

Plan de Implementación de la Práctica AACE No. 35R-09 – Desarrollo de Planes de
Estimación de Costos aplicados a la edificación y a las industrias de construcción en
general

Iván Andrés Calderón

Carlos Andrés Castillo Ruiz

Monografía presentada como requisito para optar al título de

Especialista en Gerencia de Proyectos de Construcción

Director

Silvia Juliana Tijo López

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción

Bucaramanga

2024

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	7
1. Generalidades del proyecto	9
1.1. Justificación	9
1.2. Alcance	10
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1. Objetivo general.....	11
1.3.2. Objetivos específicos.....	11
2. Marco teórico.....	11
2.1 Plan de Estimación de Costos.....	11
2.1.1. Planificación del Plan de Estimación de Costos	12
2.1.2. Metodologías para realizar estimación de costos	14
2.1.3. Sistema de clasificación de Estimación	18
2.1.4. Técnicas de Estimación.....	26
3. Metodología	28
3.1 Procedimientos y técnicas	29
4. Plan de implementación de la práctica AACE No. 35R-09	30
4.1 Metodología del plan de implementación de costos.....	31
4.1.1 Definición del Alcance del proyecto.....	31
4.1.2 Recopilación de Datos Históricos.....	32
4.1.3 Identificación de actividades repetitivas.....	33
4.1.4 Selección de técnica de estimación del proyecto	33
4.1.5 Desarrollo de la Estimación de Costos	34
4.2 Alcance del proyecto a estimar	36
4.3 Recopilación de Datos históricos de TECNOGAS LTDA e Identificación de actividades repetitivas	39
4.4 Estimación por Análisis de Precios Unitarios (APU).....	42

5. Conclusiones	55
6. Recomendaciones	57
Referencias bibliográficas	58

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Trazado tubería 6”	37
Ilustración 2. Paso de Perforación Horizontal Dirigida (PHD)	38
Ilustración 3 Paso de Perforación Horizontal Dirigida (PHD) llegada a estación interna....	38
Ilustración 4 APU Excavación manual y limpieza de zanja	43
Ilustración 5 APU Tape y compactación.....	44
Ilustración 6 APU Corte y Rotura de concreto	45
Ilustración 7 APU Retiro de escombros y disposición final (RCD)	46
Ilustración 8 APU Reposición en Concreto de 3000 psi.....	47
Ilustración 9 APU Instalación de tubería	48
Ilustración 10 APU Perforación Horizontal Dirigida (PHD)	49

Resumen

TÍTULO: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA AACE NO. 35R-09 – DESARROLLO DE PLANES DE ESTIMACIÓN DE COSTOS APLICADOS EN LA EDIFICACIÓN Y A LAS INDUSTRIAS DE CONSTRUCCIÓN*

AUTORES: IVÁN ANDRÉS CALDERÓN CALDERÓN
CARLOS ANDRÉS CASTILLO RUIZ**

Palabras clave: Estimación de Costos, Red de gas, Plan

Descripción:

El presente documento contiene el plan de implementación de la práctica AACE 35R-09 – Desarrollo de Planes de Estimación de Costos aplicado en proyectos de construcción de redes de gas. Esta práctica representa una herramienta fundamental para tener una correcta estructuración de costos en los proyectos. Conocer los diferentes tipos de estimación de costos, establecerlas de manera claras y eficientes ayudan con la implementación de la práctica.

El plan de estimación de costos es realizado en la organización TECNOGAS LTDA quienes ejecutan proyectos de redes de gas y se aplica la práctica No.35R-09- Planes de Estimación de Costos. Posteriormente los parámetros diagnosticados son utilizados para elaborar el plan de implementación de la práctica, que consiste en realizar la estimación mediante análisis de precios Unitarios (APU's), que permita conocer el costo del proyecto en clase 3. De igual manera, los criterios ya establecidos por la organización en la estructura de sus APU's son necesarios para le estructuración de estos.

Finalmente son presentadas las recomendaciones complementarias enfocadas hacia el fortalecimiento de los procesos de estimación de costos, así como la experiencia y datos históricos en proyectos anteriores. El desarrollo de este estudio permite conocer los pasos para lograr una correcta estimación de los costos en los proyectos de redes de gas.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Director: Silvia Juliana Tijo López, Ph.D en Construcción de Edificaciones.

Abstract

TITLE: IMPLEMENTATION PLAN FOR AACE PRACTICE NO. 35R-09 - DEVELOPMENT OF COST ESTIMATING PLANS APPLIED TO THE BUILDING AND CONSTRUCTION INDUSTRIES*.

AUTHORS: IVÁN ANDRÉS CALDERÓN CALDERÓN
CARLOS ANDRÉS CASTILLO RUIZ**

Keywords: Cost Estimating, Gas Pipeline, Plan

Description:

This document contains the implementation plan of the practice AACE 35R-09 - Development of Cost Estimating Plans applied in gas pipeline construction projects. This practice represents a fundamental tool to have a correct cost structuring in the projects. Knowing the different types of cost estimation, establishing them in a clear and efficient way helps with the implementation of the practice.

The cost estimation plan is carried out in the organization TECNOGAS LTDA, which executes gas network projects and applies the practice No.35R-09- Cost Estimation Plans. Subsequently, the diagnosed parameters are used to develop the implementation plan of the practice, which consists of making the estimate through unit price analysis (UPA's), which allows to know the cost of the project in class 3. In the same way, the criteria already established by the organization in the structure of its UPA's are necessary for the structuring of these.

Finally, complementary recommendations focused on strengthening the cost estimation processes are presented, as well as the experience and historical data from previous projects. The development of this study allows to know the steps to achieve a correct cost estimation in gas network projects.

*Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Especialización en Gerencia de Proyectos de Construcción. Director: Silvia Juliana Tijo López, Ph.D en Construcción de Edificaciones.

Introducción

En la actualidad se ve reflejado en los proyectos de la industria de la construcción un gran interés por adoptar buenas prácticas en sus procesos, las cuales permiten la mejora continua en la ejecución de estos. La evolución que ha tenido a lo largo de los años el sector en busca de lograr desde el área de la gerencia de proyectos de las compañías es optar por reducir los sobrecostos haciendo que los proyectos sean más rentables y asegurando la alta probabilidad de éxito de los proyectos.

Actualmente se viene evidenciando un desarrollo acelerado en la implementación de la gerencia de proyectos siendo esto de la mano de organizaciones como el PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE -PMI y AACE INTERNATIONAL, las cuales mencionan metodologías, procesos y buenas prácticas implementados en la industria. Sin embargo, en Colombia el sector de la construcción requiere un mayor conocimiento en la gestión de proyectos que permita llevar a cabo una correcta estimación de costos, los cuales ayuden a conocer y planificar el ciclo de vida del proyecto evitando llevar a cabo estimaciones paramétricas inexactas por desconocimiento de las buenas prácticas ocasionando que los proyectos no sean ejecutados.

En este caso para proyectos de obra civil, propiamente de redes de gas natural, el desarrollo de la gestión de proyectos se ha enfocado en principio en planificar su correcta ejecución cumpliendo con los tiempos y cronogramas establecidos. No obstante, se demuestra la falta de madurez en una correcta estructura y estimación de costos, ocasionando que los proyectos financieramente no sean viables.

Por esta razón, la práctica AACE No. 35R-09 - Desarrollo de Planes de Estimación de Costos nace como una herramienta para la correcta estimación de costos y esta se puede implementar en proyectos de redes de gas, siendo una buena estrategia desde el momento en que se realiza la estructuración, contratación, ejecución y cierre del proyecto.

1. Generalidades del proyecto

1.1. Justificación

En la actualidad las organizaciones de la industria de la construcción enfrentan constantes desafíos para garantizar que sus gerentes y directivos, responsables de tomar decisiones críticas, puedan asegurar la rentabilidad de sus negocios. No basta con tomar decisiones de manera subjetiva; es esencial comprender los aspectos relevantes mediante análisis precisos que permitan alcanzar los objetivos establecidos por las organizaciones.

Tomar decisiones basadas en análisis sólidos y fundamentados ayuda a obtener datos confiables, concluyentes y de fácil medición, lo que permite a las compañías identificar aspectos clave internamente y convertir sus proyectos en casos de éxito. Por ello, es de gran relevancia contar con resultados óptimos que garanticen la resolución rápida y eficaz de inconvenientes, en beneficio de los proyectos.

Por tal motivo, el presente plan de trabajo se propone como una metodología para las compañías de construcción de redes de gas, sirviendo como insumo para implementar procesos que garanticen la correcta estructuración de un sistema de costeo y que funcione como recurso para la toma de decisiones en las etapas tempranas de la estructuración del proyecto. De esta manera, las organizaciones podrán definir el alcance y la estimación de costos de manera adecuada y justo a tiempo, con el fin de garantizar el cumplimiento del cronograma y los objetivos establecidos.

Debido al poco tiempo que se tiene al realizar una buena estimación de costos en la industria objeto de estudio, se propone como solución la implementación de la práctica AACE No. 35R-09 - Desarrollo de Planes de Estimación de Costos, estableciendo una ruta de trabajo para la correcta estructuración de costos en etapas tempranas que permita la disponibilidad de recursos de dinero y tiempo acorde al alcance de los proyectos.

1.2. Alcance

A partir del objetivo general de esta propuesta, se busca realizar el plan para la estimación de costos de proyectos de construcción, que se encuentren en clase 3, estableciendo los hitos de estimación que permiten definir un cronograma claro y preciso en la ejecución del proyecto, así como la inclusión de los requerimientos necesarios para cumplir con cada uno de los entregables del proyecto, a partir del contenido y el formato tipo para el desarrollo adecuado del plan, según la metodología de la AACE, basada en la práctica recomendada 35R-09. Para lo anterior se requieren las siguientes entradas: jornadas y horarios de trabajo, unidades de medida, divisas y tipo de cambio, contratación de actividades y demás entradas planteadas en la metodología.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Proponer acciones de mejoramiento al plan de estimación de costos en un proyecto de construcción de redes de gas en Clase 3, basado en la metodología de la práctica recomendada de la AACE 35R-09, con el fin de integrar a los interesados en torno a la viabilidad del proyecto.

1.3.2. Objetivos específicos

- Proponer la metodología para la implementación de las actividades recomendadas en la práctica AACE 35R-09 - Desarrollo de Planes de Estimación de Costos en proyectos de redes de gas.
- Realizar un plan para la estimación de costos para lograr el análisis presupuestal del proyecto en base a la elaboración de APU's para proyectos de redes de gas.
- Presentar recomendaciones para la aplicación de la práctica AACE 35R-09 - Desarrollo de Planes de Estimación de Costos, en futuros proyectos de redes de gas.

2. Marco teórico

2.1 Plan de Estimación de Costos

Un plan de estimación de costos para el sector de la construcción es un documento esencial que guía el proceso de desarrollo de estimaciones precisas y confiables para proyectos específicos. Este documento detallado asegura que las estimaciones estén alineadas con los

objetivos del proyecto y sean adecuadas para su uso en diversas etapas, como presupuestos iniciales, licitaciones de contratistas y planificación de ejecución.

El plan define claramente el propósito de la estimación, especificando su uso y la audiencia principal a la que se dirige. Esto incluye establecer si se trata de una estimación preliminar para evaluar la viabilidad del proyecto o una estimación detallada para la planificación financiera y ejecutiva. Además, el plan delimita el alcance del proyecto, detallando los objetivos específicos y las características técnicas que influyen directamente en los costos estimados.

La metodología de estimación es otro aspecto crucial que describe las técnicas y herramientas utilizadas para calcular los costos. Esto puede incluir métodos específicos de costeo, factores de equipamiento, análisis de precios unitarios y el uso de software especializado para modelar y simular diferentes escenarios de costos. El plan también identifica las fuentes de datos críticas necesarias para fundamentar las estimaciones, como requisitos del propietario, datos históricos de proyectos similares y cualquier otra información pertinente que pueda afectar los costos.

2.1.1. Planificación del Plan de Estimación de Costos

El Proceso de Planificación de la Estimación es un componente crítico en el desarrollo de estimaciones de costos para proyectos de construcción. Implica un enfoque estructurado para planificar, desarrollar y gestionar estimaciones de costos, asegurando que todos los elementos necesarios sean considerados e integrados en la estimación final. Este proceso ayuda a lograr estimaciones de costos precisas, confiables y oportunas, esenciales para la planificación del proyecto, la elaboración de presupuestos y la toma de decisiones. Incluye identificar los

insumos necesarios, definir el alcance y los objetivos, desarrollar la metodología y establecer el marco para la revisión y aprobación, garantizando así que todas las partes interesadas estén alineadas y que la estimación cumpla con los requisitos y objetivos del proyecto de manera efectiva.

Tipos de Procesos de Planificación de Estimaciones

Planificación de Estimación Conceptual

Esta planificación se centra en la estimación de alto nivel, en base información limitada de las primeras etapas del desarrollo de un proyecto, su finalidad es obtener un costo de orden de magnitud aproximado (ROM) y dar viabilidad al inicio del proyecto según la toma de decisiones en la fase de diseño conceptual.

Se usa para fases de aprobación preliminar de presupuestos, selección de proyectos y/o solicitudes iniciales de financiamiento.

Planificación de Estimación Preliminar

Se realiza este tipo de planificación basada en el diseño preliminar del proyecto y algunas definiciones del alcance. Abarca un nivel superior a la estimación conceptual y proporciona mayor precisión en la elaboración del presupuesto y planificación inicial del proyecto, se utiliza para asegurar el financiamiento del proyecto desarrollar cronogramas y planificación de recursos.

Planificación de Estimación Detallada

Es el tipo de planificación de estimación con proyectos de alcance y especificaciones definidos, así mismo es el resultado de la estimación el cual es preciso, logrando resultados para aprobaciones finales del presupuesto y licitaciones en proyectos de contratistas.

Planificación de Estimación Final

Es la estimación finalizada, basada en el diseño completo del proyecto, en presupuestos firmados, esta estimación se usa justo antes de iniciar la ejecución del proyecto, permitiendo el paso para la asignación de recursos.

2.1.2. Metodologías para realizar estimación de costos

Metodología Estocástica

La estimación de costos por el método estocástico es un enfoque cuantitativo para la predicción de costos que utiliza modelos matemáticos, para incorporar la incertidumbre y variabilidad en los proyectos de construcción. A diferencia de los métodos determinísticos, que asumen valores fijos y ciertos para las variables de entrada, el método estocástico considera una serie de posibles valores y utiliza distribuciones de probabilidad.

El objetivo principal de la estimación estocástica es proporcionar una visión más realista y completa de los posibles costos de un proyecto, considerando tanto las variables conocidas como las incertidumbres.

En lugar de utilizar un solo valor para cada variable de costo (como materiales, mano de obra, equipos), el método estocástico utiliza distribuciones de probabilidad. Por ejemplo,

el costo de un material podría estar representado por una distribución normal o log-normal en lugar de un único valor fijo. Una técnica comúnmente utilizada en la estimación estocástica es la simulación Monte Carlo, que implica la generación de una gran cantidad de escenarios posibles al azar. Cada escenario proporciona una posible estimación del costo total del proyecto. El análisis de sensibilidad ayuda a identificar cuáles variables tienen el mayor impacto en el costo total del proyecto.

Esto puede incluir medidas estadísticas como la media, mediana, desviación estándar, y percentiles que indican la probabilidad de que el costo no exceda ciertos valores. Finalmente, los resultados se interpretan y se comunican a los stakeholders del proyecto, incluyendo la presentación de gráficos de distribución de costos, análisis de riesgo y recomendaciones para la toma de decisiones.

La estimación estocástica es fundamental en la identificación y gestión de riesgos, proporcionando una base cuantitativa para el desarrollo de planes de contingencia y la asignación de reservas de contingencia. También ayuda en la creación de presupuestos más realistas y en la planificación financiera, considerando la variabilidad y las incertidumbres del proyecto. Se utiliza en estudios de factibilidad y evaluaciones de proyectos para determinar la viabilidad económica bajo diferentes escenarios de riesgo.

Ventajas y desventajas de la metodología

Entre las ventajas de la estimación estocástica se encuentran la provisión de una visión más completa y realista de los costos potenciales, la ayuda en la gestión y mitigación de riesgos de manera efectiva, y la facilitación de la toma de decisiones informadas. Sin embargo, también presenta desventajas, como la necesidad de datos detallados y precisos sobre las variables de entrada y sus distribuciones de probabilidad, y su implementación puede ser compleja, requiriendo conocimientos especializados en estadística y modelado.

Metodología Determinística

La estimación de costos por el método determinístico es un enfoque tradicional y ampliamente utilizado en la gestión de proyectos de construcción. Este método se basa en la utilización de valores específicos y fijos para todas las variables de entrada que afectan el costo de un proyecto. A diferencia del método estocástico, que incorpora incertidumbre y variabilidad a través de distribuciones de probabilidad, el método determinístico asume que todas las variables son conocidas y constantes.

El objetivo principal de la estimación de costos por el método determinístico es proporcionar una estimación precisa y concreta del costo total del proyecto, utilizando datos específicos y detallados. Esto se logra a través de un análisis exhaustivo de los componentes del proyecto, incluyendo materiales, mano de obra, equipos y subcontratistas. La estimación determinística es esencial para la planificación del presupuesto y la gestión financiera del proyecto, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones.

El método determinístico se utiliza en diversas fases del ciclo de vida de un proyecto, desde la planificación inicial hasta la ejecución y cierre. Durante la fase de planificación, la estimación determinística ayuda a desarrollar un presupuesto detallado y a definir los recursos necesarios. Durante la ejecución, se utiliza para controlar los costos y asegurar que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto. En la fase de cierre proporciona una base para evaluar el rendimiento del proyecto y comparar los costos reales con los estimados.

Ventajas y desventajas de la metodología

Entre las ventajas del método determinístico se encuentran su simplicidad y facilidad de uso, ya que se basa en datos específicos y conocidos. Además, proporciona una estimación clara y concreta del costo total, lo que facilita la planificación financiera y la toma de decisiones. Sin embargo, este método también presenta algunas limitaciones, como la falta de consideración de la incertidumbre y la variabilidad inherentes en los proyectos de construcción. Al asumir que todas las variables son constantes y conocidas, el método determinístico puede subestimar o sobrestimar los costos reales si las condiciones del proyecto cambian.

2.1.3. Sistema de clasificación de Estimación

Estimación clase 5

La estimación de Clase 5 es una de las clasificaciones más preliminares dentro del sistema de clasificación de estimaciones de costos de la AACE. Esta clasificación se utiliza principalmente en las primeras etapas de un proyecto, cuando la información disponible es limitada y el alcance del proyecto aún no está completamente definido.

El propósito principal de una estimación de Clase 5 es proporcionar una orden de magnitud inicial del costo del proyecto. Esto ayuda en la toma de decisiones tempranas sobre la viabilidad del proyecto, la comparación de alternativas y la planificación preliminar. Dado que es una estimación muy temprana, su exactitud es limitada, pero es útil para establecer expectativas iniciales y orientar las etapas subsiguientes de planificación y desarrollo del proyecto.

La información de diseño en una estimación de Clase 5 es mínima y puede estar basada en estudios de factibilidad, conceptos generales o requisitos preliminares. El grado de definición del proyecto es muy bajo, generalmente en el rango del 0% al 2% de definición del diseño. Las estimaciones de Clase 5 suelen basarse en técnicas de estimación paramétricas o factorizadas, utilizando factores de escala, relaciones de costo históricas y datos comparativos de proyectos similares anteriores.

La precisión de una estimación de Clase 5 es la más baja de todas las clases de estimación, con un rango típico de variabilidad entre -20% a -50% en el lado bajo y +30% a +100% en el lado alto. Esto refleja la alta incertidumbre y el amplio margen de error debido a la falta de información detallada. Aunque la información es limitada, la estimación de Clase 5 debe intentar incluir todos los componentes principales del proyecto, como costos de capital, costos operativos y cualquier otro gasto relevante identificado en las primeras etapas.

Debido a su naturaleza preliminar, las estimaciones de Clase 5 tienen varias limitaciones. La falta de información detallada y la baja definición del proyecto contribuyen a una alta incertidumbre en los costos estimados. Además, estas estimaciones no son adecuadas para la planificación detallada, el control de costos o la ejecución del proyecto, ya que no proporcionan suficiente detalle ni precisión. La exactitud de estas estimaciones depende en gran medida de la calidad y relevancia de los datos históricos utilizados para la estimación.

Estimación Clase 4

La estimación de Clase 4 es una estimación preliminar que se utiliza en las primeras etapas del diseño del proyecto, cuando hay información más detallada disponible en comparación con una estimación de Clase 5. Esta clasificación de estimación se usa para proporcionar un costo aproximado del proyecto con mayor precisión que una estimación de Clase 5, aunque aún con un grado significativo de incertidumbre.

La estimación de Clase 4 tiene como propósito proporcionar una base para la planificación del proyecto, incluyendo la toma de decisiones sobre la viabilidad del proyecto, la comparación de alternativas y la planificación financiera preliminar. Es útil para establecer un rango de costos más preciso, lo que permite a los gestores del proyecto hacer evaluaciones más informadas.

En cuanto al nivel de definición del proyecto, una estimación de Clase 4 generalmente se basa en un grado de completitud del diseño que varía entre el 1% y el 15%. Esto incluye información preliminar sobre el diseño del proyecto, estudios de factibilidad más detallados, y una mayor comprensión de los requisitos del proyecto. A medida que se avanza en la definición del proyecto, se recopilan datos más específicos y se mejoran las bases de la estimación.

Los métodos utilizados para las estimaciones de Clase 4 suelen incluir técnicas de estimación paramétricas o factorizadas, similares a las de Clase 5, pero con datos más refinados y detallados. Estas técnicas pueden incluir la utilización de bases de datos de costos históricos y relaciones de costos derivadas de proyectos similares anteriores. Además, se pueden aplicar análisis de sensibilidad y riesgo para identificar y gestionar posibles variaciones en los costos.

La precisión y el margen de error de una estimación de Clase 4 son mejores que los de una estimación de Clase 5. Generalmente, el rango de variabilidad puede estar entre -15% a -30% en el lado bajo y +20% a +50% en el lado alto. Este nivel de precisión refleja una mayor cantidad de información disponible y una mejor definición del proyecto, aunque

todavía existe una considerable incertidumbre debido a que el diseño no está completamente desarrollado.

Las estimaciones de Clase 4 incluyen componentes como los costos de capital, costos operativos y otros gastos relevantes que se hayan identificado en esta etapa del proyecto. Se espera que esta estimación sea utilizada para la comparación de alternativas de diseño, la planificación financiera preliminar, la evaluación de la viabilidad del proyecto y la toma de decisiones sobre la continuación o ajuste del proyecto.

A pesar de que la estimación de Clase 4 ofrece una mayor precisión en comparación con una estimación de Clase 5, aún presenta limitaciones debido a la incertidumbre inherente en las primeras etapas del diseño del proyecto. No es adecuada para la planificación detallada, el control de costos o la ejecución final del proyecto, ya que se basa en información preliminar que puede cambiar significativamente a medida que el proyecto avanza y se recopila más información.

Estimación Clase 3

La estimación de Clase 3, según la AACE se utiliza en las fases más avanzadas del diseño del proyecto, cuando se dispone de información más detallada y precisa. Esta clasificación se emplea para la planificación detallada, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones y la gestión de los costos del proyecto.

El propósito principal de una estimación de Clase 3 es proporcionar una estimación de costos más precisa y confiable, que sirva para el desarrollo de presupuestos, y la obtención de financiación.

El nivel de definición del proyecto para una estimación de Clase 3 suele variar entre el 10% y el 40% de completitud del diseño. Esto implica que ya se han desarrollado diseños preliminares, especificaciones y un alcance más claro del proyecto.

Los métodos utilizados para desarrollar incluyen técnicas de estimación paramétricas, así como métodos más detallados como el análisis de costo unitario y la estimación basada en la cantidad de materiales. Las bases de datos de costos históricos y los factores de ajuste específicos del proyecto también juegan un papel crucial en este tipo de estimación. A medida que se avanza en la definición del proyecto, se pueden aplicar métodos más precisos y detallados para mejorar la exactitud de la estimación.

La precisión y el margen de error de una estimación de Clase 3 son significativamente mejores que los de las estimaciones de Clase 4 y Clase 5. El rango de variabilidad típico para una estimación de Clase 3 es de -10% a -20% en el lado bajo y +10% a +30% en el lado alto. Esta mejora en la precisión refleja el mayor nivel de detalle y especificidad en el diseño y los datos del proyecto.

Las estimaciones de Clase 3 incluyen una amplia gama de componentes del proyecto, como costos de capital, costos operativos, contingencias y reservas. Además, las estimaciones de Clase 3 son utilizadas para la evaluación de riesgos y la planificación de contingencias, permitiendo a los gestores de proyectos anticipar y mitigar posibles desviaciones de costos.

Las estimaciones de Clase 3 se utilizan en diversas aplicaciones, como la autorización final del proyecto, la planificación detallada y la preparación de licitaciones y contratos. Esta clase de estimación proporciona la base para la elaboración de planes de ejecución detallados y la coordinación de recursos y actividades durante la fase de construcción.

Aunque la estimación de Clase 3 ofrece una precisión y detalle significativos, aún presenta algunas limitaciones debido a posibles cambios en el diseño y las condiciones del proyecto. Por lo tanto, es importante mantener una revisión constante y actualizar las estimaciones conforme se disponga de más información y se avance en el desarrollo del proyecto.

Estimación Clase 2

La estimación de Clase 2 se utiliza en las fases detalladas de planificación de un proyecto, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones finales antes de la ejecución del proyecto.

El nivel de definición del proyecto para una estimación de Clase 2 suele variar entre el 30% y el 70% de completitud del diseño. En esta etapa, los documentos de diseño están significativamente desarrollados e incluyen planos detallados, especificaciones técnicas, diagramas de flujo de procesos y descripciones detalladas del alcance del trabajo. Este nivel de detalle permite una mayor precisión en la estimación de los costos. En esta fase, los estimadores pueden utilizar listas de materiales detalladas, cotizaciones de proveedores y tarifas de mano de obra actualizadas para calcular los costos. Además, se pueden aplicar

análisis de riesgos y contingencias más detallados para gestionar la incertidumbre y los posibles cambios en los costos.

La precisión y el margen de error de una estimación de Clase 2 son considerablemente mejores que los de las estimaciones de Clase 3, 4 y 5. El rango de variabilidad típico para una estimación de Clase 2 es de -5% a -15% en el lado bajo y +5% a +20% en el lado alto. Esta mayor precisión refleja el alto nivel de detalle y especificidad en los documentos de diseño y los datos del proyecto.

Las estimaciones de Clase 2 incluyen todos los componentes del proyecto, tales como costos de capital, costos operativos, contingencias, y reservas. Estos componentes se detallan exhaustivamente, proporcionando una visión completa y precisa de los costos esperados del proyecto. Las estimaciones de Clase 2 son fundamentales para la evaluación final de viabilidad del proyecto.

Esta clase de estimación proporciona la base para la coordinación precisa de recursos y actividades durante la fase de construcción, asegurando que el proyecto se ejecute dentro del presupuesto y según lo planeado.

Aunque la estimación de Clase 2 ofrece una precisión y detalle significativos, es importante mantener una revisión constante y actualizar las estimaciones conforme se disponga de más información y se avance en el desarrollo del proyecto. La AACE proporciona directrices específicas para las estimaciones de Clase 2 en su sistema de clasificación de estimaciones de costos, destacando la importancia de seguir un proceso sistemático y basado en datos para asegurar la precisión y confiabilidad de las estimaciones. En la práctica recomendada 35R-09, se enfatiza la necesidad de una planificación detallada

y la revisión continua para garantizar que las estimaciones reflejen con precisión el estado del proyecto y los costos esperados.

Estimación Clase 1

La Estimación de Clase 1, representa el nivel más detallado y preciso de estimación de costos en el sistema de clasificación de la AACE. Se utiliza en las etapas finales de un proyecto, cuando el diseño está prácticamente completo y se dispone de una información muy detallada.

El propósito principal de una estimación de Clase 1 es proporcionar una estimación de costos extremadamente precisa que servirá como base para la planificación detallada, el control de costos y la gestión de contratos durante la ejecución del proyecto. Esta estimación permite a los gestores del proyecto tener una visión clara y confiable de los costos esperados.

El nivel de definición del proyecto para una estimación de Clase 1 generalmente varía entre el 50% y el 100% de completitud del diseño. En esta etapa, los documentos de diseño están completamente desarrollados e incluyen planos detallados, especificaciones técnicas completas, diagramas de flujo de procesos finales y una descripción exhaustiva del alcance del trabajo.

Los métodos utilizados para desarrollar una estimación de Clase 1 incluyen técnicas muy detalladas como el análisis de costos unitarios, la estimación basada en cantidades específicas, y el uso de bases de datos de costos actualizadas y específicas del proyecto. En

esta fase, los estimadores utilizan listas de materiales completamente detalladas, cotizaciones de proveedores, contratos de subcontratistas y tarifas de mano de obra actualizadas para calcular los costos.

La precisión y el margen de error de una estimación de Clase 1 son los mejores de todas las clases de estimación. El rango de variabilidad típico para una estimación de Clase 1 es de -3% a -10% en el lado bajo y +3% a +15% en el lado alto.

2.1.4. Técnicas de Estimación

Estimación Análoga

La estimación análoga, también conocida como estimación comparativa, es una técnica de estimación de costos que se basa en el uso de datos históricos de proyectos anteriores similares para prever los costos de un nuevo proyecto. Esta técnica es útil en las primeras etapas de un proyecto cuando hay poca información detallada disponible. El propósito de la estimación análoga es proporcionar una estimación rápida y aproximada del costo del proyecto basándose en la experiencia previa y los resultados de proyectos comparables. Se utiliza principalmente en fases tempranas de planificación, como estudios de factibilidad y prefactibilidad. El proceso implica la selección de proyectos comparables, la recopilación de datos históricos de costos, ajustes y escalado de estos datos para reflejar diferencias específicas del nuevo proyecto. Las ventajas incluyen rapidez y bajo costo, mientras que las

desventajas abarcan menor precisión y dependencia de la disponibilidad y calidad de los datos históricos.

Estimación Paramétrica

La estimación paramétrica es una técnica que utiliza relaciones matemáticas entre variables del proyecto (parámetros) y los costos asociados para desarrollar una estimación. Esta técnica se basa en modelos estadísticos que correlacionan variables clave con los costos. El propósito de la estimación paramétrica es proporcionar una estimación más precisa que la análoga, utilizando fórmulas matemáticas que relacionan parámetros específicos con los costos. Se utiliza en fases donde se dispone de más información detallada, como el diseño preliminar y el desarrollo de presupuestos. El proceso implica la identificación de parámetros clave, el desarrollo de modelos mediante datos históricos y análisis estadísticos, y la aplicación de estos modelos a los parámetros específicos del nuevo proyecto para calcular los costos estimados. Las ventajas de esta técnica incluyen mayor precisión y capacidad para manejar una variedad de variables y ajustes específicos del proyecto, aunque requiere datos históricos extensos y precisos y puede ser compleja de aplicar.

Estimación por Análisis de Precios Unitarios (APU)

La estimación por análisis de precios unitarios (APU) es una técnica detallada que descompone el proyecto en unidades de trabajo individuales y calcula el costo de cada unidad. Esta técnica se basa en la suma de los costos unitarios de materiales, mano de obra y equipos necesarios para cada unidad de trabajo. El propósito de la estimación por APU es proporcionar una estimación muy detallada y precisa, adecuada para las fases finales de planificación y ejecución del proyecto. Se utiliza cuando se dispone de un diseño completo y especificaciones detalladas. El proceso incluye el desglose del proyecto en unidades de trabajo específicas, el cálculo de costos unitarios para cada unidad, y la suma de estos costos unitarios multiplicados por las cantidades requeridas para obtener el costo total del proyecto. Las ventajas de la estimación por APU son su alta precisión y detalle, permitiendo un control y seguimiento exhaustivo de costos durante la ejecución del proyecto.

3. Metodología

Con el propósito de realizar la implementación de la práctica AACE 55R-09 – Plan de estimación de Costos para la empresa Tecnogas Ltda, se realizó un estudio y análisis de los

procesos de la organización, evidenciando la aplicabilidad de la práctica para los diferentes proyectos a ejecutar.

Una vez se logró la identificación de los procesos se procedió a realizar el diagnóstico de entradas para obtener las bases para la elaboración del Plan de estimación de Costos.

Finalmente, se obtuvo un presupuesto estimado final y confiable para la toma de decisiones de la empresa, en donde se aplicó el mismo procedimiento para los demás proyectos.

3.1 Procedimientos y técnicas

En primer lugar, se definió claramente el alcance del proyecto, incluyendo la extensión de las redes de gas natural, los materiales necesarios y las especificaciones técnicas. Las actividades en esta fase incluyeron una reunión inicial con los stakeholders para definir los objetivos y requerimientos del proyecto, la elaboración de un documento de alcance detallado, y la revisión y aprobación del alcance por parte de todas las partes interesadas.

La siguiente fase fue la recopilación de datos. Se debió recolectar toda la información necesaria para la estimación, incluyendo información histórica de proyectos similares realizados por TECNOGAS LTDA, costos de materiales, tarifas de mano de obra y costos de equipos.

Una vez recopilados los datos, se procedió a la selección de la técnica de estimación más adecuada según la disponibilidad de datos y el nivel de definición del proyecto. Para TECNOGAS LTDA, se pudo considerar la estimación por análisis de precios unitarios (APU), debido a que el procedimiento de la construcción de redes de gas natural es el mismo para distintos escenarios.

Esta técnica fue necesaria para identificar tareas desglosadas específicas, cálculo de cantidades necesarias de materiales, mano de obra y equipos, la inclusión de contingencias y reservas para gestionar la incertidumbre.

Una vez se desarrolló la estimación, fue esencial revisar y validar los resultados para asegurar su precisión y confiabilidad.

4. Plan de implementación de la práctica AACE No. 35R-09

La empresa Tecnogas Ltda es una compañía especializada en la ejecución de obras civiles para la instalación de redes de gas natural en el departamento de Santander, con una experiencia de más de 20 años en el sector del gas. A lo largo de los años ha realizado numerosos proyectos lineales de este tipo de combustible.

Teniendo una base histórica confiable y queriendo actualizar la empresa a los estudios vanguardistas ven necesario la realización de un Plan de Estimación de Costos confiable y detallado para su aplicación en los diferentes proyectos a ejecutar. De esta manera se trazan

el objetivo de conocer el presupuesto estimado preciso para la toma de decisiones y buscar el rendimiento y utilidad esperada.

4.1 Metodología del plan de implementación de costos

Dado que el proyecto de construcción de redes es de tipo lineal, se pueden identificar diferentes actividades que, por su naturaleza, se repiten periódicamente a lo largo del proyecto. Estas actividades incluyen la instalación de tuberías, la excavación, el tape y compactación, la prueba de presión, y la restauración del terreno, entre otras. La metodología de estimación de costos debe tener en cuenta el rendimiento de cada una de estas actividades, ya que su suma total determinará la duración completa del proyecto.

4.1.1 Definición del Alcance del proyecto

Definir claramente el alcance del proyecto es esencial para establecer una base sólida para la estimación de costos. En proyectos lineales, esto incluye la longitud total de la red de gas, el número de conexiones a clientes necesarios, las especificaciones técnicas de los materiales y procedimientos a utilizar.

Las actividades iniciales del proyecto comienzan con una reunión con los Stakeholders para definir los objetivos y requerimientos de interesados. En esta reunión, se

discuten y se acuerdan los detalles esenciales del proyecto para asegurar que todas las partes involucradas estén alineadas. Así mismo, se elabora un documento de alcance detallado que incluye planos y especificaciones técnicas, proporcionando una guía clara y precisa de lo que se espera lograr. Finalmente, este documento se somete a revisión y aprobación por parte de todas las partes interesadas, garantizando que todos los aspectos del proyecto sean comprendidos y aceptados antes de proceder a las siguientes fases.

4.1.2 Recopilación de Datos Históricos

Para la recopilación de datos necesarios para la estimación, se debe recolectar toda la información relevante, incluyendo datos históricos de proyectos similares realizados por TECNOGAS LTDA, costos de materiales, tarifas de mano de obra y costos de equipos. Este proceso implica consultar bases de datos internas y registros de proyectos anteriores para obtener antecedentes y referencias comparativas. Además, se debe realizar la recolección de precios actuales de materiales y tarifas de proveedores, asegurando que la estimación refleje los costos más recientes del mercado. También es fundamental consultar bases de datos de costos estandarizados y publicaciones relevantes para complementar la información y garantizar la precisión y confiabilidad de la estimación.

4.1.3 Identificación de actividades repetitivas

Para identificar las actividades que se repiten periódicamente a lo largo del proyecto, es esencial listar todas las actividades necesarias para la construcción de la red de gas. Cada una de estas actividades debe ser evaluada para determinar su frecuencia y duración, lo que permitirá calcular el rendimiento de cada actividad, como por ejemplo, metros de tubería instalados por día. Esta información es crucial ya que el rendimiento de cada actividad influirá directamente en la duración total del proyecto.

4.1.4 Selección de técnica de estimación del proyecto

La selección de la técnica de estimación más adecuada debe basarse en la disponibilidad de datos y el nivel de definición del proyecto. Para proyectos lineales, como los realizados por TECNOGAS LTDA, las técnicas de estimación paramétrica y por análisis de precios unitarios (APU) son particularmente útiles debido a su precisión y adaptabilidad a este tipo de proyectos.

Primero, se debe realizar una evaluación del nivel de definición del proyecto. Esto implica revisar la cantidad y calidad de la información disponible, como planos, especificaciones técnicas y detalles del alcance. Una vez evaluado el nivel de definición, se procede a seleccionar la técnica de estimación más adecuada.

La estimación paramétrica utiliza modelos basados en parámetros clave del proyecto, como la longitud de la red de gas. Esta técnica permite calcular los costos totales a partir de relaciones matemáticas derivadas de datos históricos y parámetros específicos del proyecto. Por otro lado, la estimación por APU desglosa el proyecto en actividades específicas y calcula los costos unitarios de cada una. Esto implica identificar todas las actividades necesarias, determinar las cantidades de materiales y mano de obra requeridas, y aplicar los precios unitarios correspondientes para obtener una estimación detallada y precisa.

Para este caso se escogió la técnica por APU.

4.1.5 Desarrollo de la Estimación de Costos

El desarrollo de la estimación de costos implica utilizar la técnica seleccionada para calcular todos los componentes del proyecto. Es esencial considerar el rendimiento de cada actividad para determinar la duración total del proyecto, asegurando que la estimación sea lo más precisa y realista posible.

En primer lugar, se debe realizar una descomposición del proyecto en tareas y actividades específicas. Esto implica identificar todas las actividades necesarias para la construcción de la red de gas, desde la excavación inicial hasta los empalmes de la instalación interna. Cada actividad debe ser claramente definida y documentada.

Paso seguido, se calculan las cantidades necesarias de materiales, mano de obra y equipos para cada actividad. Esto requiere un análisis detallado de las especificaciones del proyecto y una consulta exhaustiva de datos históricos y registros de proyectos anteriores. Este cálculo asegura que todos los recursos necesarios para completar el proyecto estén adecuadamente contabilizados.

Después de determinar las cantidades necesarias, se aplican los precios unitarios y factores de costo ajustados. Esto incluye el uso de datos actualizados de precios de materiales, tarifas de mano de obra y costos de alquiler de equipos. Los precios unitarios deben reflejar las condiciones actuales del mercado y cualquier ajuste necesario para el contexto específico del proyecto.

Finalmente, se deben incluir contingencias y reservas para gestionar la incertidumbre. Las contingencias permiten cubrir costos imprevistos o variaciones en los precios, mientras que las reservas aseguran que haya fondos disponibles para abordar cualquier problema inesperado durante la ejecución del proyecto. Estas medidas son cruciales para garantizar que el proyecto se complete dentro del presupuesto estimado, incluso en presencia de imprevistos.

4.2 Alcance del proyecto a estimar

El proyecto escogido se trata de la construcción de obras civiles para la instalación de tubería de gas natural en polietileno de alta densidad de diámetro de 6”, este proyecto está ubicado en el municipio de Piedecuesta, Santander. Se realiza con el fin de alimentar una planta de alimentos encargada de fabricación y comercialización de snacks requiriendo equipos especializados de líneas de producción que cuentan con intercambiadores de calor, hornos y freidoras industriales los cuales tiene un capacidad de consumo de 2.000 Kw/Hr , la cual requería del volumen de 1.200.000 m3/mes de gas natural.

Se estimó una longitud de 1000 metros lineales de tubería de 6”, haciendo la conexión o empalme en la estación reguladora de distrito ubicada a la misma distancia con respecto a la planta. Su trazado fue delimitado como se muestra en la ilustración 1:

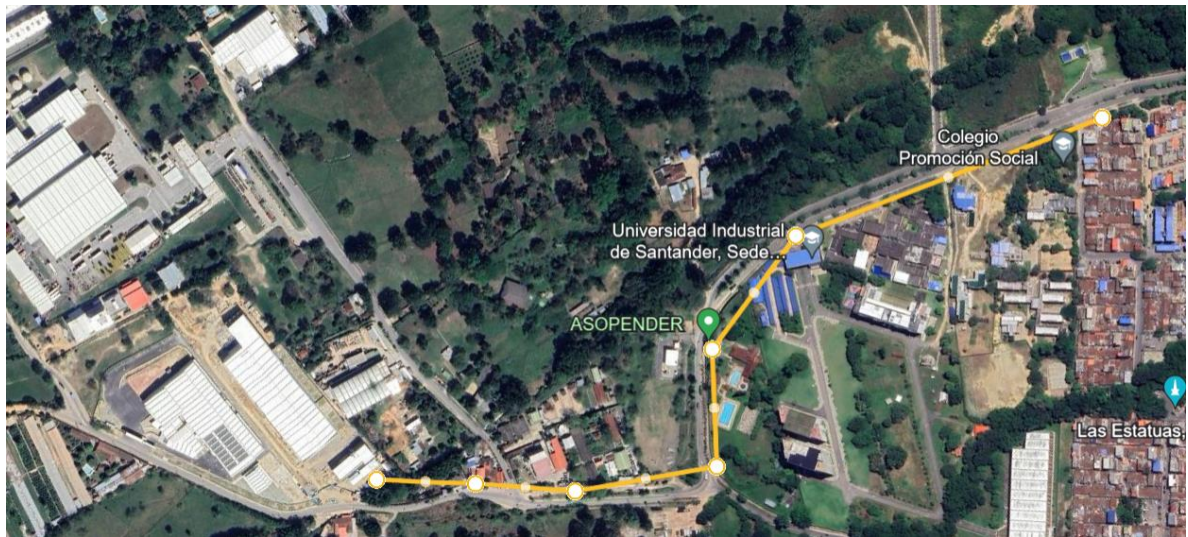


Ilustración 1. Trazado tubería 6''

Siguiendo el trayecto se logra identificar algunas organizaciones educativas implicadas como el Colegio Promoción Social, Universidad Industrial de Santander Sede Guatiguará, Servicio nacional de aprendizaje SENA, y organizaciones privadas como Asopender. Con base en esto se realiza un análisis de interesados debiendo tener en cuenta la logística para que no se interfiriera en ningún momento su funcionamiento de entrada y salida de vehículos de las compañías.

Se realizó la identificación en campo y se evidencia una topografía relativamente plana, el proyecto se encuentra sobre una vía principal que comunica el municipio de Piedecuesta con la zona industrial de Guatiguará, el terreno se encontró principalmente en zona verde con algunos tramos de materiales como concreto reforzado en cunetas. Se logra identificar la necesidad de realizar una perforación horizontal dirigida subterránea (PHD) para no afectar la circulación de vehículos de la vía principal (*ilustración 2*).



Ilustración 2. Paso de Perforación Horizontal Dirigida (PHD)

Así mismo finalizado este paso, dirigido el trayecto de la tubería, se demarca por zona verde. Sin embargo, en el último tramo se identifica nuevamente una Perforación Horizontal Dirigida (PHD) por la presencia de un cruce hídrico o quebrada mostrado en la ilustración 3:



Ilustración 3 Paso de Perforación Horizontal Dirigida (PHD) llegada a estación interna

En conclusión, el proyecto cuenta con diferentes tipos de instalación de tubería, la excavación se realizará por excavación e instalación manual, y por Perforación Horizontal Dirigida (PHD), se identifican diferentes condiciones del terreno, concreto reforzado y zona verde. De esta manera se da una definición detallada del alcance para poder continuar con la estimación.

4.3 Recopilación de Datos históricos de TECNOGAS LTDA e Identificación de actividades repetitivas

Se realiza la investigación con la empresa TECNOGAS LTDA para recaudar los datos históricos más importantes en base a los proyectos ejecutados anteriormente así mismo la identificación de las actividades repetitivas para realizar la estimación por APU.

Según el análisis las actividades repetitivas son:

- **Excavación manual y limpieza de zanja:** El proceso consiste en excavar y remover volúmenes de tierra u otros materiales utilizando herramientas manuales como palas, picas y barras, con el objetivo de crear los espacios necesarios para la instalación del sistema de tuberías, de acuerdo con los planos específicos de cada proyecto.

La unidad de medida para esta actividad está dada por metro lineal (ML), y según la base histórica de rendimientos, un excavador rinde 8 metros lineales de excavación en una jornada ordinaria en condiciones favorables.

- **Tape y compactación:** Consiste en el relleno de la excavación con el mismo material. Se deberá rellenar en capas de 20 cm y compactar con apisonador mecánico. La unidad de medida para esta actividad está dada por metro lineal (ML), y según la base histórica de rendimientos, un excavador rinde 70 metros lineales de tape y compactación en una jornada ordinaria en condiciones favorables.
- **Corte y Rotura de concreto:** Se refiere a las tareas de demoler el material de los sitios a intervenir, fracturándolos cuando aplique de forma mecánica usando el martillo eléctrico o de compresor neumático; demarcación y corte empleando una cortadora de disco diamantado o una pulidora, la rotura o demolición, y el almacenamiento de escombros. El corte con la cortadora o pulidora debe alcanzar una profundidad de 0.10 m., Durante el proceso de corte, es crucial controlar la emisión de material particulado en el ambiente, utilizando agua para reducir dicha emisión. Después de cada corte, se debe limpiar y asear el área intervenida para mantener el lugar ordenado y seguro.

La unidad de medida para esta actividad está dada por metro cúbico (M3), y según la base histórica de rendimientos, un excavador rinde 2.4 metros cúbicos de rotura y trasiego dentro de la obra en una jornada ordinaria en condiciones favorables.
- **Retiro de escombros y disposición final (Residuo de Construcción y Demolición - RCD):** Se hace referencia al manejo, cargue, retiro y transporte de los escombros hasta el sitio de disposición final autorizado por la entidad medioambiental correspondiente, así como al costo de disposición del material sobrante en una

escombrera certificada (también conocido como derechos de botadero). El transporte debe realizarse en un vehículo tipo volqueta. El vehículo debe tener una capacidad mínima de 6 m³, estar equipado con una carpa para controlar la dispersión de material particulado en las vías. Si parte del material transportado cae en las inmediaciones de la obra o en la vía pública, debe ser recogido y depositado nuevamente en el vehículo. La unidad de medida para esta actividad está dada por metro cúbico (M3), y según la base histórica de rendimientos, un excavador rinde 6.5 metros cúbicos de disposición final en una jornada ordinaria en condiciones favorables.

- **Reposición de Concreto de resistencia 3000 psi:** Consiste en la consecución de los materiales como arena, cemento, triturado y agua para la reposición en concreto, con la dosificación de resistencia de 3000 psi. Puede ser mezclado in situ o premezclado de planta certificada. Las reposiciones corresponden a la recuperación final en los acabados, de los sitios intervenidos durante las excavaciones u otras actividades de obra civil.

La unidad de medida para esta actividad está dada por metro cúbico (M3), y según la base histórica de rendimientos, un ayudante de construcción rinde 0.8 metros cúbicos de reposición en concreto en una jornada ordinaria en condiciones favorables.

- **Instalación de tubería:** La actividad implica la instalación de tubería dentro de la excavación previamente realizada, o su colocación a través de tramos ejecutados mediante perforación neumática o dirigida. Esta tarea abarca todas las uniones y

soldaduras necesarias, utilizando el procedimiento de termofusión a tope correspondiente.

La unidad de medida para esta actividad está dada por metro lineal (ML), y según la base histórica de rendimientos, un soldador de tubería de polietileno rinde 35 metros lineales de instalación de tubería en una jornada ordinaria en condiciones favorables.

- **Perforación Horizontal Dirigida:** La perforación horizontal dirigida (PHD) consiste en la instalación de tuberías, cables y conducciones subterráneas sin necesidad de realizar grandes excavaciones en la superficie. Se dispone del equipo y/o maquinaria necesaria para el lanzamiento del dirigido y la instalación de la tubería.

La unidad de medida para esta actividad está dada por metro lineal (ML), y según la base histórica de rendimientos, un equipo de perforación dirigida rinde 3.5 metros lineales de perforación en una jornada ordinaria en condiciones favorables.

4.4 Estimación por Análisis de Precios Unitarios (APU)

Al tener las entradas de descripción de la actividad, rendimiento por cada una de ellas, unidad de medida. Se realiza la estimación de lo correspondiente a salarios vigentes, costo de adquisición de equipos incluyendo depreciación, costos de materiales incluyendo el desperdicio y las posibles alzas en el mercado a lo largo de un periodo específico.

En base a ello se logra generar los siguientes APU por cada actividad:

- Excavación manual y limpieza de zanja:**

DESCRIPCIÓN:					ITEM:	
Excavacion Manual Limpieza de Zanja					UNIDAD: ML	
1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA/DIA	REND. (UN/DIA)	V/UNIT
1.2	Herramienta menor tipo 1	Unidad	1	\$ 4.500	8,00	\$ 563
1.3	señalización(vallas,mallas,colombinas	Unidad	1	\$ 12.000	8,00	\$ 1.500
					SUB-TOTAL	\$ 2.063
2. MATERIALES						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V/UNIT	CANTIDAD	V/UNIT	
-	-					\$ -
					SUB-TOTAL	\$ -
3. MANO DE OBRA DIRECTA						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$) + prestacional/día	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
3.2	Ayudante/Excavador	1	\$ 87.691	8,00	\$ 10.961	
					SUB-TOTAL	\$ 10.961
4. TRANSPORTE						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$)	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
4.1	vehiculo + combustible	1	\$ 120.000	48,0	\$ 2.500	
					SUB-TOTAL	\$ 2.500
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 15.524
6. COSTOS INDIRECTOS						
Descripción				Porcentaje	Valor Total	
Administracion (admon, polizas contrato,seg y salud)				15%	\$ 2.329	
Imprevistos				5%	\$ 776	
Utilidad				5%	\$ 776	
					Sub-Total	\$ 3.881
PRECIO UNITARIO TOTAL						\$ 19.405

Ilustración 4 APU Excavación manual y limpieza de zanja

- Tape y compactación:**

DESCRIPCIÓN: Tape y compactación con material proveniente de la excavación incluye trasiego y tamizado					ITEM:	
					UNIDAD:	ML
1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA/DIA	REND. (UN/DIA)	V/UNIT
1.2	Herramienta menor tipo 1	Unidad	1	\$ 4.500	70,00	\$ 64
1.3	señalización(vallas,mallas,colombinas,	Unidad	1	\$ 12.000	70,00	\$ 171
1.4	Apisonador (canguro)	Unidad	1	\$ 23.148	70,00	\$ 331
					SUB-TOTAL	\$ 566
2. MATERIALES						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V/UNIT	CANTIDAD	V/UNIT	
2.1		Unidad			0	
					SUB-TOTAL	0
3. MANO DE OBRA						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$) + prestacional/día	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
3.1	Ayudante/Excavador	1	\$ 95.383	70,00	\$ 1.363	
					SUB-TOTAL	\$ 1.363
4. TRANSPORTE						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$)	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
4.1	vehiculo + combustible	1	\$ 120.000	420,0	\$ 286	
					SUB-TOTAL	\$ 286
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 2.215
6. COSTOS INDIRECTOS						
Descripción				Porcentaje	Valor Total	
Administracion (admon, polizas contrato,seg y salud)				15%	\$ 332	
Imprevistos				5%	\$ 111	
Utilidad				5%	\$ 111	
					Sub-Total	\$ 554
PRECIO UNITARIO TOTAL						\$ 2.769

Ilustración 5 APU Tape y compactación

- **Corte y rotura de concreto:**

DESCRIPCIÓN: Corte, Rotura y acopio en cualquier tipo de material (Concreto, Asfalto, Tableta, Adoquin, Piedra Colonial y otros)					ÍTEM:	
					UNIDAD: M3	
1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	TARIFA/DIA	REND. (UN/DIA)	VALOR	
1.1	cortadora de piso (disco corte)y pla	-	\$ 23.148	2,40	\$ 9.645,06	
1.2	Compresor Neumático	-	\$ 464.000	2,40	\$ 193.333,33	
1.3	señalización (colombinas, vallas, m	-	\$ 12.000	2,40	\$ 5.000,00	
					SUB-TOTAL	\$ 207.978
2. MATERIALES						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V/UNIT	CANTIDAD	V/UNIT	
2.1		Unidad		1	0	
					SUB-TOTAL	0
3. MANO DE OBRA						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$) + prestacional/día	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
3.1	Oficial de equipos	1	\$ 95.383	2,40	\$ 39.743	
3.2	Ayudante/Excavador	1	\$ 87.691	2,40	\$ 36.538	
					SUB-TOTAL	\$ 76.281
4. TRANSPORTE						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$)	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
4.1	vehiculo + combustible	1	\$ 120.000,00	4,8	25.000	
					SUB-TOTAL	\$ 25.000
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 309.259
6. COSTOS INDIRECTOS						
Descripción				Porcentaje	Valor Total	
Administracion (admon, polizas contrato,seg y salud)				15%	\$ 46.389	
Imprevistos				5%	\$ 15.463	
Utilidad				5%	\$ 15.463	
					Sub-Total	\$ 77.315
PRECIO UNITARIO TOTAL						\$ 386.574

Ilustración 6 APU Corte y Rotura de concreto

- Retiro de escombros y disposición final (RCD):**

DESCRIPCIÓN:					ITEM:	
Cargue retiro y disposición final de RCD					UNIDAD: M3	
1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA/DIA	REND. (UN/DIA)	V/UNIT
1.1	retiro escombros (escombrera certi	m3	1,3	\$ 37.100	1,0	\$ 48.230
1.2	señalización (colombinas, vallas, m	m3	1	\$ 12.000	6,50	\$ 1.846
SUB-TOTAL						\$ 50.076
2. MATERIALES						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V/UNIT	CANTIDAD	V/UNIT	
2.1		Unidad		1	0	
SUB-TOTAL						0
3. MANO DE OBRA						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$) + prestacional/dia	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
3.1	Ayudante/Excavador	1	\$ 95.383	6,50	\$ 14.674	
SUB-TOTAL						\$ 14.674
4. TRANSPORTE						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$)	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
4.1	vehiculo + combustible	1	\$ 120.000,00	32,5	3.692	
SUB-TOTAL						3.692
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 68.443
6. COSTOS INDIRECTOS						
Descripción				Porcentaje	Valor Total	
Administracion (admon, polizas contrato, seg y salud)				18%	\$ 12.320	
Imprevistos				2%	\$ 1.369	
Utilidad				5%	\$ 3.422	
Sub-Total					\$	17.111
PRECIO UNITARIO TOTAL						\$ 85.554

Ilustración 7 APU Retiro de escombros y disposición final (RCD)

- **Reposición de concreto de 3000 psi:**

DESCRIPCIÓN:					ITEM:	
Reposición en concreto de una resistencia de 3000 PSI					UNIDAD: M3	
1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA/DIA	REND. (UN/DIA)	V/UNIT
1.1	Herramienta menor tipo 1	Unidad	1	\$ 4.500	3,60	\$ 1.250
1.2	señalización(vallas,mallas,colombinas)	Unidad	1	\$ 12.000	3,60	\$ 3.333
1.3	Mezcladora	Día	1	\$ 16.204	3,60	\$ 4.501
1.4	Formaleta	Unidad	1	\$ 15.000	3,60	\$ 4.167
					SUB-TOTAL	\$ 13.251
2. MATERIALES						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V/UNIT	CANTIDAD	V/UNIT	
2.1	Cemento	BT	\$ 42.500	7,00	\$ 297.500	
2.3	Arena	m3	\$ 81.250	0,60	\$ 48.750	
2.4	Triturado	m3	\$ 100.000	0,90	\$ 90.000	
					SUB-TOTAL	\$ 436.250
3. MANO DE OBRA						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$) + prestacional/mes	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
3.1	Oficial	1	\$ 95.383	0,60	\$ 158.972	
					SUB-TOTAL	\$ 158.972
4. TRANSPORTE						
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$)	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
4.1	vehiculo + combustible	1	\$ 120.000	3,6	\$ 33.333	
					SUB-TOTAL	\$ 33.333
TOTAL COSTO DIRECTO						\$ 641.807
6. COSTOS INDIRECTOS						
Descripción				Porcentaje	Valor Total	
Administracion (admon, polizas contrato,seg y salud)				15%	\$ 96.271	
Imprevistos				5%	\$ 32.090	
Utilidad				5%	\$ 32.090	
					Sub-Total	\$ 160.452
PRECIO UNITARIO TOTAL						\$ 802.259

Ilustración 8 APU Reposición en Concreto de 3000 psi

- **Instalación de tubería:**

DESCRIPCIÓN:					Instalación de tubería PE para diámetro de 6"		ITEM:
							UNIDAD:
							ML
1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA/DIA	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
1.2	Herramienta menor tipo 2	Unidad	1	\$ 2.250	35,00	\$ 64	
1.3	Equipo de termofusión a Tope	Unidad	1	\$ 37.153	35,00	\$ 1.062	
1.4	Planta electrica	Unidad	1	\$ 37.833	35,00	\$ 1.081	
						SUB-TOTAL	\$ 2.207
2. MATERIALES							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V/UNIT	CANTIDAD	V/UNIT		
2.1		Unidad			0		
						SUB-TOTAL	0
3. MANO DE OBRA							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$) + prestacional/dia	REND. (UN/DIA)	V/UNIT		
3.1	Oficial Soldador	1,0	\$ 95.383	35,00	\$ 2.725		
3.2	Operario tipo 1	1	\$ 87.691	35,00	\$ 2.505		
						SUB-TOTAL	\$ 5.231
4. TRANSPORTE							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$)	REND. (UN/DIA)	V/UNIT		
4.1	vehiculo + combustible	1	\$ 120.000	35,00	\$ 3.429		
4.3	Almacenamiento	1	\$ 20.833	35,00	\$ 595		
						SUB-TOTAL	\$ 4.024
TOTAL COSTO DIRECTO							\$ 11.461
6. COSTOS INDIRECTOS							
Descripción				Porcentaje	Valor Total		
Administracion				15%	\$ 1.719		
Imprevistos				5%	\$ 573		
Utilidad				5%	\$ 573		
						Sub-Total	\$ 2.865
PRECIO UNITARIO TOTAL							\$ 14.326

Ilustración 9 APU Instalación de tubería

- Perforación Horizontal Dirigida:**

DESCRIPCIÓN:					Perforación Dirigida		ITEM:
							UNIDAD:
							m
1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA/DIA	REND. (UN/DIA)	V/UNIT	
1.1	Servicio de perforación dirigida hasta	ML	1	\$ 2.200.000	3,50	\$	628.571
1.2	Herramienta menor tipo 1	Global	1	\$ 4.500	3,50	\$	15.750
1.3	señalización(vallas,mallas,colombinas,	Unidad	1	\$ 12.000	3,50	\$	3.429
SUB-TOTAL							\$ 647.750
2. MATERIALES							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	V/UNIT	CANTIDAD	V/UNIT		
2.1		Unidad			0		
SUB-TOTAL							0
3. MANO DE OBRA							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$) + prestacional/día	REND. (UN/DIA)	V/UNIT		
3.1	Operario tipo 2	1	\$ 95.383	3,50	\$	27.252	
3.2	Operario tipo 1	1	\$ 87.691	3,50	\$	25.055	
SUB-TOTAL							\$ 52.307
4. TRANSPORTE							
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SALARIO (\$)	REND. (UN/DIA)	V/UNIT		
4.1	vehiculo + combustible	1	\$ 120.000	3,5	\$	34.286	
SUB-TOTAL							\$ 34.286
TOTAL COSTO DIRECTO							\$ 734.343
6. COSTOS INDIRECTOS							
Descripción				Porcentaje	Valor Total		
Administracion				15%	\$ 110.151		
Imprevistos				5%	\$ 36.717		
Utilidad				5%	\$ 36.717		
Sub-Total							\$ 183.586
PRECIO UNITARIO TOTAL							\$ 917.929

Ilustración 10 APU Perforación Horizontal Dirigida (PHD)

Estimación del Costo del Proyecto

Una vez se tuvo el desarrollo de la estimación de costos mediante la técnica APU para cada actividad repetitiva y seleccionada, es necesario tener como entrada las cantidades de obra a ejecutar y sus dimensiones. Para ello es indispensable tener juicio de experto o experiencia

del equipo de trabajo para proyectar la ejecución a futuro dependiendo del diámetro de tubería a instalar, tipos de terreno a intervenir entre otros.

Para Excavación Manual se estimó según el reconocimiento del terreno son 850 metros lineales para este ítem, una vez se conoce la cantidad se realiza el cálculo de la siguiente manera:

$$\textit{Excavación manual (ml) * APU de ítem}$$

$$850 \textit{ ml} * \$19.405 = \mathbf{\$16'494.250}$$

Para Tape y Compactación se estimó según el reconocimiento del terreno son 850 metros lineales para este ítem (igual que la excavación manual), una vez se conoce la cantidad se realiza el cálculo de la siguiente manera:

$$\textit{Tape y Compactación (ml) * APU de ítem}$$

$$850 \textit{ ml} * \$2.769 = \mathbf{\$2'353.650}$$

Para Corte y Rotura de concreto se estimó según el reconocimiento del terreno son 200 metros lineales, con un ancho mínimo de 0.50 m (según Anexo Técnico de Vanti) y un espesor de 0.15 m. Una vez se conoce la cantidad se realiza el cálculo de la siguiente manera:

$$\textit{Trazado lineal * ancho * espesor de concreto * APU de ítem}$$

$$200 \textit{ m} * 0.50 \textit{ m} * 0.15 \textit{ m} * \$386.574 = \mathbf{\$5'798.610}$$

Para Retiro de escombros y disposición final es equivalente a la dimensión del Corte y Rotura de Concreto. Una vez se conoce la cantidad se realiza el cálculo de la siguiente manera:

*Volúmen de corte y rotura (m3) * APU de ítem*

$$200 \text{ m} * 0.50 \text{ m} * 0.15 \text{ m} * \$85.554 = \mathbf{\$1'283.310}$$

Para Reposición de concreto de 3000 psi es equivalente a la dimensión del Corte y Rotura de Concreto. Una vez se conoce la cantidad se realiza el cálculo de la siguiente manera:

*Volúmen de corte y rotura (m3) * APU de ítem*

$$200 \text{ m} * 0.50 \text{ m} * 0.15 \text{ m} * \$802.259 = \mathbf{\$12'033.885}$$

Para Instalación de tubería según el diseño del proyecto son 1000 ml. Una vez se conoce la cantidad se realiza el cálculo de la siguiente manera:

*Trazado de tubería (ml) * APU de ítem*

$$1000 \text{ ml} * \$14.326 = \mathbf{\$14'326.000}$$

Para Perforación horizontal dirigida (PHD) se estimó según el reconocimiento del terreno son 150 metros lineales para este ítem. Una vez se conoce la cantidad se realiza el cálculo de la siguiente manera:

*Perforación Horizontal Dirigida (ml) * APU de ítem*

$$150 \text{ ml} * \$917.929 = \mathbf{\$137'689.350}$$

Costo Estimado del Proyecto

Al obtener el costo por cada actividad, se realizó la suma de cada una de ellas estimando finalmente el costo total del proyecto:

\$ 189'979.055

Conclusiones de la estimación

Al concluir la estimación del costo total del proyecto, se observó que la actividad con mayor impacto fue la Perforación Horizontal Dirigida (PHD). Este resultado no fue inesperado, ya que el equipo de trabajo de TECNOGAS LTDA había anticipado que el costo de operación de esta actividad sería significativo. La PHD es una técnica especializada que requiere de maquinaria avanzada y personal capacitado, lo que se traduce en un costo elevado en el mercado. Sin embargo, a pesar de su alto costo, que representa el 71% del costo total del

proyecto, se considera que esta actividad no presenta un riesgo significativo de incremento en los costos estimados.

Este optimismo se basa en las condiciones actuales del mercado, que, según los análisis del equipo, muestran estabilidad en los precios de la PHD. Esta estabilidad se debe a la alta demanda de este tipo de servicio, combinada con una oferta limitada de proveedores en la zona. La poca competencia entre proveedores implica que los precios se mantienen constantes, lo que reduce la probabilidad de variaciones significativas que puedan impactar negativamente en el presupuesto del proyecto. Por lo tanto, aunque la PHD constituye una parte sustancial del costo, la estabilidad del mercado local en esta actividad específica sugiere que el proyecto no enfrentará riesgos importantes de sobrecostos.

Por otro lado, se identificó la importancia crítica de realizar una visita al terreno antes de finalizar la estimación de costos. En este tipo de proyectos, la visita in situ es indispensable para obtener una evaluación precisa de las cantidades de obra necesarias. En este caso particular, se optó por utilizar la técnica de estimación por Análisis de Precios Unitarios (APU), lo que subraya aún más la necesidad de precisión en la medición de las dimensiones de la obra. El nivel de exactitud en estas mediciones influye directamente en el costo total del proyecto, ya que cualquier error o variación en las cantidades calculadas puede llevar a diferencias significativas en el presupuesto final.

El análisis por APU es especialmente ventajoso para empresas constructoras que se dedican a proyectos tipo lineales, como gasoductos y oleoductos. Este enfoque es duradero y confiable a lo largo del tiempo, ya que las condiciones técnicas y los procesos constructivos asociados a este tipo de proyectos tienden a ser bastante estables y predecibles. Las empresas pueden beneficiarse de la consistencia que ofrece el APU, lo que les permite gestionar sus costos de manera más efectiva y con menos incertidumbre. Además, dado que las variaciones en los procesos constructivos son mínimas, el APU proporciona un marco sólido y adaptable para la estimación de costos, lo que facilita la planificación y ejecución de proyectos similares en el futuro.

En resumen, aunque la Perforación Horizontal Dirigida representa una porción significativa del costo total del proyecto, su estabilidad en el mercado y la previsibilidad de sus costos reducen el riesgo de sobrecostos. Al mismo tiempo, la exactitud en la evaluación de las cantidades de obra mediante una visita al terreno y el uso del Análisis de Precios Unitarios aseguran una estimación de costos precisa y confiable, optimizando la gestión del proyecto y garantizando su viabilidad financiera.

5. Conclusiones

Considerando el plan de implementación de la práctica AACE No. 35R-09 – Desarrollo de Planes de Estimación de Costos del presente documento, se muestra cómo se debe llevar a cabo la estimación mediante APU's en clase 3 para proyectos de redes de gas permitiendo tener una consolidación en los procesos de dirección de proyectos eficaces basado en las buenas prácticas, las cuales podemos concluir:

1. En el diagnóstico realizado en la compañía se identificó que no se lleva a cabo el uso de las herramientas y técnicas recomendadas en la AACE o PMI para la correcta estimación de costos. La falta de planificación en llevar a cabo duraciones de actividades y no contar con una sólida estructura de sus costos evidencian unas claras falencias en que la estimación de costos se tenga un alto grado de incertidumbre lo que ocasiona sobrecostos y no se tenga índices de medición de desempeño que garantizan la correcta ejecución y disposición de recursos del proyecto.
2. El plan de estimación de costos mediante el método de APU's diseñado en el presente documento evidencia la estructura y manera de llevar a cabo un correcto análisis de costos, lo cual permite tener claro horas hombre, consumo de materiales y demás hitos que ayudan a disminuir el riesgo en incurrir en sobre costos del proyecto.
3. Se requiere de conocer y realizar un diagnóstico previo a la estimación de costos, como: Ubicación geográfica del proyecto, restricciones y horario laboral,

Comunidad, materiales, Divisas. Lo anterior permite que se tenga un menor grado de incertidumbre en la estructuración de los costos lo que ayuda al a compañía caso de estudio a que desde sus directivas puedan tomar decisiones tempranas basadas en costos reales y claros para una capacidad de respuesta en viabilizar sus proyectos.

6. Recomendaciones

1. Se recomienda a la compañía caso de estudio capacitación a su personal en conocimiento en gestión de costos, lo cual le permitirá poder llevar a cabo practicas adecuadas en estructuración de proyectos basados en la AACE y PMI llevando a cabo los objetivos estratégicos planteados por la organización.
2. Se recomienda organizar la base de datos obtenida durante la ejecución de varios proyectos, lo que permitirá a la organización tener datos históricos que ayuden a estructurar los costos de ejecución de sus proyectos, eliminando reprocesos que ocasionan un alto riesgo en la estimación de los costos.
3. La correcta implementación de las buenas prácticas del presente caso de estudio; También es llevar a cabo el fortalecimiento en los procesos de planificación inherentes a la estimación de costos de los proyectos y estas se basan en algunas prácticas recomendadas por la AACE, como:

Práctica AACE No.32R-04 – Determinación de la Duración de las Actividades.

Práctica AACE No.61R-10 – Diseño de Cronograma.

Práctica AACE No.34R-05 – Base de Estimación de Costos.
4. Finalmente, con el propósito de fortalecer la correcta gestión de los proyectos se debe garantizar desde los cargos directivos las buenas prácticas en estructuración de costos y proyectos que garanticen la correcta ejecución de estos.

Referencias bibliográficas

AACE International (2015). Práctica AACE No. 35R-09. Recuperado el 03 de noviembre de 2023, de <https://www.aace-colombia.org./aaceinternational>.

VANTI (2018). Anexo Técnico de Construcción de Redes de gas en Polietileno. Recuperado el 25 de julio de 2024, de <https://www-grupovanti.com>.