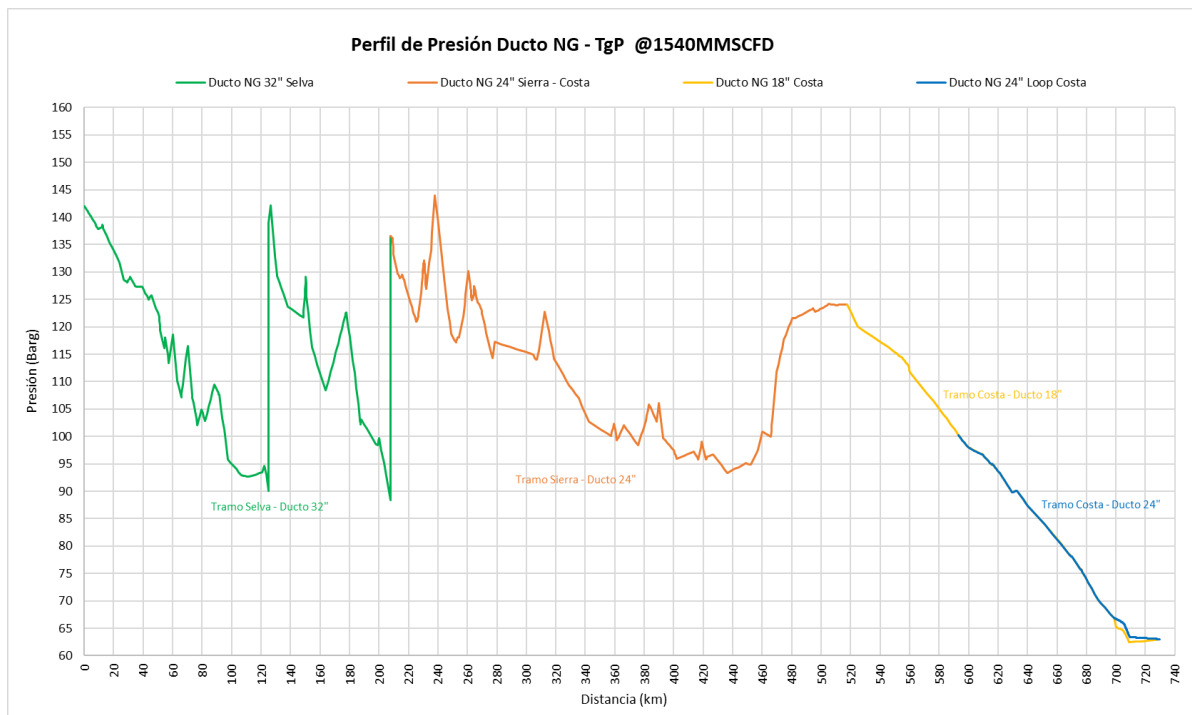
- Código del Diseño: ASME B31.8
- Material: API 5L X70
- Diámetro de 32" (desde el KP 0 al KP 211) con espesor 0.625"
- Diámetro de 24" (desde el KP 211 al KP 521) con espesor 0.492"
- Diámetro de 18" (desde el KP 521 al KP 730) con espesor 0.5124"
- Revestimiento de polietileno de 3 mm de espesor para 32" y 2.5 mm para 24" y 2.2 mm para 18"
- Protección catódica externa por corriente impresa y ánodos de sacrificio en las instalaciones de superficie

El ducto se encuentra sometido a presiones superiores a 100 bar desde el inicio de su transporte y según su desplazamiento dichas presiones va decayendo por efecto de la distancia. La instalación de las estaciones de compresión permite nuevamente elevar las presiones lo que permitirá llegar el gas hasta la Costa.

La tubería se encuentra enterrada bajo tierra con tapada que pueden variar desde 1 a 8 metros de profundidad.

**Figura 1**

*Perfil de Presiones - Ducto GN*



*Nota:* Transportadora de Gas del Perú

## 2.3 Posibles escenarios de riesgos - GN

### 2.3.1 Explosión

Una fuga de producto combinada con un evento de explosión o incendio en las instalaciones debe ser considerada como el accidente de máxima gravedad.

Una explosión podría ser provocados por factores endógenos como por exógenos de acuerdo con las siguientes causas:

- Errores humanos o accidentes

- Acciones planificadas por terceros (sabotaje o atentado)
- Golpes por acción de operaciones con maquinarias o equipos
- Deslizamientos o derrumbes
- Sismos, huaycos o tsunamis

Debido a este escenario, se hace importante conocer la consecuencia generada por la explosión del ducto de gas. En circunstancias normales una explosión generaría un cráter en el suelo que podría afectar el ambiente circundante.

### **2.3.2 Formación de cráter ante explosión de ducto enterrado**

Con el objetivo de prevenir incidentes operacionales, cuando se instalan dos o más tuberías en un mismo corredor de servidumbre, se diseña en dejar una cierta distancia de separación entre ellas.

Ante una posible fuga, si el ancho del cráter causado por el fallo estructural de la tubería implicada es más ancho que la distancia entre la tubería afectada y una de las tuberías adyacentes, entonces la tubería "secundaria" estaría también afectada por la onda expansiva generada o por la exposición debido al movimiento de tierra generado.

Otro de los desafíos que se plantean los operadores para el diseño de oleoductos que minimicen los conflictos territoriales es la seguridad de la población, debido también al efecto dominó que se pueda generar.

Con el objeto de estimar la probabilidad de ocurrencia de este efecto dominó, se debe predecir el ancho del cráter. Basándose en un análisis de 41 casos de 48 evaluados ocurridos en la industria (Silva et al., 2016), los autores encontraron que en un 93% de los casos el cráter era menor a 20 m; esto nos permite establecer según el modelo que una distancia entre ductos de unos 10 m sería suficiente para evitar la probabilidad del efecto dominó. Considerando siempre las características propias de la presión del ducto y del terreno.

A partir de estas conclusiones, se puede obtener una expresión polinómica basados en el modelo de accidentes propuestos:

$$CW = 40.795 + 0.382 D_p - 0.068 P + 4.844 D_c - 10.069 \gamma - 0.020 \rho_{suelo} \quad (1)$$

De donde:

$D_p$  = Diámetro de la tubería (pulg)

$P$  = Presión interna (bar)

$D_c$  = Tapada o cobertura de tierra (m)

$\gamma$  = Coeficiente de dilatación adiabática del fluido

$\rho_{suelo}$  = Densidad del suelo (kg/m<sup>3</sup>)

### **2.3.3 Potencial Radio de Impacto**

El "Potencial Impact Radius" (PIR) es un término utilizado en la norma ASME (B31.8S, 2022), que se enfoca en la gestión de la integridad de los sistemas de tuberías de gas natural. El PIR se refiere a la distancia máxima en la que una fuga de gas de una tubería puede tener un impacto potencial en las personas, las estructuras y el medio ambiente.

El cálculo del PIR considera varios factores, como la presión del gas, el diámetro de la tubería, el terreno y la ubicación de las estructuras cercanas. Estos factores se utilizan para determinar la cantidad de gas que se liberaría en caso de una ruptura de la tubería, así como la forma en que el gas se dispersaría y diluiría en el área circundante.

El objetivo principal del PIR es brindar orientación para la planificación, el diseño y la gestión de las tuberías de gas, identificando las áreas críticas donde se deben tomar medidas adicionales de seguridad. Esto podría incluir la instalación de sistemas de detección de fugas o la implementación de medidas de mitigación para reducir los riesgos asociados con las fugas de gas.

Para el caso práctico en la que se desarrolla este documento, calcularemos el PIR considerando que el ducto se encuentra expuesto, es decir sin cobertura de tierra.

La fórmula a emplear sería:

$$r = 0.69 \cdot d \cdot \sqrt{p} \quad (2)$$

De donde:

$d$  = diámetro externo de la tubería en pulgadas

$p$  = presión de operación máxima permitida del segmento del ducto en PSI

$r$  = radio de impacto pies

#### **2.3.4 Line Pack**

El Line Pack, también conocido como empaque de línea, se refiere al fenómeno que ocurre en una tubería de gas cuando se introduce o extrae gas para almacenar o liberar energía en forma de presión. En una tubería de gas, el Line Pack se produce cuando se inyecta gas en la línea, lo que provoca un aumento de presión debido al aumento del volumen de gas en la tubería. Esto es especialmente útil en situaciones en las que es necesario estabilizar la presión en la tubería o cuando se necesita una respuesta rápida a cambios en la demanda.

El Line Pack permite compensar fluctuaciones en la demanda de gas, ya que se puede extraer gas de la tubería durante períodos de alta demanda para satisfacer las necesidades adicionales, o inyectar gas en la línea durante períodos de baja demanda para mantener una presión constante. Esto ayuda a garantizar un suministro estable y confiable de gas a los usuarios finales.

Además, el Line Pack puede ser utilizado como una medida de seguridad, ya que proporciona una reserva de gas en la tubería en caso de interrupciones en el suministro o emergencias. Esto permite una respuesta rápida y eficiente en situaciones de crisis.

Es importante tener en cuenta que el Line Pack debe ser gestionado adecuadamente para evitar fluctuaciones excesivas de presión que puedan dañar la tubería o afectar la calidad del suministro de gas. Para lograr esto, es necesario realizar un diseño adecuado del sistema y llevar a cabo un monitoreo constante de la presión en la tubería.

Para calcular el Line Pack de un segmento, se utiliza la siguiente expresión tomada de la Ley Universal de los Gases:

$$LP = \left(\frac{P_{AV}}{P_B}\right) \times V_{SEG} \times \left(\frac{T_B}{T_{AV}}\right) \times F_{PV}^2 \times C_F \quad (3)$$

Donde:

$LP$  = volumen de gas de empaque para el segmento o tramo del gasoducto (MFC)

$P_{AV}$  = presión promedio para un segmento o tramo del gasoducto (PSI)

$T_{AV}$  = temperatura promedio para un segmento o tramo del gasoducto en °F

$F_{PV}$  = factor del supercompresibilidad para el segmento o tramo del gasoducto

$V_{SEG}$  = volumen del segmento o tramo del gasoducto (MFC)

$C_F$  = factor de corrección del volumen

La presión promedio se obtiene del siguiente calculo:

$$P_{AV} = \frac{2}{3} \times \left( (P_1 + P_2) - \left( \frac{P_1 \times P_2}{P_1 - P_2} \right) \right) + P_a \quad (4)$$

De donde:

$P_{AV}$  = presión promedio para un segmento o tramo del gasoducto (PSI)

$P_1$  = presión estática de entrada 1 (en PSI) en el extremo de entrada (aguas arriba) del segmento de tubería

$P_2$  = presión estática de entrada 2 (en PSI) en el extremo de salida (aguas abajo) del segmento de tubería

$P_a$  = presión atmosférica (PSI)

La temperatura promedio se obtiene:

$$T_{av} = T_2 + \frac{1}{3} \times (T_1 - T_2) + 460 \quad (5)$$

Donde:

$T_{av}$  = temperatura promedio para un segmento o tramo del gasoducto (°R)

$T_1$  = temperatura al inicio del segmento o tramo del gasoducto (°F)

$T_2$  = temperatura al final del segmento o tramo del gasoducto (°F)

El volumen geométrico se define por:



$$V_{SEG} = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times L_{SEG} \quad (6)$$

De donde:

$V_{SEG}$  = volumen del segmento o tramo del gasoducto (MCF)

$D$  = diámetro interno del segmento o tramo del gasoducto (pies)

$L_{SEG}$  = largo del segmento o tramo del gasoducto (pies)

El factor de supercompresibilidad es el volumen ocupa un gas a condiciones de presión y temperatura en relación al volumen que ocuparía ese mismo gas si se comportará como ideal a las mismas condiciones de presión y temperatura. Se calcula a través del principio de los estados correspondientes, el cual fue establecido por Van del Waals en 1873, en donde se establece que cuando se compara dos gases con las mismas propiedades pseudoreducidas tienen aproximadamente el mismo factor de compresibilidad y se desvían más o menos el mismo grado del comportamiento ideal. Bajo ese principio, usaremos el gráfico de Standing & Katz (Smith et al., 2018), el cual requiere que el gas sea rico en metano (> 80%) y en el caso de poseer impurezas (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y N<sub>2</sub>) debe corregirse aplicando la relación propuesta por (Carr et al., 1954).

Para el cálculo de la temperatura pseudocrítica emplearemos:

$$T_{sc} = \sum y_i * T_{ci} \quad (7)$$

Donde:

$T_{sc}$  = temperatura pseudocrítica (°R)

$y_i$  = fracción molecular de cada componente del gas

$T_{ci}$  = temperatura crítica de cada componente del gas (PSI)

Así mismo, la presión pseudocrítica:

$$P_{sc} = \sum y_i * P_{ci} \quad (8)$$

Donde:

$P_{sc}$  = presión pseudocrítica (PSI)

$y_i$  = fracción molecular de cada componente del gas

$P_{ci}$  = presión crítica de cada componente del gas (PSI)

Si el gas contiene impurezas de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{N}_2$ , aplicamos la correlación de (Carr, et.al; 1954), en caso no los tuviera no se tomaría en cuenta:

$$T'_{SC} = T_{SC} - 80 y_{\text{CO}_2} + 130 y_{\text{H}_2\text{S}} - 250 y_{\text{N}_2} \quad (9)$$

$$P'_{SC} = P_{SC} + 440 y_{\text{CO}_2} + 600 y_{\text{H}_2\text{S}} - 170 y_{\text{N}_2} \quad (10)$$

De donde:

$y_{\text{CO}_2}$ ,  $y_{\text{H}_2\text{S}}$ ,  $y_{\text{N}_2}$  = fracción molar del  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{N}_2$

$T'_{SC}$  = temperatura pseudocrítica corregida ( $^{\circ}\text{R}$ )

$P'_{SC}$  = presión pseudocrítica corregida (PSI)

Los cálculos de la presión y temperatura pseudoreducida sería:

$$T_{SR} = \frac{T}{T_{SC}} \quad (11)$$

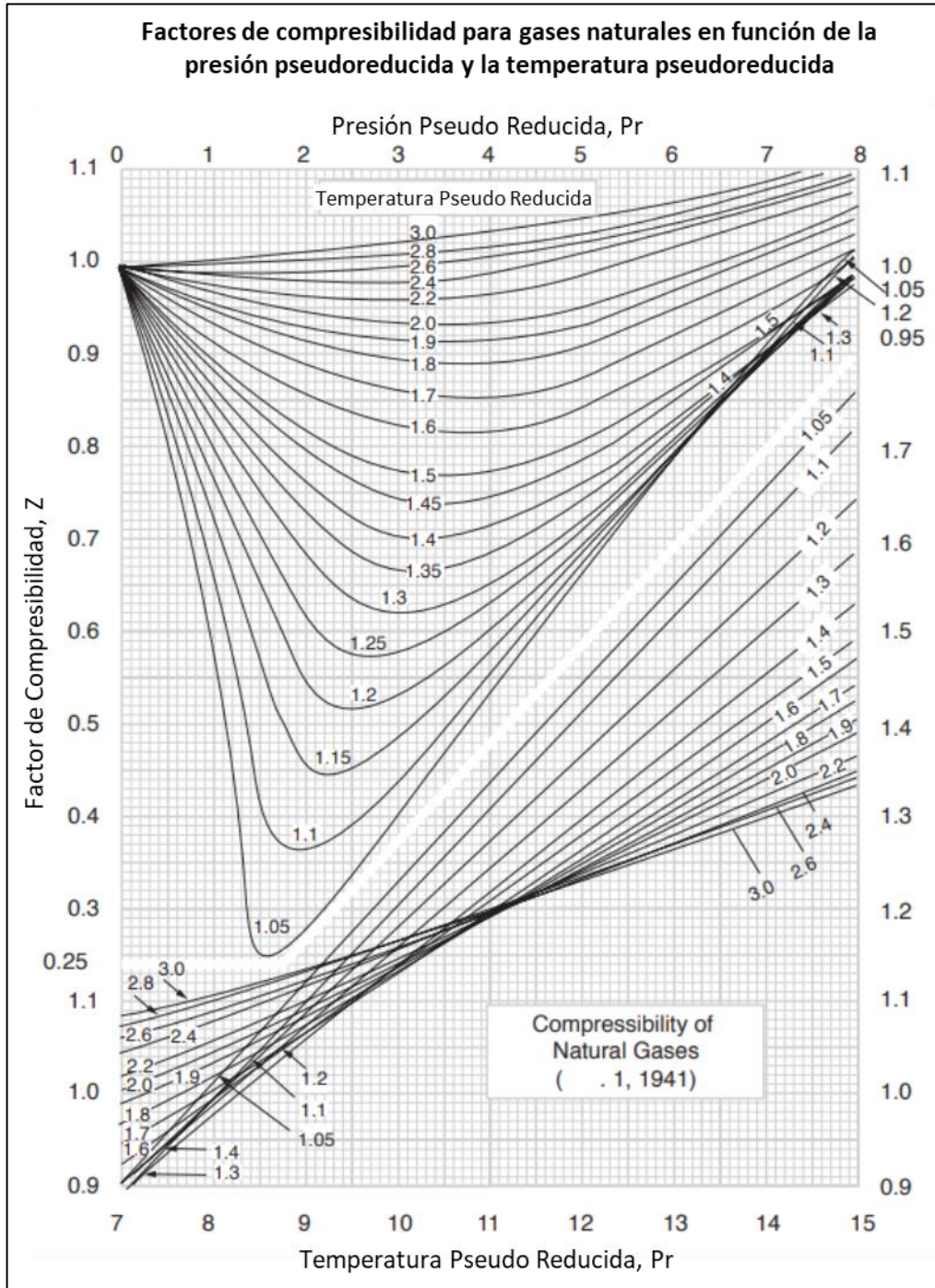
$$P_{SR} = \frac{P}{P_{SC}} \quad (12)$$

Si el gas tuviera impurezas se reemplazaría la  $T_{SC}$  por la  $T'_{SC}$ . Del mismo modo, la  $P_{SC}$  con la  $P'_{SC}$ .

Con los valores calculados de  $T_{SR}$  y  $P_{SR}$ , se interpolan los valores en el gráfico de Standing & Katz.

**Figura 2**

*Factor de Compresibilidad, Z*



*Nota:* Tomado de Petroleum Reservoir Engineering Practice (p.80), por Nnaemeka Ezekwe. 2011. Pearson Education (Ezekwe, 2011)

### **2.3.5 Densidad del suelo**

La densidad del suelo se refiere a la medida de la masa del suelo por unidad de volumen, y es un indicador importante para comprender su estructura y composición. Además, la densidad puede variar según las características específicas de cada tipo de suelo, debido a su composición mineralógica, su contenido de materia orgánica y su estructura.

Las subunidades de suelo son subdivisiones más detalladas dentro de las unidades de suelo. Estas subunidades se definen con base en características adicionales y más específicas del suelo, como propiedades físicas, químicas o biológicas, que permiten una clasificación más refinada.

Las subunidades de suelo se utilizan para distinguir variaciones menores dentro de una unidad de suelo principal y pueden ser útiles para estudios y aplicaciones que requieren una mayor precisión en la descripción y clasificación de los suelos.

Para el objeto del presente documento se utilizó la información proporcionada por (INGEMMET, 2023) (Geo-catálogo de Minas-MINEM), el cual es una plataforma o sistema de información geográfica desarrollado por el MINEM, que permite acceder y visualizar información geoespacial relacionada con la actividad minera en el país. A su vez, proporciona información de datos geológicos.

A través de esta plataforma se ha podido identificar los subniveles de suelo por el cual atraviesa el ducto de gas.

**Tabla 4***Densidad de suelo*

<b>Subunidad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>
T-al	Terraza aluvial	1200 – 1600
RME-r	Montaña estructural en roca sedimentaria	1800 – 2000
RCE-rs	Colina estructural en roca sedimentaria	1200 – 1800
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria	1600 - 2200
RM-rm	Montaña en roca metamórfica	1200 – 1800
V-cd	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	1200 – 1600
Sfp-d	Superficie de flujo piroclástico disectado o erosionado	1200 – 1800
Cl-ig	Colina y lomada ignimbrítica	1200 – 1800
RM-rv	Montaña de roca volcánica	1200 – 1800
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria	1600 – 2200
RM-rvs	Montaña en roca volcano sedimentaria	1200 – 1800
RM-ri	Montaña en roca intrusiva	1600 – 2200
P-at	Vertiente o piedemonte aluvio torrencial	1200 – 1700
Pl-al	Llanura o planicie aluvial	1200 – 1700
RCL-ri	Colina y lomada en roca intrusiva	1600 – 2200
M-a	Manto de arena	1400 – 1700
C-d	Campo de dunas	1400 - 1700

*Nota:* Elaboración propia

## 2.4 Líquidos de Gas Natural (LGN)

La composición típica de los Líquidos del Gas Natural se muestra en la Tabla 5:

**Tabla 5**

*Composición del LGN*

<b>Componente</b>	<b>% Molar</b>
Etano	0.30
Propano	33.81
I-Butano	6.39
n-Butano	13.44
i-Pentanos	5.72
n-Pentano	5.74
N-Hexano	7.95
Benceno	0.24
n-Heptano	7.40
n-Octano	7.35
n-Nonano	3.93
n-Decano	2.51
n-Undecano	1.54
n-Dodecano	3.65

*Nota:* Pluspetrol

Las propiedades generales se visualizan en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Propiedades del LGN*

<b>Propiedad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Gravedad Específica a 15.6°C	-.-	0.639
Presión de Vapor a 10°C	Bar	3.26
Presión de Vapor a 37.8°C	Bar	6.49

*Fuente:* Pluspetrol

Basándonos en estas características y en los resultados de la simulación de una vaporización instantánea del producto hasta alcanzar la presión atmosférica, podemos señalar que aproximadamente el 45% en peso consiste en hidrocarburos altamente volátiles, como el gas licuado de petróleo (GLP). Un 42% en peso corresponde a una nafta o gasolina, mientras que el 13% en peso son hidrocarburos con características similares al diésel.

En cuanto a la fracción más liviana, su punto de ebullición promedio es de -20°C, lo que significa que, en caso de ser liberada al ambiente, se evaporará de forma inmediata. En cambio, la fracción intermedia y final, con un punto de ebullición superior a la temperatura ambiente, se vaporizará de manera más lenta, dejando un residuo no vaporizado final que representa aproximadamente el 15% de su peso original.

Según las observaciones realizadas durante situaciones de emergencia operativa en el campo, se ha establecido que se produce una evaporación inicial del 20% en el primer momento (es decir, al tiempo igual a cero minutos). Posteriormente, se registra una evaporación adicional del 10% durante los primeros 30 minutos. Durante el transcurso del evento, se estima una evaporación media del 20% en ruta. Esto resulta en un remanente del 50% que permanece en estado líquido. Cabe mencionar que estos porcentajes pueden variar dependiendo de las condiciones climáticas existentes en ese momento.

## **Peligros**

El producto en cuestión no presenta toxicidad intrínseca, sin embargo, al expandirse en el entorno, tiene el potencial de desplazar al aire, lo cual puede ocasionar irritación en las vías respiratorias y generar condiciones de asfixia para las personas. Es importante destacar que el producto contiene benceno, una sustancia que se ha asociado con el desarrollo de cáncer. La inhalación del producto puede ocasionar síntomas como cefaleas, mareos e incluso pérdida de conciencia.

El grado de peligrosidad del LGN está directamente relacionado con el nivel de exposición al producto. En caso de producirse una fuga en la tubería, una gran parte del LGN se evaporará de manera instantánea. Como resultado de esta expansión, se produce un enfriamiento en el material que ha estado en contacto con el LGN. Según la simulación realizada por el Laboratorio de TgP (Transportadora de Gas del Perú), la temperatura del LGN liberado puede llegar a alcanzar los  $-32^{\circ}\text{C}$  debido a la rápida vaporización del fluido durante la expansión.

Si el derrame se produce sobre un cuerpo de agua el efecto será similar, la vaporización parcial del LGN y el enfriamiento del cuerpo de agua.

Puede causar graves quemaduras frías a la piel, (incluso con desprendimiento de la misma), debido a su rápida evaporación que origina una disminución de la temperatura.

El producto es altamente inflamable debido a la presencia de componentes volátiles, los cuales, en combinación adecuada con el aire y en presencia de una fuente de ignición, pueden provocar una ignición instantánea del producto. Si se forma una mezcla del producto con el aire, pueden generarse condiciones explosivas.

## **Otros aditivos Químicos**

El único aditivo químico utilizado es un reductor de fricción, cuyo propósito es minimizar la fricción del LGN y optimizar las condiciones de bombeo. Este aditivo es un líquido opaco y combustible. La inhalación de este producto puede ocasionar dolores de cabeza, mareos, somnolencia y náuseas, e incluso puede llevar a la pérdida de



conocimiento. Además, puede causar irritación en los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Si se ingiere, puede resultar nocivo o fatal. Es importante destacar que tiene la capacidad de penetrar en los pulmones y causar daños.

## **2.5 Ducto de Líquido de Gas Natural**

El ducto que transporta líquido de gas natural consta de 557 kms de longitud y diámetros de 14" y 10", que parten desde Malvinas llegando hasta Lobería en la Costa de Pisco.

Las características del ducto se muestran a continuación:

- Código del Diseño: ASME B31.4
- Material: API 5L X70
- Diámetro de 14" de PS1 a PS2 con espesor 0.2515"
- Diámetro de 14" de PS2 a PS3 con espesor 0.2515"
- Diámetro de 14" de PS3 a PS4 con espesor 0.250"
- Diámetro de 14" de PS4 a PRS1 con espesor 0.393"
- Diámetro de 14" de PRS1 a PRS2 con espesor 0.2345"
- Diámetro de 14" de PRS2 a PRS3 con espesor 0.2345"
- Revestimiento de polietileno de 2.2 mm de espesor para 14" y 2.0 mm para 10"
- Protección catódica externa por corriente impresa y ánodos de sacrificio en las instalaciones de superficie

## **2.6 Posibles escenarios de riesgos - LGN**

### **2.6.1 Derrames y Dispersión de LGN**

Debido a que el líquido condensado de LGN se encuentra bajo presión, al pasar a través de un orificio, se generan condiciones de flujo crítico. En estas condiciones, el flujo no solo depende de la diferencia de presión, sino también de la densidad promedio de la fase doble, ya que durante la fuga también ocurre la vaporización parcial del producto.

La cantidad de LGN que se escapa a través del orificio está relacionada con la presión interna de la tubería, la cual varía a lo largo de la línea debido a la caída de presión causada por la fricción y los cambios en la elevación del conducto. Además, en este caso, se alcanzan condiciones de flujo crítico porque la diferencia de presión supera la presión crítica.

Inicialmente, la tasa de flujo es alta; sin embargo, cuando el operador detecta la fuga y activa el sistema de detección, cerrando las válvulas de bloqueo, la tasa de flujo disminuye gradualmente hasta que es controlada por la presión estática de la línea.

El volumen de los derrames que se han estimado a lo largo de la traza del ducto se puede calcular empleado la siguiente formula:

$$V = \pi \left( \frac{D}{2} \right)^2 L \quad (13)$$

De donde:

$V$  = volumen (pie<sup>3</sup>)

$D$  = diámetro interior del ducto (pie)

$L$  = segmento del ducto (pie)

Se puede calcular la magnitud de los derrames que pueden ocurrir en las depresiones del terreno considerando que, después de la ruptura de la tubería, el fluido se liberará al ambiente y experimentará una despresurización. La columna de líquido será evacuada hacia el exterior, y el volumen derramado dependerá también de la ubicación de las válvulas de bloqueo en la línea.

Debido a las variaciones de elevación y depresiones en la ruta de la tubería debido a la topografía accidentada del terreno, una vez cerradas las válvulas de bloqueo y de retención, la fuga continuará inicialmente debido a la presión interna y luego por efecto de la gravedad hasta que el incidente sea controlado. La pérdida estimada corresponde, como mínimo, al volumen contenido por encima de la ubicación de la fuga. Si la fuga ocurre cerca de una cumbre, solo se derramará el volumen contenido en la tubería hasta la cumbre. Sin

embargo, si la fuga se encuentra en una garganta sin válvula de bloqueo, el derrame incluirá el volumen contenido en ambos lados de dicha garganta.

Un derrame antes de una válvula de bloqueo o después de una válvula de retención puede resultar en una pérdida significativa de producto, debido a que el tramo del conducto se encuentra en una zona con pendientes pronunciadas.

Después de que ocurra el derrame, la fracción liviana se vaporizará, representando aproximadamente el 48% del volumen, mientras que la nafta y el diésel permanecerán en el suelo. La nafta continuará evaporándose a una velocidad más lenta, mientras que la fracción más pesada quedará en el suelo.

Después del derrame, cuando se produce el contacto con el agua, la fracción liviana, que representa aproximadamente el 48% del volumen, se vaporizará y las fracciones más pesadas permanecerán sobre la superficie del agua, evaporándose a un ritmo más lento. Solo la fracción más pesada, estimada en un 15%, permanecerá sobre el agua y será arrastrada.

### **2.6.2 Pool Fire o incendio de pileta**

Un incendio tipo pileta (pool fire) es el resultado de la combustión de un derrame de combustible. En el caso de una fuga de LGN en la línea, podría ocurrir un evento de fuego tipo piscina. En la primera etapa, la fracción más liviana se vaporizaría a medida que el producto se calienta hasta alcanzar la temperatura ambiente. Luego, en una segunda etapa de vaporización, quedaría una fracción que se depositaría en el suelo y eventualmente se desplazaría sobre la superficie hasta llegar a un punto de ignición.

Si la fuga persiste, el fuego puede propagarse hasta el lugar de origen y generar un subsecuente evento de fuego tipo pileta en dicho punto

### **2.6.3 Flash Fire o Fogonazos**

Un Flash Fire o Fogonazo es un evento repentino en el que una nube de gas se inflama. Es importante señalar que una llamarada, aunque sea repentina, puede ser lo

suficientemente grande como para afectar a las personas que se encuentren dentro del área de la llama.

Para que este evento ocurra, el gas debe estar mezclado con el aire en concentraciones dentro del rango del límite inferior de inflamabilidad (LFL- Lower Flammable Limit) al límite superior de inflamabilidad (UFL - Upper Flammable Limit).

Para evaluar los daños causados por un escenario de llamarada, se toman en cuenta los resultados de la evaluación de dispersión, a partir de los cuales se determina la zona de la llama, que se extiende desde el punto de fuga hasta el límite inferior de inflamabilidad (LFL).

#### **2.6.4 *Jet Fire o Dardo de Fuego***

El Dardo de fuego (jet fire) es un tipo de incendio en forma de chorro que se origina cuando se produce una descarga de gas a alta presión desde un depósito o una tubería que ha sido perforada. Estos eventos se consideran que solo pueden ocurrir en áreas de alta consecuencia, donde existe la posibilidad de que haya fuego debido a la cercanía de viviendas.

## 3 DESCRIPCION DEL TRABAJO

### 3.1 Descripción de las operaciones

El sistema de transporte está conformado por dos ductos principales: un ducto principal de gas natural (GN) y otro ducto principal de líquidos de gas natural (LGN). Ambos ductos parten de la Planta Malvinas ubicada en la selva de Cusco, atraviesan la sierra de Ayacucho y Huancavelica para llegar a la costa de Ica. El sistema de transporte principal de GN abastece de gas al mercado interno y para exportación. El ducto de gas natural para abastecimiento del mercado interno peruano llega hasta el City Gate en Lurín. En el KP 518 (Humay) del ducto de gas hay una derivación hacia la Planta de fraccionamiento en Lobería de propiedad de Pluspetrol. Mientras que el ducto de GN para exportación llega hasta la Planta de Melchorita (Planta de Licuefacción de Gas Natural).

El ducto de LGN llega hasta la Planta de Fraccionamiento en Playa Lobería – Pisco operada por Pluspetrol.

El sistema de transporte de gas natural está conformado por un ducto troncal de 729 km, de diámetros a lo largo de su traza de 32", 24" y 18". Además, cuenta con las siguientes facilidades:

- Dos plantas compresoras (Chiquintirca ubicada en el KP 207.9 y Kamani ubicada en el KP 127),
- Dos estaciones de control de presión (PCS1 ubicado en el KP.470 y PCS2 ubicado en el KP 595),
- Loop Costa, loop de 137 km con un diámetro de 24" en la zona de costa, que abarca desde el KP. 595 (Pampa Melchorita) hasta el KP. 730 (City Gate Lurín).
- Una derivación de ducto hacia Ayacucho que nace en el KP. 277 y tiene una longitud de 18 km y diámetro de 14".

El ducto que transporta líquidos de gas natural (LGN) tiene una longitud de 557 km, el cual inicia en la Planta Malvinas y finaliza en Playa Lobería, Pisco; es un ducto telescópico de 14" y 10" de diámetro que cuenta con cuatro estaciones de bombeo: PS1,

PS2, PS3 y PS4 con cinco bombas en la estación PS1 y cuatro bombas en las demás estaciones. Además, cuenta con tres estaciones reductoras de presión PRS1, PRS2 y PRS3.

### Figura 3

*Localización de la infraestructura del Sistema de Transporte por Ductos*

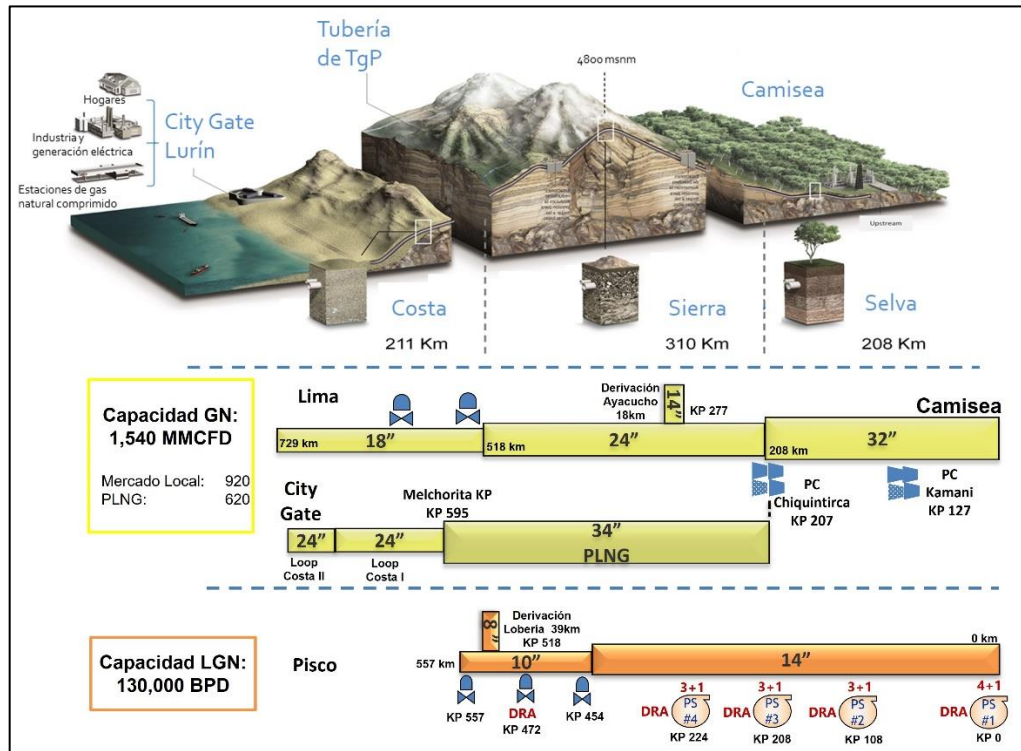


*Nota:* Transportadora de Gas del Perú

En la figura 2, se puede apreciar todas las instalaciones del sistema de transporte de ductos (STD) de TgP

**Figura 4**

*Infraestructura del sistema de transporte por ductos*



Fuente: Transportadora de Gas del Perú

### 3.2 Protección de Diseño y Seguridad en las Instalaciones

#### 3.2.1 Sistema de detección remota

Los ductos tanto para el transporte de líquidos de gas natural (LGN) y gas natural (GN) se supervisan y controlan a través de un Sistema integrado de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), el cual tiene el mando y supervisión de las diferentes instalaciones asociadas a ambos ductos.

El sistema SCADA se diseñó e implementó como un sistema autosuficiente para un alto nivel en términos de confiabilidad, capacidad de mantenimiento y flexibilidad operativa que es alcanzable al estar integrado en los sistemas de PLC's/RTU's de las diferentes estaciones.

El sistema SCADA integrado al Sistema de Control de cada Estación permite el monitoreo y control, transfiriendo las alarmas críticas, el estado, la información de los parámetros con que se opera y el comando de los distintos dispositivos de control y asociados.

Este sistema permite la detección de fugas en tiempo real basado en información del sistema SCADA. También se ha configurado para el envío de alertas al sistema SCADA y visualización en pantalla de información del ducto. Adicionalmente a la alta confiabilidad y seguridad que el SCADA le brinda al sistema de transporte, se cuenta con dispositivos locales de seguridad que hacen que los ductos se auto protejan ante la aparición de cualquier evento, ya sea por alta o baja presión, realizándose automáticamente cierres de emergencia en las estaciones (ESD) o cierre de válvulas de línea principal en caso se produzca una rotura de línea. La red de comunicación se basa en un sistema de fibra óptica, con un respaldo satelital como medida de seguridad entre Malvinas y Lima. El sistema compuesto por 800 km de fibra óptica y respaldo satelital que interconecta todos los puntos de presencia operativa a la Sala de Control.

### **3.2.2 Sistema de Información Geográfica**

La implementación del Sistema de Información Geográfica (GIS), se dio como respuesta a la necesidad de contar con una tecnología que permita gestionar y analizar la información de los Sistemas de Transporte por Ductos (STD), así como disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Este sistema que se engrana como un librero en donde se almacena toda la data histórica de los ductos, con tal precisión el cual es capaz de otorgar información de todas las intervenciones realizadas en un punto específico de la tubería. Esta información incluye datos técnicos como de sus alrededores, tal como porcentaje de cobertura vegetal, área sensible, accidentes, emergencias, población cercana y demás información que se va almacenando con las inspecciones que realizan periódicamente.



Los modelos manejados por el GIS que se consideran de mayor utilidad en lo relacionado a la prevención y control de emergencias son el OILMAP y el AIRMAP.

### **Extensión AIRMAP**

AIRMAP es un modelo de dispersión atmosférica diseñado para predecir la trayectoria y destino de los gases emitidos por el producto en la atmósfera. El modelo utiliza propiedades químicas y físicas del producto, y los índices de degradación ambiental para predecir el recorrido de las sustancias que han sido liberadas a la atmósfera. Se soporta con los reportes meteorológicos de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

### **Extensión OILMAP**

OILMAP, es un modelo numérico que permite calcular el recorrido de un supuesto derrame del producto por tierra y cuerpos de agua, desde el punto donde se produce la rotura hasta que el producto se evapora o desaparece totalmente, los resultados obtenidos incluyen:

- Distancia y tiempo del recorrido del producto en una superficie de tierra y/o agua;
- Evaporación;
- Infiltración; y
- Almacenamiento o empozado.

Los cálculos realizados por el modelo, permite observar la distancia y el recorrido del producto en tierra, hasta que alcanza un cuerpo de agua, así mismo se puede observar el comportamiento del producto en el agua, hasta que se evapora totalmente. Así mismo se obtiene una tabla con datos de tiempo vs. distancia recorrida, cantidad y tipo de superficie (tierra o agua).

### **3.2.3 Válvulas de Bloque de Línea**

Con el fin de facilitar el aislamiento de secciones de los ductos, se cuenta con válvulas de seccionamiento, las cuales están enterradas, son de cuerpo esférico y de pasaje total con extensor y actuador neumático (actuado a Gas Natural como fluido motriz)

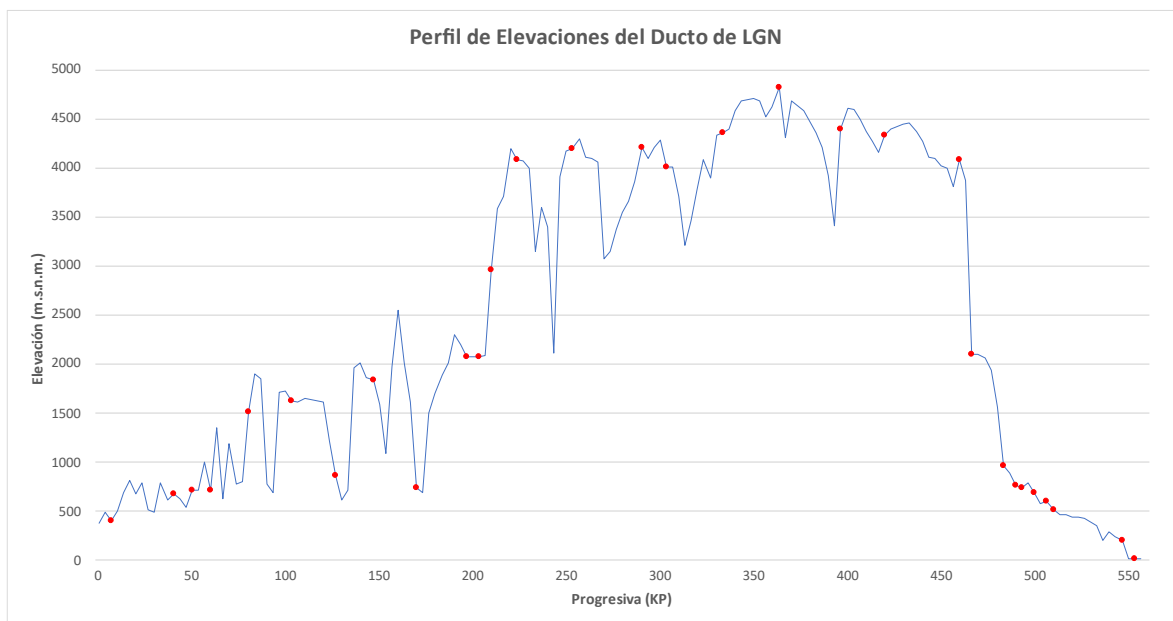
instalado en la superficie. Las válvulas de bloqueo de gas natural tienen un sistema de protección por rotura de tubería (line break) y mecanismos de cierre por muy baja presión de línea.

Estas válvulas cuentan con un sistema de generación de energía eléctrica que mantiene alimentados a los equipos de control, monitoreo, supervisión y comunicaciones en un recinto ad-hoc. Todas estas instalaciones estarán dentro de un cerco perimetral con cámaras de TV para vigilancia remota. Para ubicar las válvulas se ha tomado en cuenta la distancia entre válvulas según lo indicado en el código ASME B31.8 para Clase 1 División 2 (factor de diseño 0.72), la que no deberá ser mayor a 32,18 Km. (20 millas).

Para el ducto de GN se tienen instalados 49 válvulas, mientras que el del LGN se cuenta con 40 válvulas. Estas últimas se ha instalado de acuerdo al criterio del perfil de elevaciones del ducto de LGN.

### Figura 5

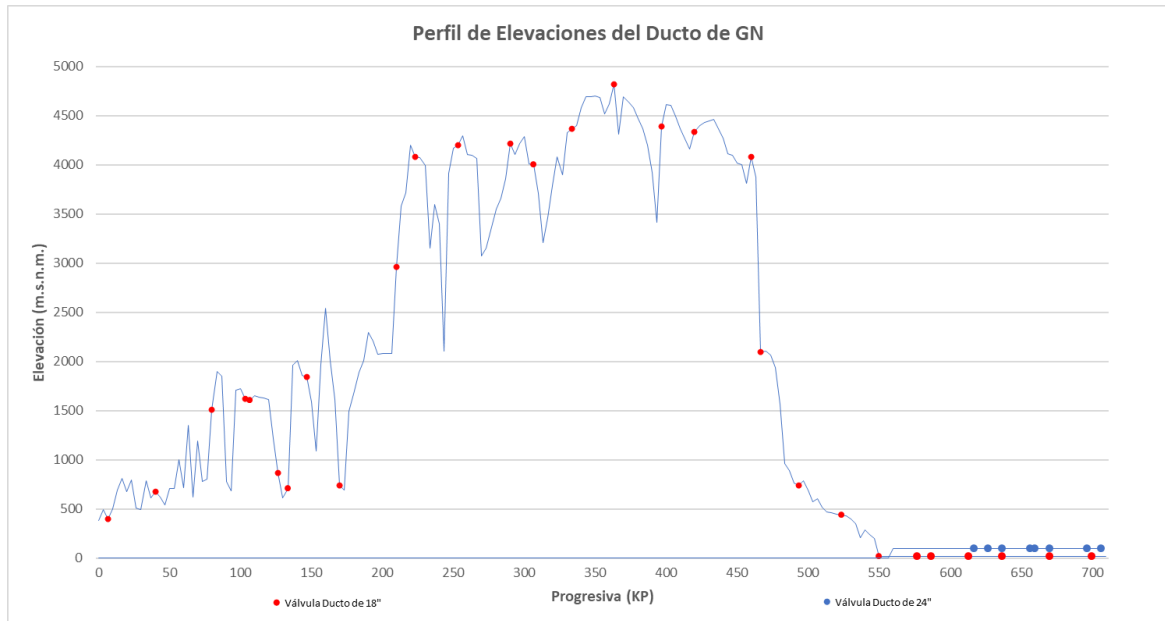
*Perfil de Elevaciones del ducto de LGN*



*Fuente:* Elaboración propia

**Figura 6**

*Perfil de Elevaciones del ducto de GN*



*Fuente:* Elaboración propia

De las figuras 5 y 6, las válvulas de bloqueo son representados por puntos rojos.

### **3.3 Cálculo del diámetro de cráter por explosión de ducto de GN enterrado**

Conocer las consecuencias debido a la explosión del ducto de gas natural, es indispensable para tomar medidas de prevención en torno al corredor del ducto. Con el objeto de calcular cual sería la expansión si se produjera el colapso de la tubería, se usó la fórmula propuesta por (Silva, et.al. 2016), el cual considera los siguientes parámetros:

KP: Kilometro progresiva del ducto

P: presión interna del ducto en Bar

D: diámetro externo de la tubería en pulgadas

Tapada: cobertura de tierra sobre la tubería en metros

Densidad: correspondiente al suelo en  $\text{kg/m}^3$

CW: ancho de cráter en metros

SubUnidad: tipo de suelo en el punto de colapso

A continuación, se muestran en las tablas del 7 al 10, los cálculos efectuados para todo el corredor del ducto.

**Tabla 7**

*Sector Selva - Calculo del ancho del Cráter*

<b>Observación</b>	<b>KP</b>	<b>P (Bar)</b>	<b>D (in)</b>	<b>Tapada (m)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Ancho Cráter (m)</b>	<b>SubUnidad</b>
Pump Station 1	0.000	142.00	32	1.82	1400	10.89	T-al
Pump Station 1	0.482	141.79	32	1.96	1400	11.58	T-al
	0.964	141.59	32	1.91	1400	11.35	T-al
	1.445	141.38	32	1.91	1400	11.37	T-al
	1.927	141.17	32	1.91	1400	11.38	T-al
	2.409	140.97	32	1.91	1400	11.39	T-al
	2.891	140.76	32	1.91	1400	11.41	T-al
	3.372	140.55	32	1.91	1400	11.42	T-al
	3.854	140.34	32	1.91	1400	11.44	T-al
	4.336	140.14	32	2.23	1400	13.00	T-al
	4.818	139.93	32	2.23	1400	13.01	T-al
	5.299	139.72	32	2.23	1400	13.03	T-al
	5.781	139.52	32	2.23	1400	13.04	T-al
	6.263	139.31	32	2.23	1400	13.06	T-al
	6.745	139.10	32	3.56	1400	19.51	T-al
	7.226	138.89	32	3.57	1400	19.58	T-al
	7.708	138.68	32	3.80	1400	20.70	T-al
	8.190	138.48	32	3.90	1400	21.20	T-al
	8.672	138.27	32	4.15	1400	22.43	T-al
	9.153	138.06	32	4.23	1400	22.83	T-al
	9.569	137.85	32	5.63	1400	29.63	T-al
	9.635	137.85	32	5.96	1400	31.22	T-al
	10.106	137.91	32	6.87	1400	35.63	T-al
	10.577	137.96	32	6.90	1400	35.77	T-al
	11.047	138.02	32	7.25	1400	37.46	T-al
	11.518	138.07	32	7.98	1400	40.99	T-al
	11.755	138.12	32	8.36	1400	30.92	T-al

	11.989	138.12	32	9.50	1400	48.35	T-al
	12.151	138.29	32	9.90	1400	50.28	T-al
Rio Urubamba	12.313	138.47	32	10.89			
Rio Urubamba	12.475	138.65	32	10.89			
Rio Urubamba	12.569	138.65	32	10.89			
Rio Urubamba	12.617	138.41	32	10.89			
Rio Urubamba	12.759	138.17	32	10.89			
Rio Urubamba	12.901	137.93	32	10.89			
Rio Urubamba	12.985	137.93	32	10.89			
	15.135	136.68	32	9.25	1400	47.24	T-al
	17.369	135.43	32	7.35	1400	38.12	T-al
	19.602	134.18	32	6.57	1400	34.43	T-al
Qda. Quivitsiari	21.836	132.93	32				
	24.070	131.67	32	5.11	1400	27.53	T-al
	24.523	131.67	32	5.07	1400	27.33	T-al
	24.941	130.66	32	5.00	1400	27.06	T-al
	25.812	129.66	32	4.99	1400	27.08	T-al
	26.365	128.66	32	4.87	1500	24.57	RCE-rs
	26.683	128.66	32	4.85	1500	24.47	RCE-rs
	27.516	128.48	32	4.68	1500	23.66	RCE-rs
	28.349	128.30	32	4.53	1500	22.95	RCE-rs
	29.182	128.12	32	4.53	1500	22.96	RCE-rs
	29.568	128.12	32	4.51	1500	22.86	RCE-rs
	29.875	128.46	32	4.47	1500	22.65	RCE-rs
	30.567	128.80	32	4.47	1500	22.62	RCE-rs
	31.260	129.14	32	4.45	1500	22.50	RCE-rs
	31.632	129.14	32	4.40	1500	22.26	RCE-rs
	32.327	128.55	32	4.38	1500	22.20	RCE-rs
	33.394	127.96	32	4.37	1500	22.19	RCE-rs
	34.461	127.37	32	4.28	1500	21.80	RCE-rs
	34.896	127.37	32	4.28	1500	21.80	RCE-rs
	35.705	127.36	32	4.22	1500	21.51	RCE-rs
	36.949	127.34	32	4.20	1500	21.41	RCE-rs
	38.192	127.33	32	4.20	1500	21.41	RCE-rs
	39.436	127.31	32	4.17	1500	21.27	RCE-rs
	39.852	127.31	32	4.16	1500	21.22	RCE-rs

---

40.491	126.74	32	4.12	1500	21.07	RCE-rs
41.545	126.16	32	4.04	1500	20.72	RCE-rs
42.600	125.59	32	4.03	1500	20.71	RCE-rs
43.654	125.02	32	3.78	1500	19.54	RCE-rs
43.754	125.01	32	3.75	1500	19.39	RCE-rs
44.316	125.23	32	3.66	1500	18.94	RCE-rs
44.979	125.46	32	3.63	1500	18.78	RCE-rs
45.641	125.69	32	3.61	1500	18.67	RCE-rs
45.854	125.69	32	3.55	1500	18.38	RCE-rs
46.691	124.92	32	3.53	1500	18.33	RCE-rs
47.742	124.14	32	3.40	1500	17.76	RCE-rs
48.792	123.37	32	3.33	1500	17.47	RCE-rs
49.843	122.60	32	3.26	1500	17.18	RCE-rs
50.752	121.83	32	3.24	1900	9.14	RME-rs
50.893	121.83	32	3.20	1900	8.94	RME-rs
51.087	120.99	32	3.17	1900	8.86	RME-rs
51.281	120.15	32	3.10	1900	8.57	RME-rs
51.475	119.31	32	3.05	1900	8.39	RME-rs
51.796	119.31	32	3.01	1900	8.20	RME-rs
52.478	118.25	32	2.96	1900	8.03	RME-rs
53.481	117.19	32	2.93	1900	7.95	RME-rs
54.484	116.14	32	2.92	1900	7.98	RME-rs
54.602	116.14	32	2.86	1900	7.68	RME-rs
54.659	116.76	32	2.84	1900	7.55	RME-rs
54.834	117.39	32	2.83	1900	7.45	RME-rs
55.009	118.02	32	2.82	1900	7.36	RME-rs
55.562	118.02	32	2.82	1900	7.36	RME-rs
55.829	116.45	32	2.75	1900	7.13	RME-rs
56.648	114.89	32	2.65	1900	6.75	RME-rs
57.103	113.33	32	2.60	1900	6.62	RME-rs
57.468	113.33	32	2.57	1900	6.47	RME-rs
58.387	115.08	32	2.42	1900	5.63	RME-rs
59.306	116.85	32	2.39	1900	5.36	RME-rs
60.225	118.64	32	2.21	1900	4.37	RME-rs
60.758	118.64	32	2.08	1900	3.74	RME-rs

---

---

Qda.	61.263	115.77	32				
Poyentimari							
Qda.	62.301	112.93	32				
Poyentimari							
	63.339	110.13	32	2.14	1900	4.60	RME-rs
	63.635	110.13	32	2.16	1900	4.70	RME-rs
	64.166	109.14	32	2.20	1900	4.96	RME-rs
	64.993	108.16	32	2.21	1900	5.08	RME-rs
	65.658	107.18	32	2.22	1900	5.19	RME-rs
	65.820	107.18	32	2.32	1900	5.68	RME-rs
	66.172	107.95	32	2.33	1900	5.67	RME-rs
	66.525	108.72	32	2.46	1900	6.25	RME-rs
	66.705	109.50	32	2.56	1900	6.68	RME-rs
	66.877	109.50	32	2.62	1900	6.97	RME-rs
	68.011	111.80	32	2.63	1900	6.87	RME-rs
	69.145	114.14	32	2.63	1900	6.71	RME-rs
	70.279	116.52	32	2.72	1900	6.98	RME-rs
	70.653	116.52	32	2.80	1900	7.37	RME-rs
Qda. Mantalo	71.224	113.46	32				
	72.168	110.45	32	2.86	1900	8.07	RME-rs
	73.113	107.47	32	2.86	1900	8.27	RME-rs
	73.369	107.47	32	2.86	1900	8.27	RME-rs
	73.521	107.01	32	2.88	1900	8.40	RME-rs
	73.930	106.55	32	2.89	1900	8.48	RME-rs
	74.338	106.09	32	2.93	1900	8.71	RME-rs
	74.698	106.08	32	2.95	1900	8.80	RME-rs
	75.157	104.71	32	2.95	1900	8.90	RME-rs
	75.977	103.34	32	2.96	1900	9.04	RME-rs
	76.658	101.99	32	2.97	1900	9.18	RME-rs
	76.796	101.99	32	2.97	1900	9.18	RME-rs
	77.757	102.95	32	2.98	1900	9.16	RME-rs
	78.717	103.92	32	2.98	1900	9.10	RME-rs
	79.569	104.90	32	2.99	1900	9.08	RME-rs
	79.678	104.90	32	3.00	1900	9.13	RME-rs
	80.446	104.22	32	3.01	1900	9.22	RME-rs
	81.213	103.55	32	3.01	1900	9.27	RME-rs

---

	81.523	102.88	32	3.01	1900	9.31	RME-rs
	81.981	102.88	32	3.01	1900	9.31	RME-rs
	83.229	104.15	32	3.04	1900	9.37	RME-rs
	84.478	105.43	32	3.04	1900	9.28	RME-rs
	85.726	106.74	32	3.05	1900	9.24	RME-rs
	86.975	108.06	32	3.06	1900	9.20	RME-rs
	88.223	109.41	32	3.06	1900	9.11	RME-rs
	88.958	109.41	32	3.06	1900	9.11	RME-rs
Qda.							
Intermitente	89.204	108.89	32				
	90.185	108.37	32	3.04	1900	9.08	RME-rs
Com. Paratori	91.063	107.85	32	2.98	1900	8.83	RME-rs
Com. Paratori	91.166	107.85	32	2.97	1900	8.78	RME-rs
Com. Paratori	91.174	107.85	32	2.93	1900	8.59	RME-rs
Com. Paratori	91.182	107.84	32	2.92	1900	8.54	RME-rs
Com. Paratori	91.190	107.84	32	2.87	1900	8.30	RME-rs
Com. Paratori	91.203	107.84	32	2.83	1900	8.10	RME-rs
Com. Paratori	91.313	107.75	32	2.79	1900	7.92	RME-rs
Com. Paratori	91.437	107.67	32	2.78	1900	7.87	RME-rs
Com. Paratori	91.560	107.59	32	2.74	1900	7.68	RME-rs
Com. Paratori	91.565	107.59	32	2.54	1900	6.72	RME-rs
Com. Paratori	91.568	107.58	32	2.53	1900	6.67	RME-rs
Com. Paratori	91.576	107.58	32	2.48	1900	6.43	RME-rs
Com. Paratori	91.584	107.57	32	2.46	1900	6.33	RME-rs
	91.856	107.57	32	2.32	1900	5.65	RME-rs
	92.673	105.46	32	2.24	1900	5.41	RME-rs
Qda.Manugali	93.761	103.36	32				
	94.850	101.28	32	2.25	1900	5.74	RME-rs
	95.752	99.21	32	2.25	1900	5.88	RME-rs
	95.938	99.21	32	2.27	1900	5.98	RME-rs
	96.467	98.05	32	2.27	1900	6.06	RME-rs
	96.996	96.89	32	2.28	1900	6.18	RME-rs
	97.325	95.74	32	2.28	1900	6.26	RME-rs
	97.525	95.74	32	2.30	1950	5.36	RM-rs
	99.374	95.19	32	2.31	1950	5.44	RM-rs
	101.222	94.64	32	2.31	1950	5.48	RM-rs



	103.071	94.07	32	2.33	1950	5.62	RM-rs
	104.919	93.51	32	2.36	1950	5.80	RM-rs
Pump Station 2	106.302	92.93	32	2.38	1950	5.94	RM-rs
Pump Station 2	106.768	92.92	32	2.39	1950	5.99	RM-rs
Pump Station 2	107.995	92.85	32	2.40	1950	6.04	RM-rs
	109.223	92.78	32	2.41	1950	6.09	RM-rs
	110.450	92.71	32	2.47	1950	6.39	RM-rs
	111.030	92.64	32	2.47	1950	6.39	RM-rs
	111.677	92.64	32	2.49	1950	6.49	RM-rs
	113.468	92.80	32	2.49	1950	6.48	RM-rs
	115.260	92.96	32	2.49	1950	6.47	RM-rs
	117.051	93.12	32	2.51	1950	6.55	RM-rs
	118.843	93.27	32	2.51	1950	6.54	RM-rs
	120.125	93.43	32	2.51	1950	6.53	RM-rs
	120.634	93.42	32	2.51	1950	6.53	RM-rs
	121.142	93.82	32	2.52	1950	6.55	RM-rs
	121.650	94.23	32	2.55	1950	6.67	RM-rs
	122.158	94.63	32	2.56	1950	6.69	RM-rs
	122.359	94.63	32	2.59	1950	6.84	RM-rs
Qda. Intermitente	122.640	94.09	32				
Qda. Intermitente	123.122	93.54	32				
	123.604	93.00	32	2.62	1950	7.10	RM-rs
Qda. Cumpirusiato	123.925	93.00	32				
	124.036	92.03	32	2.46	1950	6.39	RM-rs
	124.467	91.06	32	2.45	1950	6.40	RM-rs
	124.758	90.10	32	2.44	1950	6.42	RM-rs
	124.899	90.10	32	2.44	1950	6.42	RM-rs
	125.001	90.16	32	2.43	1950	6.37	RM-rs
	125.104	90.21	32	2.41	1950	6.27	RM-rs
	125.206	90.27	32	2.39	1950	6.17	RM-rs
	125.425	139.00	32	2.38	1500	11.80	RM-rm
	125.693	140.04	32	2.37	1500	11.69	RM-rm

Pta Compr. Kamani	126.179	141.09	32	2.36	1500	11.57	RM-rm
Pta Compr. Kamani	126.399	142.15	32	2.36	1500	11.49	RM-rm
Pta Compr. Kamani	126.666	142.15	32	2.36	1500	11.49	RM-rm
Pta Compr. Kamani	127.665	139.05	32	2.35	1500	11.66	RM-rm
Brazo del Cumpirusiato	128.665	135.98	32				RM-rm
	129.235	132.94	32	2.37	1500	12.17	RM-rm
	129.664	132.94	32	2.42	1500	12.41	RM-rm
	130.033	131.72	32	2.42	1500	12.49	RM-rm
	130.403	130.51	32	2.49	1500	12.91	RM-rm
	130.772	129.30	32	2.50	1500	13.05	RM-rm
	130.952	129.30	32	2.53	1500	13.19	RM-rm
	132.294	128.18	32	2.53	1500	13.27	RM-rm
	133.817	127.06	32	2.57	1500	13.54	RM-rm
	135.339	125.94	32	2.62	1500	13.85	RM-rm
	136.862	124.83	32	2.73	1500	14.46	RM-rm
	138.384	123.71	32	2.76	1500	14.69	RM-rm
	138.635	123.71	32	2.77	1500	14.73	RM-rm
	140.432	123.31	32	2.81	1500	14.95	RM-rm
	142.480	122.90	32	2.84	1500	15.13	RM-rm
	144.529	122.50	32	2.84	1500	15.15	RM-rm
	146.577	122.09	32	2.86	1500	15.28	RM-rm
	148.625	121.68	32	2.87	1500	15.36	RM-rm
	148.820	121.67	32	2.89	1500	15.45	RM-rm
	148.962	122.99	32	2.97	1500	15.75	RM-rm
	149.298	124.32	32	2.98	1500	15.71	RM-rm
	149.530	125.66	32	3.01	1500	15.76	RM-rm
	149.635	125.66	32	3.10	1500	16.20	RM-rm
	149.851	126.80	32	3.32	1500	17.19	RM-rm
	150.068	127.95	32	3.33	1500	17.16	RM-rm
	150.163	129.12	32	3.43	1500	17.56	RM-rm
	150.284	129.12	32	3.49	1500	17.85	RM-rm

	150.305	129.12	32	3.51	1500	17.95	RM-rm
Río Comerciato	150.325	129.13	32				
	150.346	129.14	32	3.55	1500	18.14	RM-rm
	150.348	129.14	32	3.56	1500	18.19	RM-rm
	150.550	127.91	32	3.57	1500	18.32	RM-rm
	150.753	126.70	32	3.61	1500	18.60	RM-rm
	150.826	125.48	32	3.62	1500	18.73	RM-rm
	150.957	125.48	32	3.65	1500	18.88	RM-rm
	152.138	122.38	32	3.66	1500	19.14	RM-rm
	153.319	119.31	32	3.67	1500	19.39	RM-rm
	154.426	116.28	32	3.68	1500	19.65	RM-rm
	154.500	116.28	32	3.71	1500	19.79	RM-rm
	156.372	114.71	32	3.71	1500	19.90	RM-rm
	158.244	113.15	32	3.72	1500	20.05	RM-rm
	160.116	111.58	32	3.72	1500	20.16	RM-rm
	161.988	110.02	32	3.73	1500	20.31	RM-rm
	163.460	108.46	32	3.73	1500	20.42	RM-rm
	163.860	108.46	32	3.74	1500	20.47	RM-rm
	165.551	110.11	32	3.75	1500	20.41	RM-rm
	167.242	111.80	32	3.80	1500	20.53	RM-rm
	168.932	113.51	32	3.82	1500	20.51	RM-rm
	170.623	115.26	32	3.82	1500	20.39	RM-rm
	172.314	117.04	32	3.86	1500	20.47	RM-rm
	172.563	117.04	32	3.90	1500	20.66	RM-rm
	173.523	118.30	32	3.90	1500	20.57	RM-rm
	174.731	119.58	32	3.91	1500	20.54	RM-rm
	175.940	120.88	32	3.92	1500	20.50	RM-rm
	177.148	122.19	32	3.96	1500	20.60	RM-rm
Río Apurimac	177.250	122.19	32				
Río Apurimac	177.333	122.33	32				
Río Apurimac	177.517	122.48	32				
Río Apurimac	177.702	122.62	32				
	177.925	122.62	32	2.92	1400	17.53	V-cd
Qda. Kintearina	178.876	120.39	32				
	180.050	118.17	32	2.25	1400	14.59	V-cd
	181.224	115.96	32	2.25	1400	14.74	V-cd

	182.398	113.78	32	2.25	1400	14.89	V-cd
	183.572	111.61	32	2.25	1400	15.04	V-cd
	183.900	111.61	32	2.25	1400	15.04	V-cd
	184.751	108.73	32	2.25	1400	15.23	V-cd
	185.930	105.88	32	2.26	1400	15.48	V-cd
	187.109	103.07	32	2.26	1400	15.67	V-cd
	187.203	103.07	32	2.26	1400	15.67	V-cd
	187.245	102.78	32	2.26	1400	15.69	V-cd
	187.380	102.48	32	2.26	1400	15.71	V-cd
	187.516	102.19	32	2.26	1400	15.73	V-cd
	187.603	102.19	32	2.27	1400	15.77	V-cd
	187.746	102.50	32	2.27	1400	15.75	V-cd
	187.976	102.80	32	2.27	1400	15.73	V-cd
	188.206	103.11	32	2.28	1400	15.76	V-cd
	188.925	103.11	32	2.28	1400	15.76	V-cd
	190.134	102.22	32	2.28	1400	15.82	V-cd
	192.062	101.33	32	2.28	1400	15.88	V-cd
	193.991	100.44	32	2.28	1400	15.94	V-cd
	195.919	99.54	32	2.28	1400	16.00	V-cd
	197.680	98.63	32	2.28	1400	16.07	V-cd
	197.847	98.63	32	2.29	1400	16.11	V-cd
	198.279	98.57	32	2.29	1400	16.12	V-cd
	198.710	98.51	32	2.29	1400	16.12	V-cd
	199.142	98.44	32	2.29	1400	16.13	V-cd
	199.250	98.44	32	2.29	1400	16.13	V-cd
	199.484	98.84	32	2.29	1400	16.10	V-cd
	199.825	99.23	32	2.29	1400	16.07	V-cd
	200.167	99.63	32	2.30	1400	16.09	V-cd
	200.950	99.63	32	2.30	1400	16.09	V-cd
Qda. Huarmayo	201.720	97.35	32				
Qda. Huarmayo	203.273	95.09	32				
Qda. Intermitente	204.825	92.85	32				
	206.378	90.63	32	2.63	1550	15.31	RM-rm
Pump Station 3	207.931	88.42	32	2.63	1550	15.46	RM-rm
Pump Station 3	207.900	136.59	32	2.63	1550	12.18	RM-rm

**Tabla 8***Sector Sierra - Calculo del ancho del Cráter*

<b>Observación</b>	<b>KP</b>	<b>p (Bar)</b>	<b>d (in)</b>	<b>Tapada (m)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Ancho Cráter (m)</b>	<b>SubUnidad</b>
Qda. Alfarpampa	207.931	136.59	24	2.79	1550	9.90	RM-rm
	208.346	136.43	24	2.77	1550	9.81	RM-rm
Pta Compr. Chiquintirca	208.760	136.26	24	2.77	1550	9.82	RM-rm
Pta Compr. Chiquintirca	209.175	136.10	24	2.65	1550	9.25	RM-rm
Pta Compr. Chiquintirca	209.411	135.34	24	2.61	1550	9.11	RM-rm
	209.646	134.59	24	2.60	1550	9.11	RM-rm
	209.711	133.84	24	2.60	1550	9.17	RM-rm
	209.882	133.84	24	2.56	1550	8.97	RM-rm
	209.931	133.61	24	2.52	1550	8.79	RM-rm
	209.980	133.39	24	2.50	1550	8.71	RM-rm
	210.029	133.17	24	2.49	1550	8.68	RM-rm
	210.523	133.17	24	2.48	1550	8.63	RM-rm
	210.912	131.98	24	2.43	1550	8.47	RM-rm
	211.796	130.80	24	2.42	1550	8.50	RM-rm
	212.425	129.63	24	2.40	1550	8.48	RM-rm
	212.679	129.63	24	2.36	1550	8.29	RM-rm
	212.897	129.58	24	2.35	1550	8.24	RM-rm
	213.116	129.53	24	2.34	1550	8.20	RM-rm
	213.334	129.48	24	2.34	1550	8.20	RM-rm
	213.596	129.48	24	2.31	1550	8.06	RM-rm
	213.651	129.27	24	2.30	1550	8.02	RM-rm
	213.968	129.05	24	2.30	1550	8.04	RM-rm
	214.285	128.83	24	2.30	1550	8.05	RM-rm
	214.785	128.83	24	2.27	1550	7.91	RM-rm

	214.354	128.89	24	2.23	1550	7.71	RM-rm
	214.423	128.94	24	2.19	1550	7.51	RM-rm
	214.492	129.00	24	2.18	1550	7.46	RM-rm
	214.812	129.00	24	2.17	1550	7.41	RM-rm
	214.932	129.16	24	2.14	1550	7.26	RM-rm
	215.371	129.32	24	2.14	1550	7.24	RM-rm
Huayhaura	215.684	129.48	24	2.10	1550	7.04	RM-rm
Huayhaura	215.811	129.48	24	2.09	1550	6.99	RM-rm
Huayhaura	215.929	129.34	24	2.07	1550	6.90	RM-rm
Huayhaura	216.046	129.20	24	2.06	1550	6.86	RM-rm
Huayhaura	216.164	129.06	24	2.01	1550	6.63	RM-rm
Huayhaura	216.563	129.06	24	2.00	1550	6.58	RM-rm
Qda. Intermitente	216.403	128.92	24				
	216.641	128.77	24	2.00	1550	6.60	RM-rm
	216.721	128.63	24	2.02	1550	6.71	RM-rm
	216.880	128.63	24	2.12	1550	7.19	RM-rm
	218.215	127.38	24	2.12	1550	7.28	RM-rm
	219.549	126.13	24	2.12	1550	7.36	RM-rm
	220.884	124.89	24	2.13	1550	7.50	RM-rm
	222.218	123.65	24	2.17	1600	6.78	RM-rs
	223.358	122.42	24	2.18	1600	6.91	RM-rs
	223.553	122.42	24	2.23	1600	7.15	RM-rs
	224.101	121.93	24	2.24	1600	7.23	RM-rs
	224.649	121.45	24	2.24	1600	7.26	RM-rs
	225.197	120.96	24	2.25	1600	7.35	RM-rs
Pump Station 4	225.847	120.96	24	2.25	1600	7.35	RM-rs
	225.582	121.06	24	2.26	1600	7.39	RM-rs
	225.968	121.16	24	2.26	1600	7.38	RM-rs
	226.353	121.25	24	2.26	1600	7.37	RM-rs
	226.953	121.25	24	2.28	1600	7.47	RM-rs
	226.489	121.56	24	2.28	1600	7.45	RM-rs
	226.626	121.87	24	2.29	1600	7.48	RM-rs
	226.522	122.18	24	2.30	1600	7.50	RM-rs
	226.762	122.18	24	2.30	1600	7.50	RM-rs
	226.799	122.25	24	2.32	1600	7.60	RM-rs

	226.835	122.32	24	2.35	1600	7.74	RM-rs
	226.855	122.40	24	2.36	1600	7.78	RM-rs
	226.872	122.40	24	2.36	1600	7.78	RM-rs
	227.680	124.29	24	2.36	1600	7.65	RM-rs
	228.489	126.21	24	2.37	1600	7.57	RM-rs
	229.297	128.14	24	2.39	1600	7.54	RM-rs
	229.526	128.14	24	2.40	1600	7.58	RM-rs
	229.571	129.14	24	2.40	1600	7.52	RM-rs
	229.846	130.14	24	2.40	1600	7.45	RM-rs
Sacharajay	230.120	131.14	24	2.41	1600	7.43	RM-rs
Sacharajay	230.540	131.14	24	2.41	1600	7.43	RM-rs
Sacharajay	230.168	131.29	24	2.42	1600	7.47	RM-rs
Sacharajay	230.215	131.44	24	2.44	1600	7.55	RM-rs
Sacharajay	230.263	131.59	24	2.45	1600	7.59	RM-rs
Sacharajay	230.469	131.59	24	2.45	1600	7.59	RM-rs
Sacharajay	230.384	131.77	24	2.45	1600	7.58	RM-rs
Sacharajay	230.504	131.95	24	2.46	1600	7.62	RM-rs
Sacharajay	230.599	132.13	24	2.50	1600	7.80	RM-rs
Sacharajay	230.625	132.13	24	2.51	1600	7.85	RM-rs
Sacharajay	230.653	132.09	24	2.52	1600	7.90	RM-rs
Sacharajay	230.682	132.04	24	2.52	1600	7.90	RM-rs
Sacharajay	230.710	132.00	24	2.52	1600	7.90	RM-rs
Sacharajay	230.865	132.00	24	2.53	1600	7.95	RM-rs
Sacharajay	230.799	131.71	24	2.54	1600	8.02	RM-rs
Sacharajay	230.889	131.41	24	2.55	1600	8.09	RM-rs
Sacharajay	230.911	131.12	24	2.55	1600	8.11	RM-rs
Sacharajay	230.978	131.12	24	2.55	1600	8.11	RM-rs
Sacharajay	231.055	130.83	24	2.57	1600	8.22	RM-rs
Sacharajay	231.131	130.54	24	2.57	1600	8.24	RM-rs
Sacharajay	231.208	130.25	24	2.57	1600	8.26	RM-rs
Sacharajay	231.255	130.25	24	2.57	1600	8.26	RM-rs
	231.281	129.90	24	2.59	1600	8.38	RM-rs
	231.354	129.55	24	2.61	1600	8.51	RM-rs
	231.427	129.20	24	2.61	1600	8.53	RM-rs
	231.521	129.20	24	2.62	1600	8.58	RM-rs
	231.615	128.45	24	2.63	1600	8.68	RM-rs

	231.802	127.70	24	2.65	1600	8.82	RM-rs
	231.850	126.96	24	2.66	1600	8.92	RM-rs
	231.990	126.96	24	2.67	1600	8.97	RM-rs
	233.073	129.24	24	2.69	1600	8.91	RM-rs
	234.155	131.55	24	2.70	1600	8.81	RM-rs
	235.238	133.89	24	2.70	1600	8.65	RM-rs
	235.738	133.89	24	2.70	1600	8.65	RM-rs
	236.121	137.18	24	2.71	1600	8.47	RM-rs
	237.005	140.54	24	2.72	1600	8.29	RM-rs
	237.625	143.95	24	2.74	1600	8.16	RM-rs
	237.888	143.95	24	2.76	1600	8.25	RM-rs
	237.961	143.89	24	2.77	1600	8.31	RM-rs
	238.033	143.84	24	2.77	1600	8.31	RM-rs
	238.106	143.78	24	2.78	1600	8.36	RM-rs
	238.478	143.78	24	2.79	1600	8.41	RM-rs
	239.621	139.99	24	2.79	1600	8.67	RM-rs
Qda. Torobamba	241.136	136.26	24				
Qda. Molinohuayjo	242.651	132.59	24				
Qda. Chochin	244.166	128.97	24				
	245.681	125.41	24	3.76	1600	14.36	RM-rs
	245.952	125.41	24	3.75	1600	14.31	RM-rs
	246.807	123.16	24	3.75	1600	14.46	RM-rs
	247.932	120.92	24	3.70	1600	14.37	RM-rs
	249.058	118.71	24	3.67	1600	14.38	RM-rs
	249.574	118.71	24	3.67	1600	14.38	RM-rs
	250.095	118.19	24	3.67	1600	14.41	RM-rs
	251.131	117.66	24	3.65	1600	14.35	RM-rs
	252.168	117.14	24	3.64	1600	14.34	RM-rs
	252.425	117.14	24	3.59	1600	14.10	RM-rs
	252.628	117.43	24	3.58	1600	14.03	RM-rs
	253.088	117.72	24	3.57	1600	13.96	RM-rs
	253.548	118.01	24	3.55	1600	13.84	RM-rs
	253.658	118.01	24	3.54	1600	13.79	RM-rs
	253.877	118.07	24	3.49	1600	13.55	RM-rs



	254.206	118.12	24	3.48	1600	13.50	RM-rs
	254.535	118.17	24	3.48	1600	13.49	RM-rs
	254.630	118.17	24	3.47	1600	13.45	RM-rs
	255.419	119.39	24	3.45	1600	13.26	RM-rs
	256.302	120.63	24	3.44	1600	13.13	RM-rs
	257.186	121.88	24	3.38	1450	15.76	Sfp-d
	257.475	121.88	24	3.37	1450	15.71	Sfp-d
	258.055	123.92	24	3.33	1450	15.38	Sfp-d
	258.924	125.99	24	3.31	1450	15.14	Sfp-d
	259.792	128.09	24	3.30	1450	14.95	Sfp-d
	260.661	130.21	24	3.29	1450	14.75	Sfp-d
	260.845	130.21	24	3.29	1450	14.75	Sfp-d
	261.074	129.29	24	3.28	1450	14.77	Sfp-d
	261.486	128.37	24	3.26	1450	14.73	Sfp-d
Acocro	261.745	127.46	24	3.22	1450	14.60	Sfp-d
Acocro	261.899	127.46	24	3.22	1450	14.60	Sfp-d
Acocro	262.117	127.04	24	3.21	1450	14.58	Sfp-d
Acocro	262.336	126.62	24	3.18	1450	14.47	Sfp-d
Acocro	262.554	126.21	24	3.18	1450	14.49	Sfp-d
Acocro	262.863	126.21	24	3.17	1450	14.45	Sfp-d
Acocro	262.631	125.91	24	3.15	1450	14.37	Sfp-d
Acocro	262.709	125.62	24	3.14	1450	14.34	Sfp-d
Acocro	262.786	125.33	24	3.14	1450	14.36	Sfp-d
Acocro	262.815	125.33	24	3.14	1450	14.36	Sfp-d
Acocro	262.833	125.16	24	3.14	1450	14.37	Sfp-d
Acocro	262.881	125.00	24	3.11	1450	14.24	Sfp-d
Acocro	262.928	124.84	24	3.09	1450	14.15	Sfp-d
Acocro	262.971	124.84	24	3.06	1450	14.01	Sfp-d
Qda. Intermitente	263.253	125.00	24				
Acocro	263.578	125.17	24	3.03	1450	13.84	Sfp-d
Acocro	263.852	125.33	24	3.00	1450	13.68	Sfp-d
Acocro	263.903	125.33	24	2.97	1450	13.54	Sfp-d
Acocro	263.956	125.47	24	2.97	1450	13.53	Sfp-d
Acocro	264.008	125.61	24	2.97	1450	13.52	Sfp-d
Acocro	264.061	125.76	24	2.98	1450	13.56	Sfp-d

	264.115	125.76	24	2.99	1450	13.60	Sfp-d
	264.139	125.76	24	3.01	1450	13.70	Sfp-d
	264.216	125.76	24	3.01	1450	13.70	Sfp-d
	264.294	125.77	24	3.02	1450	13.75	Sfp-d
	264.359	125.77	24	3.03	1450	13.80	Sfp-d
	264.443	126.32	24	3.06	1450	13.90	Sfp-d
	264.592	126.88	24	3.06	1450	13.87	Sfp-d
	264.741	127.44	24	3.07	1450	13.88	Sfp-d
Acocro	264.852	127.44	24	3.08	1450	13.93	Sfp-d
	265.425	126.47	24	3.08	1450	13.99	Sfp-d
	266.110	125.51	24	3.09	1450	14.11	Sfp-d
	266.547	124.55	24	3.09	1450	14.17	Sfp-d
Huamanga	266.794	124.55	24	3.09	1450	14.17	Sfp-d
Huamanga	267.092	124.42	24	3.10	1450	14.23	Sfp-d
Huamanga	267.390	124.30	24	3.10	1450	14.24	Sfp-d
Huamanga	267.568	124.17	24	3.10	1450	14.24	Sfp-d
Huamanga	267.688	124.17	24	3.10	1450	14.24	Sfp-d
	268.258	123.88	24	3.11	1450	14.31	Sfp-d
	268.829	123.59	24	3.12	1450	14.38	Sfp-d
	269.399	123.29	24	3.12	1450	14.40	Sfp-d
	269.452	123.29	24	3.13	1450	14.45	Sfp-d
	269.678	122.86	24	3.14	1550	12.53	Cl-ig
	269.957	122.42	24	3.15	1550	12.61	Cl-ig
	270.236	121.98	24	3.15	1550	12.64	Cl-ig
	270.586	121.98	24	3.15	1550	12.64	Cl-ig
	271.572	120.41	24	3.17	1550	12.84	Cl-ig
	272.908	118.85	24	3.18	1550	12.99	Cl-ig
	274.244	117.30	24	3.19	1550	13.15	Cl-ig
	275.580	115.76	24	3.20	1550	13.30	Cl-ig
	276.712	114.24	24	3.20	1550	13.40	Cl-ig
	276.916	114.24	24	3.20	1550	13.40	Cl-ig
	277.401	115.24	24	3.20	1550	13.34	Cl-ig
	277.887	116.24	24	3.21	1550	13.32	Cl-ig
	278.372	117.26	24	3.23	1550	13.34	Cl-ig
	278.526	117.26	24	3.26	1550	13.49	Cl-ig
	283.614	116.80	24	3.26	1550	13.52	Cl-ig

	288.857	116.35	24	3.27	1550	13.60	Cl-ig
	294.099	115.89	24	3.27	1550	13.63	Cl-ig
	299.342	115.44	24	3.27	1550	13.66	Cl-ig
	304.158	114.98	24	3.27	1550	13.69	Cl-ig
	304.584	114.98	24	3.28	1550	13.74	Cl-ig
	305.186	114.65	24	3.28	1550	13.76	Cl-ig
	305.788	114.33	24	3.29	1550	13.83	Cl-ig
	306.241	114.00	24	3.29	1550	13.86	Cl-ig
	306.390	114.00	24	3.32	1550	14.00	Cl-ig
	306.518	114.04	24	3.33	1550	14.05	Cl-ig
	306.646	114.07	24	3.33	1550	14.05	Cl-ig
	306.774	114.10	24	3.33	1550	14.04	Cl-ig
	306.813	114.10	24	3.34	1700	11.09	RM-rv
	306.962	114.07	24	3.35	1700	11.14	RM-rv
	307.151	114.05	24	3.36	1700	11.19	RM-rv
Río Vinchos	307.339	114.03	24				
Río Vinchos	307.652	114.03	24				
	308.392	115.73	24	3.35	1700	11.03	RM-rv
	309.445	117.45	24	3.33	1700	10.82	RM-rv
	310.497	119.19	24	3.29	1700	10.50	RM-rv
	311.550	120.95	24	3.24	1700	10.14	RM-rv
	312.603	122.73	24	3.24	1700	10.02	RM-rv
	312.936	122.73	24	3.23	1700	9.97	RM-rv
	313.868	120.98	24	3.15	1700	9.70	RM-rv
	315.132	119.25	24	3.14	1700	9.77	RM-rv
	316.397	117.52	24	3.09	1700	9.65	RM-rv
	317.661	115.82	24	3.09	1700	9.76	RM-rv
	318.542	114.12	24	3.08	1700	9.83	RM-rv
	318.926	114.12	24	3.06	1700	9.73	RM-rv
	320.917	113.15	24	3.04	1700	9.70	RM-rv
	322.907	112.19	24	3.03	1700	9.72	RM-rv
	324.898	111.23	24	3.02	1700	9.74	RM-rv
	326.888	110.27	24	3.00	1700	9.71	RM-rv
	328.635	109.31	24	2.96	1700	9.58	RM-rv
	328.879	109.31	24	2.94	1700	9.48	RM-rv
	331.132	108.55	24	2.88	1700	9.24	RM-rv

	333.386	107.80	24	2.86	1700	9.20	RM-rv
	335.125	107.04	24	2.85	1700	9.20	RM-rv
	335.639	107.04	24	2.83	1700	9.10	RM-rv
	337.833	105.58	24	2.81	1700	9.10	RM-rv
	340.026	104.13	24	2.77	1700	9.01	RM-rv
	342.220	102.69	24	2.75	1700	9.01	RM-rv
	342.752	102.69	24	2.75	1700	9.01	RM-rv
	345.240	102.17	24	2.71	1700	8.85	RM-rv
	348.259	101.65	24	2.71	1700	8.89	RM-rv
	351.279	101.14	24	2.70	1700	8.87	RM-rv
	354.298	100.62	24	2.68	1700	8.81	RM-rv
	357.169	100.10	24	2.66	1700	8.75	RM-rv
	357.318	100.10	24	2.66	1700	8.75	RM-rv
	358.019	100.82	24	2.65	1700	8.65	RM-rv
	358.720	101.55	24	2.63	1700	8.51	RM-rv
	359.421	102.29	24	2.57	1700	8.17	RM-rv
	359.678	102.29	24	2.56	1700	8.12	RM-rv
	360.116	101.30	24	2.55	1700	8.14	RM-rv
	360.812	100.32	24	2.52	1700	8.06	RM-rv
	361.507	99.35	24	2.51	1700	8.07	RM-rv
	361.752	99.35	24	2.50	1700	8.03	RM-rv
	361.849	99.55	24	2.48	1700	7.92	RM-rv
	362.192	99.76	24	2.43	1700	7.66	RM-rv
	362.534	99.96	24	2.43	1700	7.65	RM-rv
	362.852	99.96	24	2.40	1700	7.50	RM-rv
	363.740	100.66	24	2.39	1700	7.40	RM-rv
	364.945	101.36	24	2.36	1700	7.21	RM-rv
	366.151	102.06	24	2.30	1700	6.87	RM-rv
	366.365	102.06	24	2.28	1700	6.78	RM-rv
	368.112	101.32	24	2.23	1700	6.58	RM-rv
Canal							
Parihuana	370.074	100.57	24				
Scraper Facility							
56 & 16	372.035	99.83	24	2.20	1700	6.54	RM-rv
	373.997	99.08	24	2.20	1700	6.59	RM-rv
	375.521	98.34	24	2.20	1700	6.64	RM-rv

---

375.958	98.34	24	2.20	1700	6.64	RM-rv
376.979	99.25	24	2.21	1700	6.63	RM-rv
378.001	100.16	24	2.21	1700	6.57	RM-rv
379.022	101.08	24	2.21	1700	6.50	RM-rv
380.044	102.00	24	2.22	1700	6.49	RM-rv
381.065	102.94	24	2.22	1700	6.43	RM-rv
381.352	102.94	24	2.22	1700	6.43	RM-rv
381.819	103.89	24	2.22	1700	6.36	RM-rv
382.573	104.84	24	2.22	1700	6.30	RM-rv
383.327	105.81	24	2.22	1700	6.23	RM-rv
383.560	105.81	24	2.23	1700	6.28	RM-rv
384.329	105.18	24	2.23	1700	6.32	RM-rv
385.332	104.55	24	2.23	1700	6.36	RM-rv
386.334	103.92	24	2.24	1700	6.46	RM-rv
387.337	103.30	24	2.24	1700	6.50	RM-rv
388.339	102.67	24	2.24	1700	6.54	RM-rv
388.842	102.67	24	2.24	1700	6.54	RM-rv
388.875	103.80	24	2.24	1700	6.46	RM-rv
389.411	104.94	24	2.25	1700	6.43	RM-rv
389.752	106.09	24	2.25	1700	6.36	RM-rv
389.947	106.09	24	2.25	1700	6.36	RM-rv
390.885	103.93	24	2.26	1700	6.55	RM-rv
391.822	101.80	24	2.26	1700	6.70	RM-rv
392.650	99.69	24	2.26	1700	6.84	RM-rv
392.760	99.69	24	2.26	1700	6.84	RM-rv
394.215	99.25	24	2.26	1700	6.87	RM-rv
395.670	98.81	24	2.26	1700	6.90	RM-rv
397.126	98.37	24	2.27	1700	6.98	RM-rv
398.581	97.93	24	2.27	1700	7.01	RM-rv
400.036	97.49	24	2.27	1700	7.04	RM-rv
400.579	97.49	24	2.28	1700	7.09	RM-rv
400.718	96.95	24	2.28	1700	7.12	RM-rv
401.399	96.41	24	2.28	1700	7.16	RM-rv
402.081	95.86	24	2.28	1700	7.20	RM-rv
402.369	95.86	24	2.28	1700	7.20	RM-rv
404.370	96.14	24	2.28	1700	7.18	RM-rv

---

---

406.659	96.42	24	2.29	1700	7.21	RM-rv
408.947	96.69	24	2.30	1700	7.24	RM-rv
411.236	96.97	24	2.30	1700	7.22	RM-rv
413.357	97.25	24	2.30	1700	7.20	RM-rv
413.525	97.25	24	2.31	1700	7.25	RM-rv
414.287	96.90	24	2.31	1700	7.27	RM-rv
415.048	96.55	24	2.31	1900	3.30	RM-ri
415.810	96.20	24	2.32	1900	3.37	RM-ri
416.571	95.85	24	2.32	1900	3.39	RM-ri
416.795	95.85	24	2.32	1900	3.39	RM-ri
417.425	96.89	24	2.33	1900	3.37	RM-ri
418.278	97.95	24	2.33	1900	3.30	RM-ri
419.132	99.01	24	2.33	1900	3.23	RM-ri
419.568	99.01	24	2.35	1900	3.32	RM-ri
419.995	97.91	24	2.35	1900	3.40	RM-ri
420.859	96.82	24	2.35	1900	3.47	RM-ri
421.523	95.73	24	2.36	1900	3.59	RM-ri
421.722	95.73	24	2.36	1900	3.59	RM-ri
422.080	95.93	24	2.36	1900	3.58	RM-ri
422.439	96.12	24	2.36	1900	3.57	RM-ri
422.580	96.32	24	2.36	1900	3.55	RM-ri
422.797	96.32	24	2.37	1900	3.60	RM-ri
424.050	96.44	24	2.37	1900	3.59	RM-ri
425.302	96.57	24	2.37	1900	3.59	RM-ri
426.369	96.69	24	2.37	1900	3.58	RM-ri
426.555	96.69	24	2.37	1900	3.58	RM-ri
428.466	96.02	24	2.37	1900	3.62	RM-ri
430.377	95.36	24	2.38	1900	3.72	RM-ri
432.289	94.69	24	2.38	1900	3.76	RM-ri
434.200	94.03	24	2.38	1900	3.81	RM-ri
436.111	93.36	24	2.38	1900	3.85	RM-ri
436.742	93.36	24	2.38	1900	3.85	RM-ri
438.704	93.71	24	2.38	1900	3.83	RM-ri
441.297	94.05	24	2.38	1900	3.81	RM-ri
443.890	94.40	24	2.39	1900	3.83	RM-ri
446.483	94.75	24	2.39	1900	3.81	RM-ri

---

---

	449.076	95.11	24	2.40	1900	3.83	RM-ri
	449.635	95.11	24	2.40	1900	3.83	RM-ri
	450.115	95.02	24	2.41	1900	3.88	RM-ri
	451.154	94.94	24	2.41	1900	3.89	RM-ri
PRS 1	452.193	94.86	24	2.41	1900	3.90	RM-ri
	453.206	95.39	24	2.42	1900	3.91	RM-ri
	454.220	95.92	24	2.42	1900	3.87	RM-ri
	455.233	96.46	24	2.42	1900	3.83	RM-ri
	456.247	97.01	24	2.42	1900	3.80	RM-ri
	457.260	97.55	24	2.43	1900	3.81	RM-ri
	458.198	98.64	24	2.43	1900	3.74	RM-ri
	459.135	99.75	24	2.43	1900	3.66	RM-ri
	460.073	100.86	24	2.43	1800	5.58	RM-rs
	460.578	100.86	24	2.43	1800	5.58	RM-rs
	461.269	100.68	24	2.44	1800	5.65	RM-rs
	462.465	100.50	24	2.44	1800	5.66	RM-rs
	463.660	100.31	24	2.44	1800	5.67	RM-rs
	464.856	100.13	24	2.44	1800	5.68	RM-rs
	466.052	99.95	24	2.45	1800	5.74	RM-rs
	466.169	99.95	24	2.45	1900	3.74	RM-ri
	466.290	100.96	24	2.45	1900	3.67	RM-ri
	466.528	101.99	24	2.45	1900	3.60	RM-ri
	466.652	103.02	24	2.45	1900	3.53	RM-ri
	466.766	103.02	24	2.46	1900	3.58	RM-ri
	467.830	105.89	24	2.46	1900	3.39	RM-ri
PRS 2	468.893	108.81	24	2.46	1900	3.19	RM-ri
	469.567	111.80	24	2.46	1900	2.99	RM-ri
	469.957	111.80	24	2.47	1900	3.03	RM-ri
	471.128	113.24	24	2.47	1900	2.94	RM-ri
	472.298	114.68	24	2.47	1900	2.84	RM-ri
	473.469	116.15	24	2.47	1900	2.74	RM-ri
	474.312	117.63	24	2.48	1900	2.69	RM-ri
	474.639	117.63	24	2.48	1900	2.69	RM-ri
	475.824	118.40	24	2.48	1900	2.63	RM-ri
	477.009	119.18	24	2.48	1900	2.58	RM-ri
	478.194	119.97	24	2.48	1900	2.53	RM-ri

---

	479.379	120.76	24	2.48	1900	2.47	RM-ri
	480.564	121.56	24	2.48	1900	2.42	RM-ri
Huancano	480.736	121.56	24	2.49	1900	2.47	RM-ri
	481.108	121.57	24	2.49	1900	2.47	RM-ri
	481.651	121.59	24	2.49	1900	2.47	RM-ri
	482.195	121.61	24	2.50	1900	2.51	RM-ri
	482.366	121.61	24	2.50	1900	2.51	RM-ri
	484.631	121.95	24	2.50	1900	2.49	RM-ri
Río Pisco	487.068	122.29	24	2.50			
	489.504	122.63	24	2.35	1900	1.72	RM-ri
	491.941	122.97	24	2.23	1900	1.11	RM-ri
Río Pisco	494.377	123.32	24	2.20			
	494.648	123.32	24	2.30	1900	1.43	RM-ri
	494.441	123.34	24	2.30	1900	1.43	RM-ri
	494.504	123.36	24	2.30	1900	1.42	RM-ri
Casas							
Dispersas / Pisco	494.568	123.38	24	2.34	1900	1.62	RM-ri
Casas							
Dispersas / Pisco	494.752	123.38	24	2.32	1900	1.52	RM-ri
	494.990	123.18	24	2.35	1900	1.68	RM-ri
	495.411	122.98	24	2.34	1900	1.64	RM-ri
	495.695	122.78	24	2.33	1900	1.61	RM-ri
Río Pisco	495.833	122.78	24	2.08			
	498.179	123.06	24	2.42	1900	2.03	RM-ri
	499.352	123.20	24	2.49	1900	2.36	RM-ri
	499.752	123.20	24	2.90	1900	4.34	RM-ri
	500.538	123.39	24	2.94	1900	4.52	RM-ri
Río Pisco	501.724	123.58	24	3.00			
Canal Parihuana	502.909	123.77	24	2.00			
	504.095	123.95	24	2.35	1900	1.63	RM-ri
	505.281	124.14	24	2.41	1900	1.90	RM-ri
Huallulla / Auquis	505.354	124.14	24	2.46	1900	2.15	RM-ri



---

	505.418	124.15	24	2.49	1900	2.29	RM-ri
	505.556	124.15	24	2.48	1900	2.24	RM-ri
	505.693	124.15	24	2.47	1900	2.19	RM-ri
	505.705	124.15	24	2.24	1900	1.08	RM-ri
	506.786	124.11	24	2.31	1900	1.42	RM-ri
	507.879	124.06	24	2.36	1900	1.67	RM-ri
	508.973	124.02	24	2.37	1900	1.72	RM-ri
	510.066	123.97	24	2.40	1900	1.87	RM-ri
Miraflores	511.159	123.93	24	2.41	1900	1.92	RM-ri
Miraflores	511.256	123.93	24	2.42	1900	1.97	RM-ri
	511.426	123.96	24	2.44	1900	2.06	RM-ri
	511.692	123.98	24	2.45	1900	2.11	RM-ri
	511.763	124.01	24	2.47	1900	2.20	RM-ri
	511.959	124.01	24	2.48	1900	2.25	RM-ri
	513.140	124.02	24	2.60	1900	2.83	RM-ri
	514.322	124.04	24	2.60	1900	2.83	RM-ri
	515.503	124.06	24	2.67	1900	3.17	RM-ri
	516.685	124.07	24	2.67	1900	3.17	RM-ri
Scrapper Facility	517.866	124.09	24	2.74	1900	3.51	RM-ri
4							

---

**Tabla 9***Sector Costa 18" - Calculo del ancho del Cráter*

Observación	KP	p (Bar)	d (in)	Tapada (m)	Densidad (kg/m3)	Ancho Cráter (m)	SubUnidad
	517.866	124.09	18	2.75	1900	1.26	RM-ri
	519.262	123.27	18	2.81	1900	1.61	RM-ri
Humay	520.658	122.45	18	2.81	1900	1.67	RM-ri
Humay	522.054	121.62	18	2.83	1900	1.82	RM-ri
	523.450	120.80	18	2.83	1900	1.87	RM-ri
	524.446	119.98	18	2.84	1900	1.98	RM-ri
	524.846	119.98	18	2.90	1900	2.27	RM-ri
	529.909	119.09	18	2.90	1900	2.33	RM-ri
Canal Cabeza de Toro	534.972	118.19	18				
	540.034	117.27	18	3.15	1500	11.66	RM-rvs
	545.097	116.32	18	3.26	1500	12.26	RM-rvs
Canal Lateral VI	550.160	115.36	18				
	550.563	115.36	18	3.60	1500	13.97	RM-rvs
	551.162	115.15	18	3.60	1500	13.99	RM-rvs
	552.164	114.94	18	3.59	1500	13.95	RM-rvs
	553.166	114.73	18	3.58	1500	13.92	RM-rvs
	554.168	114.52	18	3.58	1500	13.93	RM-rvs
	554.278	114.52	18	3.56	1500	13.84	RM-rvs
Río Matagente	554.711	114.35	18				
Río Matagente	555.253	114.17	18				
Río Matagente	555.425	114.00	18				
Río Matagente	555.796	114.00	18				
	556.369	113.85	18	3.64	1500	14.27	RM-rvs

	556.943	113.71	18	4.00	1500	16.02	RM-rvs
	557.163	113.56	18	4.18	1500	16.91	RM-rvs
	557.516	113.56	18	4.43	1500	18.12	RM-rvs
Canal Chico	558.147	113.30	18				
	558.777	113.04	18	4.33	1450	18.67	P-at
	559.253	112.78	18	4.31	1450	18.59	P-at
	559.408	112.78	18	4.26	1450	18.35	P-at
	559.617	112.40	18	4.17	1450	17.94	P-at
	559.825	112.02	18	3.99	1450	17.09	P-at
	560.034	111.64	18	3.96	1450	16.97	P-at
	560.564	111.64	18	3.92	1450	16.78	P-at
	564.063	110.37	18	3.91	1450	16.82	P-at
	568.092	109.08	18	3.78	1450	16.27	P-at
	572.121	107.76	18	3.76	1450	16.27	P-at
	576.150	106.43	18	3.71	1450	16.11	P-at
	580.179	105.08	18	3.69	1450	16.11	P-at
	580.778	105.08	18	3.65	1450	15.91	P-at
Qda del Río Seco - Topará	582.765	104.13	18				
	585.351	103.16	18	3.30	1450	14.35	P-at
	587.937	102.18	18	3.18	1450	13.84	P-at
	590.523	101.20	18	3.18	1450	13.90	P-at
	593.109	100.20	18	3.12	1450	13.68	P-at
	593.638	100.20	18	3.01	1450	13.15	P-at
	594.464	99.76	18	3.00	1450	13.13	P-at
	595.819	99.32	18	3.00	1450	13.16	P-at
	597.175	98.89	18	2.98	1450	13.09	P-at
	598.530	98.44	18	2.98	1450	13.12	P-at
	599.591	98.00	18	2.94	1450	12.96	P-at
	599.885	98.00	18	2.87	1450	12.62	P-at
	601.240	97.82	18	2.65	1450	11.56	P-at
	602.595	97.63	18	2.63	1450	11.48	P-at
	603.949	97.44	18	2.61	1450	11.40	P-at
	605.304	97.25	18	2.54	1450	11.07	P-at
Vía Panam.	606.358	97.06	18	2.44	1450	10.60	P-at
Vía Panam.	606.659	97.06	18	2.42	1450	10.50	P-at

Vía Panam.	607.428	96.97	18	2.27	1450	9.78	P-at
Vía Panam.	608.196	96.87	18	2.14	1450	9.16	P-at
Vía Panam.	608.439	96.78	18	2.13	1450	9.12	P-at
Vía Panam.	608.965	96.78	18	2.11	1450	9.02	P-at
Canal	609.169	96.75	18	2.10			
	609.374	96.72	18	3.20	1450	14.30	P-at
	609.385	96.70	18	4.18	1450	19.05	P-at
	609.578	96.70	18	5.92	1450	27.48	P-at
	610.823	96.32	18	6.50	1450	30.32	P-at
Río Cañete	612.068	95.95	18				
Río Cañete	613.314	95.57	18				
	614.559	95.19	18	6.93	1450	32.48	P-at
	615.154	94.81	18	6.36	1450	29.74	P-at
	615.804	94.81	18	6.18	1450	28.87	P-at
	615.932	94.86	18	5.70	1450	26.54	P-at
	616.060	94.92	18	5.69	1450	26.49	P-at
Vía Panam.	616.188	94.97	18	5.50	1450	25.56	P-at
Vía Panam.	616.458	94.97	18	5.19	1450	24.06	P-at
Vía Panam.	616.681	94.79	18	4.69	1450	21.65	P-at
Vía Panam.	617.173	94.60	18	4.64	1450	21.42	P-at
Vía Panam.	617.296	94.41	18	4.59	1450	21.19	P-at
Vía Panam.	617.666	94.41	18	4.28	1450	19.69	P-at
Canal	618.760	94.07	18				
	619.854	93.74	18	3.42	950	25.57	PI-al
Canal	620.587	93.40	18				PI-al
	620.948	93.40	18	2.01	950	18.77	PI-al
	621.056	93.36	18	2.02	950	18.82	PI-al
	621.165	93.33	18	2.06	950	19.01	PI-al
	621.273	93.29	18	2.10	950	19.21	PI-al
	621.689	93.29	18	2.12	950	19.31	PI-al
	622.926	92.60	18	2.13	950	19.40	PI-al
	624.579	91.91	18	2.17	950	19.64	PI-al
	626.232	91.21	18	2.18	950	19.74	PI-al
	627.885	90.51	18	2.19	950	19.83	PI-al
	629.189	89.81	18	2.21	1900	0.98	RCL-ri
	629.538	89.81	18	2.23	1900	1.07	RCL-ri

	630.366	89.89	18	2.25	1900	1.17	RCL-ri
	631.195	89.97	18	2.25	1900	1.16	RCL-ri
	632.023	90.04	18	2.28	1900	1.30	RCL-ri
	632.384	90.12	18	2.29	1900	1.34	RCL-ri
	632.851	90.12	18	2.33	1900	1.54	RCL-ri
	634.353	89.57	18	2.36	1900	1.72	RCL-ri
	635.856	89.03	18	2.36	1900	1.76	RCL-ri
	637.358	88.48	18	2.36	1900	1.80	RCL-ri
	638.861	87.93	18	2.37	1900	1.88	RCL-ri
	640.363	87.37	18	2.38	1900	1.97	RCL-ri
	640.578	87.37	18	2.39	1900	2.02	RCL-ri
	645.966	85.69	18	2.39	1900	2.13	RCL-ri
	651.568	83.96	18	2.40	1900	2.30	RCL-ri
Canal Omas	657.171	82.19	18				
	662.773	80.38	18	2.40	1550	9.54	M-a
Vía Panam. Antigua	668.156	78.52	18	2.45	1551	9.89	M-a
Vía Panam. Antigua	668.376	78.52	18	2.55	1552	10.35	M-a
Vía Panam. Antigua	668.580	78.46	18	2.69	1553	11.02	M-a
Vía Panam. Antigua	668.785	78.40	18	2.74	1554	11.24	M-a
Vía Panam. Antigua	668.841	78.34	18	2.84	1555	11.71	M-a
Vía Panam. Antigua	668.989	78.34	18	2.85	1556	11.74	M-a
Vía Panam. Antigua	669.192	78.30	18	2.92	1557	12.06	M-a
Vía Panam. Antigua	669.395	78.25	18	2.97	1558	12.29	M-a
Vía Panam. Antigua	669.637	78.21	18	3.01	1559	12.46	M-a
Vía Panam. Antigua	669.598	78.21	18	3.09	1560	12.83	M-a
	669.768	78.17	18	3.17	1561	13.20	M-a

	669.937	78.14	18	3.17	1562	13.18	M-a
	670.107	78.10	18	3.21	1563	13.36	M-a
	670.364	78.10	18	3.30	1564	13.77	M-a
	671.123	77.71	18	3.32	1565	13.88	M-a
	672.138	77.32	18	3.35	1566	14.03	M-a
Canal	673.154	76.92	18				
	674.169	76.52	18	3.40	1450	16.65	P-at
	674.687	76.52	18	3.40	1450	16.65	P-at
	674.656	76.34	18	3.24	1450	15.88	P-at
	675.143	76.16	18	2.31	1450	11.39	P-at
Río Mala	675.459	75.98	18				
Río Mala	675.630	75.98	18				
Río Mala	675.982	75.85	18				
Río Mala	676.334	75.71	18				
Río Mala	676.521	75.57	18				
Río Mala	676.686	75.57	18				
Río Mala	676.812	75.52	18				
Río Mala	676.938	75.46	18				
Río Mala	677.064	75.41	18				
Río Mala	677.635	75.41	18				
	679.248	74.37	18	2.23	1450	11.13	P-at
	681.432	73.32	18	2.36	1450	11.83	P-at
	683.617	72.27	18	2.36	1450	11.90	P-at
	685.801	71.20	18	2.37	1450	12.02	P-at
	687.548	70.13	18	2.39	1450	12.19	P-at
	687.985	70.13	18	2.39	1450	12.19	P-at
	690.093	69.50	18	2.43	1450	12.42	P-at
	692.200	68.86	18	2.52	1450	12.90	P-at
	694.308	68.21	18	2.60	1900	4.34	RM-ri
	696.415	67.55	18	2.63	1900	4.53	RM-ri
	698.103	66.88	18	2.65	1900	4.67	RM-ri
	698.523	66.88	18	2.65	1900	4.67	RM-ri
	699.123	66.31	18	2.75	1900	5.19	RM-ri
	699.723	65.73	18	2.79	1900	5.42	RM-ri
	700.323	65.15	18	2.80	1900	5.51	RM-ri
	700.842	65.15	18	2.93	1900	6.14	RM-ri

	701.215	65.07	18	2.93	1900	6.15	RM-ri
	702.107	64.99	18	3.01	1900	6.54	RM-ri
Qda.Cruz de Hueso	702.523	64.91	18				
Qda.Cruz de Hueso	702.999	64.91	18				
Qda.Cruz de Hueso	703.724	64.80	18				
Qda.Cruz de Hueso	704.449	64.69	18				
Qda.Cruz de Hueso	705.174	64.58	18				
Qda.Cruz de Hueso	705.589	64.58	18				
	706.458	63.85	18	3.03	1550	13.72	C-d
	707.742	63.12	18	3.03	1550	13.76	C-d
	709.026	62.40	18	3.03	1550	13.81	C-d
	713.076	62.53	18	3.03	1550	13.81	C-d
	717.126	62.65	18	3.03	1450	15.80	P-at
	721.176	62.77	18	3.03	1450	15.79	P-at
	725.226	62.89	18	3.03	1450	15.78	P-at
	729.276	63.00	18	3.03	1450	15.77	P-at

**Tabla 10***Sector Costa 24" - Calculo del ancho del Cráter*

Observación	KP	p (Bar)	d (in)	Tapada (m)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Ancho Cráter (m)	SubUnidad
	593.090	100.20	24	3.12	1450	15.97	P-at
	594.445	99.76	24	3.01	1450	15.47	P-at
	595.800	99.31	24	3.00	1450	15.45	P-at
	597.156	98.87	24	3.00	1450	15.48	P-at
	598.511	98.42	24	2.98	1450	15.41	P-at
	599.750	97.98	24	2.98	1450	15.44	P-at
	599.866	97.98	24	2.94	1450	15.25	P-at
	601.221	97.78	24	2.87	1450	14.92	P-at
	602.576	97.59	24	2.65	1450	13.87	P-at
	603.930	97.40	24	2.63	1450	13.79	P-at
	605.285	97.20	24	2.61	1450	13.70	P-at
Vía Panam.	606.325	97.01	24	2.54	1450	13.38	P-at
Vía Panam.	606.640	97.01	24	2.44	1450	12.89	P-at
Vía Panam.	607.409	96.92	24	2.42	1450	12.80	P-at
Vía Panam.	608.177	96.83	24	2.27	1450	12.08	P-at
Vía Panam.	608.680	96.74	24	2.14	1450	11.46	P-at
Vía Panam.	608.946	96.74	24	2.13	1450	11.41	P-at
Canal	609.150	96.71	24	3.20	1450		P-at
	609.355	96.69	24	4.18	1450	21.35	P-at
	609.559	96.66	24	5.92	1450	29.78	P-at
	609.850	96.66	24	6.50	1450	32.59	P-at
	610.804	96.29	24	6.50	1450	32.61	P-at
Río Cañete	612.049	95.93	24				
Río Cañete	613.295	95.56	24				
	614.540	95.19	24	6.93	1450	34.77	P-at
	615.360	94.82	24	6.36	1450	32.03	P-at
	615.785	94.82	24	6.18	1450	31.16	P-at
	615.913	94.87	24	5.70	1450	28.83	P-at
	616.041	94.93	24	5.69	1450	28.78	P-at



Vía Panam.	616.169	94.98	24	5.50	1450	27.86	P-at
Vía Panam.	616.420	94.98	24	5.19	1450	26.35	P-at
Vía Panam.	616.662	94.80	24	4.69	1450	23.94	P-at
Vía Panam.	617.154	94.61	24	4.64	1450	23.71	P-at
Vía Panam.	617.647	94.42	24	4.59	1450	23.49	P-at
Vía Panam.	617.750	94.42	24	4.28	1450	21.98	P-at
Canal	618.741	94.08	24				
	619.835	93.74	24	3.42	950	27.86	PI-al
Canal	620.902	93.40	24				
	620.929	93.40	24	2.01	950	21.06	PI-al
	621.037	93.37	24	2.02	950	21.11	PI-al
	621.146	93.33	24	2.06	950	21.30	PI-al
	621.254	93.30	24	2.10	950	21.50	PI-al
	621.569	93.30	24	2.12	950	21.60	PI-al
	622.907	92.60	24	2.13	950	21.69	PI-al
	624.560	91.90	24	2.17	950	21.93	PI-al
	626.213	91.20	24	2.18	950	22.03	PI-al
	627.866	90.49	24	2.19	950	22.13	PI-al
	629.160	89.79	24	2.21	1900	3.27	RCL-ri
	629.519	89.79	24	2.23	1900	3.37	RCL-ri
	630.347	89.86	24	2.25	1900	3.46	RCL-ri
	631.176	89.94	24	2.25	1900	3.45	RCL-ri
	632.004	90.02	24	2.28	1900	3.60	RCL-ri
	632.230	90.09	24	2.29	1900	3.64	RCL-ri
	632.832	90.09	24	2.33	1900	3.83	RCL-ri
	634.334	89.54	24	2.36	1900	4.01	RCL-ri
	635.837	88.99	24	2.36	1900	4.05	RCL-ri
	637.339	88.44	24	2.36	1900	4.09	RCL-ri
	638.842	87.88	24	2.37	1900	4.18	RCL-ri
	640.344	87.33	24	2.38	1900	4.26	RCL-ri
	640.840	87.32	24	2.39	1900	4.31	RCL-ri
	645.947	85.62	24	2.39	1900	4.43	RCL-ri
	651.549	83.88	24	2.39	1900	4.54	RCL-ri
Canal Omas	657.152	82.10	24				
	662.754	80.28	24	2.40	1550	11.84	M-a

Vía Panam. Antigua	668.160	78.41	24	2.45	1551	12.19	M-a
Vía Panam. Antigua	668.357	78.41	24	2.55	1552	12.65	M-a
Vía Panam. Antigua	668.561	78.35	24	2.69	1553	13.31	M-a
Vía Panam. Antigua	668.766	78.30	24	2.74	1554	13.54	M-a
Vía Panam. Antigua	668.860	78.24	24	2.84	1555	14.01	M-a
Vía Panam. Antigua	668.970	78.24	24	2.85	1556	14.04	M-a
Vía Panam. Antigua	669.173	78.19	24	2.92	1557	14.36	M-a
Vía Panam. Antigua	669.376	78.15	24	2.97	1558	14.58	M-a
Vía Panam. Antigua	669.490	78.11	24	3.01	1559	14.76	M-a
Vía Panam. Antigua	669.579	78.11	24	3.09	1560	15.13	M-a
	669.749	78.08	24	3.17	1561	15.50	M-a
	669.918	78.05	24	3.17	1562	15.48	M-a
	670.088	78.02	24	3.21	1563	15.66	M-a
	670.160	78.02	24	3.30	1564	16.07	M-a
	671.104	77.63	24	3.32	1565	16.18	M-a
	672.119	77.24	24	3.35	1566	16.33	M-a
Canal	673.135	76.85	24				
	674.150	76.46	24	3.40	1450	18.94	P-at
	674.350	76.46	24	3.40	1450	18.94	P-at
	674.637	76.28	24	3.24	1450	18.18	P-at
	675.124	76.10	24	2.31	1450	13.69	P-at
Río Mala	675.360	75.92	24				
Río Mala	675.611	75.92	24				
Río Mala	675.963	75.80	24				
Río Mala	676.315	75.67	24				
Río Mala	676.667	75.55	24				

---

Río Mala	676.860	75.55	24				
Río Mala	676.793	75.50	24				
Río Mala	676.919	75.44	24				
Río Mala	677.045	75.39	24				
Río Mala	677.620	75.39	24				
	679.229	74.35	24	2.25	1450	13.52	P-at
	681.413	73.30	24	2.26	1450	13.63	P-at
	683.598	72.24	24	2.26	1450	13.71	P-at
	685.782	71.18	24	2.28	1450	13.88	P-at
	687.630	70.10	24	2.29	1450	14.00	P-at
	687.966	70.10	24	2.33	1450	14.19	P-at
	690.074	69.48	24	2.36	1450	14.38	P-at
	692.181	68.84	24	2.38	1450	14.52	P-at
	694.289	68.20	24	2.39	1900	5.61	RM-ri
	696.396	67.55	24	2.39	1900	5.66	RM-ri
	698.136	66.88	24	2.40	1900	5.75	RM-ri
	698.504	66.88	24	2.41	1900	5.80	RM-ri
	698.600	66.87	24	2.41	1900	5.80	RM-ri
	698.696	66.86	24	2.41	1900	5.80	RM-ri
	698.792	66.85	24	2.43	1900	5.90	RM-ri
	698.888	66.84	24	2.47	1900	6.09	RM-ri
	698.984	66.82	24	2.49	1900	6.19	RM-ri
	699.080	66.81	24	2.50	1900	6.24	RM-ri
	699.176	66.80	24	2.50	1900	6.24	RM-ri
	699.272	66.79	24	2.51	1900	6.29	RM-ri
	699.368	66.78	24	2.52	1900	6.34	RM-ri
	699.464	66.77	24	2.54	1900	6.44	RM-ri
	699.560	66.76	24	2.56	1900	6.53	RM-ri
	699.656	66.74	24	2.56	1900	6.53	RM-ri
	699.752	66.73	24	2.57	1900	6.58	RM-ri
	699.848	66.72	24	2.58	1900	6.63	RM-ri
	699.944	66.71	24	2.59	1900	6.68	RM-ri
	700.040	66.70	24	2.60	1900	6.73	RM-ri
	700.136	66.69	24	2.60	1900	6.73	RM-ri
	700.232	66.68	24	2.61	1900	6.78	RM-ri
	700.328	66.66	24	2.65	1900	6.98	RM-ri

---

700.424	66.65	24	2.67	1900	7.07	RM-ri
700.520	66.64	24	2.67	1900	7.07	RM-ri
700.616	66.63	24	2.68	1900	7.12	RM-ri
700.712	66.62	24	2.68	1900	7.12	RM-ri
700.760	66.62	24	2.73	1900	7.37	RM-ri
700.811	66.60	24	2.74	1900	7.42	RM-ri
700.910	66.59	24	2.74	1900	7.42	RM-ri
701.009	66.58	24	2.75	1900	7.47	RM-ri
701.108	66.56	24	2.76	1900	7.52	RM-ri
701.208	66.55	24	2.78	1900	7.61	RM-ri
701.307	66.53	24	2.78	1900	7.61	RM-ri
701.406	66.52	24	2.79	1900	7.66	RM-ri
701.505	66.51	24	2.80	1900	7.71	RM-ri
701.604	66.49	24	2.81	1900	7.76	RM-ri
701.703	66.48	24	2.81	1900	7.76	RM-ri
701.802	66.46	24	2.83	1900	7.86	RM-ri
701.901	66.45	24	2.87	1900	8.06	RM-ri
702.000	66.44	24	2.90	1900	8.20	RM-ri
702.100	66.42	24	2.90	1900	8.20	RM-ri
702.199	66.41	24	2.90	1900	8.20	RM-ri
702.298	66.39	24	2.91	1900	8.25	RM-ri
702.397	66.38	24	2.96	1900	8.50	RM-ri
702.496	66.37	24	2.97	1900	8.55	RM-ri
702.595	66.35	24	2.98	1900	8.60	RM-ri
702.694	66.34	24	2.98	1900	8.60	RM-ri
702.793	66.32	24	2.99	1900	8.65	RM-ri
Qda.Cruz de Hueso	702.892	66.31	24			
Qda.Cruz de Hueso	702.992	66.30	24			
Qda.Cruz de Hueso	703.091	66.28	24			
Qda.Cruz de Hueso	703.190	66.27	24			
Qda.Cruz de Hueso	703.289	66.25	24			

---

Qda.Cruz de Hueso	703.388	66.24	24
Qda.Cruz de Hueso	703.410	66.24	24
Qda.Cruz de Hueso	703.487	66.22	24
Qda.Cruz de Hueso	703.586	66.20	24
Qda.Cruz de Hueso	703.685	66.18	24
Qda.Cruz de Hueso	703.783	66.16	24
Qda.Cruz de Hueso	703.882	66.14	24
Qda.Cruz de Hueso	703.981	66.12	24
Qda.Cruz de Hueso	704.080	66.10	24
Qda.Cruz de Hueso	704.179	66.08	24
Qda.Cruz de Hueso	704.278	66.06	24
Qda.Cruz de Hueso	704.377	66.04	24
Qda.Cruz de Hueso	704.476	66.02	24
Qda.Cruz de Hueso	704.574	66.00	24
Qda.Cruz de Hueso	704.673	65.98	24
Qda.Cruz de Hueso	704.772	65.96	24
Qda.Cruz de Hueso	704.871	65.94	24
Qda.Cruz de Hueso	704.970	65.92	24

---

---

Qda.Cruz de Hueso	705.069	65.90	24				
Qda.Cruz de Hueso	705.168	65.88	24				
	705.266	65.86	24	3.03	1550	15.87	C-d
	705.365	65.84	24	3.03	1550	15.87	C-d
	705.464	65.82	24	3.03	1550	15.87	C-d
	705.563	65.80	24	3.03	1550	15.87	C-d
	705.602	65.80	24	3.03	1550	15.87	C-d
	705.662	65.74	24	3.03	1550	15.88	C-d
	705.761	65.68	24	3.03	1550	15.88	C-d
	705.859	65.61	24	3.03	1550	15.89	C-d
	705.958	65.55	24	3.03	1550	15.89	C-d
	706.057	65.49	24	3.03	1550	15.90	C-d
	706.156	65.43	24	3.03	1550	15.90	C-d
	706.254	65.36	24	3.03	1550	15.90	C-d
	706.353	65.30	24	3.03	1550	15.91	C-d
	706.452	65.24	24	3.03	1550	15.91	C-d
	706.551	65.17	24	3.03	1550	15.92	C-d
	706.649	65.11	24	3.03	1550	15.92	C-d
	706.748	65.05	24	3.03	1550	15.93	C-d
	706.847	64.99	24	3.03	1550	15.93	C-d
	706.946	64.92	24	3.03	1550	15.93	C-d
	707.045	64.86	24	3.03	1550	15.94	C-d
	707.143	64.80	24	3.03	1550	15.94	C-d
	707.242	64.74	24	3.03	1550	15.95	C-d
	707.341	64.67	24	3.03	1550	15.95	C-d
	707.440	64.61	24	3.03	1550	15.96	C-d
	707.538	64.55	24	3.03	1550	15.96	C-d
	707.637	64.49	24	3.03	1550	15.96	C-d
	707.736	64.42	24	3.03	1550	15.97	C-d
	707.835	64.36	24	3.03	1550	15.97	C-d
	707.933	64.30	24	3.03	1550	15.98	C-d
	708.032	64.24	24	3.03	1550	15.98	C-d
	708.131	64.17	24	3.03	1550	15.99	C-d
	708.230	64.11	24	3.03	1550	15.99	C-d

---

---

708.329	64.05	24	3.03	1550	15.99	C-d
708.427	63.99	24	3.03	1550	16.00	C-d
708.526	63.93	24	3.03	1550	16.00	C-d
708.625	63.86	24	3.03	1550	16.01	C-d
708.724	63.80	24	3.03	1550	16.01	C-d
708.822	63.74	24	3.03	1550	16.01	C-d
708.921	63.68	24	3.03	1550	16.02	C-d
709.020	63.62	24	3.03	1550	16.02	C-d
709.119	63.55	24	3.03	1550	16.03	C-d
709.217	63.49	24	3.03	1550	16.03	C-d
709.316	63.43	24	3.03	1550	16.04	C-d
709.136	63.37	24	3.03	1550	16.04	C-d
709.415	63.37	24	3.03	1550	16.04	C-d
709.515	63.37	24	3.03	1550	16.04	C-d
709.615	63.37	24	3.03	1550	16.04	C-d
709.714	63.36	24	3.03	1550	16.04	C-d
709.814	63.36	24	3.03	1550	16.04	C-d
709.914	63.36	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.014	63.36	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.113	63.36	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.213	63.36	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.313	63.36	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.413	63.35	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.512	63.35	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.612	63.35	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.712	63.35	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.812	63.35	24	3.03	1550	16.04	C-d
710.911	63.35	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.011	63.34	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.111	63.34	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.211	63.34	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.310	63.34	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.410	63.34	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.510	63.34	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.610	63.34	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.709	63.33	24	3.03	1550	16.04	C-d

---

---

711.809	63.33	24	3.03	1550	16.04	C-d
711.909	63.33	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.009	63.33	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.108	63.33	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.208	63.33	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.308	63.32	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.408	63.32	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.507	63.32	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.607	63.32	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.707	63.32	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.807	63.32	24	3.03	1550	16.04	C-d
712.906	63.31	24	3.03	1550	16.04	C-d
713.006	63.31	24	3.03	1550	16.04	C-d
713.106	63.31	24	3.03	1450	18.04	P-at
713.206	63.31	24	3.03	1450	18.04	P-at
713.305	63.31	24	3.03	1450	18.04	P-at
713.405	63.31	24	3.03	1450	18.04	P-at
713.505	63.30	24	3.03	1450	18.04	P-at
713.605	63.30	24	3.03	1450	18.04	P-at
713.704	63.30	24	3.03	1450	18.04	P-at
713.804	63.30	24	3.03	1450	18.04	P-at
713.904	63.30	24	3.03	1450	18.04	P-at
714.004	63.30	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.103	63.30	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.203	63.29	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.303	63.29	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.403	63.29	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.502	63.29	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.602	63.29	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.702	63.29	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.802	63.28	24	3.03	1450	18.05	P-at
714.901	63.28	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.001	63.28	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.101	63.28	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.201	63.28	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.300	63.28	24	3.03	1450	18.05	P-at

---



---

715.400	63.27	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.500	63.27	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.600	63.27	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.699	63.27	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.799	63.27	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.899	63.26	24	3.03	1450	18.05	P-at
715.999	63.26	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.099	63.26	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.198	63.26	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.298	63.26	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.398	63.26	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.498	63.25	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.597	63.25	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.697	63.25	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.797	63.25	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.897	63.25	24	3.03	1450	18.05	P-at
716.996	63.25	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.096	63.24	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.196	63.24	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.296	63.24	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.395	63.24	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.495	63.24	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.595	63.24	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.695	63.23	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.794	63.23	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.894	63.23	24	3.03	1450	18.05	P-at
717.994	63.23	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.094	63.23	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.193	63.22	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.293	63.22	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.393	63.22	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.493	63.22	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.592	63.22	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.692	63.22	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.792	63.21	24	3.03	1450	18.05	P-at
718.892	63.21	24	3.03	1450	18.05	P-at

---

---

718.991	63.21	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.091	63.21	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.191	63.21	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.291	63.21	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.390	63.20	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.490	63.20	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.590	63.20	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.690	63.20	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.789	63.20	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.889	63.19	24	3.03	1450	18.05	P-at
719.989	63.19	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.089	63.19	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.188	63.19	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.288	63.19	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.388	63.19	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.488	63.18	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.587	63.18	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.687	63.18	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.787	63.18	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.887	63.18	24	3.03	1450	18.05	P-at
720.986	63.17	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.086	63.17	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.186	63.17	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.286	63.17	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.385	63.17	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.485	63.16	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.585	63.16	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.685	63.16	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.784	63.16	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.884	63.16	24	3.03	1450	18.05	P-at
721.984	63.16	24	3.03	1450	18.05	P-at
722.084	63.15	24	3.03	1450	18.05	P-at
722.183	63.15	24	3.03	1450	18.05	P-at
722.283	63.15	24	3.03	1450	18.06	P-at
722.383	63.15	24	3.03	1450	18.06	P-at
722.483	63.15	24	3.03	1450	18.06	P-at

---

---

722.582	63.14	24	3.03	1450	18.06	P-at
722.682	63.14	24	3.03	1450	18.06	P-at
722.782	63.14	24	3.03	1450	18.06	P-at
722.882	63.14	24	3.03	1450	18.06	P-at
722.982	63.14	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.081	63.13	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.181	63.13	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.281	63.13	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.381	63.13	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.480	63.13	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.580	63.12	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.680	63.12	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.780	63.12	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.879	63.12	24	3.03	1450	18.06	P-at
723.979	63.12	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.079	63.11	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.179	63.11	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.278	63.11	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.378	63.11	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.478	63.11	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.578	63.11	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.677	63.10	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.777	63.10	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.877	63.10	24	3.03	1450	18.06	P-at
724.977	63.10	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.076	63.10	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.176	63.09	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.276	63.09	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.376	63.09	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.475	63.09	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.575	63.09	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.675	63.08	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.775	63.08	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.874	63.08	24	3.03	1450	18.06	P-at
725.974	63.08	24	3.03	1450	18.06	P-at
726.074	63.08	24	3.03	1450	18.06	P-at

---

---

	726.174	63.07	24	3.03	1450	18.06	P-at
	726.273	63.07	24	3.03	1450	18.06	P-at
	726.373	63.07	24	3.03	1450	18.06	P-at
	726.473	63.07	24	3.03	1450	18.06	P-at
	726.573	63.07	24	3.03	1450	18.06	P-at
	726.672	63.06	24	3.03	1450	18.06	P-at
	726.772	63.06	24	3.03	1450	18.06	P-at
	726.872	63.06	24	3.03	1450	18.06	P-at
	726.972	63.06	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.071	63.05	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.171	63.05	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.271	63.05	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.371	63.05	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.470	63.05	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.570	63.04	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.670	63.04	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.770	63.04	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.869	63.04	24	3.03	1450	18.06	P-at
	727.969	63.04	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.069	63.03	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.169	63.03	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.268	63.03	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.368	63.03	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.468	63.03	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.568	63.02	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.667	63.02	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.767	63.02	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.867	63.02	24	3.03	1450	18.06	P-at
	728.967	63.02	24	3.03	1450	18.06	P-at
	729.066	63.01	24	3.03	1450	18.06	P-at
City Gate							
Lurín	729.166	63.01	24	3.03	1450	18.06	P-at
City Gate							
Lurín	729.266	63.01	24	3.03	1450	18.06	P-at
City Gate							
Lurín	729.366	63.01	24	3.03	1450	18.06	P-at

---

City Gate Lurín	729.465	63.00	24	3.03	1450	18.06	P-at
City Gate Lurín	729.565	63.00	24	3.03	1450	18.07	P-at
City Gate Lurín	729.665	63.00	24	3.03	1450	18.07	P-at

Para estos cálculos no se ha considerado los cruces de ríos, quebradas, canales o alcantarillas, ya que como bien se sabe los caudales para cada uno de ellos son estacionales, y por lo tanto el “peso del agua” afectaría el cálculo de la fórmula.

Las áreas de alta consecuencias se identifican en la columna de observación, obtenido por reconocimiento de campo.

Los cálculos obtenidos se realizan sobre la base de que en todo momento el ducto se encuentre bajo tierra con una cobertura de tapada. Las condiciones para que se desarrolle un efecto catastrófico, está relacionado a las siguientes características:

- Daño externo, por golpe y pérdida de revestimiento.
- Daño interno, por composición química del mismo ducto.
- Por fuerzas geológicas, debido a las fuerzas naturales que actúan en el interior y la superficie de la tierra.

Sin embargo, el ducto puede perder la cobertura de tapada debido a los siguientes fenómenos:

- Erosión del terreno por viento o lluvia
- Huaycos, inundaciones o aluviones
- Pérdida de la vegetación (para las zonas en donde existiera)
- Movimiento de terrenos o excavaciones por terceros

### **3.4 Cálculo de radio de impacto por explosión de ducto de GN expuesto**

En la suposición de que ocurran los fenómenos anteriormente descritos, el ducto de GN puede encontrarse expuesto, y la tubería puede perder resistencia debido a los siguientes factores:

- Por desplazamiento de la tubería, horizontal o vertical
- Por deformación de la tubería, debido a que estuvo sometido a fuerzas externas circundantes, por ejemplo, por deslizamiento interno de las capas de suelo

Esta condición de exposición directa y al debilitamiento del ducto, podría desencadenar otro efecto de explosión directa.

De acuerdo al ASME (B31.8S, 2022), es posible calcular el Potencial Radio de Impacto (PIR) y prever una zona de seguridad que permita mantener alejado a cualquier persona en caso de producirse una explosión.

Los cálculos de este PIR se visualizan en las tablas del 11 al 14:

**Tabla 11***Sector Selva - Calculo del Potencial Radio de Impacto*

<b>Observación</b>	<b>KP</b>	<b>D (in)</b>	<b>P (PSI)</b>	<b>r (m)</b>
Pump Station 1	0.000	32	2059.54	305
Pump Station 1	0.482	32	2056.54	305
	0.964	32	2053.54	305
	1.445	32	2050.54	305
	1.927	32	2047.54	305
	2.409	32	2044.54	304
	2.891	32	2041.54	304
	3.372	32	2038.54	304
	3.854	32	2035.53	304
	4.336	32	2032.53	303
	4.818	32	2029.52	303
	5.299	32	2026.51	303
	5.781	32	2023.50	303
	6.263	32	2020.49	303
	6.745	32	2017.48	302
	7.226	32	2014.47	302
	7.708	32	2011.46	302
	8.190	32	2008.44	302
	8.672	32	2005.43	301
	9.153	32	2002.41	301
	9.569	32	1999.39	301
	9.635	32	1999.39	301
	10.106	32	2000.18	301
	10.577	32	2000.96	301
	11.047	32	2001.75	301
	11.518	32	2002.53	301
	11.755	32	2003.32	301
	11.989	32	2003.19	301
	12.151	32	2005.80	301
Rio Urubamba	12.313	32	2008.40	
Rio Urubamba	12.475	32	2011.01	

---

Rio Urubamba	12.569	32	2011.01	
Rio Urubamba	12.617	32	2007.50	
Rio Urubamba	12.759	32	2003.99	
Rio Urubamba	12.901	32	2000.49	
Rio Urubamba	12.985	32	2000.49	
	15.135	32	1982.36	300
	17.369	32	1964.23	298
	19.602	32	1946.08	297
Qda. Quivitsiari	21.836	32	1927.92	
	24.070	32	1909.74	294
	24.523	32	1909.74	294
	24.941	32	1895.13	293
	25.812	32	1880.55	292
	26.365	32	1866.00	291
	26.683	32	1866.00	291
	27.516	32	1863.43	291
	28.349	32	1860.86	290
	29.182	32	1858.29	290
	29.568	32	1858.29	290
	29.875	32	1863.16	290
	30.567	32	1868.06	291
	31.260	32	1872.97	291
	31.632	32	1872.97	291
	32.327	32	1864.45	291
	33.394	32	1855.93	290
	34.461	32	1847.39	289
	34.896	32	1847.39	289
	35.705	32	1847.17	289
	36.949	32	1846.94	289
	38.192	32	1846.71	289
	39.436	32	1846.48	289
	39.852	32	1846.48	289
	40.491	32	1838.18	289
	41.545	32	1829.87	288
	42.600	32	1821.55	287
	43.654	32	1813.23	287

---



---

	43.754	32	1813.10	287
	44.316	32	1816.37	287
	44.979	32	1819.64	287
	45.641	32	1822.93	287
	45.854	32	1822.93	287
	46.691	32	1811.75	286
	47.742	32	1800.57	286
	48.792	32	1789.39	285
	49.843	32	1778.22	284
	50.752	32	1767.06	283
	50.893	32	1767.06	283
	51.087	32	1754.79	282
	51.281	32	1742.57	281
	51.475	32	1730.40	280
	51.796	32	1730.40	280
	52.478	32	1715.05	279
	53.481	32	1699.72	277
	54.484	32	1684.44	276
	54.602	32	1684.44	276
	54.659	32	1693.50	277
	54.834	32	1702.60	278
	55.009	32	1711.74	278
	55.562	32	1711.74	278
	55.829	32	1688.95	277
	56.648	32	1666.30	275
	57.103	32	1643.79	273
	57.468	32	1643.79	273
	58.387	32	1669.08	275
	59.306	32	1694.72	277
	60.225	32	1720.73	279
	60.758	32	1720.73	279
Qda. Poyentimari	61.263	32	1679.07	
Qda. Poyentimari	62.301	32	1637.94	
	63.339	32	1597.36	269
	63.635	32	1597.36	269
	64.166	32	1583.02	268

---

---

	64.993	32	1568.71	267
	65.658	32	1554.45	265
	65.820	32	1554.45	265
	66.172	32	1565.62	266
	66.525	32	1576.87	267
	66.705	32	1588.20	268
	66.877	32	1588.20	268
	68.011	32	1621.50	271
	69.145	32	1655.44	274
	70.279	32	1690.03	277
	70.653	32	1690.03	277
Qda. Mantalo	71.224	32	1645.63	
	72.168	32	1601.87	269
	73.113	32	1558.77	266
	73.369	32	1558.77	266
	73.521	32	1552.08	265
	73.930	32	1545.39	265
	74.338	32	1538.72	264
	74.698	32	1538.56	264
	75.157	32	1518.66	262
	75.977	32	1498.87	261
	76.658	32	1479.19	259
	76.796	32	1479.19	259
	77.757	32	1493.11	260
	78.717	32	1507.19	261
	79.569	32	1521.41	263
	79.678	32	1521.41	263
	80.446	32	1511.63	262
	81.213	32	1501.86	261
	81.523	32	1492.09	260
	81.981	32	1492.09	260
	83.229	32	1510.51	262
	84.478	32	1529.18	263
	85.726	32	1548.12	265
	86.975	32	1567.33	266
	88.223	32	1586.80	268

---

---

	88.958	32	1586.80	268
Qda. Intermitente	89.204	32	1579.31	
	90.185	32	1571.80	267
Comunidad Paratori	91.063	32	1564.28	266
Comunidad Paratori	91.166	32	1564.28	266
Comunidad Paratori	91.174	32	1564.21	266
Comunidad Paratori	91.182	32	1564.13	266
Comunidad Paratori	91.190	32	1564.05	266
Comunidad Paratori	91.203	32	1564.05	266
Comunidad Paratori	91.313	32	1562.83	266
Comunidad Paratori	91.437	32	1561.61	266
Comunidad Paratori	91.560	32	1560.39	266
Comunidad Paratori	91.565	32	1560.39	266
Comunidad Paratori	91.568	32	1560.34	266
Comunidad Paratori	91.576	32	1560.28	266
Comunidad Paratori	91.584	32	1560.23	266
	91.856	32	1560.23	266
Qda. Manugali	92.673	32	1529.50	
	93.761	32	1499.06	261
	94.850	32	1468.88	258
	95.752	32	1438.99	255
	95.938	32	1438.99	255
	96.467	32	1422.12	254
	96.996	32	1405.34	252
	97.325	32	1388.67	251
	97.525	32	1388.67	251
	99.374	32	1380.66	250
	101.222	32	1372.59	249
	103.071	32	1364.43	249
	104.919	32	1356.19	248
Pump Station 2	106.302	32	1347.87	247
Pump Station 2	106.768	32	1347.70	247
Pump Station 2	107.995	32	1346.70	247
	109.223	32	1345.68	247
	110.450	32	1344.64	247
	111.030	32	1343.58	247

---

	111.677	32	1343.58	247
	113.468	32	1345.91	247
	115.260	32	1348.23	247
	117.051	32	1350.54	247
	118.843	32	1352.84	248
	120.125	32	1355.13	248
	120.634	32	1354.95	248
	121.142	32	1360.79	248
	121.650	32	1366.65	249
	122.158	32	1372.55	249
	122.359	32	1372.55	249
Qda. Intermitente	122.640	32	1364.62	
Qda. Intermitente	123.122	32	1356.71	
	123.604	32	1348.81	247
Qda. Cumpirusiato	123.925	32	1348.81	
	124.036	32	1334.74	246
	124.467	32	1320.74	245
	124.758	32	1306.81	243
	124.899	32	1306.81	243
	125.001	32	1307.62	243
	125.104	32	1308.42	243
	125.206	32	1309.22	244
	125.425	32	2016.03	302
	125.693	32	2031.16	303
Pta Compresora Kamani	126.179	32	2046.40	304
Pta Compresora Kamani	126.399	32	2061.73	306
Pta Compresora Kamani	126.666	32	2061.73	306
Pta Compresora Kamani	127.665	32	2016.71	302
Brazo del Cumpirusiato	128.665	32	1972.18	
	129.235	32	1928.14	296
	129.664	32	1928.14	296

---

	130.033	32	1910.47	294
	130.403	32	1892.89	293
	130.772	32	1875.38	291
	130.952	32	1875.38	291
	132.294	32	1859.14	290
	133.817	32	1842.90	289
	135.339	32	1826.67	288
	136.862	32	1810.44	286
	138.384	32	1794.22	285
	138.635	32	1794.22	285
	140.432	32	1788.41	285
	142.480	32	1782.57	284
	144.529	32	1776.70	284
	146.577	32	1770.79	283
	148.625	32	1764.85	283
	148.820	32	1764.72	283
	148.962	32	1783.81	284
	149.298	32	1803.06	286
	149.530	32	1822.48	287
	149.635	32	1822.48	287
	149.851	32	1839.10	289
	150.068	32	1855.83	290
	150.163	32	1872.68	291
	150.284	32	1872.68	291
	150.305	32	1872.79	291
Río Comerciato	150.325	32	1872.91	291
	150.346	32	1873.02	291
	150.348	32	1873.02	291
	150.550	32	1855.24	290
	150.753	32	1837.57	288
	150.826	32	1819.99	287
	150.957	32	1819.99	287
	152.138	32	1774.95	284
	153.319	32	1730.48	280
	154.426	32	1686.56	276
	154.500	32	1686.56	276

---

---

	156.372	32	1663.80	275
	158.244	32	1641.07	273
	160.116	32	1618.36	271
	161.988	32	1595.68	269
	163.460	32	1573.02	267
	163.860	32	1573.02	267
	165.551	32	1597.03	269
	167.242	32	1621.48	271
	168.932	32	1646.36	273
	170.623	32	1671.69	275
	172.314	32	1697.47	277
	172.563	32	1697.47	277
	173.523	32	1715.83	279
	174.731	32	1734.41	280
	175.940	32	1753.23	282
	177.148	32	1772.29	283
Río Apurímac	177.250	32	1772.15	
Río Apurímac	177.333	32	1774.27	
Río Apurímac	177.517	32	1776.39	
Río Apurímac	177.702	32	1778.51	
	177.925	32	1778.51	284
Qda. Kintearina	178.876	32	1746.06	
	180.050	32	1713.86	279
	181.224	32	1681.91	276
	182.398	32	1650.21	273
	183.572	32	1618.76	271
	183.900	32	1618.76	271
	184.751	32	1576.95	267
	185.930	32	1535.67	264
	187.109	32	1494.93	260
	187.203	32	1494.93	260
	187.245	32	1490.67	260
	187.380	32	1486.42	259
	187.516	32	1482.17	259
	187.603	32	1482.17	259
	187.746	32	1486.57	259

---

---

	187.976	32	1490.99	260
	188.206	32	1495.42	260
	188.925	32	1495.42	260
	190.134	32	1482.58	259
	192.062	32	1469.68	258
	193.991	32	1456.71	257
	195.919	32	1443.67	256
	197.680	32	1430.56	255
	197.847	32	1430.56	255
	198.279	32	1429.64	254
	198.710	32	1428.71	254
	199.142	32	1427.79	254
	199.250	32	1427.79	254
	199.484	32	1433.51	255
	199.825	32	1439.25	255
	200.167	32	1445.03	256
	200.950	32	1445.03	256
Qda. Huarmayo	201.720	32	1412.01	
Qda. Huarmayo	203.273	32	1379.23	
Qda. Intermitente	204.825	32	1346.70	
	206.378	32	1314.41	244
Pump Station 3	207.931	32	1282.35	241
Pump Station 3	207.900	32	1981.07	300

---

**Tabla 12***Sector Sierra - Calculo del Potencial Radio de Impacto*

<b>Observación</b>	<b>KP</b>	<b>D (in)</b>	<b>D (PSI)</b>	<b>r (m)</b>
Qda. Alfarpampa	207.931	24	1981.14	225
	208.346	24	1978.73	225
Pta Compr. Chiquintirca	208.760	24	1976.31	224
Pta Compr. Chiquintirca	209.175	24	1973.90	224
Pta Compr. Chiquintirca	209.411	24	1962.94	224
	209.646	24	1952.02	223
	209.711	24	1941.14	222
	209.882	24	1941.14	222
	209.931	24	1937.91	222
	209.980	24	1934.68	222
	210.029	24	1931.45	222
	210.523	24	1931.45	222
	210.912	24	1914.26	221
	211.796	24	1897.14	220
	212.425	24	1880.11	219
	212.679	24	1880.11	219
	212.897	24	1879.41	219
	213.116	24	1878.71	219
	213.334	24	1878.02	219
	213.596	24	1878.02	219
	213.651	24	1874.86	219
	213.968	24	1871.71	218
	214.285	24	1868.56	218
	214.785	24	1868.56	218
	214.354	24	1869.37	218
	214.423	24	1870.18	218
	214.492	24	1870.99	218
	214.812	24	1870.99	218



---

	214.932	24	1873.31	218
	215.371	24	1875.62	219
Huayhaura	215.684	24	1877.94	219
Huayhaura	215.811	24	1877.94	219
Huayhaura	215.929	24	1875.93	219
Huayhaura	216.046	24	1873.91	218
Huayhaura	216.164	24	1871.90	218
Huayhaura	216.563	24	1871.90	218
Qda. Intermitente	216.403	24	1869.81	
	216.641	24	1867.72	218
	216.721	24	1865.64	218
	216.880	24	1865.64	218
	218.215	24	1847.45	217
	219.549	24	1829.36	216
	220.884	24	1811.34	215
	222.218	24	1793.42	214
	223.358	24	1775.57	213
	223.553	24	1775.56	213
	224.101	24	1768.51	212
	224.649	24	1761.47	212
	225.197	24	1754.44	211
Pump Station 4	225.847	24	1754.44	211
	225.582	24	1755.83	212
	225.968	24	1757.21	212
	226.353	24	1758.60	212
	226.953	24	1758.60	212
	226.489	24	1763.08	212
	226.626	24	1767.56	212
	226.522	24	1772.06	212
	226.762	24	1772.06	212
	226.799	24	1773.11	213
	226.835	24	1774.17	213
	226.855	24	1775.23	213
	226.872	24	1775.23	213
	227.680	24	1802.70	214
	228.489	24	1830.48	216

---

---

	229.297	24	1858.59	218
	229.526	24	1858.59	218
	229.571	24	1872.99	218
	229.846	24	1887.47	219
Sacharajay	230.120	24	1902.03	220
Sacharajay	230.540	24	1902.03	220
Sacharajay	230.168	24	1904.21	220
Sacharajay	230.215	24	1906.40	220
Sacharajay	230.263	24	1908.58	221
Sacharajay	230.469	24	1908.58	221
Sacharajay	230.384	24	1911.17	221
Sacharajay	230.504	24	1913.76	221
Sacharajay	230.599	24	1916.36	221
Sacharajay	230.625	24	1916.36	221
Sacharajay	230.653	24	1915.75	221
Sacharajay	230.682	24	1915.15	221
Sacharajay	230.710	24	1914.54	221
Sacharajay	230.865	24	1914.54	221
Sacharajay	230.799	24	1910.26	221
Sacharajay	230.889	24	1905.97	220
Sacharajay	230.911	24	1901.70	220
Sacharajay	230.978	24	1901.70	220
Sacharajay	231.055	24	1897.49	220
Sacharajay	231.131	24	1893.29	220
Sacharajay	231.208	24	1889.10	219
Sacharajay	231.255	24	1889.10	219
	231.281	24	1884.03	219
	231.354	24	1878.96	219
	231.427	24	1873.91	218
	231.521	24	1873.91	218
	231.615	24	1863.03	218
	231.802	24	1852.18	217
	231.850	24	1841.38	217
	231.990	24	1841.38	217
	233.073	24	1874.43	219
	234.155	24	1907.92	220

---

---

	235.238	24	1941.86	222
	235.738	24	1941.86	222
	236.121	24	1989.69	225
	237.005	24	2038.33	228
	237.625	24	2087.79	231
	237.888	24	2087.79	231
	237.961	24	2087.00	231
	238.033	24	2086.20	231
	238.106	24	2085.41	231
	238.478	24	2085.41	231
	239.621	24	2030.44	227
Qda. Torobamba	241.136	24	1976.30	
Qda. Molinohuayjo	242.651	24	1923.01	
Qda. Chochin	244.166	24	1870.57	
	245.681	24	1818.98	215
	245.952	24	1818.98	215
	246.807	24	1786.22	213
	247.932	24	1753.81	211
	249.058	24	1721.75	209
	249.574	24	1721.75	209
	250.095	24	1714.15	209
	251.131	24	1706.57	209
	252.168	24	1699.00	208
	252.425	24	1699.00	208
	252.628	24	1703.21	208
	253.088	24	1707.43	209
	253.548	24	1711.66	209
	253.658	24	1711.65	209
	253.877	24	1712.40	209
	254.206	24	1713.14	209
	254.535	24	1713.89	209
	254.630	24	1713.89	209
	255.419	24	1731.67	210
	256.302	24	1749.61	211
	257.186	24	1767.70	212
	257.475	24	1767.70	212

---

---

	258.055	24	1797.36	214
	258.924	24	1827.40	216
	259.792	24	1857.81	218
	260.661	24	1888.60	219
	260.845	24	1888.60	219
	261.074	24	1875.21	219
	261.486	24	1861.87	218
Acocro	261.745	24	1848.60	217
Acocro	261.899	24	1848.60	217
Acocro	262.117	24	1842.56	217
Acocro	262.336	24	1836.54	216
Acocro	262.554	24	1830.53	216
Acocro	262.863	24	1830.53	216
Acocro	262.631	24	1826.24	216
Acocro	262.709	24	1821.97	215
Acocro	262.786	24	1817.69	215
Acocro	262.815	24	1817.69	215
Acocro	262.833	24	1815.33	215
Acocro	262.881	24	1812.97	215
Acocro	262.928	24	1810.61	215
Acocro	262.971	24	1810.61	215
Qda. Intermitente	263.253	24	1813.00	
Acocro	263.578	24	1815.39	215
Acocro	263.852	24	1817.79	215
Acocro	263.903	24	1817.79	215
Acocro	263.956	24	1819.83	215
Acocro	264.008	24	1821.88	215
Acocro	264.061	24	1823.93	216
	264.115	24	1823.93	216
	264.139	24	1823.98	216
	264.216	24	1824.04	216
	264.294	24	1824.09	216
	264.359	24	1824.09	216
	264.443	24	1832.17	216
	264.592	24	1840.28	217
	264.741	24	1848.41	217

---

---

Acocro	264.852	24	1848.41	217
	265.425	24	1834.37	216
	266.110	24	1820.38	215
	266.547	24	1806.46	215
Huamanga	266.794	24	1806.46	215
Huamanga	267.092	24	1804.63	214
Huamanga	267.390	24	1802.81	214
Huamanga	267.568	24	1800.99	214
Huamanga	267.688	24	1800.99	214
	268.258	24	1796.74	214
	268.829	24	1792.49	214
	269.399	24	1788.24	213
	269.452	24	1788.24	213
	269.678	24	1781.87	213
	269.957	24	1775.52	213
	270.236	24	1769.18	212
	270.586	24	1769.18	212
	271.572	24	1746.40	211
	272.908	24	1723.77	210
	274.244	24	1701.31	208
	275.580	24	1679.00	207
	276.712	24	1656.85	205
	276.916	24	1656.85	205
	277.401	24	1671.36	206
	277.887	24	1685.97	207
	278.372	24	1700.68	208
	278.526	24	1700.67	208
	283.614	24	1694.09	208
	288.857	24	1687.50	207
	294.099	24	1680.89	207
	299.342	24	1674.26	207
	304.158	24	1667.61	206
	304.584	24	1667.61	206
	305.186	24	1662.90	206
	305.788	24	1658.20	206
	306.241	24	1653.50	205

---

---

	306.390	24	1653.50	205
	306.518	24	1653.95	205
	306.646	24	1654.39	205
	306.774	24	1654.84	205
	306.813	24	1654.83	205
	306.962	24	1654.50	205
	307.151	24	1654.18	205
Río Vinchos	307.339	24	1653.85	
Río Vinchos	307.652	24	1653.85	
	308.392	24	1678.51	207
	309.445	24	1703.46	208
	310.497	24	1728.70	210
	311.550	24	1754.24	211
	312.603	24	1780.07	213
	312.936	24	1780.07	213
	313.868	24	1754.69	211
	315.132	24	1729.52	210
	316.397	24	1704.55	208
	317.661	24	1679.78	207
	318.542	24	1655.21	205
	318.926	24	1655.21	205
	320.917	24	1641.17	204
	322.907	24	1627.17	204
	324.898	24	1613.22	203
	326.888	24	1599.31	202
	328.635	24	1585.44	201
	328.879	24	1585.44	201
	331.132	24	1574.45	200
	333.386	24	1563.49	200
	335.125	24	1552.53	199
	335.639	24	1552.52	199
	337.833	24	1531.33	198
	340.026	24	1510.27	196
	342.220	24	1489.34	195
	342.752	24	1489.34	195
	345.240	24	1481.86	194

---

---

	348.259	24	1474.37	194
	351.279	24	1466.87	193
	354.298	24	1459.36	193
	357.169	24	1451.83	192
	357.318	24	1451.83	192
	358.019	24	1462.33	193
	358.720	24	1472.90	194
	359.421	24	1483.53	194
	359.678	24	1483.53	194
	360.116	24	1469.25	193
	360.812	24	1455.05	193
	361.507	24	1440.93	192
	361.752	24	1440.92	192
	361.849	24	1443.88	192
	362.192	24	1446.85	192
	362.534	24	1449.82	192
	362.852	24	1449.82	192
	363.740	24	1459.91	193
	364.945	24	1470.07	194
	366.151	24	1480.30	194
	366.365	24	1480.30	194
	368.112	24	1469.47	193
Canal Parihuana	370.074	24	1458.66	
Scraper Facility 56 & 16	372.035	24	1447.87	192
	373.997	24	1437.11	191
	375.521	24	1426.36	191
	375.958	24	1426.36	191
	376.979	24	1439.47	192
	378.001	24	1452.69	192
	379.022	24	1466.01	193
	380.044	24	1479.45	194
	381.065	24	1493.00	195
	381.352	24	1493.00	195
	381.819	24	1506.76	196
	382.573	24	1520.62	197

---

---

383.327	24	1534.59	198
383.560	24	1534.59	198
384.329	24	1525.46	197
385.332	24	1516.35	197
386.334	24	1507.26	196
387.337	24	1498.20	195
388.339	24	1489.16	195
388.842	24	1489.16	195
388.875	24	1505.54	196
389.411	24	1522.05	197
389.752	24	1538.71	198
389.947	24	1538.71	198
390.885	24	1507.37	196
391.822	24	1476.44	194
392.650	24	1445.93	192
392.760	24	1445.92	192
394.215	24	1439.53	192
395.670	24	1433.15	191
397.126	24	1426.78	191
398.581	24	1420.40	190
400.036	24	1414.04	190
400.579	24	1414.04	190
400.718	24	1406.13	189
401.399	24	1398.25	189
402.081	24	1390.40	188
402.369	24	1390.40	188
404.370	24	1394.38	188
406.659	24	1398.39	189
408.947	24	1402.41	189
411.236	24	1406.46	189
413.357	24	1410.53	190
413.525	24	1410.53	190
414.287	24	1405.42	189
415.048	24	1400.32	189
415.810	24	1395.22	189
416.571	24	1390.13	188

---



---

	416.795	24	1390.13	188
	417.425	24	1405.31	189
	418.278	24	1420.63	190
	419.132	24	1436.09	191
	419.568	24	1436.09	191
	419.995	24	1420.11	190
	420.859	24	1404.23	189
	421.523	24	1388.47	188
	421.722	24	1388.47	188
	422.080	24	1391.31	188
	422.439	24	1394.16	188
	422.580	24	1397.02	189
	422.797	24	1397.02	189
	424.050	24	1398.81	189
	425.302	24	1400.61	189
	426.369	24	1402.41	189
	426.555	24	1402.40	189
	428.466	24	1392.71	188
	430.377	24	1383.04	188
	432.289	24	1373.38	187
	434.200	24	1363.74	186
	436.111	24	1354.11	186
	436.742	24	1354.11	186
	438.704	24	1359.10	186
	441.297	24	1364.13	186
	443.890	24	1369.19	187
	446.483	24	1374.28	187
	449.076	24	1379.41	187
	449.635	24	1379.41	187
	450.115	24	1378.20	187
	451.154	24	1376.99	187
PRS 1	452.193	24	1375.77	187
	453.206	24	1383.49	188
	454.220	24	1391.26	188
	455.233	24	1399.08	189
	456.247	24	1406.94	189

---

---

	457.260	24	1414.85	190
	458.198	24	1430.70	191
	459.135	24	1446.70	192
	460.073	24	1462.86	193
	460.578	24	1462.86	193
	461.269	24	1460.22	193
	462.465	24	1457.57	193
	463.660	24	1454.92	193
	464.856	24	1452.27	192
	466.052	24	1449.61	192
	466.169	24	1449.61	192
	466.290	24	1464.35	193
	466.528	24	1479.21	194
	466.652	24	1494.18	195
	466.766	24	1494.18	195
	467.830	24	1535.76	198
PRS 2	468.893	24	1578.23	201
	469.567	24	1621.58	203
	469.957	24	1621.57	203
	471.128	24	1642.36	205
	472.298	24	1663.36	206
	473.469	24	1684.58	207
	474.312	24	1706.02	208
	474.639	24	1706.02	208
	475.824	24	1717.29	209
	477.009	24	1728.63	210
	478.194	24	1740.04	211
	479.379	24	1751.51	211
	480.564	24	1763.05	212
Huancano	480.736	24	1763.05	212
	481.108	24	1763.29	212
	481.651	24	1763.52	212
	482.195	24	1763.76	212
	482.366	24	1763.76	212
	484.631	24	1768.68	212
Río Pisco	487.068	24	1773.62	

---

	489.504	24	1778.58	213
	491.941	24	1783.56	213
Río Pisco	494.377	24	1788.56	
	494.648	24	1788.55	213
	494.441	24	1788.87	213
	494.504	24	1789.19	214
Casas Dispersas / Pisco	494.568	24	1789.51	214
Casas Dispersas / Pisco	494.752	24	1789.51	214
	494.990	24	1786.61	213
	495.411	24	1783.71	213
	495.695	24	1780.81	213
Río Pisco	495.833	24	1780.81	
	497.006	24	1782.82	213
	498.179	24	1784.84	213
	499.352	24	1786.87	213
	499.752	24	1786.87	213
	500.538	24	1789.59	214
Río Pisco	501.724	24	1792.33	
Canal Parihuana	502.909	24	1795.07	
	504.095	24	1797.82	214
	505.281	24	1800.57	214
Huallulla / Auquis	505.354	24	1800.57	214
	505.418	24	1800.60	214
	505.556	24	1800.62	214
	505.693	24	1800.65	214
	505.705	24	1800.65	214
	506.786	24	1800.01	214
	507.879	24	1799.37	214
	508.973	24	1798.73	214
	510.066	24	1798.09	214
Miraflores	511.159	24	1797.44	214
Miraflores	511.256	24	1797.44	214
	511.426	24	1797.82	214
	511.763	24	1798.59	214

	511.959	24	1798.59	214
	513.140	24	1798.83	214
	514.322	24	1799.07	214
	515.503	24	1799.31	214
	516.685	24	1799.55	214
Scraper Facility 4	517.866	24	1799.79	214

**Tabla 13**

*Sector Costa - 18" - Calculo del Potencial Radio de Impacto*

<b>Observación</b>	<b>KP</b>	<b>D (in)</b>	<b>P (PSI)</b>	<b>r (m)</b>
	517.866	18	1799.79	161
	519.262	18	1787.87	160
Humay	520.658	18	1775.94	160
Humay	522.054	18	1764.01	159
	523.450	18	1752.07	158
	524.446	18	1740.12	158
	524.846	18	1740.12	158
	529.909	18	1727.32	157
Canal Cabeza de Toro	534.972	18	1714.24	
	540.034	18	1700.84	156
	545.097	18	1687.14	155
Canal Lateral VI	550.160	18	1673.12	
	550.563	18	1673.11	155
	551.162	18	1670.11	155
	552.164	18	1667.09	155
	553.166	18	1664.05	154
	554.168	18	1661.00	154
	554.278	18	1661.00	154
Río Matagente	554.711	18	1658.49	
Río Matagente	555.253	18	1655.97	
Río Matagente	555.425	18	1653.45	
Río Matagente	555.796	18	1653.45	
	556.369	18	1651.31	154

	556.943	18	1649.18	154
	557.163	18	1647.04	154
	557.516	18	1647.04	154
Canal Chico	558.147	18	1643.30	
	558.777	18	1639.55	153
	559.253	18	1635.80	153
	559.408	18	1635.80	153
	559.617	18	1630.26	153
	559.825	18	1624.73	153
	560.034	18	1619.21	152
	560.564	18	1619.21	152
	564.063	18	1600.74	151
	568.092	18	1582.01	151
	572.121	18	1563.00	150
	576.150	18	1543.70	149
	580.179	18	1524.11	148
	580.778	18	1524.11	148
Qda del Río Seco - Topará	582.765	18	1510.21	
	585.351	18	1496.19	146
	587.937	18	1482.03	146
	590.523	18	1467.73	145
	593.109	18	1453.29	144
	593.638	18	1453.28	144
	594.464	18	1446.94	144
	595.819	18	1440.59	144
	597.175	18	1434.21	143
	598.530	18	1427.82	143
	599.591	18	1421.41	143
	599.885	18	1421.41	143
	601.240	18	1418.72	143
	602.595	18	1416.00	142
	603.949	18	1413.26	142
	605.304	18	1410.50	142
Vía Panamericana	606.358	18	1407.72	142
Vía Panamericana	606.659	18	1407.72	142

Vía Panamericana	607.428	18	1406.39	142
Vía Panamericana	608.196	18	1405.05	142
Vía Panamericana	608.439	18	1403.70	142
Vía Panamericana	608.965	18	1403.70	142
Canal	609.169	18	1403.29	
	609.374	18	1402.88	142
	609.385	18	1402.47	142
	609.578	18	1402.46	142
	610.823	18	1397.03	141
Río Cañete	612.068	18	1391.58	
Río Cañete	613.314	18	1386.11	
	614.559	18	1380.62	141
	615.154	18	1375.10	140
	615.804	18	1375.10	140
	615.932	18	1375.90	140
	616.060	18	1376.69	140
Vía Panamericana	616.188	18	1377.48	141
Vía Panamericana	616.458	18	1377.48	141
Vía Panamericana	616.681	18	1374.75	140
Vía Panamericana	617.173	18	1372.02	140
Vía Panamericana	617.296	18	1369.28	140
Vía Panamericana	617.666	18	1369.28	140
Canal	618.760	18	1364.42	
	619.854	18	1359.55	140
Canal	620.587	18	1354.66	
	620.948	18	1354.66	139
	621.056	18	1354.15	139
	621.165	18	1353.63	139
	621.273	18	1353.12	139
	621.689	18	1353.12	139
	622.926	18	1343.07	139
	624.579	18	1332.99	138
	626.232	18	1322.89	138
	627.885	18	1312.76	137
	629.189	18	1302.59	137
	629.538	18	1302.59	137

---

	630.366	18	1303.72	137
	631.195	18	1304.84	137
	632.023	18	1305.96	137
	632.384	18	1307.07	137
	632.851	18	1307.07	137
	634.353	18	1299.18	136
	635.856	18	1291.25	136
	637.358	18	1283.29	136
	638.861	18	1275.29	135
	640.363	18	1267.26	135
	640.578	18	1267.26	135
	645.966	18	1242.78	133
	651.568	18	1217.74	132
Canal Omas	657.171	18	1192.09	
	662.773	18	1165.80	129
Vía Panam. Antigua	668.156	18	1138.82	128
Vía Panam. Antigua	668.376	18	1138.82	128
Vía Panam. Antigua	668.580	18	1137.97	128
Vía Panam. Antigua	668.785	18	1137.11	128
Vía Panam. Antigua	668.841	18	1136.26	128
Vía Panam. Antigua	668.989	18	1136.25	128
Vía Panam. Antigua	669.192	18	1135.60	128
Vía Panam. Antigua	669.395	18	1134.94	128
Vía Panam. Antigua	669.637	18	1134.28	127
Vía Panam. Antigua	669.598	18	1134.28	127
	669.768	18	1133.78	127
	669.937	18	1133.29	127
	670.107	18	1132.80	127
	670.364	18	1132.80	127
	671.123	18	1127.10	127
	672.138	18	1121.37	127
Canal	673.154	18	1115.61	
	674.169	18	1109.81	126
	674.687	18	1109.81	126
	674.656	18	1107.23	126
	675.143	18	1104.64	126

---

---

Río Mala	675.459	18	1102.04	
Río Mala	675.630	18	1102.04	
Río Mala	675.982	18	1100.06	
Río Mala	676.334	18	1098.08	
Río Mala	676.521	18	1096.09	
Río Mala	676.686	18	1096.09	
Río Mala	676.812	18	1095.28	
Río Mala	676.938	18	1094.47	
Río Mala	677.064	18	1093.67	
Río Mala	677.635	18	1093.67	
	679.248	18	1078.60	124
	681.432	18	1063.42	123
	683.617	18	1048.12	123
	685.801	18	1032.70	122
	687.548	18	1017.15	121
	687.985	18	1017.15	121
	690.093	18	1008.03	120
	692.200	18	998.76	120
	694.308	18	989.34	119
	696.415	18	979.77	118
	698.103	18	970.03	118
	698.523	18	970.03	118
	699.123	18	961.74	117
	699.723	18	953.37	117
	700.323	18	944.93	116
	700.842	18	944.91	116
	701.215	18	943.75	116
	702.107	18	942.60	116
Qda.Cruz de Hueso	702.523	18	941.44	
Qda.Cruz de Hueso	702.999	18	941.44	
Qda.Cruz de Hueso	703.724	18	939.86	
Qda.Cruz de Hueso	704.449	18	938.28	
Qda.Cruz de Hueso	705.174	18	936.70	
Qda.Cruz de Hueso	705.589	18	936.70	
	706.458	18	926.06	115
	707.742	18	915.51	115

---



	709.026	18	905.05	114
	709.684	18	905.05	114
	713.076	18	906.87	114
	717.126	18	908.65	114
	721.176	18	910.38	114
	725.226	18	912.08	114
City Gate Lurín	729.276	18	913.74	114

**Tabla 14**

*Sector Costa - 24" - Calculo del Potencial Radio de Impacto*

<b>Observación</b>	<b>KP</b>	<b>D (in)</b>	<b>P (PSI)</b>	<b>r (m)</b>
	593.090	24	1453.26	192
	594.445	24	1446.85	192
	595.800	24	1440.42	192
	597.156	24	1433.97	191
	598.511	24	1427.50	191
	599.750	24	1421.02	190
	599.866	24	1421.02	190
	601.221	24	1418.25	190
	602.576	24	1415.46	190
	603.930	24	1412.66	190
	605.285	24	1409.83	190
Vía Panamericana	606.325	24	1406.98	189
Vía Panamericana	606.640	24	1406.98	189
Vía Panamericana	607.409	24	1405.70	189
Vía Panamericana	608.177	24	1404.41	189
Vía Panamericana	608.680	24	1403.12	189
Vía Panamericana	608.946	24	1403.12	189
Canal	609.150	24	1402.73	
	609.355	24	1402.34	189
	609.559	24	1401.95	189
	609.850	24	1401.93	189
	610.804	24	1396.62	189
Río Cañete	612.049	24	1391.30	

Río Cañete	613.295	24	1385.97	
	614.540	24	1380.61	188
	615.360	24	1375.23	187
	615.785	24	1375.23	187
	615.913	24	1376.02	187
	616.041	24	1376.82	187
Vía Panamericana	616.169	24	1377.61	187
Vía Panamericana	616.420	24	1377.61	187
Vía Panamericana	616.662	24	1374.90	187
Vía Panamericana	617.154	24	1372.18	187
Vía Panamericana	617.647	24	1369.46	187
Vía Panamericana	617.750	24	1369.46	187
Canal	618.741	24	1364.55	
	619.835	24	1359.63	186
Canal	620.902	24	1354.68	
	620.929	24	1354.68	186
	621.037	24	1354.19	186
	621.146	24	1353.70	186
	621.254	24	1353.21	186
	621.569	24	1353.21	186
	622.907	24	1343.08	185
	624.560	24	1332.91	184
	626.213	24	1322.72	184
	627.866	24	1312.51	183
	629.160	24	1302.26	182
	629.519	24	1302.26	182
	630.347	24	1303.37	182
	631.176	24	1304.48	182
	632.004	24	1305.59	182
	632.230	24	1306.70	182
	632.832	24	1306.70	182
	634.334	24	1298.74	182
	635.837	24	1290.74	181
	637.339	24	1282.72	181
	638.842	24	1274.66	180
	640.344	24	1266.56	180

---

	640.840	24	1266.54	180
	645.947	24	1241.86	178
	651.549	24	1216.63	176
Canal Omas	657.152	24	1190.82	
	662.754	24	1164.36	172
Vía Panam. Antigua	668.160	24	1137.24	170
Vía Panam. Antigua	668.357	24	1137.24	170
Vía Panam. Antigua	668.561	24	1136.41	170
Vía Panam. Antigua	668.766	24	1135.58	170
Vía Panam. Antigua	668.860	24	1134.76	170
Vía Panam. Antigua	668.970	24	1134.73	170
Vía Panam. Antigua	669.173	24	1134.10	170
Vía Panam. Antigua	669.376	24	1133.47	170
Vía Panam. Antigua	669.490	24	1132.84	170
Vía Panam. Antigua	669.579	24	1132.84	170
	669.749	24	1132.41	170
	669.918	24	1131.97	170
	670.088	24	1131.54	170
	670.160	24	1131.54	170
	671.104	24	1125.93	169
	672.119	24	1120.29	169
Canal	673.135	24	1114.62	
	674.150	24	1108.93	168
	674.350	24	1108.93	168
	674.637	24	1106.33	168
	675.124	24	1103.74	168
Río Mala	675.360	24	1101.13	
Río Mala	675.611	24	1101.13	
Río Mala	675.963	24	1099.33	
Río Mala	676.315	24	1097.52	
Río Mala	676.667	24	1095.71	
Río Mala	676.860	24	1095.71	
Río Mala	676.793	24	1094.97	
Río Mala	676.919	24	1094.23	
Río Mala	677.045	24	1093.48	
Río Mala	677.620	24	1093.48	

---

---

679.229	24	1078.36	166
681.413	24	1063.12	165
683.598	24	1047.78	163
685.782	24	1032.32	162
687.630	24	1016.73	161
687.966	24	1016.73	161
690.074	24	1007.69	160
692.181	24	998.51	159
694.289	24	989.17	159
696.396	24	979.68	158
698.136	24	970.04	157
698.504	24	970.04	157
698.600	24	969.87	157
698.696	24	969.70	157
698.792	24	969.54	157
698.888	24	969.37	157
698.984	24	969.21	157
699.080	24	969.04	157
699.176	24	968.87	157
699.272	24	968.71	157
699.368	24	968.54	157
699.464	24	968.38	157
699.560	24	968.21	157
699.656	24	968.04	157
699.752	24	967.88	157
699.848	24	967.71	157
699.944	24	967.55	157
700.040	24	967.38	157
700.136	24	967.21	157
700.232	24	967.05	157
700.328	24	966.88	157
700.424	24	966.71	157
700.520	24	966.55	157
700.616	24	966.38	157
700.712	24	966.21	157
700.760	24	966.20	157

---

---

	700.811	24	966.00	157
	700.910	24	965.80	157
	701.009	24	965.60	157
	701.108	24	965.39	157
	701.208	24	965.19	157
	701.307	24	964.99	157
	701.406	24	964.79	157
	701.505	24	964.58	157
	701.604	24	964.38	157
	701.703	24	964.18	157
	701.802	24	963.98	157
	701.901	24	963.77	157
	702.000	24	963.57	157
	702.100	24	963.37	157
	702.199	24	963.16	157
	702.298	24	962.96	157
	702.397	24	962.76	157
	702.496	24	962.56	157
	702.595	24	962.35	157
	702.694	24	962.15	157
	702.793	24	961.95	157
Qda.Cruz de Hueso	702.892	24	961.74	
Qda.Cruz de Hueso	702.992	24	961.54	
Qda.Cruz de Hueso	703.091	24	961.34	
Qda.Cruz de Hueso	703.190	24	961.13	
Qda.Cruz de Hueso	703.289	24	960.93	
Qda.Cruz de Hueso	703.388	24	960.73	
Qda.Cruz de Hueso	703.410	24	960.73	
Qda.Cruz de Hueso	703.487	24	960.44	
Qda.Cruz de Hueso	703.586	24	960.15	
Qda.Cruz de Hueso	703.685	24	959.87	
Qda.Cruz de Hueso	703.783	24	959.58	
Qda.Cruz de Hueso	703.882	24	959.29	
Qda.Cruz de Hueso	703.981	24	959.01	
Qda.Cruz de Hueso	704.080	24	958.72	
Qda.Cruz de Hueso	704.179	24	958.43	

---

---

Qda.Cruz de Hueso	704.278	24	958.14	
Qda.Cruz de Hueso	704.377	24	957.86	
Qda.Cruz de Hueso	704.476	24	957.57	
Qda.Cruz de Hueso	704.574	24	957.28	
Qda.Cruz de Hueso	704.673	24	957.00	
Qda.Cruz de Hueso	704.772	24	956.71	
Qda.Cruz de Hueso	704.871	24	956.42	
Qda.Cruz de Hueso	704.970	24	956.13	
Qda.Cruz de Hueso	705.069	24	955.85	
Qda.Cruz de Hueso	705.168	24	955.56	
	705.266	24	955.27	156
	705.365	24	954.99	156
	705.464	24	954.70	156
	705.563	24	954.41	156
	705.602	24	954.41	156
	705.662	24	953.50	156
	705.761	24	952.58	156
	705.859	24	951.67	156
	705.958	24	950.75	156
	706.057	24	949.84	156
	706.156	24	948.93	155
	706.254	24	948.02	155
	706.353	24	947.10	155
	706.452	24	946.19	155
	706.551	24	945.28	155
	706.649	24	944.37	155
	706.748	24	943.46	155
	706.847	24	942.55	155
	706.946	24	941.64	155
	707.045	24	940.74	155
	707.143	24	939.83	155
	707.242	24	938.92	155
	707.341	24	938.01	155
	707.440	24	937.11	155
	707.538	24	936.20	154
	707.637	24	935.30	154

---

---

707.736	24	934.39	154
707.835	24	933.49	154
707.933	24	932.59	154
708.032	24	931.68	154
708.131	24	930.78	154
708.230	24	929.88	154
708.329	24	928.98	154
708.427	24	928.08	154
708.526	24	927.17	154
708.625	24	926.27	154
708.724	24	925.37	154
708.822	24	924.48	153
708.921	24	923.58	153
709.020	24	922.68	153
709.119	24	921.78	153
709.217	24	920.88	153
709.316	24	919.99	153
709.136	24	919.09	153
709.415	24	919.09	153
709.515	24	919.07	153
709.615	24	919.05	153
709.714	24	919.03	153
709.814	24	919.00	153
709.914	24	918.98	153
710.014	24	918.96	153
710.113	24	918.94	153
710.213	24	918.92	153
710.313	24	918.89	153
710.413	24	918.87	153
710.512	24	918.85	153
710.612	24	918.83	153
710.712	24	918.81	153
710.812	24	918.78	153
710.911	24	918.76	153
711.011	24	918.74	153
711.111	24	918.72	153

---

---

711.211	24	918.69	153
711.310	24	918.67	153
711.410	24	918.65	153
711.510	24	918.63	153
711.610	24	918.60	153
711.709	24	918.58	153
711.809	24	918.56	153
711.909	24	918.53	153
712.009	24	918.51	153
712.108	24	918.49	153
712.208	24	918.47	153
712.308	24	918.44	153
712.408	24	918.42	153
712.507	24	918.40	153
712.607	24	918.37	153
712.707	24	918.35	153
712.807	24	918.33	153
712.906	24	918.30	153
713.006	24	918.28	153
713.106	24	918.26	153
713.206	24	918.23	153
713.305	24	918.21	153
713.405	24	918.19	153
713.505	24	918.16	153
713.605	24	918.14	153
713.704	24	918.11	153
713.804	24	918.09	153
713.904	24	918.07	153
714.004	24	918.04	153
714.103	24	918.02	153
714.203	24	918.00	153
714.303	24	917.97	153
714.403	24	917.95	153
714.502	24	917.92	153
714.602	24	917.90	153
714.702	24	917.88	153

---



---

714.802	24	917.85	153
714.901	24	917.83	153
715.001	24	917.80	153
715.101	24	917.78	153
715.201	24	917.75	153
715.300	24	917.73	153
715.400	24	917.71	153
715.500	24	917.68	153
715.600	24	917.66	153
715.699	24	917.63	153
715.799	24	917.61	153
715.899	24	917.58	153
715.999	24	917.56	153
716.099	24	917.53	153
716.198	24	917.51	153
716.298	24	917.48	153
716.398	24	917.46	153
716.498	24	917.43	153
716.597	24	917.41	153
716.697	24	917.38	153
716.797	24	917.36	153
716.897	24	917.33	153
716.996	24	917.31	153
717.096	24	917.28	153
717.196	24	917.26	153
717.296	24	917.23	153
717.395	24	917.21	153
717.495	24	917.18	153
717.595	24	917.16	153
717.695	24	917.13	153
717.794	24	917.10	153
717.894	24	917.08	153
717.994	24	917.05	153
718.094	24	917.03	153
718.193	24	917.00	153
718.293	24	916.98	153

---

---

718.393	24	916.95	153
718.493	24	916.92	153
718.592	24	916.90	153
718.692	24	916.87	153
718.792	24	916.85	153
718.892	24	916.82	153
718.991	24	916.79	153
719.091	24	916.77	153
719.191	24	916.74	153
719.291	24	916.72	153
719.390	24	916.69	153
719.490	24	916.66	153
719.590	24	916.64	153
719.690	24	916.61	153
719.789	24	916.58	153
719.889	24	916.56	153
719.989	24	916.53	153
720.089	24	916.51	153
720.188	24	916.48	153
720.288	24	916.45	153
720.388	24	916.43	153
720.488	24	916.40	153
720.587	24	916.37	153
720.687	24	916.34	153
720.787	24	916.32	153
720.887	24	916.29	153
720.986	24	916.26	153
721.086	24	916.24	153
721.186	24	916.21	153
721.286	24	916.18	153
721.385	24	916.16	153
721.485	24	916.13	153
721.585	24	916.10	153
721.685	24	916.07	153
721.784	24	916.05	153
721.884	24	916.02	153

---

---

721.984	24	915.99	153
722.084	24	915.96	153
722.183	24	915.94	153
722.283	24	915.91	153
722.383	24	915.88	153
722.483	24	915.85	153
722.582	24	915.83	153
722.682	24	915.80	153
722.782	24	915.77	153
722.882	24	915.74	153
722.982	24	915.72	153
723.081	24	915.69	153
723.181	24	915.66	153
723.281	24	915.63	153
723.381	24	915.60	153
723.480	24	915.58	153
723.580	24	915.55	153
723.680	24	915.52	153
723.780	24	915.49	153
723.879	24	915.46	153
723.979	24	915.43	153
724.079	24	915.41	153
724.179	24	915.38	153
724.278	24	915.35	153
724.378	24	915.32	153
724.478	24	915.29	153
724.578	24	915.26	153
724.677	24	915.23	153
724.777	24	915.21	153
724.877	24	915.18	153
724.977	24	915.15	153
725.076	24	915.12	153
725.176	24	915.09	153
725.276	24	915.06	153
725.376	24	915.03	153
725.475	24	915.00	153

---

---

725.575	24	914.98	153
725.675	24	914.95	153
725.775	24	914.92	153
725.874	24	914.89	153
725.974	24	914.86	153
726.074	24	914.83	153
726.174	24	914.80	153
726.273	24	914.77	153
726.373	24	914.74	153
726.473	24	914.71	153
726.573	24	914.68	153
726.672	24	914.65	153
726.772	24	914.62	153
726.872	24	914.59	153
726.972	24	914.56	153
727.071	24	914.54	153
727.171	24	914.51	153
727.271	24	914.48	153
727.371	24	914.45	153
727.470	24	914.42	153
727.570	24	914.39	153
727.670	24	914.36	153
727.770	24	914.33	153
727.869	24	914.30	153
727.969	24	914.27	153
728.069	24	914.24	153
728.169	24	914.21	153
728.268	24	914.18	153
728.368	24	914.15	153
728.468	24	914.12	153
728.568	24	914.09	153
728.667	24	914.05	153
728.767	24	914.02	153
728.867	24	913.99	153
728.967	24	913.96	153
729.066	24	913.93	153

---

City Gate Lurín	729.166	24	913.90	153
City Gate Lurín	729.266	24	913.87	153
City Gate Lurín	729.366	24	913.84	153
City Gate Lurín	729.465	24	913.81	153
City Gate Lurín	729.565	24	913.78	153
City Gate Lurín	729.665	24	913.75	153

### 3.5 Cálculo del volumen de gas liberado por explosión de ducto de GN

Ante un inminente colapso de la tubería y, como consecuencia, su explosión, se liberaría de manera inmediata una gran cantidad de gas natural (GN). En ese momento, el sistema de detección de "baja presión" activaría las alarmas y enviaría una señal de advertencia a las Estaciones de Bombeo, Plantas Compresoras y Sala de Control. Al instante, las válvulas de bloqueo ubicadas aguas arriba y aguas abajo del punto de fuga se cerrarían automáticamente para contener el gas de los extremos. Únicamente se liberaría al ambiente, sin control, el volumen de gas entre las válvulas que han sido accionadas. Debido a que el gas natural es más ligero que el aire, una gran parte ascendería hacia la atmósfera. El cálculo de las pérdidas de volumen en caso de una fuga puede modelarse en función del diámetro del orificio. Utilizaremos la ecuación del Line Pack para el cálculo del volumen.

El cálculo que se presenta se basa en el escenario de un colapso total de la tubería. En la tabla 15, se muestran los volúmenes de gas que quedarían entre válvulas.

**Tabla 15***Volumen de Gas entre Válvulas de Bloqueo*

N°	Tag de válvula	KP	Ø Pulg	Ø Correg.	T Prom	P Prom PSI	Fpv (Z)	Vol.seg MCF	Vol. Gas MMCF
1	XV-11002	0	32						
2	XV-10000	12	32	30.75	97.25	2,047.45	0.79	203.04	10.87
3	XV-10001	44	32	30.75	84.83	1,927.28	0.77	541.44	29.71
4	XV-10002	74	32	30.75	70.07	1,696.03	0.70	507.60	24.52
5	XV-10003	107	32	30.75	61.07	1,459.52	0.80	558.36	34.79
6	XV-10300M	108	32	30.75	59.45	1,360.87	0.78	16.92	0.96
7	XV-10004	121	32	30.75	63.77	1,367.91	0.79	219.96	11.99
8	XV-730001	127	32	30.75	68.63	1,724.68	0.77	101.52	6.16
11	XV-10005	149	32	30.75	74.51	1,926.62	0.75	372.24	22.05
12	XV-10006	177	32	30.75	79.01	1,802.41	0.78	473.76	26.78
13	XV-13002	208	32	30.75	71.03	1,893.28	0.75	524.52	32.03
16	XV-10007	224	24	23.02	59.99	1,891.47	0.73	151.67	10.38
17	XV-10008	254	24	23.02	52.79	1,755.67	0.74	284.38	21.10
18	XV-10009	278	24	23.02	50.69	1,721.66	0.73	227.50	16.77
19	XV-10010	307	24	23.02	51.71	1,692.24	0.73	274.90	19.53
20	XV-16003	336	24	23.02	48.41	1,618.56	0.73	274.90	19.95
21	XV-10011	362	24	23.02	47.69	1,515.01	0.74	246.46	17.46
22	XV-10012	393	24	23.02	48.65	1,457.90	0.75	293.86	20.18
23	XV-10013	423	24	23.02	49.19	1,433.06	0.75	284.38	18.98
24	XV-10014	453	24	23.02	57.05	1,404.97	0.78	284.38	17.36
25	XV-18002	470	24	23.02	63.17	1,520.36	0.75	161.15	8.89
28	XV-10015	495	24	23.02	71.51	1,718.58	0.77	236.98	13.75
29	XV-19003	518	18	16.98	76.43	1,806.43	0.75	118.60	6.42
30	XV-10016	550	18	16.98	72.41	1,751.93	0.76	165.00	9.39
31	XV-10017	580	18	16.98	71.03	1,614.46	0.77	154.69	8.49
32	XV-20001	594	18	16.98	68.03	1,503.65	0.78	72.19	3.95
37	XV-10018	610	18	16.98	65.45	1,440.02	0.79	82.50	4.61
38	XV-10019	641	18	16.98	63.71	1,347.85	0.80	159.85	8.82
39	XV-10020	670	18	16.98	60.29	1,215.92	0.82	149.53	8.26

40	XV-10021	701	18	16.98	58.67	1,055.82	0.82	159.85	7.88
41	XV-22002	729	18	16.98	58.43	943.53	0.84	144.38	6.70
42	XV-21003	610	24	23.02					
43	XV-21004	621	24	23.02	62.09	1,390.21	0.78	104.27	5.79
44	XV-21005	641	24	23.02	63.05	1,325.53	0.79	189.58	10.13
45	XV-21006	660	24	23.02	60.53	1,230.83	0.79	180.11	9.31
46	XV-21007	670	24	23.02	59.33	1,162.75	0.81	94.79	4.96
47	XV-21008	683	24	23.02	59.15	1,104.90	0.83	123.23	6.46
48	XV-21009	699	24	23.02	57.41	1,023.59	0.84	151.67	7.77
49	XV-21009A	714	24	23.02	55.49	958.47	0.84	142.19	7.06

Estos datos del volumen nos proporcionan información para la atención de emergencia, al conocer el volumen total del gas que se liberaría para activar las medidas preventivas en la zona de la emergencia.

### **3.6 Cálculo de volumen de combustible liberado por rotura de ducto de LGN**

Un derrame de LGN, es la fuga incontrolada con su posterior proceso de vaporización.

Estas fugas se pueden presentar debido a procedimientos operativos inapropiados, como el escape a través de válvulas o scrapper facilities, fallos del sistema, entre otros. También se consideran errores humanos o accidentes, así como fugas derivadas de corrosión o defectos en la construcción, como fallas en las soldaduras o en el material de las tuberías. Además, fenómenos naturales como sismos o deslizamientos pueden desestabilizar las estructuras y generar daños en tuberías o recipientes. El mantenimiento inadecuado también puede ser una causa relevante, al igual que los actos de sabotaje perpetrados por terceros. Una fuga de producto combinada con un evento de incendio en las instalaciones debe ser considerada como el accidente de máxima gravedad, la misma que no será objeto de evaluación en este trabajo.

Los posibles derrames en las depresiones de terreno pueden calcularse teniendo en cuenta diversos factores. Una vez que la tubería se rompe, el fluido se liberará al ambiente y luego se despresurizará, evacuando la columna de líquido hacia el exterior. La magnitud de este volumen también está influenciada por la ubicación de las válvulas de bloqueo de línea.

La topografía del terreno, con sus elevaciones y depresiones, juega un papel crucial en el comportamiento del derrame. Después de cerrar las válvulas de bloqueo y retención, la fuga continuará inicialmente debido a la presión interna y luego por efecto de la gravedad, hasta que el evento esté bajo control. La cantidad estimada de pérdida corresponderá al volumen contenido por encima de la ubicación de la fuga.

Si la fuga ocurre cerca de una cumbre, solo se derramará el volumen contenido en la tubería hasta alcanzar la altura de la cumbre. Sin embargo, si la fuga ocurre en una garganta sin válvula de bloqueo, se liberará el volumen contenido en ambos lados de la garganta. Es importante mencionar que un derrame que ocurra antes de una válvula de bloqueo o después de una válvula de retención puede resultar en una pérdida significativa de producto debido a las pronunciadas pendientes del terreno en esa zona.

Una vez que se produce el derrame, se inicia la vaporización de la fracción liviana del líquido, representando aproximadamente el 48% del contenido, mientras que la fracción de nafta y diésel queda sobre el suelo. La nafta continuará evaporándose a un ritmo más lento, mientras que la fracción más pesada permanecerá en el suelo.

Es esencial considerar todas estas variables al planificar y gestionar la prevención y respuesta a posibles derrames, ya que la topografía y la ubicación de las válvulas juegan un papel crucial en el comportamiento y la magnitud de las pérdidas de producto en caso de un evento no deseado.



En las tablas 16 y 17 se muestran los posibles volúmenes derramados entre válvulas de bloqueos y entre las diferentes elevaciones topográficas.

**Tabla 16**

*Volumen de LGN Gas entre Válvulas de Bloqueo*

Nro.	Válvula	KP	Ø (in)	Ø (in) corregido	Elevación (msnm)	Vol entre Válvulas (m <sup>3</sup> )
1	XV-51017	0	14		380	1107.68
		10	14	13.497	493	
3	XV-50001	12	14	13.497	401	2953.81
		20	14	13.497	503	
		25	14	13.497	689	
		27	14	13.497	808	
		32	14	13.497	679	
		34	14	13.497	792	
		39	14	13.497	511	
		40	14	13.497	495	
		42	14	13.497	791	
4	XV-50002	43	14	13.497	612	553.84
		44	14	13.497	674	
		45	14	13.497	624	
5	XV-50200M	47	14	13.497	544	92.31
		50	14	13.497	709	
6	XV-50201M	51	14	13.497	709	461.53
		53	14	13.497	1002	
7	XV-50202M	56	14	13.497	716	1661.52
		59	14	13.497	1352	
		62	14	13.497	620	
		64	14	13.497	1190	
		72	14	13.497	781	
8	XV-50003	73	14	13.497	801	3046.12
		74	14	13.497	1510	
		78	14	13.497	1896	

---

		82	14	13.497	1850	
		90	14	13.497	780	
		92	14	13.497	683	
		98	14	13.497	1710	
		100	14	13.497	1725	
9	XV-52001	107	14	13.497	1621	
		109	14	13.497	1607	
		111	14	13.497	1653	
		115	14	13.497	1635	
		116	14	13.497	1628	1292.29
		118	14	13.497	1614	
		120	14	13.497	1214	
11	XV-50004	121	14	13.497	865	
		123	14	13.497	612	
		128	14	13.497	709	
		133	14	13.497	1959	2584.59
		139	14	13.497	2007	
		145	14	13.497	1858	
12	XV-50005	149	14	13.497	1842	
		150	14	13.497	1590	
		151	14	13.497	1090	
		155	14	13.497	1970	
		165	14	13.497	2543	2584.59
		170	14	13.497	2010	
		173	14	13.497	1611	
13	XV-50006	177	14	13.497	737	
		179	14	13.497	691	
		182	14	13.497	1494	
		186	14	13.497	1702	
		189	14	13.497	1887	2030.75
		191	14	13.497	2007	
		195	14	13.497	2293	
		196	14	13.497	2204	
14	XV-50600M	199	14	13.497	2075	
		200	14	13.497	2080	184.61
15	XV-50601M	201	14	13.497	2077	

---

		202	14	13.497	2084	
16	XV-51017	208	14	13.500	2965	646.43
		217	14	13.500	3582	
		219	14	13.500	3715	1477.56
		222	14	13.500	4199	
18	XV-54001	224	14	13.500	4082	
		225	14	13.214	4070	
		229	14	13.214	3992	
		232	14	13.214	3150	
		233	14	13.214	3597	
		235	14	13.214	3402	2654.29
		239	14	13.214	2107	
		247	14	13.214	3912	
		250	14	13.214	4170	
20	XV-50007	254	14	13.214	4199	
		255	14	13.214	4291	
		256	14	13.214	4108	
		258	14	13.214	4095	
		261	14	13.214	4065	
		262	14	13.214	3072	
		264	14	13.214	3154	2123.43
		268	14	13.214	3367	
		271	14	13.214	3552	
		273	14	13.214	3658	
		276	14	13.214	3859	
21	XV-50008	278	14	13.214	4215	
		281	14	13.214	4101	
		294	14	13.214	4215	
		300	14	13.214	4283	2565.81
		306	14	13.214	4009	
22	XV-50009	307	14	13.214	4005	
		311	14	13.214	3708	
		313	14	13.214	3211	
		317	14	13.214	3458	2565.81
		320	14	13.214	3789	
		322	14	13.214	4078	

---

		328	14	13.214	3901	
		332	14	13.214	4329	
23	XV-56001	336	14	13.214	4364	
		339	14	13.214	4397	
		340	14	13.214	4582	
		343	14	13.214	4689	
		348	14	13.214	4695	
		350	14	13.214	4703	2300.38
		357	14	13.214	4684	
		360	14	13.214	4520	
		361	14	13.214	4619	
24	XV-50010	362	14	13.214	4821	
		372	14	13.214	4307	
		377	14	13.214	4688	
		379	14	13.214	4638	
		380	14	13.214	4583	
		382	14	13.214	4468	2742.77
		384	14	13.214	4364	
		388	14	13.214	4203	
		391	14	13.214	3924	
		392	14	13.214	3415	
25	XV-50011	393	14	13.214	4391	
		400	14	13.214	4612	
		402	14	13.214	4601	
		409	14	13.214	4497	
		412	14	13.214	4368	2654.29
		416	14	13.214	4267	
		421	14	13.214	4159	
26	XV-50012	423	14	13.214	4336	
		426	14	13.214	4396	
		429	14	13.214	4427	
		433	14	13.214	4446	
		439	14	13.214	4459	2565.81
		442	14	13.214	4368	
		445	14	13.214	4268	
		447	14	13.214	4112	

---

---

		449	14	13.214	4094	
		450	14	13.214	4016	
		451	14	13.214	4002	
		452	14	13.214	3809	
27	XV-57001	453	10	9.531	4078	46.03
		469	10	9.531	3872	
29	XV-58001	470	10	9.531	2093	782.50
		472	10	9.531	2104	
		475	10	9.531	2067	
		482	10	9.531	1935	782.50
		486	10	9.531	1568	
32	XV-50013	487	10	9.531	960	
		489	10	9.531	887	
33	XV-50014	493	10	9.531	767	276.18
34	XV-50015	495	10	9.531	742	92.06
		496	10	9.531	791	
35	XV-50016	500	10	9.531	690	230.15
		501	10	9.531	572	
36	XV-50017	503	10	9.531	603	138.09
37	XV-50018	508	10	9.531	515	230.15
		510	10	9.531	468	
		512	10	9.531	459	
		514	10	9.531	443	
		517	10	9.531	438	
		521	10	9.531	429	
		523	10	9.531	395	1472.94
		526	10	9.531	352	
		533	10	9.531	207	
		536	10	9.531	289	
		539	10	9.531	242	
38	XV-50019	540	10	9.531	202	
		550	10	9.531	19	
39	XV-61002	559	10	9.531	16	874.56
40	XV-61007	559	10	9.531	16	0.00

---

**Tabla 17***Volumen de LGN entre cotas*

<b>Nro.</b>	<b>Válvula</b>	<b>KP</b>	<b>d (in)</b>	<b>d (in) corregido</b>	<b>Elevación (msnm)</b>	<b>Vol. entre Cotas (m3)</b>	
1	XV-51017	0	14		380	923.07	
		10	14	13.497	493		
3	XV-50001	12	14	13.497	401	184.61	
		20	14	13.497	503	1384.60	
		25	14	13.497	689		
		27	14	13.497	808		
			32	14	13.497	679	461.53
			34	14	13.497	792	184.61
			39	14	13.497	511	553.84
			40	14	13.497	495	
			42	14	13.497	791	184.61
	43	14	13.497	612	92.31		
4	XV-50002	44	14	13.497	674	92.31	
		45	14	13.497	624	276.92	
		47	14	13.497	544		
5	XV-50200M	50	14	13.497	709	276.92	
6	XV-50201M	51	14	13.497	709	92.31	
		53	14	13.497	1002	184.61	
7	XV-50202M	56	14	13.497	716	276.92	
		59	14	13.497	1352	276.92	
		62	14	13.497	620	276.92	
		64	14	13.497	1190	184.61	
		72	14	13.497	781	738.45	
		73	14	13.497	801	184.61	
8	XV-50003	74	14	13.497	1510		
78		14	13.497	1896	369.23		
82		14	13.497	1850	369.23		
90		14	13.497	780	923.07		
92		14	13.497	683			
		98	14	13.497	1710	738.45	

		100	14	13.497	1725	
9	XV-52001	107	14	13.497	1621	646.15
		109	14	13.497	1607	184.61
		111	14	13.497	1653	184.61
		115	14	13.497	1635	
		116	14	13.497	1628	
		118	14	13.497	1614	923.07
		120	14	13.497	1214	
11	XV-50004	121	14	13.497	865	
		123	14	13.497	612	184.61
		128	14	13.497	709	
		133	14	13.497	1959	1476.91
		139	14	13.497	2007	
		145	14	13.497	1858	
12	XV-50005	149	14	13.497	1842	923.07
		150	14	13.497	1590	92.31
		151	14	13.497	1090	92.31
		155	14	13.497	1970	
		165	14	13.497	2543	1292.29
		170	14	13.497	2010	
		173	14	13.497	1611	1107.68
13	XV-50006	177	14	13.497	737	
		179	14	13.497	691	184.61
		182	14	13.497	1494	276.92
		186	14	13.497	1702	
		189	14	13.497	1887	
		191	14	13.497	2007	1292.29
		195	14	13.497	2293	
		196	14	13.497	2204	
14	XV-50600M	199	14	13.497	2075	276.92
		200	14	13.497	2080	92.31
15	XV-50601M	201	14	13.497	2077	92.31
		202	14	13.497	2084	92.31
16	XV-51017	208	14	13.500	2965	554.09
		217	14	13.500	3582	1292.87
		219	14	13.500	3715	

		222	14	13.500	4199	
18	XV-54001	224	14	13.500	4082	184.70
		225	14	13.214	4070	
		229	14	13.214	3992	
		232	14	13.214	3150	1327.14
		233	14	13.214	3597	
		235	14	13.214	3402	
		239	14	13.214	2107	
		247	14	13.214	3912	707.81
		250	14	13.214	4170	265.43
20	XV-50007	254	14	13.214	4199	353.91
		255	14	13.214	4291	88.48
		256	14	13.214	4108	88.48
		258	14	13.214	4095	
		261	14	13.214	4065	530.86
		262	14	13.214	3072	
		264	14	13.214	3154	
		268	14	13.214	3367	
		271	14	13.214	3552	1415.62
		273	14	13.214	3658	
		276	14	13.214	3859	
21	XV-50008	278	14	13.214	4215	
		281	14	13.214	4101	265.43
		294	14	13.214	4215	1681.05
		300	14	13.214	4283	
		306	14	13.214	4009	530.86
22	XV-50009	307	14	13.214	4005	88.48
		311	14	13.214	3708	530.86
		313	14	13.214	3211	
		317	14	13.214	3458	353.91
		320	14	13.214	3789	442.38
		322	14	13.214	4078	
		328	14	13.214	3901	884.76
		332	14	13.214	4329	
23	XV-56001	336	14	13.214	4364	353.91
		339	14	13.214	4397	1238.67



---

		340	14	13.214	4582	
		343	14	13.214	4689	
		348	14	13.214	4695	
		350	14	13.214	4703	
		357	14	13.214	4684	619.33
		360	14	13.214	4520	265.43
		361	14	13.214	4619	
24	XV-50010	362	14	13.214	4821	176.95
		372	14	13.214	4307	884.76
		377	14	13.214	4688	442.38
		379	14	13.214	4638	176.95
		380	14	13.214	4583	
		382	14	13.214	4468	
		384	14	13.214	4364	
		388	14	13.214	4203	1150.19
		391	14	13.214	3924	
		392	14	13.214	3415	
25	XV-50011	393	14	13.214	4391	88.48
		400	14	13.214	4612	619.33
		402	14	13.214	4601	
		409	14	13.214	4497	
		412	14	13.214	4368	
		416	14	13.214	4267	2034.95
		421	14	13.214	4159	
26	XV-50012	423	14	13.214	4336	
		426	14	13.214	4396	265.43
		429	14	13.214	4427	
		433	14	13.214	4446	1150.19
		439	14	13.214	4459	
		442	14	13.214	4368	
		445	14	13.214	4268	
		447	14	13.214	4112	
		449	14	13.214	4094	1150.19
		450	14	13.214	4016	
		451	14	13.214	4002	
		452	14	13.214	3809	

---

27	XV-57001	453	10	9.531	4078	46.03
		469	10	9.531	3872	782.50
29	XV-58001	470	10	9.531	2093	
		472	10	9.531	2104	92.06
		475	10	9.531	2067	138.09
		482	10	9.531	1935	
		486	10	9.531	1568	552.35
32	XV-50013	487	10	9.531	960	
		489	10	9.531	887	276.18
33	XV-50014	493	10	9.531	767	
34	XV-50015	495	10	9.531	742	92.06
		496	10	9.531	791	46.03
35	XV-50016	500	10	9.531	690	184.12
		501	10	9.531	572	138.09
36	XV-50017	503	10	9.531	603	
37	XV-50018	508	10	9.531	515	230.15
		510	10	9.531	468	
		512	10	9.531	459	
		514	10	9.531	443	
		517	10	9.531	438	
		521	10	9.531	429	
		523	10	9.531	395	1472.94
		526	10	9.531	352	
		533	10	9.531	207	
		536	10	9.531	289	
		539	10	9.531	242	
38	XV-50019	540	10	9.531	202	
		550	10	9.531	19	874.56
39	XV-61002	559	10	9.531	16	
40	XV-61007	559	10	9.531	16	0.00

### **3.7 Medidas de prevención y de control para la atención de emergencias**

Debido a la extensión considerable de la infraestructura dedicada al transporte de GN y LGN, se ha establecido una estrategia de gestión basada en las tres instalaciones de mantenimiento previstas para el sistema de transporte de dichos ductos. Esta estrategia divide la infraestructura en tres zonas, tal como se detalló previamente. Finalmente, las particularidades del control variarán según el ducto afectado y el lugar donde ocurra el evento:

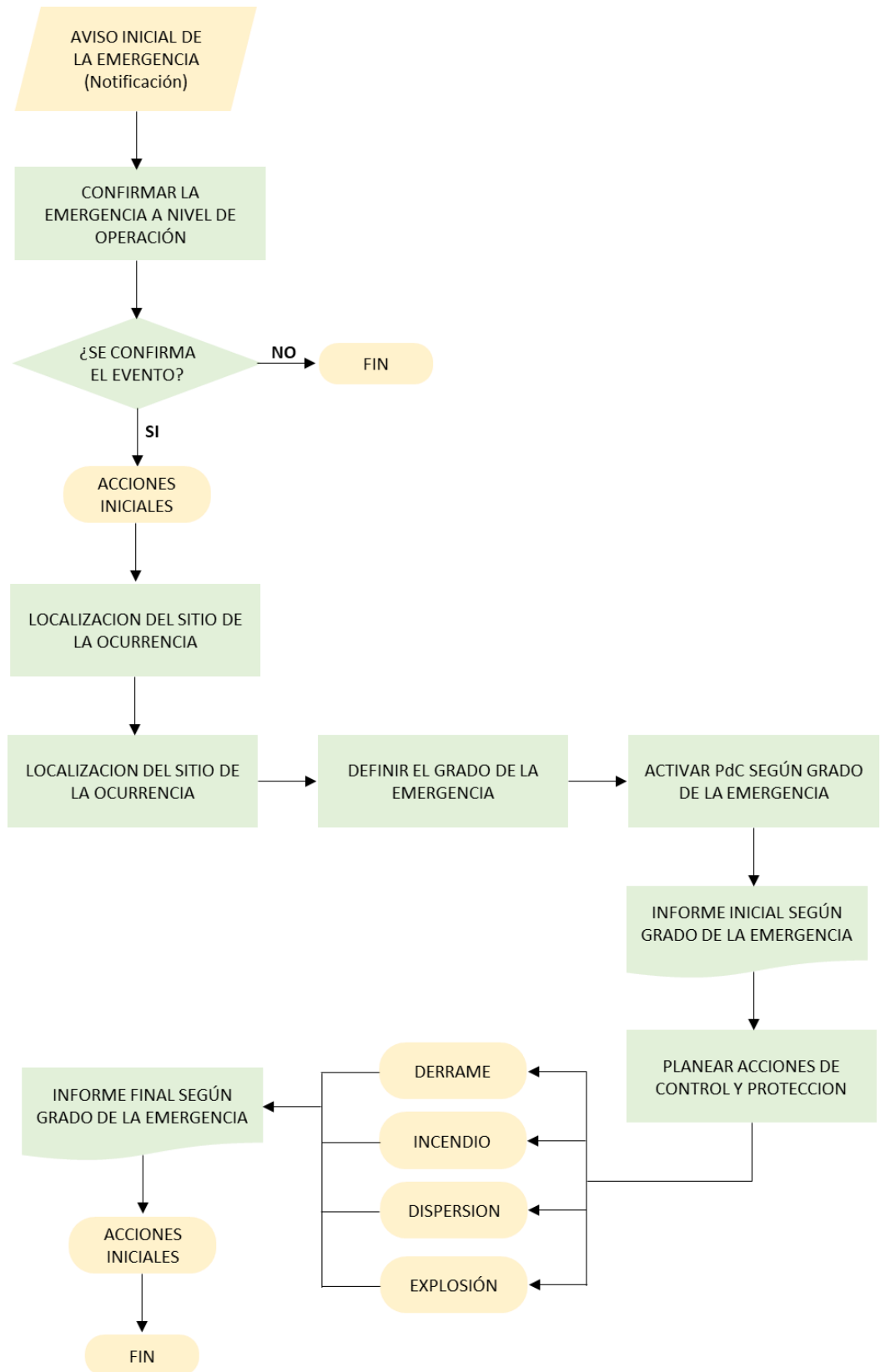
- Se tomarán medidas inmediatas para mitigar la situación, lo que incluirá la modificación de las condiciones operativas, detener la operación y/o activar válvulas pertinentes.
- Se llevará a cabo una evaluación de la emergencia para determinar el nivel de activación requerido y la posible necesidad de recursos adicionales.
- Se procederá a identificar el punto de rotura o fuga.
- Se buscará comprender el progreso actual y potencial de la emergencia.
- Se definirán las distancias de afectación tanto para eventos de derrame como para incendios, teniendo en cuenta los eventos presentados y los que podrían desarrollarse.
- Se identificarán áreas sensibles, que incluirán asentamientos humanos cercanos al ducto, poblaciones en la ruta de derrames de LGN, comunidades involucradas, áreas ambientalmente protegidas, entre otros puntos de importancia.
- Se activará el plan de emergencia, lo cual implica comunicarse con el personal responsable de atender la situación, solicitar ayuda mutua a empresas cercanas si es necesario alertar a las autoridades, empresas y entidades locales involucradas en la gestión de emergencias (SINADECI).
- Se movilizarán los recursos necesarios desde la base correspondiente, incluyendo equipos especializados para controlar el escape o derrame, personal especializado en el control de la situación, personal de mantenimiento de la infraestructura y expertos en el trato con la comunidad.

- Se protegerán las áreas vulnerables, lo que incluye informar a las comunidades afectadas, proteger áreas ambientales, asentamientos humanos cercanos al ducto o en la ruta de derrame, así como salvaguardar bienes materiales.
- Se llevarán a cabo acciones para controlar el evento amenazante, que incluirán medidas de mitigación de la fuga y verificar la propagación de nubes de hidrocarburos (GN y LGN).
- Se identificarán a través de los postes kilométricos las medidas de evacuación de acuerdo a los cálculos obtenidos de explosiones de GN y derrame de LGN. Estas distancias con sus perfiles pueden visualizarse en el Anexo 1.

El propósito de este trabajo no consiste en elaborar el Plan de Contingencias disponible, ya que en dicho plan se encuentran detalladamente descritas las acciones que deben llevarse a cabo para cada uno de los posibles eventos. Sin embargo, mostramos en las figuras del 07 al 13 las líneas de acción para cada posible evento identificado.

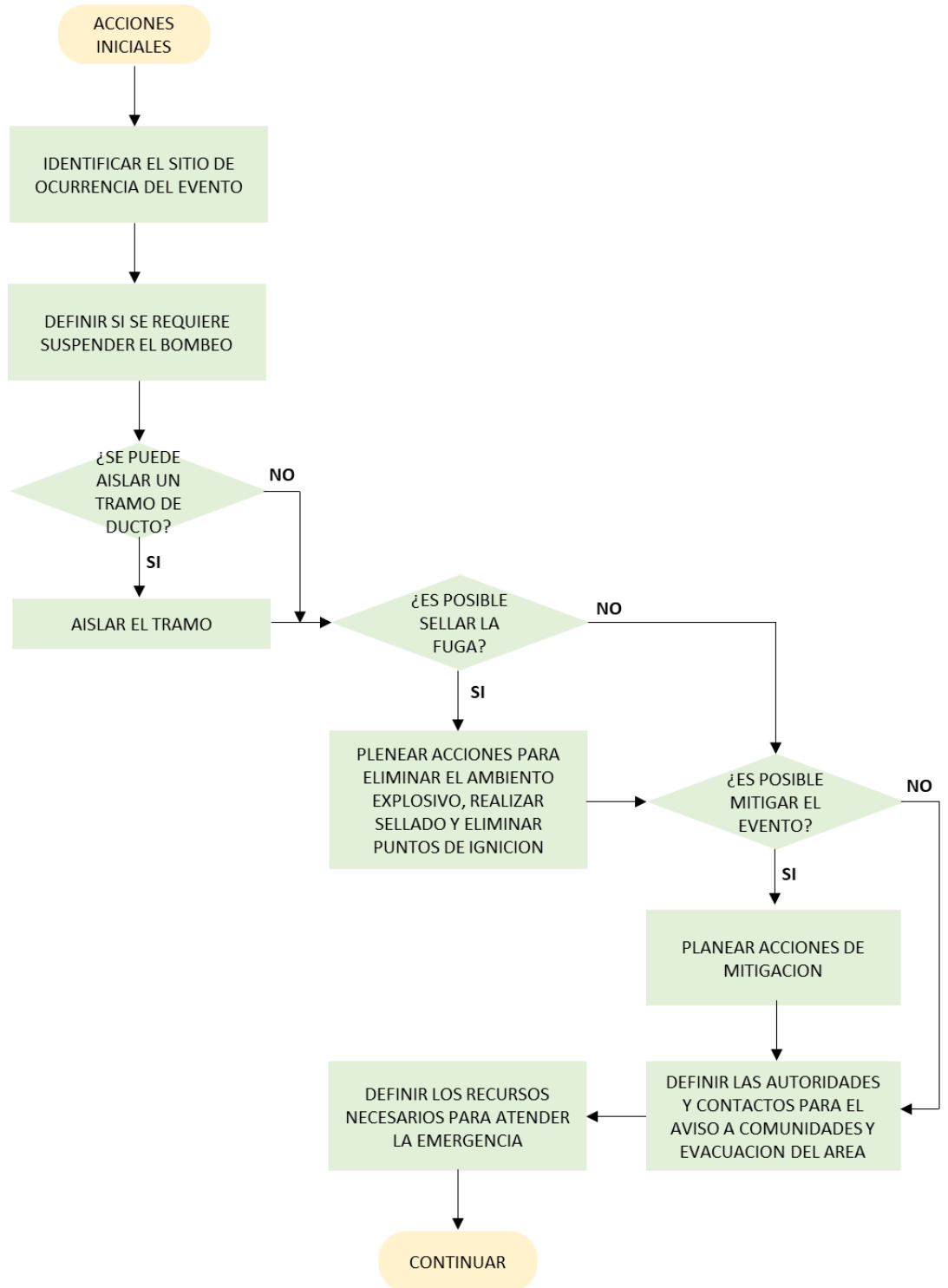
**Figura 7**

*Línea General de Acción*



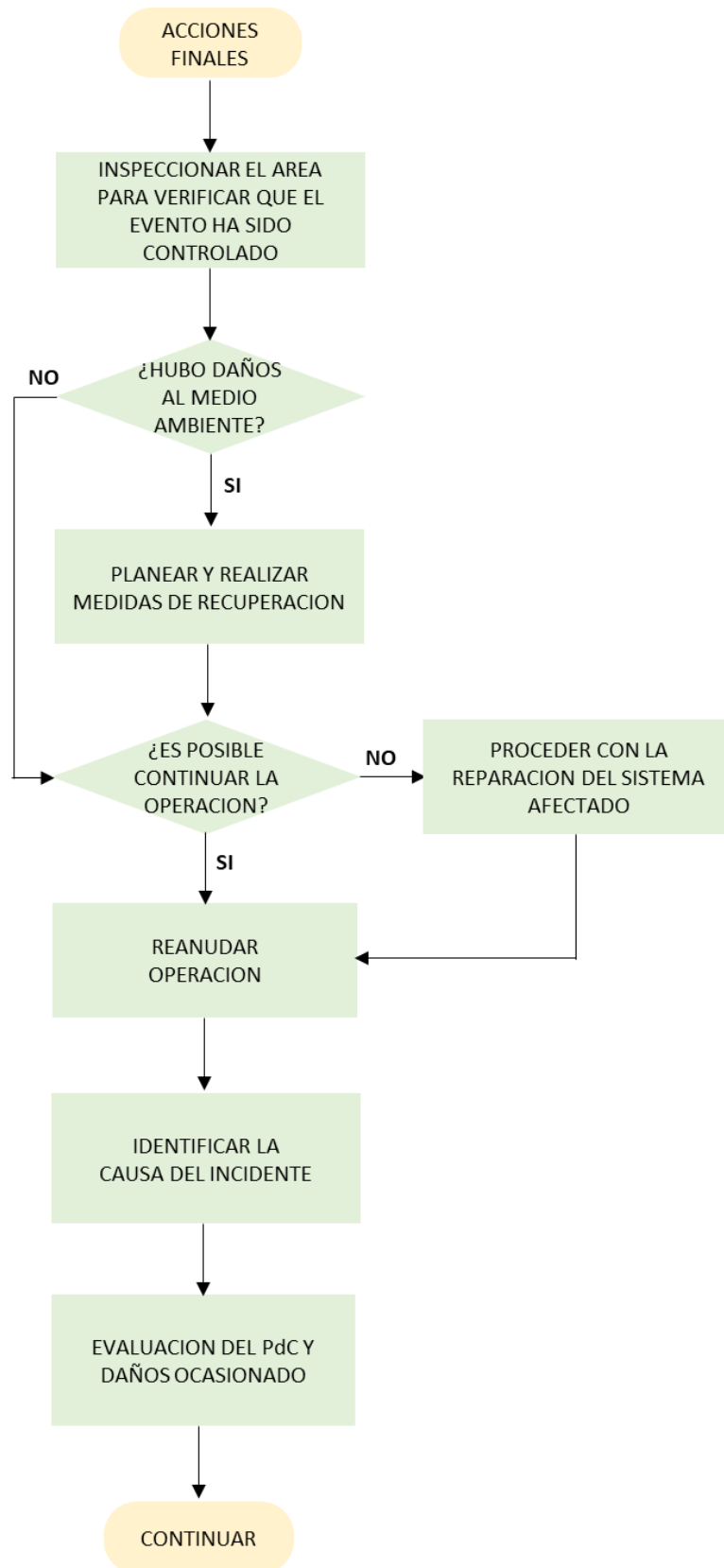
**Figura 8**

*Acciones iniciales*



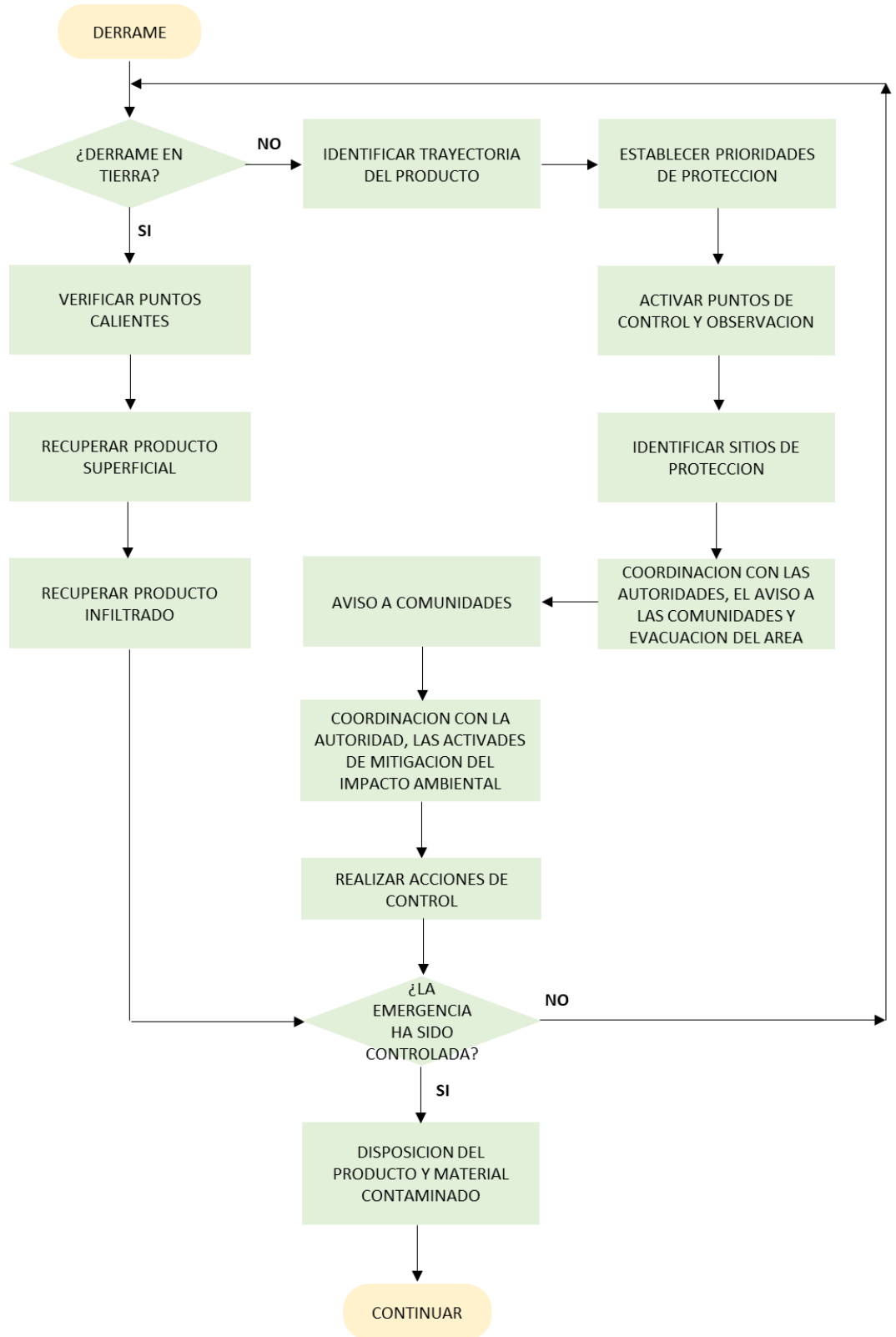
**Figura 9**

*Acciones finales*



**Figura 10**

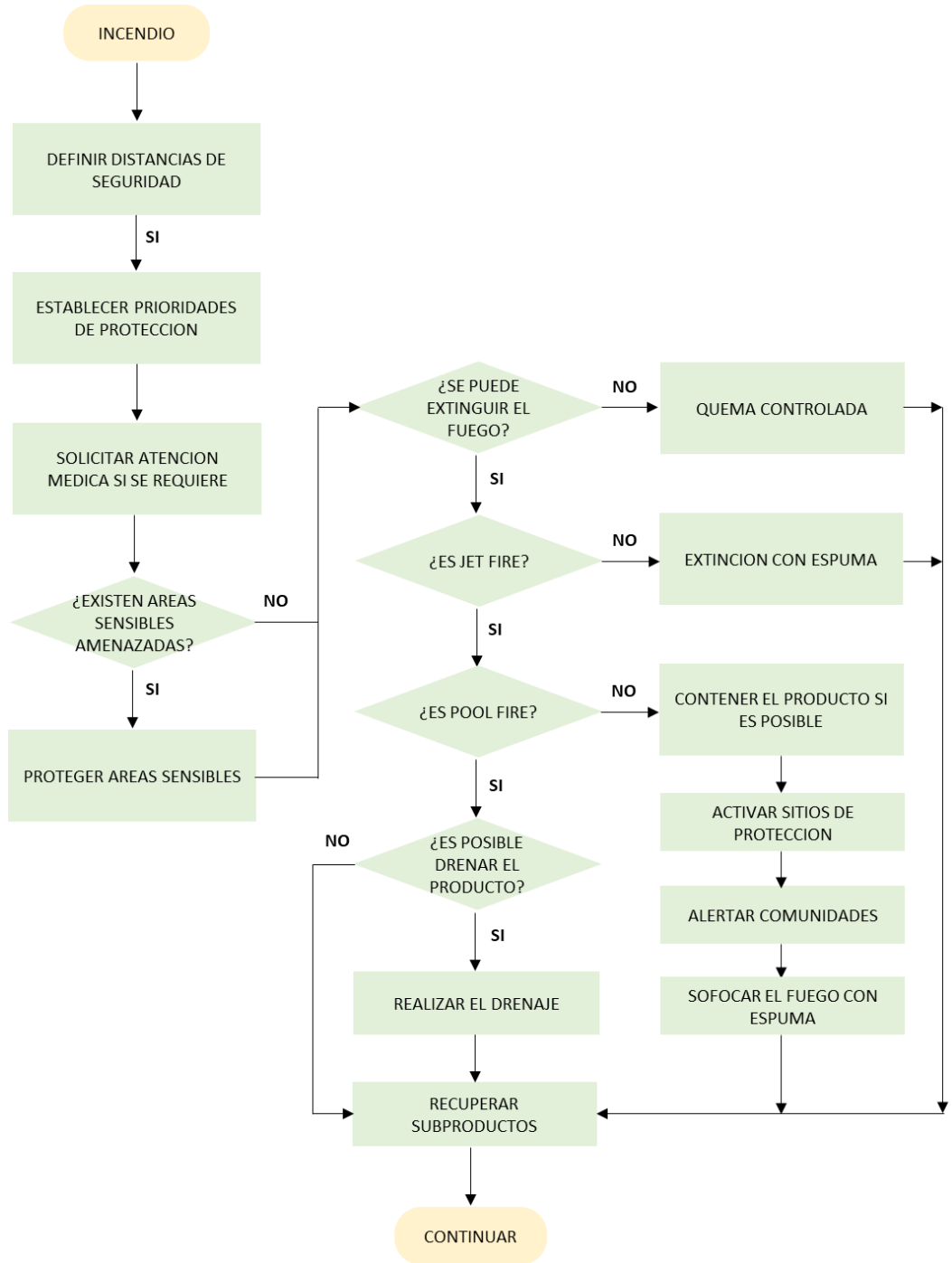
*Líneas de Acción para el Control de Derrame*





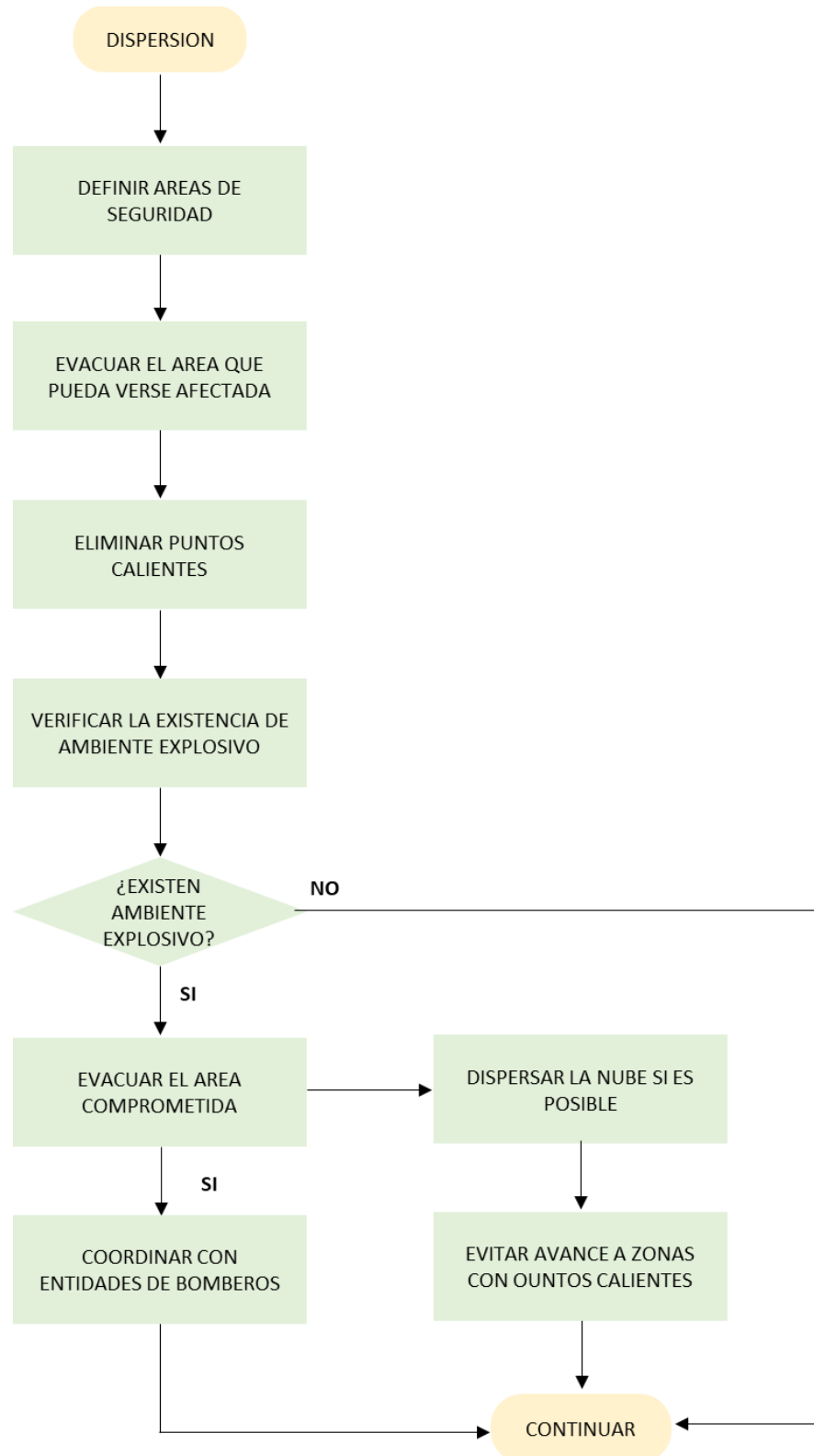
**Figura 11**

*Líneas de Acción para el Control de Incendio*



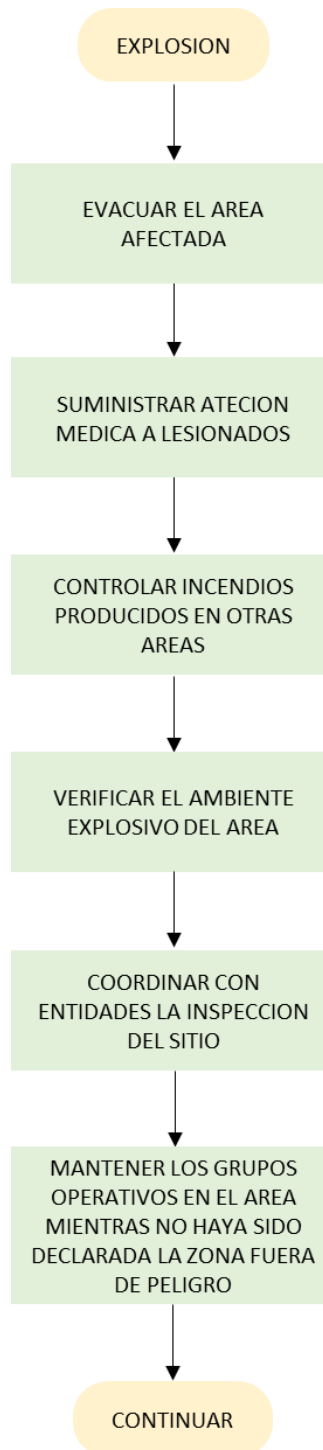
**Figura 12**

*Líneas de Acción para el Control de Dispersión*



**Figura 13**

*Líneas de Acción para el Control de Explosión*



## 4 CONCLUSIONES

- A través de un análisis exhaustivo, se han identificado y evaluado varios escenarios críticos de explosión de ducto de gas, teniendo en cuenta diferentes factores como la composición del gas, la presión, el diámetro del ducto, la densidad del terreno y la proximidad a áreas pobladas u otras infraestructuras importantes de la operación. A través de nuestras observaciones detalladas, hemos llegado a la conclusión de que existe una relación directa entre la profundidad de la zanja en la cual se coloca la tubería de gas y el potencial tamaño del cráter que se formaría en caso de una explosión completa del ducto. Nuestro trabajo ha revelado que cuanto más profunda sea la excavación en la que la tubería está instalada, es probable que el diámetro del cráter resultante de una eventual explosión sea considerablemente mayor. Este vínculo entre la ubicación subterránea de la tubería y la magnitud del cráter amplía nuestra comprensión de cómo los factores de diseño y colocación influyen en la seguridad y el impacto potencial de eventos catastróficos en la infraestructura de gas. El modelo matemático utilizado en este análisis, como previamente fue mencionado, se ha desarrollado mediante el respaldo de una base estadística de eventos. Por lo tanto, es importante comprender que no se debe considerar como una conclusión definitiva, sino más bien como una estimación que se acerca al efecto producido.
- Al considerar el panorama en su totalidad, podemos extraer la conclusión de que la naturaleza del terreno juega un papel esencial en la modulación del impacto resultante de una explosión. Esta noción se basa en el razonamiento de que la densidad del terreno desempeña un papel en "atenuar" en cierta medida el impacto de la explosión. Esta hipótesis sugiere que, a medida que disminuye la densidad del terreno en el área circundante, se incrementa el potencial de un cráter de mayor diámetro al producirse una explosión total del ducto. En esencia, esta correlación

entre la densidad del terreno y la amplitud del efecto del evento explosivo nos brinda una perspectiva más profunda sobre cómo las características geográficas pueden influir en la magnitud y el alcance de los cráteres resultantes de explosiones, ofreciendo una comprensión más integral de cómo las propiedades del entorno interactúan con los efectos explosivos.

- Dentro de este estudio de análisis en el contexto de la infraestructura de tuberías, se llevó a cabo cálculos específicamente enfocados en situaciones en las que las tuberías se encuentran expuestas. Esta evaluación se ha realizado en vista de reconocer y abordar el riesgo máximo que se presenta en tales condiciones, puesto que la presencia de una tubería al descubierto podría resultar en la generación de una onda expansiva de proporciones significativamente mayores. Esta onda expansiva, cuyo diámetro se vería incrementado considerablemente, tendría el potencial de afectar en su totalidad todo lo que se hallara dentro de su radio de alcance. Esta comprensión profunda de los posibles riesgos derivados de tuberías expuestas nos proporciona una perspectiva más completa sobre cómo las condiciones de exposición pueden influir en la magnitud y el impacto de una eventual onda expansiva, destacando la necesidad de considerar y mitigar adecuadamente estos escenarios para garantizar la seguridad y protección de las áreas circundantes.
- Dentro del marco más amplio de nuestro estudio, hemos dedicado esfuerzos sustanciales a llevar a cabo cálculos meticulosos relacionados con el volumen de Line Pack en el ducto de Gas Natural (GN). Esta evaluación se ha realizado con el propósito de obtener una comprensión precisa del gas contenido entre las válvulas de bloqueo en la infraestructura. Sin embargo, es importante señalar que esta determinación no debe interpretarse como una indicación de que en caso de que se produzca una eventual rotura del ducto, automáticamente todo el volumen de gas se dispersará en la atmósfera.

En efecto, nuestra investigación ha destacado que la liberación total del volumen de gas no es una conclusión necesaria. Esta afirmación se basa en la consideración de una serie de variables adicionales que, hasta el momento, no han sido abordadas en el alcance de este trabajo. Estas variables, que abarcan una gama de factores, podrían ejercer un papel fundamental en determinar la cantidad real de gas que se perdería en el entorno en caso de una rotura del ducto.

Por lo tanto, si bien nuestros cálculos han contribuido significativamente a arrojar luz sobre el volumen de Line Pack y su relación con las válvulas de bloqueo en el ducto de GN, es crucial reconocer que este estudio no puede considerarse como una evaluación definitiva del impacto ambiental potencial en caso de una ruptura. La interacción de múltiples variables y su efecto en la liberación del gas son áreas que requieren una exploración más profunda y un análisis detenido para lograr una comprensión completa y precisa de las implicaciones ambientales y de seguridad en tales circunstancias.

- Basado en la información recopilada y el análisis realizado hasta este punto en nuestro trabajo, hemos llegado a comprender que las áreas subterráneas donde se ubican los ductos presentan un nivel de potencial significativamente elevado en términos de riesgo. Es importante resaltar que las pautas establecidas por las normativas (API-RP-500, 2023) y la (NFPA-497, 2024) han establecido que, en este contexto específico, no es un requisito absoluto identificar estas áreas como zonas clasificadas o peligrosas desde la perspectiva explosiva.

Esto implica que, a pesar de la evidencia que respalda la alta posibilidad de riesgo en las áreas de entierro de los ductos, los estándares y recomendaciones actuales no exigen una clasificación formal como zonas explosivas. Sin embargo, es fundamental destacar que esta conclusión no debe interpretarse como una justificación para subestimar la importancia de la seguridad y la gestión de riesgos en estas ubicaciones críticas. La discrepancia entre la evidencia de riesgo potencial

y las regulaciones existentes subraya la necesidad de una consideración más profunda y una revisión continua de las normativas vigentes para garantizar una evaluación adecuada y una protección efectiva en las áreas donde los ductos están enterrados.

- Se ha emprendido un análisis profundo y sistemático en relación con el ducto de Líquidos de Gas Natural (LGN), enfocándose particularmente en el estudio del volumen derramado en diferentes elevaciones del terreno. Este enfoque ha permitido determinar con precisión la cantidad de líquido inflamable que podría propagarse en función de las características topográficas del entorno. Aunque el cálculo y la evaluación de la propagación del derrame de líquido inflamable no constituyen el núcleo central de este trabajo, se reconoce su relevancia intrínseca en el contexto general de la seguridad y la protección ambiental.

La necesidad de realizar este cálculo radica en la comprensión de que la trayectoria seguida por el derrame, así como su posible llegada a un cuerpo de agua circundante, podría acarrear consecuencias significativas y preocupantes. En tal escenario, existe el riesgo potencial de contaminar el cuerpo de agua, lo que a su vez podría acelerar el flujo del derrame y agravar sus efectos. Esta consideración subraya la importancia de un enfoque holístico y proactivo en la gestión de riesgos y la planificación de contingencias, no solo en lo que respecta al derrame de líquido inflamable en sí, sino también en relación con su posible propagación y los impactos secundarios que podría generar en el entorno.

Por lo tanto, este análisis sobre la propagación potencial del derrame de líquido inflamable proporciona una perspectiva más completa y enriquecedora sobre los desafíos y consideraciones cruciales asociadas con la seguridad y la prevención de riesgos en la operación de ductos de LGN. Es imperativo que este enfoque integral sea incorporado en futuros estudios y planificaciones para

garantizar una respuesta eficiente y efectiva ante situaciones de emergencia y para salvaguardar la integridad de nuestro entorno natural.



## 5 RECOMENDACIONES

- En relación a la ubicación subterránea de la tubería de GN, se recomienda especial atención a la profundidad de la zanja en la que se coloca la tubería. Nuestra investigación ha confirmado una relación directa entre esta profundidad y el potencial tamaño del cráter resultante en caso de una explosión total del ducto. En este sentido, se insta a considerar este factor en las futuras fase de diseño y colocación de la infraestructura, reconociendo que una excavación más profunda podría resultar en un cráter de mayor magnitud, y por ende, mayores implicaciones en términos de seguridad y daños potenciales
- Basándonos en las revelaciones y análisis presentados, es imperativo sugerir la consideración prioritaria de la naturaleza del terreno al abordar la gestión de riesgos relacionados con explosiones. La influencia fundamental de las características geográficas en la modulación del impacto derivado de eventos explosivos debe ser un factor central en la planificación y el diseño de medidas preventivas y de mitigación.
- Se recomienda priorizar una evaluación minuciosa de las condiciones en las que las tuberías podrían encontrarse expuestas a la intemperie. Esta consideración debe formar un elemento esencial en la toma de decisiones y en la implementación de medidas de seguridad. La posibilidad de que una onda expansiva aumente significativamente de diámetro al exponerse al ambiente libre de restricciones subraya la importancia de implementar estrategias efectivas de mitigación y prevención.
- En vistas de los resultados obtenidos, es importante continuar explorando y analizando las múltiples variables que influyen en la posible liberación de gas en caso de una rotura del ducto. Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales para evaluar de manera más completa el impacto ambiental y de seguridad en

escenarios de ruptura. Estas investigaciones permitirán una comprensión más precisa y detallada de las implicaciones y ayudarán a orientar las estrategias de prevención y mitigación en la gestión de riesgos en la infraestructura de gas.

- Aunque las normativas actuales no exigen una clasificación formal de estas áreas como zonas explosivas, es esencial reconocer y abordar el riesgo potencial elevado. La seguridad y la gestión de riesgos en estas ubicaciones críticas deben seguir siendo una prioridad, incluso cuando no exista una obligación regulatoria directa. Mantener un enfoque vigilante y proactivo en la evaluación y protección de las áreas de entierro de los ductos garantizará una gestión efectiva de riesgos y una mitigación adecuada para salvaguardar tanto la infraestructura como las comunidades circundantes. Continuar con sus programas de instalación de postes kilométricos y señales preventivas.
- Se recomienda integrar y ampliar el análisis de la propagación de derrames de líquido inflamable en el contexto de la operación de ductos de LGN. La consideración de la propagación y sus posibles impactos secundarios es esencial para una gestión efectiva de riesgos y protección ambiental. La inclusión de este enfoque en futuras investigaciones y planificaciones mejorará la respuesta ante emergencias y garantizará la seguridad de nuestro entorno natural.
- Implementar de manera regular y sistemática dirigidas a la población residente en las proximidades del derecho de vía identificados como área de alta consecuencia, estas actividades de formación deben instruir sobre la correcta notificación de incidentes relacionados con la fuga de gas natural (NG) o derrame de líquido de gas natural (LGN) y su posterior dispersión al ambiente. Se subraya la crucial relevancia de estas iniciativas en cuanto a la seguridad y el bienestar de la comunidad residente en las cercanías del derecho vías. Es esencial destacar la importancia de fomentar la concienciación y preparación de la población local para responder de manera efectiva a eventuales situaciones de emergencia, lo que

contribuiría de manera significativa a salvaguardar la integridad y minimizar los riesgos inherentes en dichas zonas.

- De manera similar, llevar a cabo sesiones de formación especializada en protocolos de actuación ante situaciones de emergencia destinadas a los miembros de la brigada corporativa. El objetivo principal de esta iniciativa es garantizar la capacidad de la brigada para responder eficazmente a eventos de urgencia, asegurando una pronta y eficiente atención en el menor lapso de tiempo posible. La capacitación tiene como finalidad dotar al equipo de herramientas y conocimientos esenciales que les permitan afrontar de manera adecuada diversas emergencias, contribuyendo así a fortalecer la preparación y la capacidad de respuesta de la empresa ante cualquier eventualidad.
- Llevar a cabo ejercicios de simulación de situaciones de emergencia correspondientes a los escenarios previamente identificados, involucrando a todos los niveles de la organización en una participación activa. Esta práctica tiene como objetivo fundamental mejorar la preparación de la empresa para hacer frente a circunstancias críticas, permitiendo a los equipos adquirir experiencia práctica y evaluar la efectividad de los procedimientos establecidos. Adicionalmente, se propone la implementación de un Sistema de Comando de Incidentes con el propósito de centralizar y coordinar de manera eficiente las solicitudes de recursos necesarios durante una emergencia. Esta estrategia busca optimizar la gestión de recursos y la toma de decisiones en situaciones de crisis, asegurando una respuesta organizada y efectiva en todo momento.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

API-RP-500. (2023). *API RP 500 - Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2*. Washington: American Petroleum Institute.

B31.8S, A. (2022). *Managing System Integrity of Gas Pipelines*. New York: ASME.

Carr, N. L., Kobayashi, R., & Burrows, D. B. (1954). *Viscosity of hydrocarbon gases under pressure*. Transactions of the AIME 201 .

Ezekwe, N. (2011). *Petroleum Reservoir Engineering Practice*. Boston: Pearson Education.

INGEMMET. (2023). *GEOCATMIN*. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas:  
<https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

NFPA-497. (2024). *Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas*. Massachusetts: National Fire Protection Association.

Pluspetrol. (2004). *Hoja MSDS del Gas Natural*.

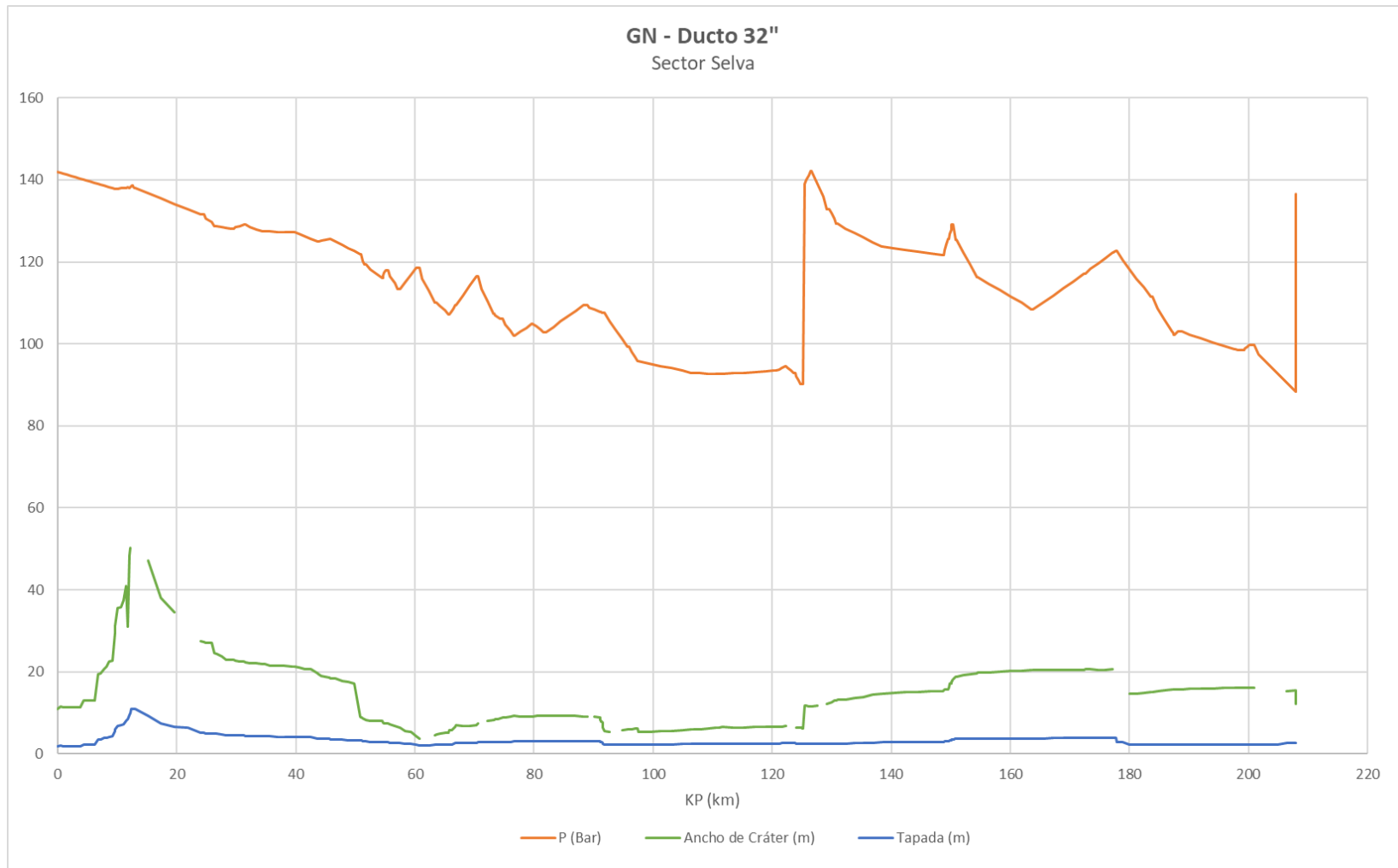
Silva, E., Marcio, N., Frutuoso, P., & Könözsy, L. (2016). Underground parallel pipelines domino effect: An analysis based on pipeline crater models and historical accidents. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 328-329.

Smith, J., Van Ness, H., Abbot, M., & Swihart, M. (2018). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. New York: Mc Graw Hill Education.

## 7 ANEXOS

Anexo 1: PERFIL DE PRESIONES Y ANCHO DE CRATER .....	1
Anexo 2: PERFIL DE PRESIONES Y POTENCIAL RADIO DE IMPACTO .....	6
Anexo 3: Fotografías .....	11

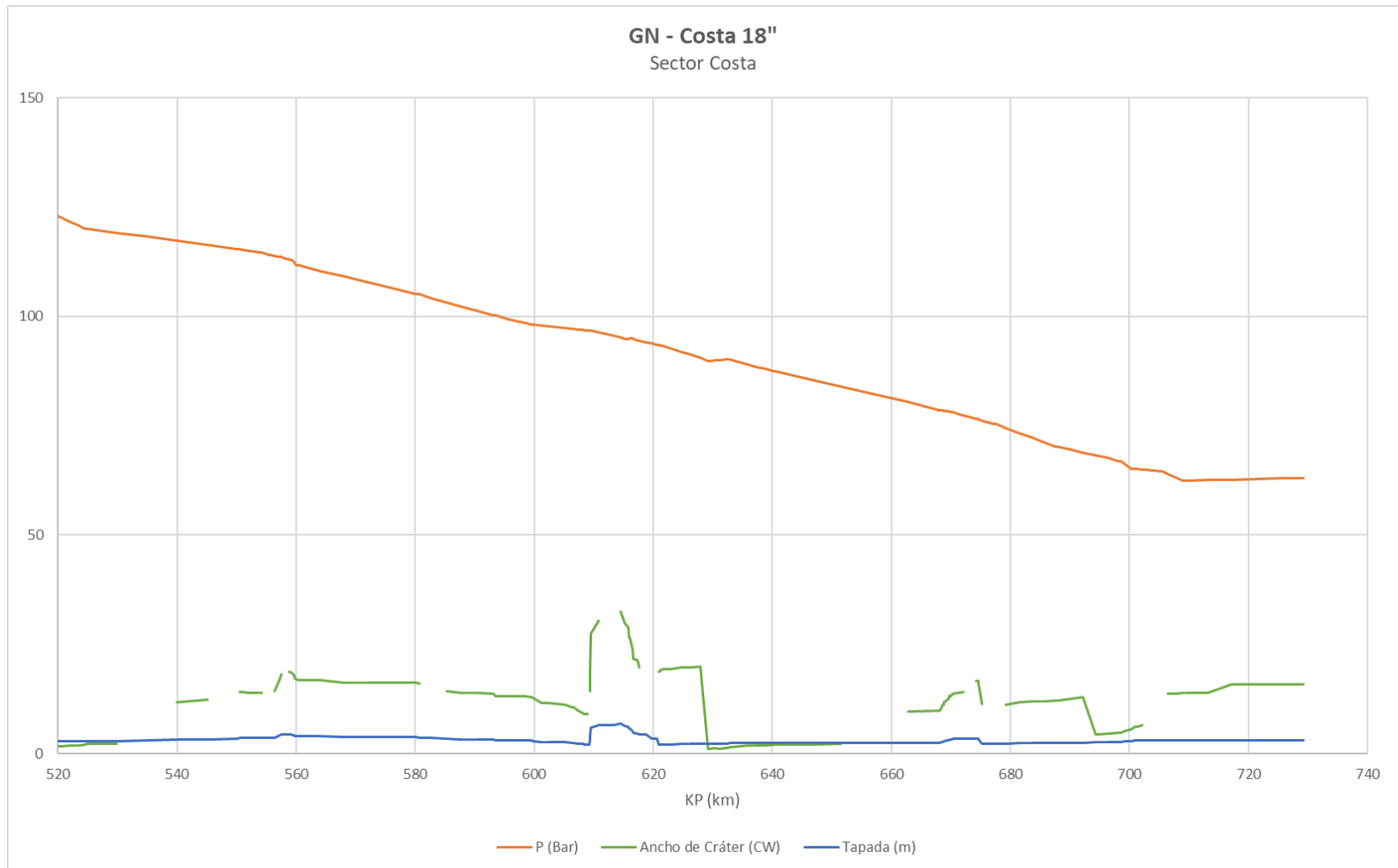
## ANEXO I: PERFIL DE PRESIONES Y ANCHO DE CRATER

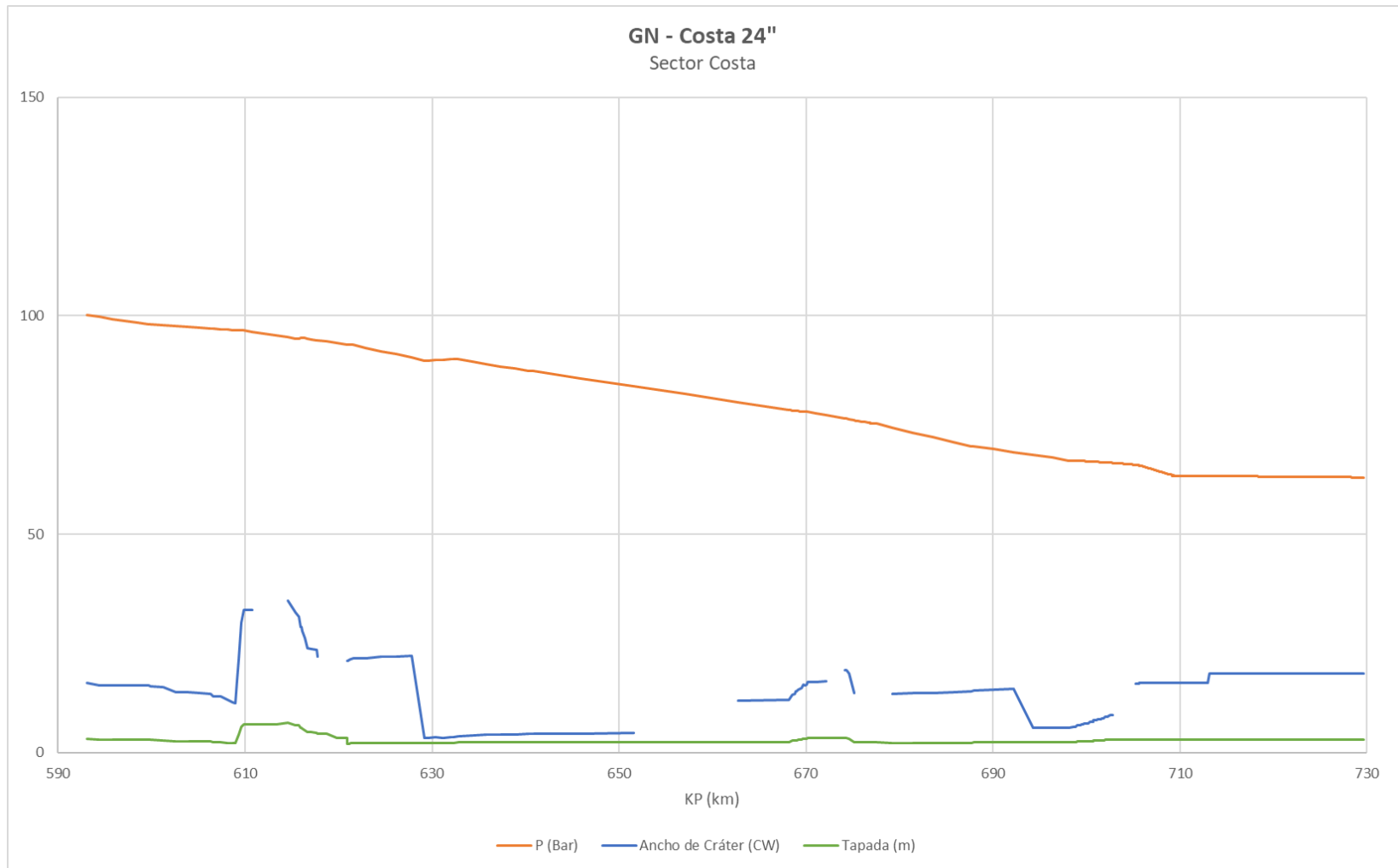




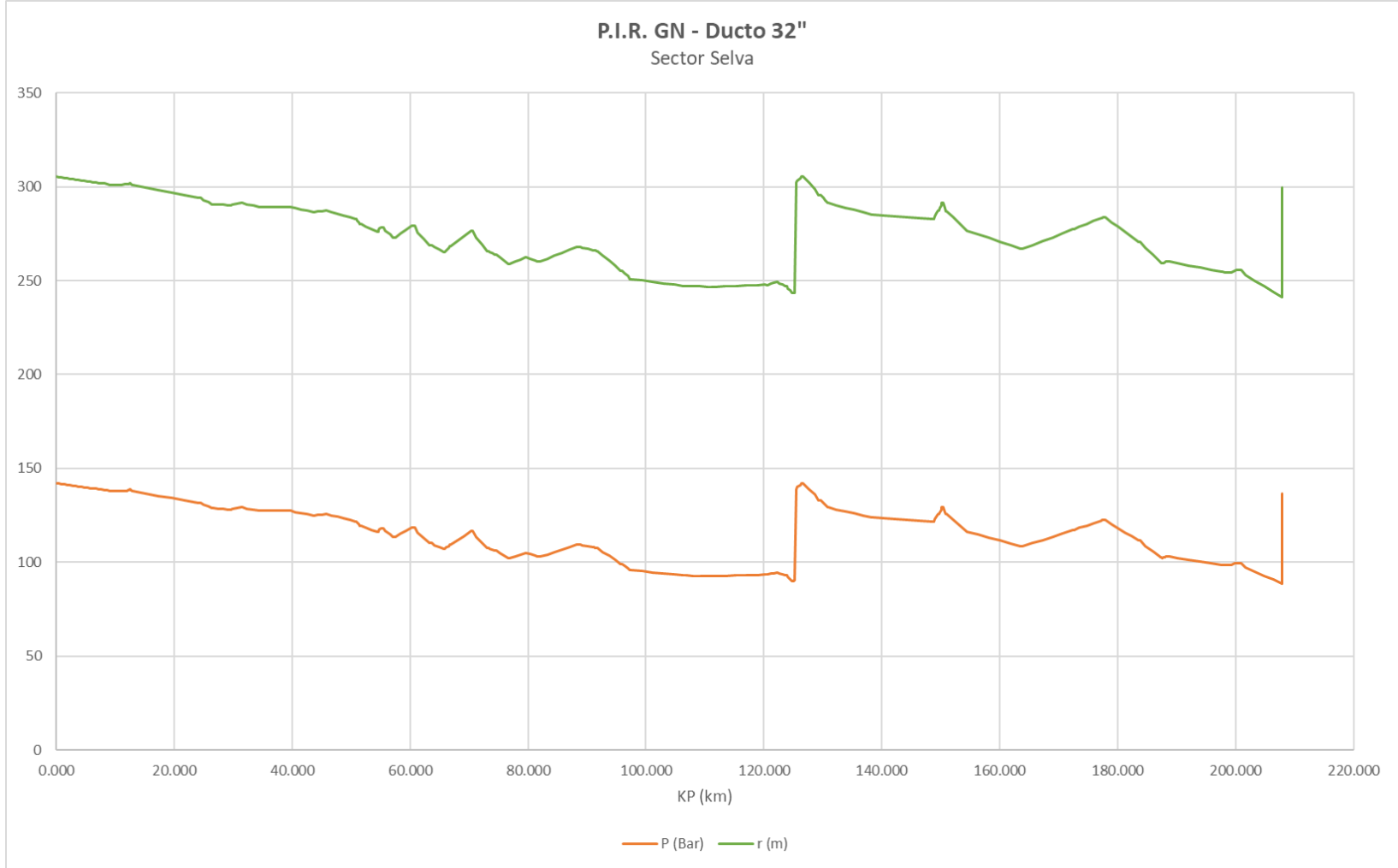
**GN - Ducto 24"**  
Sector Sierra



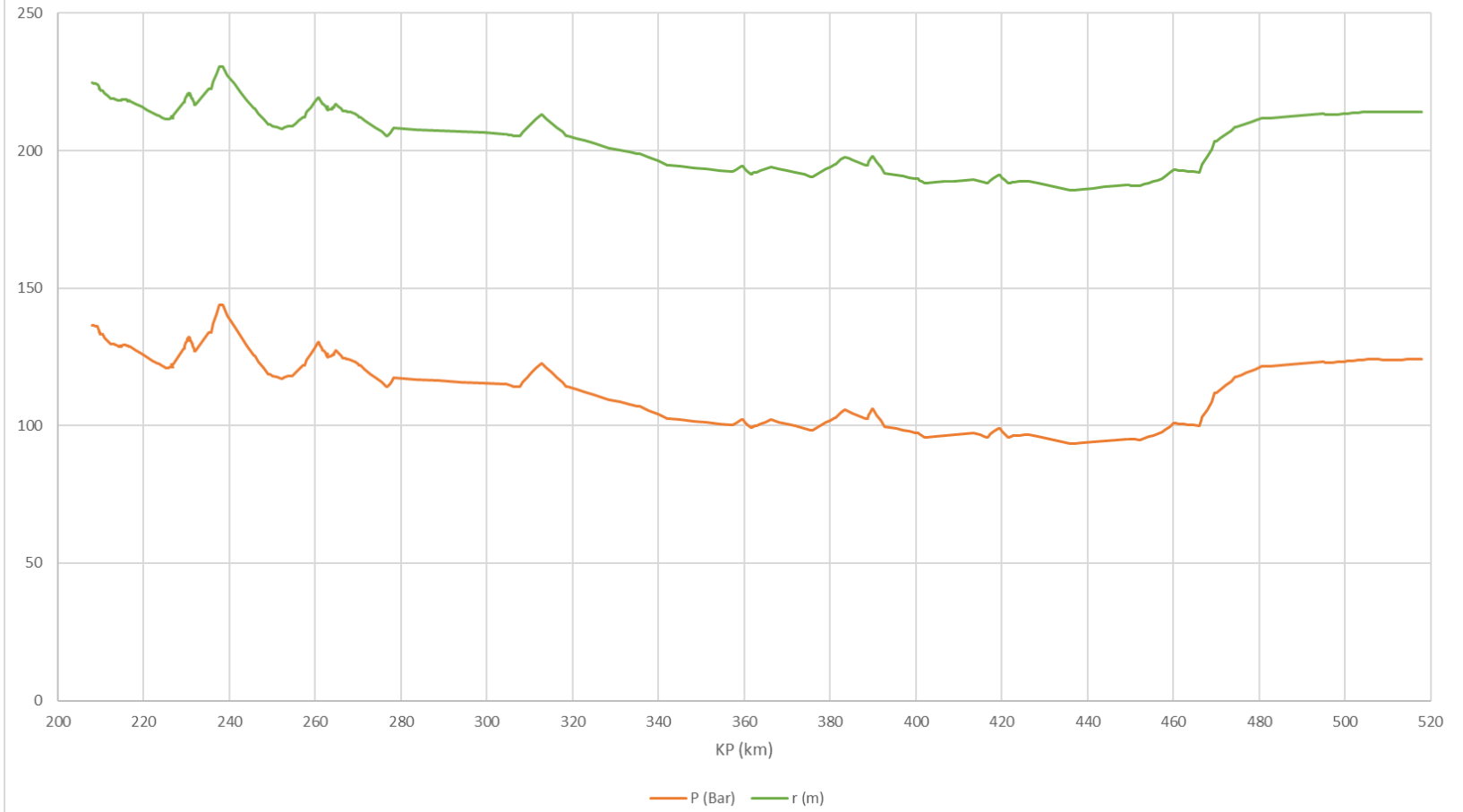


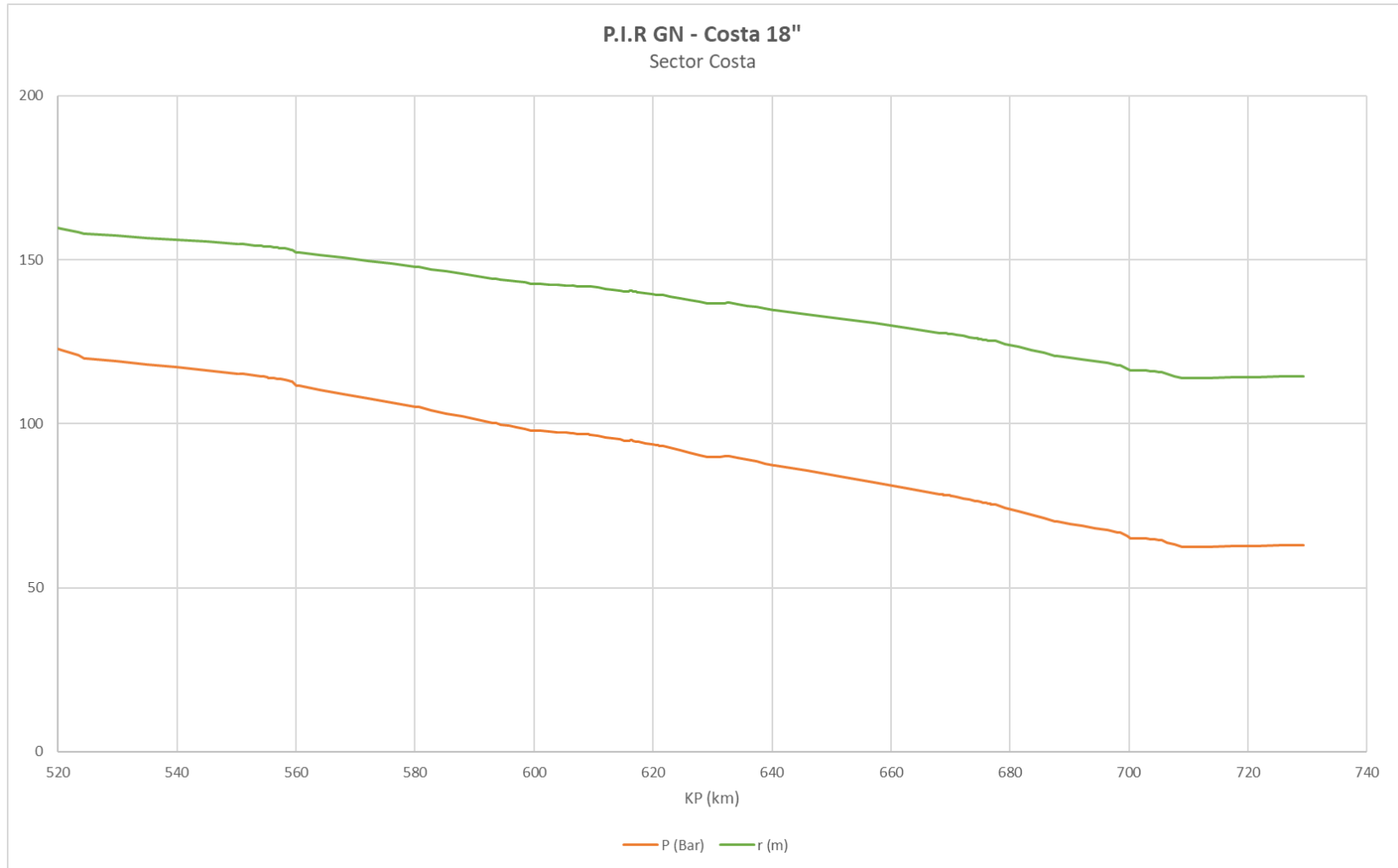


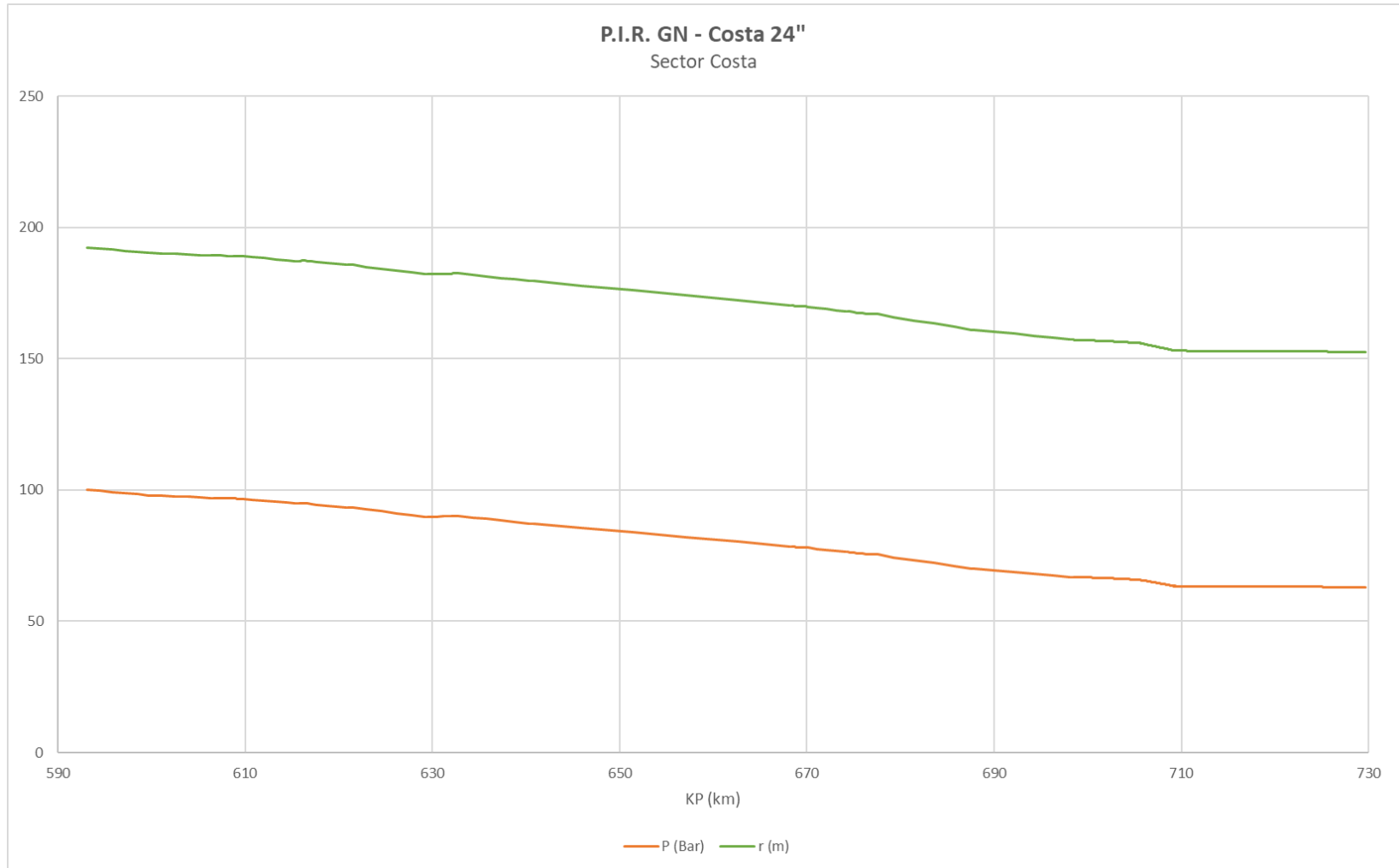
## ANEXO II: PERFIL DE PRESIONES Y POTENCIAL RADIO DE IMPACTO



**P.I.R. GN - Ducto 24"**  
Sector Sierra - Costa









## ANEXO III: FOTOGRAFIAS









