

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**“PLANIFICACIÓN DE LA PROVISIÓN DE GAS NATURAL
POR RED SECUNDARIA MEDIANTE EL USO DEL CYPECAD
PARA LA LOCALIDAD DEL VALLE DE SACTA
COCHABAMBA”**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS,
VERSIÓN III**

RUBÉN GUSTAVO VALDA PARACTA

**Sucre – Bolivia
2024**

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Rubén Gustavo Valda Paracta

Sucre, 01 de mayo de 2024

DEDICATORIA

A mis padres. Este logro es un testimonio de su inmenso amor y dedicación. Valoro mucho las lecciones de vida que me han impartido y por el cariño que siempre me han brindado. Mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar completamente. Este logro es un tributo a su legado y a la eterna admiración que siento por ustedes. Gracias por ser los mejores padres del mundo.

Rubén Gustavo Valda Paracta

AGRADECIMIENTOS

“Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino universitario, y a todos ellos les quiero agradecer por transmitirme los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Sin ustedes los conceptos serían solo palabras, y las palabras ya sabemos quién se las lleva, el viento”

Gracias...

RESUMEN

La investigación se centra en el diseño y planificación de la provisión de gas natural a través de una red secundaria utilizando el software CYPECAD para la localidad del Valle De Sacta en el departamento de Cochabamba. El objetivo es proporcionar una solución eficiente y sostenible para el suministro de gas a la comunidad local. La metodología de investigación tiene un enfoque de tipo mixto, ya que requiere de cálculos matemáticos que sean precisos para su funcionamiento y la descripción detallada para el diseño de una red secundaria de gas natural. El diseño de investigación es no experimental, transversal porque se recoge y analiza datos en un momento determinado y el estudio con este método ofrece resultados más descriptivos. Los resultados obtenidos muestran una planificación precisa de la infraestructura de gas, identificando la ubicación óptima de las tuberías y puntos de conexión con la ayuda del software CypeCad que permitirá un diseño eficiente y optimizado de la red de distribución de gas natural, teniendo en cuenta factores como la topografía del terreno, la demanda de gas, y la capacidad de los conductos. En conclusión, el trabajo de investigación ofrece una solución integral para mejorar el acceso al gas natural en la localidad de Valle De Sacta, contribuyendo al desarrollo económico y satisfaciendo la demanda y necesidades de la comunidad local.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 Planteamiento Del Problema.....	2
1.1.2 Formulación Del Problema.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivo Específicos.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1 Justificación Técnica.....	3
1.3.2 Justificación Económica.....	3
1.3.3 Justificación Social.....	4
1.4 METODOLOGÍA.....	4
1.4.1 Técnicas e instrumentos.....	4

CAPITULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1 Marco Conceptual.....	5
2.1.1.1 Gas natural.....	5
2.1.1.2 Características del gas natural.....	6
2.1.1.3 Ventajas y beneficios del uso del gas natural.....	9
2.1.1.4 Extracción y distribución del gas natural.....	11
2.1.1.5 Red de transporte y distribución del gas natural.....	12
2.1.1.6 Equipos y accesorios en la distribución del gas natural.....	16
2.1.1.7 Aspectos de seguridad y operación de la infraestructura de red secundaria del gas natural.....	19

2.1.1.8 Marco normativo y regulación de la distribución de gas natural en Bolivia	23
2.1.2 Marco Contextual.....	25
2.1.2.1 Información general del departamento de Cochabamba	25
2.1.2.2 Geografía del departamento de Cochabamba.....	26
2.1.2.3 Aspectos geológicos del departamento de Cochabamba.....	26
2.1.2.4 Provincia Carrasco.....	27
2.1.2.5 Localidad de Valle de Sacta.....	28
2.1.2.6 Características de la localidad del Valle de Sacta	29
2.1.2.7 Diagnosticar la demanda y necesidades de gas natural en el Valle de Sacta	30
2.1.2.8 Demanda actual de energía	31
2.1.2.9 Necesidad del gas natural en Villa de Sacta	32
2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.....	33
2.2.1 Selección de datos para el dimensionamiento de la red secundaria de gas natural	33
2.2.2 Planificación Urbana Y Desarrollo De Redes De Gas Natural.....	33
2.2.3 Consideraciones De Zonificación Y Densidad De La Localidad Valle De Sacta	33
2.2.3.1 Zonificación.....	34
2.2.3.2 Densidad y demografía	34
2.2.4 Parámetros de datos de entrada y las condiciones para el modelo de simulación mediante el programa CYPECAD para diseño de la red de distribución de gas red secundaria	35
2.2.4.1 Diámetro de tuberías y colores representativos en el Cype Cad	35
2.2.4.2 Cálculos de implementación del EDR	36
2.2.4.3 Factor de Simultaneidad	37
2.2.4.4 Proyección del caudal de la localidad Valle De Sacta	38
2.2.4.5 Análisis del EDR existente	41

2.2.4.6 Implementación de una red secundaria de gas natural	41
2.2.4.7 Propuestas de conexiones de tubería polietileno para el suministro de gas en la localidad de Villa de Sacta	42
2.2.5 Realizar la simulación de la red secundaria usando el programa CypeCad.	47
2.2.5.1 Paso 1: Dato general de la instalación de gas.....	47
2.2.5.2 Paso 2: Parámetros de la instalación de gas.....	47
2.2.5.3 Paso 3: Límites de la instalación de gas.....	48
2.2.5.4 Paso 4: Coeficientes de instalación de gas	49
2.2.5.5 Paso 5: Excavaciones de instalación de gas.....	49
2.2.5.6 Paso 6: Dato general de edición de nudo.....	50
2.2.5.7 Paso 7: Dato general tramo (SG1 – NC2)	51
2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	52
CAPITULO III: CONCLUSIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Gas natural.....	5
Figura 2:	Gas Natural, fuente de energía.....	6
Figura 3:	Inflamabilidad del gas natural.	7
Figura 4:	Estado físico del gas natural GNL.....	8
Figura 5:	Poder calorífico del gas natural.....	8
Figura 6:	Señalización de gas natural de tuberías enterradas.	9
Figura 7:	Beneficios del gas natural.....	10
Figura 8:	Transporte y distribución del gas natural.	11
Figura 9:	Transporte por gasoductos.	12
Figura 10:	Distribución del gas natural City Gate.	13
Figura 11:	Red Primaria del gas Natural.	14
Figura 12:	Red secundaria gas natural.	15
Figura 13:	Proceso de Distribución interna del Gas Natural.	16
Figura 14:	Estación de compresión (Cit)	16
Figura 15:	Estación distrital de regulación (EDR).....	17
Figura 16:	Estación de regulación y medición PRM)	18
Figura 17:	Tuberías de polietileno PE-AL-PE.....	19
Figura 18:	Tuberías y accesorios de una red secundaria de gas natural.....	21
Figura 19:	Empalme de tubería de polietileno por Termofusión)	22
Figura 20:	Soldadura por electrofusión.	22

Figura 21: Departamento de Cochabamba.	25
Figura 22: Región montañosa de Cochabamba.	27
Figura 23: Provincia de Carrasco.	28
Figura 24: Localidad de Valle De Sacta.	29
Figura 25: Habitante de la localidad de Villa de Sacta cocinando a leña.	30
Figura 26: Conexión de la garrafa a una cocina industrial en Cochabamba.	31
Figura 27: Líneas de enmallación de red secundaria de la localidad de Valle De Sacta.	42
Figura 28: Plano de nodos de distribución del gas natural de la localidad de Valle De Sacta.	44
Figura 29: Dato General del simulador.	47
Figura 30: Parámetros del simulador	48
Figura 31: Límites del simulador	48
Figura 32: Coeficientes del simulador	49
Figura 33: Excavaciones del simulador.....	50
Figura 34: Dato general del nudo en el simulador.....	50
Figura 35: Dato general tramo (SG1 – N2) en el simulador.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aspectos geológicos del departamento de Cochabamba	26
Tabla 2: Sobre precio del GLP	32
Tabla 3: Demografía de Valle De Sacta.	34
Tabla 4: Diámetros de tuberías utilizadas en Bolivia, red secundaria.....	35
Tabla 5: Tasa de crecimiento poblacional Valle De Sacta.....	36
Tabla 6: Tasa de crecimiento poblacional de la localidad Valle De Sacta.	37
Tabla 7: Tabla de simultaneidad del uso del gas natural.....	37
Tabla 8: Porcentaje de equipos de consumo	38
Tabla 9: Cálculo del caudal para una proyección mayor a 20 años.....	39
Tabla 10: Proyección a futuro de la localidad de Valle De Sacta.....	40
Tabla 11: Capacidades de las estaciones del EDR.....	41
Tabla 12: Longitudes propuestas en la localidad Valle De Sacta.	43
Tabla 13: Variables para el diseño de la red secundaria Localidad Valle De Sacta.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A. Logo del programa Cype Cad.
- Anexo B. Red enmallado del gas mediante el programa Cype Cad.
- Anexo C. Instalación de una red secundaria de gas natural.
- Anexo D. Ampliaciones de redes urbanas, tubería de polietileno.
- Anexo E. Construcción de la red secundaria de gas natural.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

A partir del año 1994, el gas natural se convierte en un energético importante en Bolivia. Muchos hogares ya utilizan el gas natural para preparar sus alimentos para la calefacción y otros usos del hogar, ya que se trata de un servicio económico y que permite generar ahorro a la población boliviana dentro de la cadena productiva del gas natural en Bolivia se encuentra el productor, el comercializador el transporte el distribuidor y finalmente el consumidor. (Pérez, 2013, pag.13)

A partir del año 2014, la petrolera estatal Y.P.F.B. toma en cuenta en sus planes de conexión de redes de gas domiciliario a las ciudades de Cobija (Pando) y Trinidad (Beni). El Departamento de Tarija no está incluido en esas proyecciones porque la Empresa Tarijeña del Gas (Emtagas) se encarga de realizar dichas instalaciones. Desde el año de 1994 hasta julio de 2013, las instalaciones de redes de gas natural domiciliario llegaron a 417.041 en todo el país, datos oficiales de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB). (ypfb, 2019).

La ejecución presupuestaria para el tema de conexión de redes de gas es uno de los más altos cerca de un 85%. Con el proyecto Gas Natural Licuado (GNL), Y.P.F.B. busca llegar con gas natural domiciliario a otras 26 localidades del país, donde los gasoductos convencionales no pueden llegar por su elevado costo. El GNL se obtendrá de una planta ubicada en Río Grande, Santa Cruz, y desde allí será transportado en cisternas a plantas de regasificación en esas poblaciones. Para múltiples aplicaciones, el rendimiento de combustión es superior al de otros combustibles por permitir una regulación perfecta y constante del exceso de aire de combustión, la cual puede reducirse al mínimo (ypfb, 2019).

El cálculo, diseño y dimensionamiento de una red de tuberías de distribución de gas natural está basado en modelos matemáticos aplicados a la mecánica de fluidos. en la actualidad, existe software como el CypeCad que brinda facilidad de realizar el cálculo de grandes redes de tuberías que transportan gas natural. en el presente proyecto, se utiliza el programa CypeCad para realizar el cálculo del dimensionamiento de la red secundaria en la localidad del Valle De Sacta Cochabamba (Valda,2023).

1.1.1 Planteamiento Del Problema

En los últimos años Bolivia ha incrementado considerablemente con las instalaciones de gas natural llegando a beneficiar a cerca de 530mil usuarios aproximadamente en todo el país. (YPFB,2022)

La industria de combustibles para el uso doméstico e industrial se limitó por mucho tiempo a la utilización de gas licuado de petróleo, kerosene obtenidos a partir de la refinación del petróleo y otros de menos uso, sin embargo, como se mencionó Bolivia es un estado esencialmente gasífero lo cual requiere que las políticas hidrocarburífera sean bien orientadas con estrategias concretas para lograr una mayor consolidación del Gas Natural en el sector de las familias y de las empresas.

Como principal problemática tenemos la falta de abastecimiento y suministro de gas natural al Valle De Sacta, esto conlleva a vario factores de menos progreso a las industrias en este caso al ámbito gastronómico específicamente, ya que se ven afectados por no tener el flujo constante de su fuente de energía que es el gas es este caso.

La localidad de Valle De Sacta, está en constante crecimiento y la demanda del abastecimiento de gas es cada vez más amplia, debido a su principal fuente de ingresos que es la gastronomía y el crecimiento poblacional que conlleva esta zona por su turismo, el no tener una abastecimiento o suministro de gas natural perjudica a su desarrollo de la localidad . Es por eso que con la aplicación del presente proyecto se verán beneficiadas las diferentes chicharroneras, pollerías, empresas industriales, etc. Por lo tanto, mejorar su economía gracias a que reducirán los costos de manera considerable por medio del suministro directo y constante del gas a domicilio y así satisfacer la demanda a mediano y largo plazo.

1.1.2 Formulación Del Problema

¿De qué manera podría ser implementado el suministro de gas natural y minimizar el desabastecimiento en el municipio del Valle De Sacta Cochabamba?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Planificar la provisión de gas natural por una red secundaria mediante el uso del CypeCad para la localidad del Valle De Sacta Cochabamba.

1.2.2 Objetivo Específicos

- ▶ Diagnosticar la demanda y necesidades de gas natural en el Valle De Sacta, Cochabamba.
- ▶ Seleccionar datos para el dimensionamiento de la red secundaria de gas natural.
- ▶ Definir los parámetros de datos de entrada y las condiciones para el modelo de simulación mediante el programa CypeCad para diseño de la red de distribución de gas red secundaria.
- ▶ Realizar la simulación la red secundaria usando el programa CypeCad.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Técnica

La selección del software CypeCad se basa en su capacidad probada para proporcionar resultados precisos en un tiempo significativamente reducido. Su enfoque de simulación en la investigación de operaciones ofrece flexibilidad y facilidad de uso, permitiendo la optimización del modelo y la mejora continua del proceso de planificación. Al privilegiar el comportamiento del modelo sobre los simples valores numéricos, CypeCad garantiza una toma de decisiones más informada y eficiente, lo que resulta en una implementación más efectiva de la planificación de la provisión de gas natural.

1.3.2 Justificación Económica

El suministro adecuado de gas natural es esencial tanto para los usuarios domésticos como para la industria, ya que impacta directamente en los costos y la productividad. Garantizar un acceso confiable al gas natural no solo reduce los gastos de los usuarios domésticos, equiparándolo en importancia con la electricidad, sino que también optimiza los procesos industriales, lo que se traduce en una mayor eficiencia y competitividad económica. Esto a su vez estimula el crecimiento económico local y regional, promoviendo un desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para la población.

1.3.3 Justificación Social

La implementación de inversiones en el suministro de gas natural no solo impulsa el desarrollo económico, sino que también genera impactos positivos en el bienestar social de la comunidad. La creación de empleos y proyectos relacionados con el gas natural no solo mejora la calidad de vida de los trabajadores y sus familias, sino que también fortalece sectores sociales clave como la educación y la salud.

1.4 METODOLOGÍA

El paradigma de investigación del tema planificación de la provisión de gas natural mediante el uso del CypeCad para el municipio de Valle De Sacta Cochabamba positivista ya que proviene de una experiencia de los sentidos, de lo observable de lo absolutamente objetivo. El tipo de enfoque del tema de investigación es mixto, ya que requiere de cálculo de datos que sean precisos para su funcionamiento y de material de buena calidad y fabricación para un buen funcionamiento de operación.

El tipo de investigación de este tema es descriptivo porque nos ofrece una forma de presentar los fenómenos de forma natural y nos centramos en retratar los detalles de contextos específicos ayudando a los lectores a obtener una comprensión más clara de este tema. El diseño de investigación es no experimental, transversal porque se recoge y analiza datos en un momento determinado y el estudio con este método ofrece resultados más descriptivos que experimentales. Esta investigación también es una investigación documental ya que nos apoyamos en fuentes de carácter documental, de cualquier especie, considerando una investigación explicativa porque tiene relación causal, no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo.

1.4.1 Técnicas e instrumentos

Las técnicas que utilizamos en estema de investigación son mediante observación y entrevista, como instrumento tendremos consulta bibliográfica en el proyecto se realizará una revisión de fuentes bibliográficas como libros, textos y autores para brindar todo el apoyo teórico al proyecto y reforzar los criterios teóricos que sustenten el proyecto también como instrumento fundamental se utilizará el software CypeCad

CAPITULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Marco Conceptual

2.1.1.1 Gas natural

El gas natural, que actualmente está siendo muy usado en el mundo entero, es un combustible fósil gaseoso formado de manera natural debajo de la superficie terrestre, que típicamente se lo encuentra en o cerca de yacimientos de petróleo. El gas natural se halla comprimido (presión superior a la atmosférica) en rocas porosas y arcillas esquistosas en estratos inferiores. El gas natural es una mezcla de hidrocarburos y pequeñas cantidades de otros gases, o se halla mezclado en una solución con petróleo crudo. Procede de la descomposición de los sedimentos de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos. La composición volumétrica tipo del gas natural tiene variaciones según sea su procedencia o localización del yacimiento. El gas natural crudo contiene metano y, en menores cantidades, etano, propano, butano, pentano y otros compuestos químicos. También, en forma mínima, el gas natural contiene nitrógeno orgánico y azufre que prácticamente se presentan en cantidades ínfimas y, en algunos casos, dióxido de carbono y nitrógeno que no son combustibles. Este gas, extraído de los yacimientos gasíferos y petrolíferos, es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y menos denso que el aire. Es la energía más limpia, menos contaminante y con menor contenido de carbono de todos los combustibles fósiles. Su combustión emite a la atmósfera menos dióxido de carbono que el carbón y el petróleo, contribuyendo, de esta forma, a la disminución del efecto invernadero. (Ochoa Capaico, 2015)

Figura 1:

Gas natural.

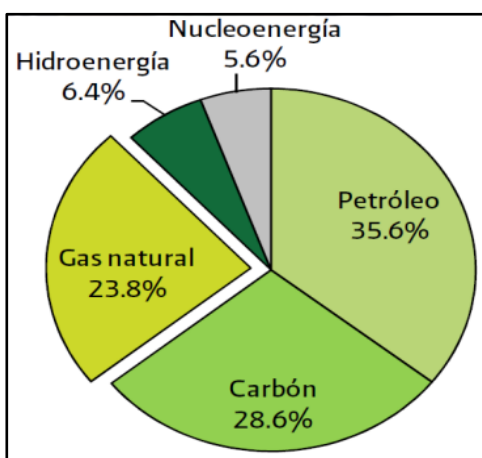


Fuente: Obtenido de Revista RD energía, Bolivia, 2016.

2.1.1.2 Características del gas natural

Una de las características más importantes es que el gas natural se consume tal y como se encuentra en la naturaleza, desde que se extrae de los yacimientos hasta que llega a los hogares y puntos de consumo, el gas natural no pasa por ningún proceso de transformación en la siguiente figura se observa el consumo de gas en comparación con otras fuentes de energía. (Ochoa Capaico, 2015)

Figura 2:
Gas Natural, fuente de energía.



Fuente: Obtenido de Carlos Chipana, La Paz, 2019.

► **Densidad:** El gas natural es entre 35% a 40% menos denso que el aire, lo que significa que se disipa en la atmósfera en caso de fuga, disminuyendo el peligro de explosión. La densidad relativa del gas natural con respecto al aire es aproximadamente 0,6.

► **Sabor color y olor:** En su estado original, el gas natural es insípido, incoloro e inodoro, es decir no tiene sabor, no tiene color y tampoco tiene olor. Por ello se agrega un compuesto químico llamado mercaptano que permite que las personas con sentido normal del olfato detecten su presencia

► **Toxicidad:** El gas natural no produce envenenamiento al ser inhalado. La razón es que ninguno de sus componentes (metano, etano, nitrógeno, dióxido de carbono) es tóxico. De todos modos, debe tomarse precauciones en recintos cerrados, ya que una fuga muy grande podría desplazar el aire del recinto y producir asfixia (falta de oxígeno). (Amir Viruez, 2022)

► **Inflamabilidad:** La combustión se produce con la presencia de combustible, oxígeno (comburente) y calor. Estos tres elementos forman el llamado triángulo de combustión. Si cualquiera de ellos no se encontrara, simplemente no habría combustión. Para que se produzca la combustión es necesario que el combustible y el oxígeno estén en una proporción correcta. La combustión sólo se produce si la mezcla aire gas tiene entre un 5% y un 15% de gas. Esto significa que al existir una cantidad menor a 5% de gas en la mezcla, no habrá combustión; igualmente, si la concentración de gas es superior a 15% tampoco se producirá combustión. El gas natural, debe mezclarse con aire antes de la combustión para proporcionar una cantidad suficiente de oxígeno. La mezcla de aire y combustible surge del quemador a una velocidad mayor a la de la propagación de la llama, evitando así el retroceso de ésta al quemador. (Ochoa Capaico, 2015)

Figura 3:

Inflamabilidad del gas natural.



Fuente: Obtenido de extintores presman,2015.

► **Temperatura de ignición:** Es la temperatura mínima que debe alcanzarse para que pueda realizarse y propagarse la combustión de una mezcla aire-gas. El autoencendido de una mezcla aire-gas natural se da en un intervalo de 650°C a 750°C.

► **Estado físico:** El gas natural a temperatura ambiente es permanentemente gas. Esto significa que, aunque se le aplique mucha presión en condiciones normales de temperatura (alrededor de 15 °C), no cambiará su estado, es decir, permanecerá como gas. Sin embargo, es posible licuarlo (generando el gas natural licuado GNL) al disminuir la temperatura a niveles que pueden alcanzar los -161 °C. Esta operación es del alto costo, por lo que es conveniente transportarlo en estado gaseoso mediante redes de tuberías (gasoductos). (Amir Viruez, 2022)

Figura 4:

Estado físico del gas natural GNL.



Fuente: Obtenido de agencia nacional de hidrocarburos,2021.

► **Poder calorífico:** El poder calorífico corresponde a la cantidad de calor que emite la combustión de una cierta cantidad de combustible. La combustión completa de un metro cúbico de gas natural genera alrededor de 9.300 kilocalorías (11 kWh). Estos valores corresponden al PCS (Poder Calorífico Superior), siendo el Poder Calorífico Inferior de un valor del 90% del anterior. (Amir Viruez, 2022)

Figura 5:

Poder calorífico del gas natural.



Fuente: Obtenido de Primagas,2015.

2.1.1.3 Ventajas y beneficios del uso del gas natural

El gas natural ofrece múltiples beneficios en comparación con otras fuentes de energía. Es más limpio al quemarse y permite satisfacer la creciente demanda mundial de energía. A continuación, se detalla las principales ventajas de este hidrocarburo. (nedgia,2018)

- ▶ **Es una de las fuentes no renovables más limpias:** El gas natural es el hidrocarburo más limpio al quemarse, ya que produce aproximadamente la mitad del dióxido de carbono (CO_2) y genera solamente la décima parte de los contaminantes del aire que emite el carbón cuando se quema para generar electricidad. (nedgia,2018)
- ▶ **Buen complemento para las fuentes de energías renovables:** El gas natural es un buen puente para las fuentes de energías renovables como la energía eólica y la solar, que solamente están disponibles cuando sopla el viento y brilla el sol. (nedgia,2018)
- ▶ **Es versátil:** El gas natural proporciona electricidad, calor y frío a industrias, hogares y lugares de trabajo. También se puede usar como combustible de menor contenido de carbono para barcos, camiones, autobuses y trenes. (nedgia,2018)
- ▶ **Con el gas natural nunca te quedarás sin combustible:** Las tuberías subterráneas evitan interrupciones provocadas por tormentas y demás fenómenos externos. Además, y a diferencia de otras energías que dejan ceniza y olores, el gas natural proporciona máxima limpieza en el hogar. Esta energía produce un calor instantáneo y acogedor, facilita cocinados precisos y duchas agradables sin cortes de agua caliente. (nedgia,2018)

Figura 6:

Señalización de gas natural de tuberías enterradas.



Fuente: Obtenido de Yacimientos petrolíferos fiscales, 2021.

► **El gas natural es una energía que permite optimizar la economía doméstica:** En líneas generales y en comparación con el resto de las alternativas, garantiza un precio más barato en lo que respecta al kWh, lo que se traduce en ahorro mes a mes. Además, es la energía con los precios más estables de los últimos 15 años. (nedgia,2018)

► **El gas natural es una de las fuentes de energía más seguras del mundo:** Como el gas natural es más liviano que el aire, puede elevarse y dispersarse rápidamente si se ventila la casa. Las instalaciones domésticas se revisan obligatoriamente cada 5 años y, en lo que respecta al suministro, se transporta a través de barcos, camiones cisterna o tuberías. (nedgi,2018)

► **El gas natural produce menos contaminación que otros combustibles:** Si bien no es plenamente limpio como en el caso de las renovables. Esta energía produce un tercio menos de dióxido de carbono que el carbón y la mitad que el petróleo cuando se quema. También neutraliza casi por completo el azufre, lo que reafirma su contribución a la sostenibilidad. (nedgia,2018)

► **Es una energía que cuenta con un sólido respaldo y un aumento progresivo de usuarios:** El gas natural crece año tras año en nuestro país. Esto es una garantía de proyección de futuro y confianza a la hora de apostar por la mejor energía para el hogar. (nedgia,2018)

Figura 7:

Beneficios del gas natural.



Fuente: Obtenido de Yacimientos petrolíferos fiscales, 2021.

2.1.1.4 Extracción y distribución del gas natural

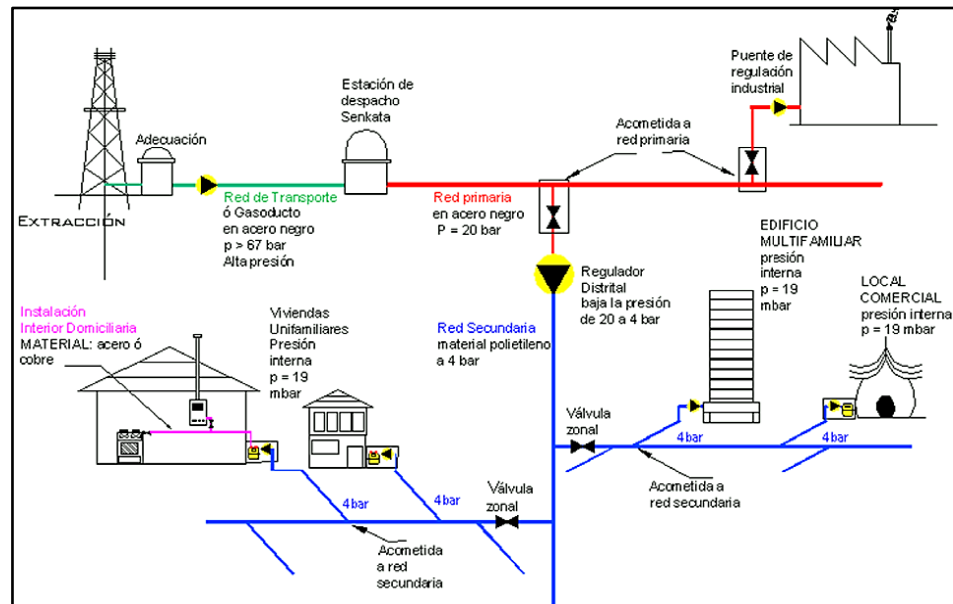
► Componentes básicos de la infraestructura de distribución

Una vez que el gas natural es extraído, mediante perforaciones de yacimientos que se localizan en el subsuelo o bajo el mar, generalmente entre 1,5 y 4 km de profundidad, debe ser tratado para su uso industrial, comercial o doméstico. El gas natural al extraerse es inodoro, incoloro, no tóxico y menos denso que el aire. Es así como al gas de uso doméstico se le agrega un poco de mercaptano, para que sea fácil detectar una fuga. Lo primero que se separa son aquellos gases que no tienen aporte energético (como el nitrógeno y el dióxido de carbono). Luego, elementos como el propano, butano e hidrocarburos, también son apartados, ya que pueden provocar accidentes durante la combustión del gas natural. Por la misma razón, el vapor de agua es extraído y también debido a que presiones elevadas y a temperatura ambiente produce hidratos de metano que pueden tapan los conductos por donde se transporta el gas (gasoductos) (Amir Viruez, 2022)

El siguiente gráfico muestra el proceso de distribución y transporte del gas natural en nuestro contexto:

Figura 8:

Transporte y distribución del gas natural.



Fuente: Obtenido de Yacimientos petrolíferos fiscales, 2021.

El régimen de presión del Sistema de Distribución de Gas Natural e Instalaciones se clasifica de acuerdo al siguiente rango de presiones: (Natural, 2021)

- ▶ Baja Presión (BP): Mayor a cero hasta 50 mbar inclusive
- ▶ Media Presión A (MPA): Mayor a 50 mbar hasta 0,4 bar inclusive
- ▶ Media Presión B (MPB): Mayor a 0,4 bar hasta 4 bar inclusive
- ▶ Alta Presión (AP): Mayor a 4 bar hasta 42 bar inclusive

2.1.1.5 Red de transporte y distribución del gas natural

▶ **Trasporte por gaseoducto:** El sistema clásico de transporte de gas entre dos puntos determinados es el gasoducto (tuberías de acero con carbono, de elevada elasticidad), bien enterrado en la superficie terrestre. La capacidad de transporte de los gasoductos depende de la diferencia de presión entre sus extremos y de su diámetro (a medida que éste aumenta, lo hace la capacidad de transporte). Un gasoducto es una conducción de tuberías que sirven para transportar gases combustibles a gran escala (40 bar). Es muy importante su función en la actividad económica actual. Consiste en una conducción de tuberías por las que gases combustibles, principalmente el gas natural, circulan a alta presión desde un punto de origen. Hasta un centro de distribución. Se construyen enterrados en zanjas a una profundidad habitual de un metro y hasta dos metros, dependiendo del terreno y la seguridad. Excepcionalmente, se construyen en superficie. (anh,2016)

Figura 9:

Transporte por gasoductos.



Fuente: Obtenido de YPFB TRANSPORTE S.A.,2016

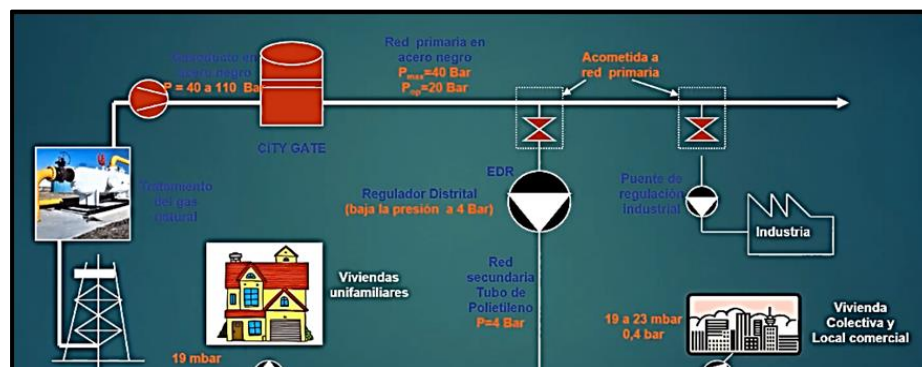
Por razones de seguridad, las normas de todos los países establecen que a intervalos determinados se sitúen válvulas en los gasoductos, mediante las que se pueda cortar el flujo de gas en caso de algún incidente (como la falta de presión por una fuga de gas). Además, si el gasoducto es muy largo, puede ser necesario situar estaciones de compresión a intervalos, así como cables de fibra de tubería), estaciones de emergencia, equipos contra incendios y caminos para poder acceder al lugar de la fuga de gas. La forma de hacer circular el gas a través de los gasoductos no es otra que aumentar en determinados puntos de los mismos la presión del gas. Esta acción se realiza en las estaciones de compresión, que aseguran la correcta circulación de los caudales de gas, compensando las pérdidas de presión que se producen en el transporte. El control de los flujos de gas se realiza desde instalaciones donde se reciben las medidas de presiones, temperaturas, caudales y poderes caloríficos (energías de control, 2019)

Las infraestructuras existentes en el sistema gasista para el transporte de gas comprenden los gasoductos, estaciones de compresión, estaciones de regulación y medida, EDR centros de control. (energías de control, 2019)

► **Distribución del gas natural**

La distribución del gas natural comienza con una red primaria. Esta red primaria pasa a través de una “estación distrital” para formar una red secundaria, y posteriormente una instalación doméstica, El City Gate es un puente de regulación y medición que realiza la función de regular la presión de transporte de 1400 PSI a presión de distribución por red primaria a 350 PSI. Una red primaria está comprendida desde el punto de extracción del gas hasta el Cyte Gate: (ypfb,2013).

Figura 10:
Distribución del gas natural City Gate.



Fuente: Obtenido de gerencia de redes de gas,2015.

► **Red primaria:** Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 4 bar hasta 42 bar inclusive, compuesta por tuberías de acero, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, que conforman la matriz del Sistema de Distribución. (Agencia Nacional De Hidrocarburos, 2016, pág. 4)

En este sistema se realiza la construcción de líneas principales o matrices que conforman el plan maestro de distribución. Este sistema, opera a alta presión (300 psi equivalentes aproximadamente a 20 bar), y sirve de alimentación secundario, a usuarios industriales y grandes consumidores). (Sanjinez Zavaleta & Martinez Zambrana , pág. 8)

Figura 11:

Red Primaria del gas Natural.



Fuente: Obtenido de distrito redes de gas Cochabamba,2015.

► **Red secundaria:** Es un Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 0,4 bar hasta 4 bar inclusive, compuesta por tuberías, Acometidas, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, abajo de la brida de salida de la Estación Distrital de Regulación. Sistemas de tuberías generalmente de polietileno que se derivan de las líneas primarias desde las salidas de la estación distrital de regulación (EDR) y se extienden hasta la línea de acometida de todos los usuarios en un sector determinado de la red de distribución. (anh,2016)

Está formada por una red de tuberías, que alimenta a sus usuarios industriales, medianos y pequeños comerciales y domésticos.

Figura 12:

Red secundaria gas natural.



Fuente: Obtenido de distrito redes de gas Cochabamba,2015.

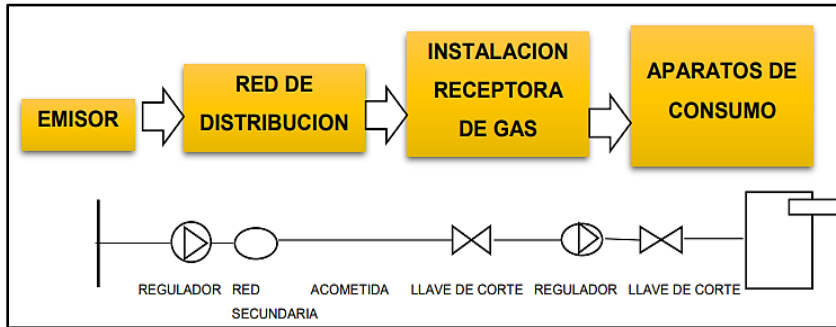
► **Instalaciones internas de Gas Natural:** Es el elemento de la conexión domiciliaria, constituido por tuberías, válvulas de protección, acoples y elementos de control, que une la acometida con los diferentes artefactos a gas natural instalados en el domicilio del consumidor. La instalación interna o red interna se estructura e instala según las preferencias del usuario y puede ser a la vista (tubería expuesta) o empotrada (tubería dentro de la pared), En los últimos años se ha visto un crecimiento acelerado de las instalaciones de gas natural en Bolivia, ya sean de categoría doméstica, comercial o industrial.

Es un conjunto de tuberías por lo general de A.G (acero galvanizado), unido mediante accesorios de A.G roscados o soldados que distribuyen el gas natural regulado a 19 mbar o 140 mbar hasta los aparatos como ser: cocina, calefón, termo tanques, hornos, etc.

El gas natural es utilizado a distintas presiones según su uso. En el caso del uso doméstico se puede mostrar el proceso de distribución mediante la siguiente figura:

Figura 13:

Proceso de Distribución interna del Gas Natural.



Fuente: Obtenido de distrito redes de gas Cochabamba,2015.

2.1.1.6 Equipos y accesorios en la distribución del gas natural

► **Estación de compresión (City Gate):** La estación de compresores de gas natural desempeña un papel fundamental en la industria del petróleo y el gas. Las empresas construyen estas estaciones a lo largo de gasoductos naturales y las utilizan para comprimir gas de modo que se pueda seguir fluyendo aguas abajo hasta su destino final, que puede ser una instalación de procesamiento, un tanque de almacenamiento o empresas minoristas o servicios públicos. Después de haber pasado por el City Gate comienza la red secundaria en la cual nos enfocaremos específicamente en el presente proyecto. ([ypfb,2023](#))

Figura 14:

Estación de compresión (Cit



Fuente: Obtenido de YPFB TRANSPORTE, 2017

► **Estación distrital de regulación (EDR):** Se denomina estación de regulación y medida al conjunto de elementos (válvula de corte de entrada, filtro, regulador de presión, tuberías, intercambiadores de calor, bomba hidráulica, medidores de caudal, controladores, válvulas de seguridad y seccionamiento, manómetros, etc.) destinado a efectuar la regulación, control y medición del gas suministrado a redes de gas secundarias. El gas natural que se suministra a la red final de consumo ha de tener unas condiciones muy determinadas. Debe tener una presión en un rango concreto, debe llegar a una temperatura correcta y el grado de limpieza debe estar controlado. Por último, debe conocerse la cantidad de gas que se consume y su poder calorífico, a efectos de facturación del combustible consumido. (ypcb,2023)

Figura 15:

Estación distrital de regulación (EDR)



Fuente: Obtenido de distrito redes de gas Cochabamba,2015.

► **Puente de regulación y medición (PRM):** Tiene como función regular la presión y caudal de suministro de gas a los consumidores sean ellos industriales o domésticos, para mantener siempre una presión constante y medir la cantidad suministrada a la instalación. El sistema de medición debe cumplir con los requerimientos de la compañía suministradora. (S. Sousa,2016)

Básicamente, el puente de regulación y medición contará con una válvula de bloqueo general de entrada de $\frac{1}{4}$ de vuelta de accionamiento manual, un filtro o separador de polvo tipo seco o separador de polvo y líquido según corresponda, reguladores de presión con sus correspondientes válvulas de bloqueo, manómetros, válvulas de seguridad, válvulas manuales de puesta en marcha, sistema de medición, Juntas Aislantes, válvula de bloqueo general de salida y cuando corresponda equipo de odorización o sistema de detección de gas. El puente de regulación y medición puede ser de una rama o de dos ramas paralelas, constituida en este caso por una rama principal y una rama en reserva (standby), cuando resulte impracticable la interrupción del suministro de gas.

Figura 16:

Estación de regulación y medición PRM



Fuente: Obtenido de gerencia de ductos,2014

2.1.1.7 Aspectos de seguridad y operación de la infraestructura de red secundaria del gas natural

► **Tratamiento:** El tratamiento del gas natural implica el reagrupamiento, acondicionamiento y refinado del gas natural bruto con el fin de transformarlo en energía útil para las diferentes aplicaciones. Este proceso supone primero una extracción de los elementos líquidos del gas natural y después una separación entre los diferentes elementos que componen los líquidos. (gasmit,2023)

► **Materiales:** Para la selección de los materiales a utilizar en la construcción de las redes externas se tienen en cuenta diferentes aspectos, tales como: Costos, facilidad de transporte y manipulación del material, seguridad en su operación, etc. El material más utilizado actualmente en la construcción de una red secundaria para gas, por su versatilidad, facilidad de manejo y resistencia a la corrosión, es el polietileno. (gasmit,2023)

► **Tubería de polietileno:** Los tubos de polietileno se designan por su resistencia a la tracción a largo plazo (50 años) y por su espesor expresado por su standard dimensión ratio ($SDR = \text{Diámetro Exterior} / \text{espesor}$). Los polietilenos cuya resistencia a la tracción a largo plazo es de 80 Kg/cm², son denominados PE 80, en cuanto al espesor están normalizados, según su relación, Diámetro exterior / espesor, $SDR = 11; 17,6; 21$; etc. Para las redes de distribución de gas (con presiones máximas de 4 bar), se utilizan, como mínimo, las siguientes calidades y espesores: Para PE 80; $SDR = 11$; Para PE 100; $SDR = 17.6$. (gasmit,2023)

Figura 17:

Tuberías de polietileno PE-AL-PE.



Fuente: Obtenido de tuval,2023.

► **Accesorios:**

Los accesorios de una red secundaria de gas natural son componentes clave para garantizar un suministro seguro y eficiente de gas a los consumidores. Entre los accesorios más comúnmente empleados en la construcción de redes de gas secundaria se tiene:

Válvulas de seccionamiento: Se utilizan para aislar secciones de la red, permitiendo el mantenimiento y la reparación sin interrumpir todo el suministro.

Válvulas de regulación de presión: Regulan la presión del gas en la red secundaria para mantenerla dentro de los límites seguros.

Reguladores de presión: Instalados cerca de los puntos de consumo, ajustan la presión del gas para que sea adecuada para su uso doméstico o industrial.

Válvulas de alivio de presión: Se abren automáticamente si la presión del gas supera un nivel seguro, evitando daños en la red.

Medidores de flujo: Miden la cantidad de gas que fluye a través de la red, lo que ayuda en la facturación y en el control del consumo.

Filtros de gas: Retienen impurezas y partículas sólidas presentes en el gas, evitando que obstruyan tuberías y equipos.

Dispositivos de seguridad: Incluyen sistemas de detección de fugas, alarmas de gas y válvulas de cierre automático en caso de emergencia.

Dispositivos de conexión: Como codos, tes, reducciones y adaptadores, que permiten la conexión de tuberías en ángulos, bifurcaciones o para cambiar de tamaño.

Tuberías y accesorios de tuberías: Tubos de acero o polietileno de alta densidad (PEAD) junto con codos, uniones, tapones, etc.

Equipos de medición y control: Incluyen sistemas de telemetría para monitorear la red a distancia, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para el control centralizado, y sistemas de automatización.

Válvulas de purga: Utilizadas para eliminar aire o gases no deseados de la red.

Dispositivos de protección catódica: Se utilizan para proteger las tuberías de acero contra la corrosión.

Entre los accesorios más comúnmente empleados en la construcción de redes de gas tenemos: Cuplas, Codos de 90 y 45, Tees normales, Tees reducción, Cuplas de reducción, etc.

Figura 18:

Tuberías y accesorios de una red secundaria de gas natural.



Fuente: Obtenido de TuvalRep, 2023.

► **Tipos de empalmes utilizados en las tuberías de una red secundaria**

Termofusión: es una técnica de soldadura de baja complejidad, rápida y de bajos costos, se realiza con el objetivo de unir tubos de polietileno de alta densidad y sus respectivos accesorios. El procedimiento consiste en que las superficies que se unirán se calientan a una temperatura adecuada para la correcta fusión, y se aplica presión para optimizar la seguridad de la unión. (Thiessenperu,2022)

Figura 19:

Empalme de tubería de polietileno por Termofusión



Fuente: Obtenido de redes de gas Chuquisaca,2020.

► **Electrofusión:** Ese es el método que se utiliza para derretir el plástico de los tubos y del propio manguito de termofusión. El calor que se aplica es suficiente para alcanzar el punto de fusión en termoplásticos como el HDPE y el polipropileno (PP-R). Gracias a eso, se unen los accesorios de electrofusión con las tuberías que deben ser soldadas los accesorios conectados con una fuente de energía controlada. (igc,2022)

A continuación, se nombra los requisitos para poder obtener una buena soldadura:

Limpiar y raspar la tubería, ensamblar el fitting en la tubería, sostener la conexión para prevenir movimientos y para ayudar en el alineamiento durante el proceso de fusión. Respetar el voltaje correcto, el tiempo de fusión y el tiempo de enfriamiento.

Figura 20:

Soldadura por electrofusión.



Fuente: Obtenido de manual de soldadura YPFB,2019.

2.1.1.8 Marco normativo y regulación de la distribución de gas natural en Bolivia

Constitución política del estado

En Bolivia, hasta hace poco estaba vigente el Decreto Supremo N° 28291 de 11 de agosto de 2005, que reglamentaba la ley de hidrocarburos del 15 de mayo de 2005. Este Decreto Supremo también aprobaba y tenía como anexo el reglamento de Distribución de Gas Natural por Redes.

Actualmente, se encuentra vigente el Decreto Supremo N° 1996 de 14 de mayo de 2014, que aprueba los siguientes reglamentos:

- ▶ Reglamento de Distribución de Gas Natural por Redes en sus ochenta y tres (83) artículos y tres (3) disposiciones transitorias.
- ▶ Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e instalaciones internas en sus veintiocho (28) Artículos y una (1) Disposición Transitoria.
- ▶ Aplicación de la ley de hidrocarburos 3058, Decreto supremo N°1996
- ▶ **Anexo I:** Diseño de redes.
- ▶ **Anexo II:** Construcción de redes de gas natural.
- ▶ **Anexo III:** Operación y mantenimiento de redes de gas natural.
- ▶ **Anexo IV:** Calidad del gas.
- ▶ **Anexo V:** Instalaciones de categoría doméstica y comercial de Gas Natural. El presente Reglamento tiene por finalidad establecer las condiciones de seguridad, confiabilidad, conservación y uniformidad de requerimientos técnicos, para todas las instalaciones de GN citadas en los alcances.
- ▶ **Anexo VI:** Normas y recomendaciones para uso de Gas Natural de instalaciones industriales.
- ▶ **Anexo VII:** Estaciones Distritales de Regulación.

El Anexo VII es de reciente creación, pero los demás anexos ya existían desde hace varios años, sin embargo, en la gestión 2014 han sido modificados y mejorados. Todos estos anexos están disponibles en la página de internet oficial de la Agencia Nacional de Hidrocarburos de Bolivia.

► **Ley de hidrocarburos N°3068**

Artículo 25: Las atribuciones del ente regulador son entre otros:

Otorgar concesiones, licencias y autorizaciones para las actividades sujetas a regulación
Llevar un registro nacional de las personas individuales y colectivas que realicen actividades hidrocarburífera en el país. Aprobar tarifas para las actividades reguladas y fijar precios conforme al reglamento.

► **El Reglamento de Distribución de Gas Natural por Redes**

Define las normas técnicas, legales, económicas y los trámites administrativos para la distribución de gas natural por redes en Bolivia. Aplica a todas las entidades involucradas en esta actividad: distribuidoras, usuarios y relacionados. La distribución se considera un servicio público continuo, desde la recepción del gas hasta su entrega final. Es un servicio de interés estatal para satisfacer las necesidades energéticas de la población. Además, se rige por los principios de la Ley de Hidrocarburos y establece normas de seguridad y calidad para la infraestructura de gas, con estándares nacionales e internacionales obligatorios para plantas de GNL y regasificación.

► ASTM A-120: Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped Zinc-Coated (Galvanized) Welded and Seamless for Ordinary Uses (Especificación para tubería de acero negro y galvanizado soldado y sin costura para usos ordinarios).

► ASTM A-53: Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless (Especificación normalizada para tubos de acero negro e inmersos en caliente, galvanizados, soldados y sin costura).

► ASTM B42: Standard Specification for Seamless Copper Pipe, Standard Sizes (Especificación estándar para tubos de cobre sin costura, tamaño estándar). - ASTM B88: Standard Specification for Seamless Copper Water Tube (Especificación estándar para tubos de agua de cobre sin soldadura).

► ASTM A-234: Standard Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and High Temperature Service (Especificación estándar para accesorios de tuberías de acero al carbono forjado y acero de aleación para servicio de moderada y alta temperatura).

2.1.2 Marco Contextual

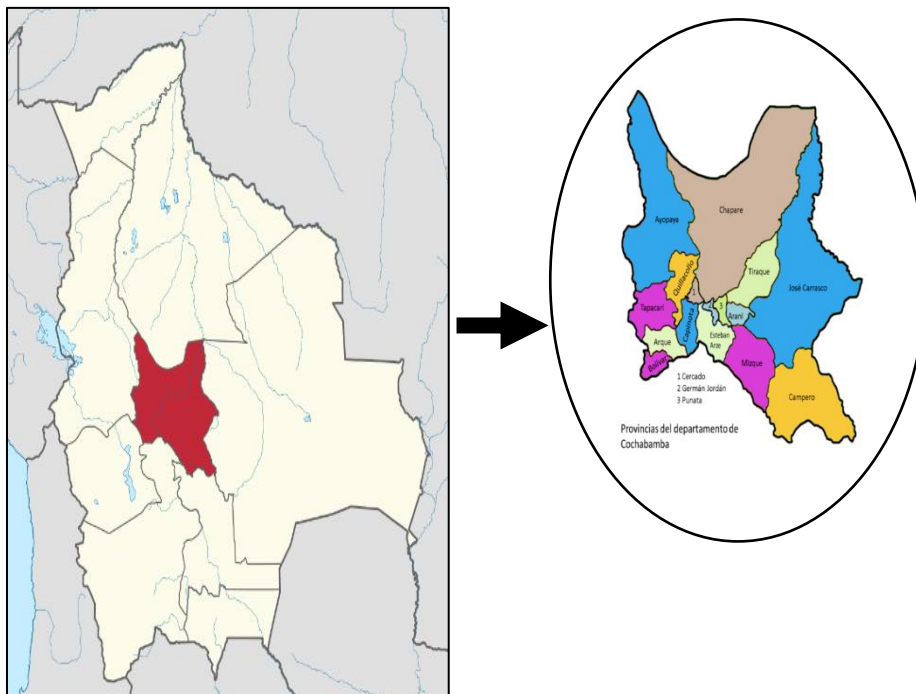
2.1.2.1 Información general del departamento de Cochabamba

Cochabamba es una ciudad boliviana, ubicada en los valles interandinos en el centro del país. Es así mismo capital de la provincia de Cercado y del departamento homónimo. Tiene una población estimada de 856,198 habitantes a 2022, y de 1.5 millones en su área metropolitana,⁴ llamada también como Región metropolitana de Kanata, (RMK) a la que pertenece, junto a los municipios de: Sacaba, Quillacollo, Colcapirhua, Tiquipaya, Vinto y Sipe.

Cochabamba se encuentra en un valle de tierra fértil y productiva a 2558 m de altura. La ciudad, rodeada por campos de cultivos y valiosos vestigios pre - incaicos e incaicos, conserva su personalidad virreinal a la vez que se constituye como un importante centro agropecuario, manufacturero, comercial e industrial. Es considerada una de las tres principales ciudades de Bolivia, formando parte del denominado eje troncal, junto con las ciudades de Santa Cruz de la Sierra y Nuestra Señora de La Paz. (GAMVS, 2015)

Figura 21:

Departamento de Cochabamba.



Fuente: Obtenido de gobernación municipal de Cochabamba, 2015.

2.1.2.2 Geografía del departamento de Cochabamba

El departamento de Cochabamba se encuentra en el centro de Bolivia, pertenece a las zonas andina y de los llanos este tiene una superficie de 55.631 km², 5% del territorio nacional. Su capital es la ciudad de Cochabamba, asentada a una altitud de 2.558 metros, está ubicada en los 17° 25' de latitud sur y 66° 10' de longitud oeste. La cordillera de Cochabamba da origen a numerosos valles, divididos en dos regiones, valle alto y valle bajo, separados por la represa de la Angostura, poblaciones del valle alto que conforma Punata, Cliza, Tarata, Totorá, San Benito, Arani, Mizque y poblaciones del valle bajo Vinto, Quillacollo, El Paso, Tiquipaya, Capinota, etc. Entre la cordillera y el subandino se hallan valles profundos llamadas yungas. (GAMVS, 2015)

2.1.2.3 Aspectos geológicos del departamento de Cochabamba

La geología regional del área de estudio, presenta un comportamiento heterogéneo y complejo, con cambios litológicos en tramos cortos. Las eras que se presentan corresponden a la Era Paleozoica con el Sistema Ordovícico que cubren gran parte del área de estudio y tienen una gran incidencia tanto a nivel local como regional, la Era Cenozoica con el sistema Cuaternario. (GAMVS, 2015)

Tabla 1:

Aspectos geológicos del departamento de Cochabamba.

Era	Sistema	Grupo	Formación
Cenozoico	Cuaternario	Sedimentos sueltos	Depósitos aluviales
			Depósitos coluviales
Paleozoico	Ordovicio	Ordovicio	Formación Anzaldo
		Sedimentario	Formación Capinota

Fuente: Obtenido de informe técnico de geología YPFB TRANSPORTE S.A.

La formación de los depósitos coluviales se trata de material detrítico heterogéneo constituido por arena, grava y bloques autóctonos de diferente tamaño, que, debido a la gravedad, caen de las partes altas a las faldas de los cerros o áreas de pendientes suaves y permanecen allí acumulándose durante mucho tiempo. Son depósitos de ladera, producto de desprendimientos o deslizamiento de roca o suelo, erosión, o actividad biológica y son materiales muy susceptibles a los deslizamientos, los coluviones es un indicativo de la inestabilidad de una región, así mismo, es una evidencia de que han ocurrido deslizamientos en el pasado (Abeykoon, 2000).

Figura 22:

Región montañosa de Cochabamba.



Fuente Obtenido de Geotecnia Bolivia, 2015

2.1.2.4 Provincia Carrasco

La provincia de José Carrasco es una provincia boliviana situada en el centro del país en el departamento de Cochabamba. Tiene un área de 15.045 km² y una población de 135.484 habitantes (según el Censo INE 2012). La capital provincial es la ciudad de Totorá. (GAMVS, 2015)

Figura 23:

Provincia de Carrasco.



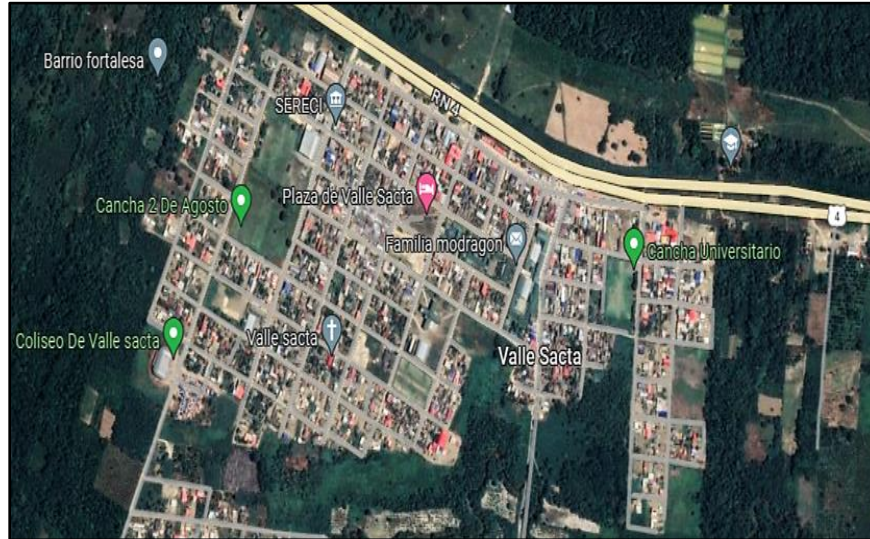
Fuente: Obtenido de soy Bolivia,2016

2.1.2.5 Localidad de Valle de Sacta

Valle De Sacta es una localidad boliviana perteneciente al municipio de Puerto Villarroel, ubicado en la Provincia Carrasco del Departamento de Cochabamba. En cuanto a distancia, Valle Sacta se encuentra a 230 km de la ciudad de Cochabamba y a 240 km de Santa Cruz de la Sierra. La localidad forma parte de la Ruta Nacional 4 de Bolivia. Según el último censo de 2012 realizado por el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE), la localidad cuenta con una población de 5099 habitantes y está situada a 209 metros sobre el nivel del mar. (GAMVS, 2015)

Figura 24:

Localidad de Valle De Sacta.



Fuente: Obtenido de Google Maps, 2018

2.1.2.6 Características de la localidad del Valle de Sacta

El Valle De Sacta es una localidad que atrae muchos visitantes. Su economía se basa en la producción agrícola y ganadera, además pecuaria, frutícola, floricultura y lechera. El clima es templado y seco, posee una temperatura media anual de 22 °C. Tiene varias quebradas que proveen agua para riego, aunque no es muy abundante.

La localidad del Valle De Sacta está en constante crecimiento gracias a su actividad económica por el turismo y la gastronomía, es por eso que se llegaron a implementar bastantes fuentes de ingreso que necesitan como fuente de energía el gas natural. Como las industrias del ámbito gastronómico tales como pollerías chicharroneras en gran cantidad. Por tal motivo se incrementa el ámbito automotor y su demanda de combustible, la localidad del Valle De Sacta no tiene ninguna red de abastecimiento de gas, es por ello que su crecimiento se ve limitado por la falta de abastecimiento constante de su fuente de energía como ser el gas ya sea domiciliario o gas para el transporte auto motor. (GAMVS, 2015)

2.1.2.7 Diagnosticar la demanda y necesidades de gas natural en el Valle de Sacta

La localidad del Valle De Sacta está en constante crecimiento gracias a su actividad económica por el turismo y la gastronomía, es por eso que se llegaron a implementar bastantes fuentes de ingreso que necesitan como fuente de energía el gas. Como las industrias del ámbito gastronómico tales como pollerías chicharroneras en gran cantidad. Por este motivo incrementa la afluencia de personas así mismo se incrementa el ámbito automotor y su demanda de combustible, la localidad del Valle De Sacta no tiene ninguna red de abastecimiento de gas, es por ello que su crecimiento se ve limitado por la falta de abastecimiento constante de su fuente de energía como ser el gas ya sea domiciliario o gas para el transporte automotor.

Es por ello que una implementación de una red de abastecimiento de gas será ideal para aumentar la calidad de vida de las personas y aumentar la factibilidad de las empresas ayudando al desarrollo exponencial de la localidad. (GAMVS, 2015)

Figura 25:

Habitante de la localidad de Villa de Sacta cocinando a leña.



Fuente: Obtenido del Diario Opinión, 2023

2.1.2.8 Demanda actual de energía

En Valle De Sacta, la dependencia del Gas Licuado de Petróleo (GLP) para las necesidades energéticas de hogares y negocios es común, pero su costo elevado, falta de confiabilidad y riesgos asociados con el almacenamiento y manipulación inadecuados pueden plantear problemas para el consumidor.

Figura 26:

Conexión de la garrafa a una cocina industrial en Cochabamba.



Fuente: Obtenido de la ANH, 2018

Otra problemática son los sobrepuestos del Gas Licuado de Petróleo (GLP) durante épocas de desabastecimiento. Aunque el precio normal del GLP suele ser de 22.5 bolivianos, pero habitualmente en la localidad el precio de GLP es de 25 bolivianos, durante períodos de escasez, los precios pueden aumentar significativamente, llegando a alcanzar hasta los 33 bolivianos por unidad. Estos sobrepuestos resultan en una carga económica adicional para los residentes y negocios de la zona. (GAMVS, 2015)

Tabla 2:
Sobre precio del GLP.

Variables	Precio
Normal	22.50
En la localidad	25
Épocas de escases	33

Fuente: Obtenido del Periódico Opinión, 2023

2.1.2.9 Necesidad del gas natural en Villa de Sacta

La falta de acceso al gas natural para procesos industriales como panaderías, ladrilleras y otras unidades manufactureras restringe las operaciones de estas empresas, lo que puede obligarlas a considerar trasladarse a áreas con disponibilidad de gas natural. Esta limitación del acceso al gas natural también afecta el potencial de crecimiento económico de la región, ya que obstaculiza el desarrollo de nuevas industrias y negocios, lo que a su vez limita las oportunidades de empleo y la diversificación económica en Valle De Sacta.

El uso extendido de leña y carbón para cocinar y calentar tiene impactos ambientales negativos. La dependencia de estas fuentes de energía conlleva a la deforestación y degradación del suelo, ya que se requiere talar árboles para obtener leña y producir carbón. Por otra parte, el uso de GLP presenta riesgos para la salud debido a la manipulación inadecuada, el almacenamiento inseguro y las posibles fugas, lo que aumenta la probabilidad de incendios y explosiones en la comunidad. (GAMVS, 2015)

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1 Selección de datos para el dimensionamiento de la red secundaria de gas natural

Los datos de dimensionamiento de red secundaria de gas natural para la localidad de Valle De Sacta implica recopilar información relevante que permita diseñar adecuadamente la infraestructura de distribución de gas en una determinada área o sistema.

2.2.2 Planificación Urbana Y Desarrollo De Redes De Gas Natural

EL Gobierno aprobó el reglamento de distribución de gas natural por redes y el reglamento de diseño, construcción, operación de redes de gas natural e instalaciones internas, a través del Decreto Supremo 1996, donde se establece que serán empresas distribuidoras las que controlen las redes de gas a través de una licitación y ya no por concesionarias

La distribuidora diseña, construye, opera, mantiene y administra el sistema de distribución; construye instalaciones internas unifamiliares o colectivas; presta servicios técnicos, suministra gas a usuarios de forma ininterrumpida; aplica tarifas del ente regulador. (GAMVS, 2015)

Tiene la obligación de presentar cada 5 años, los planes de expansión. Por sí misma, YPFB podrá distribuir el gas natural de forma indefinida, pero cuando haga asociaciones o sociedades, la licencia durará 10 años, renovables por otro periodo. La normativa establece cuatro categorías de usuarios en la distribución de gas: doméstica, comercial, industrial y GNV. (GAMVS, 2015)

2.2.3 Consideraciones De Zonificación Y Densidad De La Localidad Valle De Sacta

La zonificación y la densidad poblacional son factores cruciales a tener en cuenta al evaluar la instalación de gas natural en la localidad. A continuación, se presentan algunos puntos clave a considerar.

2.2.3.1 Zonificación

La localidad del Valle De Sacta cuenta 80 cuadras aproximándose cada una de ellas con una con un área de aproximadamente 300 m². Con un número de familias de 1700, es una zona de llanos lo cual permite a hacer un trabajo eficiente. La localidad esta abarcada por avenidas esto se nos hace muy útil para la implantación de la tubería principal porque se implementa en donde existe mayor concentración de demanda es decir lugares de mercados, hospitales, restaurantes, etc. En este caso sería la zona central de la localidad. (GAMVS, 2015)

2.2.3.2 Densidad y demografía

Según el último censo de 2012 realizado por el Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE), la localidad cuenta con una población de 5099 habitantes y está situada a 209 metros sobre el nivel del mar. (GAMVS, 2015)

Tabla 3:

Demografía de Valle De Sacta.

Valle De Sacta	Demografía
Total	5099
Densidad	87 hab /Km ²
Moneda	Bolivia

Fuente: Obtenido de GAMVS, 2021

Según investigación del INE la localidad del Valle De Sacta está conformada por 5099 habitantes teniendo un número aproximado de familias de 1700. El uso principal de energía son las garrafas lo cual no es muy sostenible por que llegan a dura una semana por familia si hacemos una proyección cada familia estaría gastando unas 4 garrafas por mes y exponencialmente en un año. Y en el caso de las industrias gastronómicas es mucho más elevado teniendo proyecciones a futuro muy malas económicamente hablando. Lo cual llega a afectar al desarrollo próspero y sostenible de la localidad.



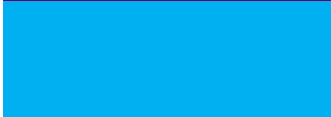

2.2.4 Parámetros de datos de entrada y las condiciones para el modelo de simulación mediante el programa CYPECAD para diseño de la red de distribución de gas red secundaria

2.2.4.1 Diámetro de tuberías y colores representativos en el Cype Cad

Se tiene las presentaciones de colores y diámetros de tuberías utilizadas en una distribución de red secundaria en Bolivia. De acuerdo a la capacidad y conocimientos adquiridos elegiremos cada una de ella para cada tramo en el respectivo diseño de red secundaria. Una vez identificado el lugar procedemos a construir los planos en un autoCad para especificar las calles manzanas y por donde pasaran las diferentes tuberías para el suministro de gas.

Tabla 4:

Diámetros de tuberías utilizadas en Bolivia, red secundaria.

Descripción	Diámetro (mm)	Color Representativo
DN40	33.3	
DN63	52.2	
DN90	73.8	
DN110	90.0	
DN125	102.6	

Fuente: Elaboración propia en base a la herramienta Cype Cad.

A continuación, se especificará los tipos de tubería que se utilizarán en el diseño de la red secundaria según la tabla 4, estas tuberías de polietileno PE-AL-PE sin costura son la DN40, DN63 y DN90

2.2.4.2 Cálculos de implementación del EDR

Dado el crecimiento de demanda en combustible en la localidad del valle de Sacta, junto con el continuo crecimiento de industrias gastronómicas y la tasa de crecimiento de los habitantes del 3.81 % se llevará a cabo un proyecto estratégico de abastecimiento de una red secundaria de gas natural a la localidad. Esta iniciativa se fundamenta en la necesidad de anticipar y satisfacer la demanda en constante crecimiento, asegurando así un abastecimiento de manera efectiva con la dinámica del mercado local.

La proyección permitirá una planificación precisa de capacidad de suministro de gas natural, considerando no solo la demanda actual si no también las proyecciones de crecimiento a futuro, garantizando una gestión eficiente y sostenible de los recursos energéticos de la región. Para poder elegir y designar el EDR adecuado para nuestra localidad primero tenemos que hacer un dimensionamiento de acuerdo a la cantidad de la población y su tasa de crecimiento.

Tabla 5:
Tasa de crecimiento poblacional Valle De Sacta.

Habitantes	5099	
Taza %	3,81	0,0381
Tamaño Promedio	4	

Fuente: Obtenido de GAMVS, 2021

Como podemos ver en la tabla 5 tenemos la cantidad de habitantes que hay en la localidad del Valle De Sacta y la tasa de crecimiento proporcional así mismo el promedio de tamaño de la fachada de una vivienda, esto no es muy importante para el dimensionamiento a futuro de 20 años que tendrá el presente proyecto.

Tabla 6:

Tasa de crecimiento poblacional de la localidad Valle De Sacta.

Datos Del Censo	
# Habitantes (Pi)	5099
Tasa De Crecimiento	0,0381
Tasa Promedio Del Hogar	3,08

Fuente: Obtenido de GAMVS, 2021

2.2.4.3 Factor de Simultaneidad

El Factor de Simultaneidad (Si), se define como la relación entre la totalidad de la potencia instalada o prevista, para un conjunto de instalaciones, durante un período de tiempo determinado, y la suma de las potencias máximas absorbidas individualmente por las instalaciones. El valor que hemos considerado para el Factor de Simultaneidad variará dependiendo del área o futura comunidad beneficiada por este energético con un valor promedio que oscilará entre 0,30 y 0,80. Es decir que del 100% de los usuarios que gocen del uso de este energético en un promedio el 30% y 80% tendrá un uso simultáneo. Según la American Gas Association AGA los coeficientes de simultaneidad para el cálculo de consumo de aparatos son los siguientes:

Tabla 7:

Tabla de simultaneidad del uso del gas natural.

Potencia	Cocina	Calefón	Unidades
P	10,56	14	Kw/h
PCS	10,87	10,87	Kw/m3

Fuente: Obtenido de normativa Anexo IV, gas natural

A continuación, se observa el porcentaje de equipos que utilizan en los hogares localidad Valle De Sacta, se describe del consumo promedio y la simultaneidad de equipos que se utilizan.

Tabla 8:

Porcentaje de equipos de consumo

Descripción	Cocina	Calefón	Unidades
% De hogares que cuentan con el equipo (P)	1	0	%
Consumo Promedio (CI)	0,971	1,287	m3/h
Simultaneidad (S)	0,15	0,3	%

Fuente: Obtenido de normativa Anexo IV, gas natural.

A continuación, se describe la ecuación de consumo:

$$C = \frac{P}{PCS} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

C = Consumo (m^3/h)

PCS = Poder calorífico superior (kw/m^3)

2.2.4.4 Proyección del caudal de la localidad Valle De Sacta

La proyección del caudal es fundamental para la gestión efectiva del gas y para tomar decisiones informadas sobre el uso y la distribución de la misma. Permite a los planificadores y autoridades anticiparse a eventos para la posible construcción de una red secundaria de gas natural.

Tabla 9:*Cálculo del caudal para una proyección mayor a 20 años*

Año	Numero Habitantes	Numero Hogares	Consumo (M3/H)	Año	Numero Habitantes	Numero Hogares	Consumo (M3/H)
2023	7693	1923	561	2034	11608	2902	846
2024	7986	1997	582	2035	12050	3012	878
2025	8291	2073	604	2036	12509	3127	911
2026	8607	2152	627	2037	12986	3246	946
2027	8935	2234	651	2038	13480	3370	982
2028	9275	2319	676	2039	13994	3499	1020
2029	9628	2407	702	2040	14527	3632	1058
2030	9995	2499	728	2041	15081	3770	1099
2031	10376	2594	756	2042	15655	3914	1141
2032	10771	2693	785	2043	16252	4063	1184
2033	11182	2795	815	2044	16871	4218	1229
				2045	17514	4378	1276

Fuente: Elaboración propia en base de la normativa Anexo IV, gas natural.

A continuación, se detalla una ecuación matemática para poder determinar el caudal doméstico, la variable más importante es la simultaneidad y el número de usuarios

$$Q = [(P * C * S)_{cocina} + (P * C * S)_{calentador\ de\ baño}] * N \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

Q = Caudal doméstico. (m^3/h).

P = Porcentaje de usuarios que cuentan con el equipo (%) expresada en fracción. (100% para cocina. 20% calentador de baño).

N = Número de usuarios

En base a la ecuación 2 se estima el consumo promedio (C) la simultaneidad y el número de abonados (n) logramos obtener el caudal de consumo doméstico (Q) con el caudal obtenido se podrá designar el EDR para nuestra proyección futura de suministro de gas natural.

Tabla 10:

Proyección a futuro de la localidad de Valle De Sacta.

Descripción	Cocina	Calefón	Unidades
Porcentaje de hogares que cuentan con el equipo (p)	1		%/100
Consumo promedio (c)	0,971		m^3/h
Simultaneidad (s)	0,3		%/100
Número de abonados (n)	4.378		# hogares
Caudal domestico demandado (q)	1276		m^3/h

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de investigación

2.2.4.5 Análisis del EDR existente

Una vez obtenido el caudal total de 1275 m³/h y la proyección a futuro de la misma nos da la posibilidad de adecuar un EDR óptimo para el suministro y regulación del gas en la localidad del Valle De Sacta. Obtenido el caudal con el dimensionamiento a 20 años procedemos a revisar la capacidad de EDR que existen es posible que no encontremos un EDR con la capacidad exacta del resultado que saquemos, es por eso que nos aproximaremos al inmediato superior

Tabla 11:

Capacidades de las estaciones del EDR

Capacidad EDR		
Entrada	CAP	Salida
2pulg	500	3pulg
2pulg	1000	3pulg
3pulg	2000	4pulg
3 - 4 pulg	5000	5pulg

Fuente: Obtenido de EDR de Cochabamba, 2022

Como podemos ver en la tabla 11 tenemos la capacidad de los EDR según requerimiento de la zona el crecimiento y la proyección estimada del mismo, en este caso extraemos la capacidad con el caudal total calculado anteriormente. Una vez obtenido la cantidad de caudal elegiremos la capacitada del EDR respectivamente al inmediato superior. Como tenemos un caudal total de 1404 optaremos por un EDR de 3 pulgadas de entrada y 4 de salida.

2.2.4.6 Implementación de una red secundaria de gas natural

Una vez conocido la cantidad de caudal según la proyección con los respectivos márgenes de seguridad y los datos de la localidad elegimos el EDR adecuado para la localidad. posteriormente elegimos el lugar.

Lugar del EDR: para obtener el lugar adecuado se realiza una conversación con el director de obra públicas de la localidad y que nos pueda brindar un espacio de 7x5 mts en áreas o lugar estratégicos con el espacio correspondiente.

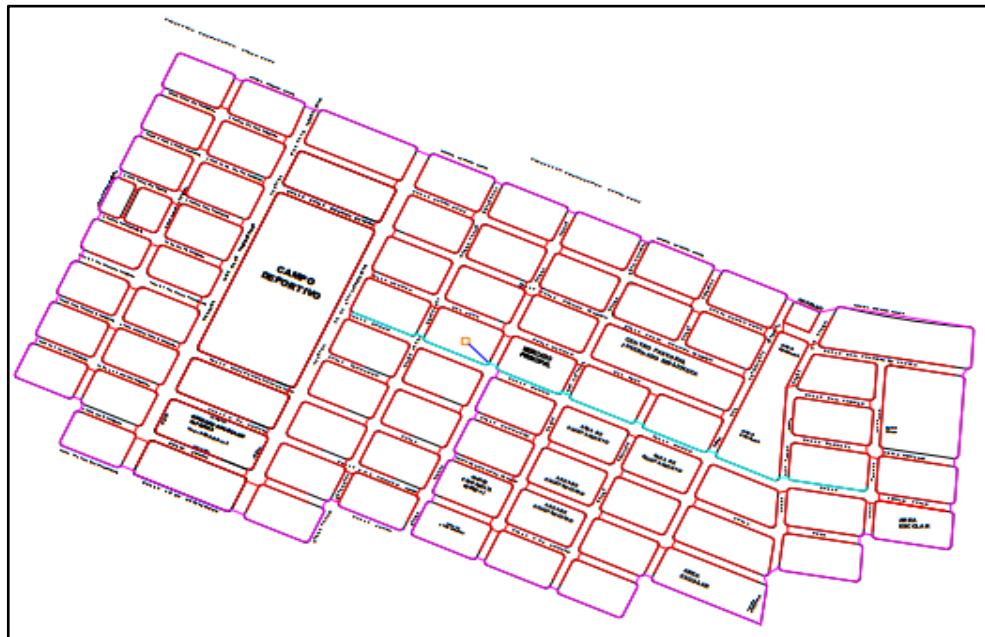
2.2.4.7 Propuesta de provisión de gas natural por red secundaria mediante el uso del CYPECAD para la localidad del Valle De Sacta ciudad de Cochabamba

Una vez implementado el EDR se instala una tubería de transición que en este caso une a la red troncal. Para seleccionar una localización de la red troncal normalmente se sitúa por donde están los de mayor consumo como ser, chicharroneras, pollerías, ladrilleras, empresas industriales, etc. Comenzamos con la instalación de diámetros de las tuberías, los diámetros de tubería que se recomienda son tres: DN90, DN63, DN40.

En la propuesta del diseño de tubería troncal se recomienda utilizar la de mayor diámetro es decir DN90, posteriormente tendremos una sub - troncal DN63, que esta va situada usualmente por los límites de la localidad, porque siempre tiende a crecer con este esquema podemos pinchar más tuberías si la localidad sigue creciendo exteriormente. Así mismo nuestras líneas de enmallación será las de DN40 es decir las que conectan todos los manzanos. Todo este esquema se observa en el siguiente gráfico:

Figura 27:

Líneas de enmallación de red secundaria de la localidad de Valle De Sacta.



Fuente: Elaboración propia en base a CypeCad

► **Análisis de longitudes en función al plano de la localidad Valle De Sacta.**

A continuación, se realizará un resumen de las longitudes de tubería que se usará en la red secundaria en la localidad de Villa De Sacta, en la tabla 12 podremos observar factores que consideramos muy importante como el color en el plano, tipo de tubería y la distancia de cada uno de ellos. Estos factores serán de mucha utilidad para la aplicación del software CypeCad, contar con una planificación óptima de una distribución de gas natural por medio de una red secundaria.

Tabla 12:

Longitudes propuestas en la localidad Valle De Sacta.

Color En El Plano	Tubería	Distancia (M)
	Transición	41,01
	Troncal	799,81
	Sud troncal	4074,03
	Enmallado	10684,4

Fuente: Obtenido de cálculo analíticos de campo

Con las longitudes de las tuberías nos permite un diseño más preciso de la red secundaria, esto es esencial para garantizar que la red esta dimensionada correctamente para satisfacer la demanda de gas que existe en la localidad

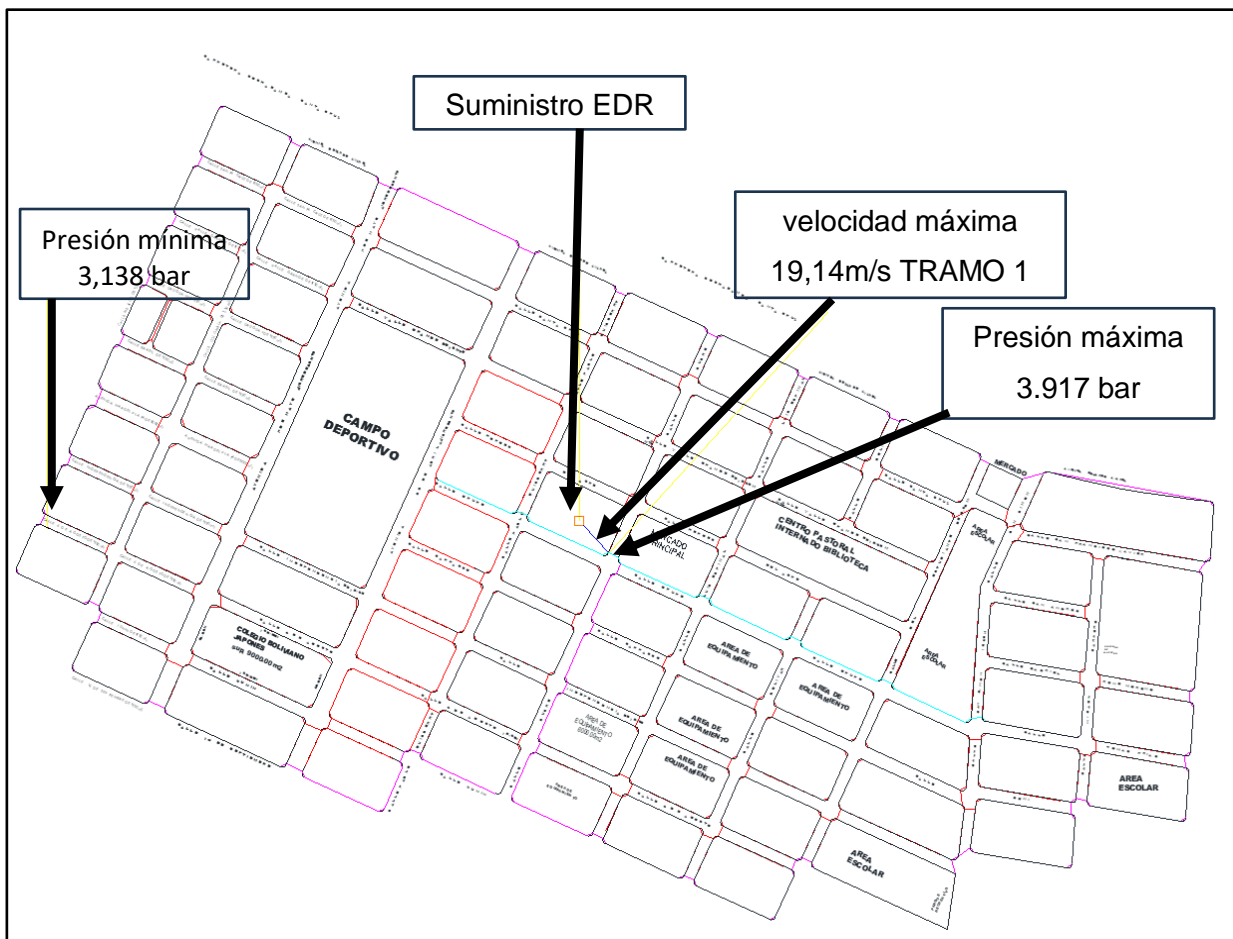
► **Nodos de distribución del gas natural**

Los nodos son puntos de conexión en la red donde se distribuye o se recoge gas natural desde o hacia diferentes áreas. Estos nodos son parte de la infraestructura de distribución de gas y pueden tener diversas funciones según el diseño y la configuración de la red. Los nodos en una red secundaria de gas pueden incluir:

- a) Puntos de conexión a las líneas principales de suministro de gas.
- b) Estaciones de regulación y medición (ERM), donde se controla la presión y se mide el flujo de gas que entra o sale de la red secundaria.
- c) Puntos de distribución donde se conectan las líneas de servicio que suministran gas a hogares, negocios u otras instalaciones.
- d) los nodos de distribución del gas natural son puntos estratégicos en la red diseñados para regular, medir y distribuir el gas de manera segura y eficiente hacia los consumidores finales.

Figura 28:

Plano de nodos de distribución del gas natural de la localidad de Valle De Sacta.



Fuente: Elaboración propia en base a CypeCad

► Velocidad en el transporte del gas natural

La velocidad del gas por las tuberías suele estar limitada a 20 m/s por la normativa de aplicación. Así, además de justificar el diámetro y la pérdida de presión, en los cálculos para proyectos de gas, deberemos validar que la velocidad esté en valores aceptables. Para eso podemos usar la siguiente ecuación:

$$v = \frac{378 * Q}{P * D^2} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

V: Velocidad del gas (m/s)

Q: Caudal de gas (m³(n)/h), en condiciones normales, ver la nota al final.

P: Presión absoluta (bar)

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

La velocidad es un factor definitivo en la determinación del diámetro de la tubería, debido a que una baja velocidad conduce a un sobredimensionamiento y, por lo tanto, a un sobrecosto y a una velocidad excesiva que ocasiona pérdidas de presión considerables en el sistema.

En los rangos de presión que se emplean en los proyectos de gases combustibles no es necesario aplicar factor de compresibilidad ($Z = 1$). Respecto a la presión a aplicar (la inicial o final), caída de presión a lo largo del tramo influye en la velocidad. Por eso determinamos la velocidad al final del tramo, que os dará el mayor valor, y por tanto el más desfavorable.

Tabla 13:

Variables para el diseño de la red secundaria Localidad Valle De Sacta.

Variables para el diseño de la red secundaria	
Velocidad máxima del gas	19,14 m/seg
Presión máxima	3,917 bar
Presión mínima	3.138 bar

Fuente: Elaboración propia en base a planillas de YPFB redes.

Se considera la presión máxima el valor de 4 bar (en la salida del EDR) como una variable máxima ya que está definido la presión por la agencia nacional de hidrocarburos agente regulador de nuestro país y la presión mínima es aproximadamente el 10% (el ultimo usuario) de la presión máxima.

► Caída de presión en el transporte del gas natural

a) Formula de Renouard Cuadrática

La fórmula cuadrática es válida para cualquier rango de presiones. Tiene el inconveniente de que presenta mayor dificultad para su resolución. Dicha dificultad es fácilmente salvable con el empleo de una hoja de cálculo.

$$P_1^2 - P_2^2 = 51,5 * s * Le * Q^{1,82} * D^{-4,82} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

P1: Presión absoluta inicial (bar)

P2: Presión absoluta final (bar)

s: Densidad ficticia o de cálculo (sin unidades)

Le: Longitud equivalente del tramo (m)

Q: Caudal de gas (m³(n)/h), en condiciones normales, ver la nota al final.

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

Esta versión de la fórmula las presiones son absolutas y se expresan en bar. Para obtener la presión absoluta a partir de la presión manométrica debemos sumarle la presión atmosférica normal. En cálculos de gas y trabajando en bar la presión atmosférica vale 1,01325 bar.

Algunas condiciones para el diseño de la distribución del gas mediante la red secundaria son:

► Presión alta diámetro muy pequeño.

► Presión muy baja diámetro muy grande.

2.2.5 Realizar la simulación de la red secundaria usando el programa CypeCad.

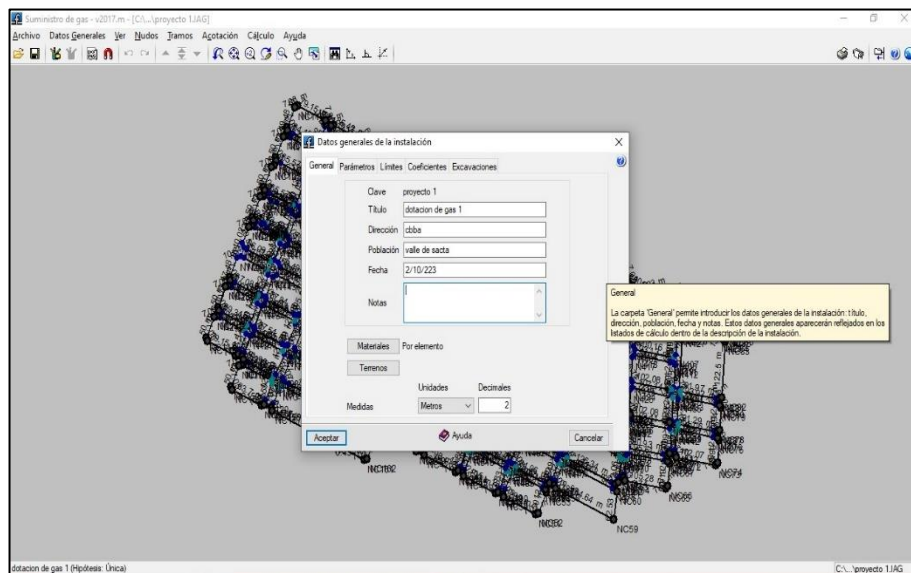
A continuación, se explicará detalladamente el proceso de cómo se debe usar e insertar los datos de entrada al simulador Cypecad para aplicarlo a una red secundaria en la localidad de Villa De Sacta

2.2.5.1 Paso 1: Dato general de la instalación de gas

La primera ventana del simulador es necesario colocar la clave "proyecto 1", luego se procede a colocar el Título que en este caso será la dotación de gas 1, la dirección en donde se realizara, la población que se ejecutara el diseño, la fecha en que usamos el simulador, si es necesario una nota de descripción, estos serían los primeros datos para la primera ventana del simulador, como datos secundarios existe la opción de las unidades y decimales que se requiere para que corra el programa

Figura 29:

Dato General del simulador

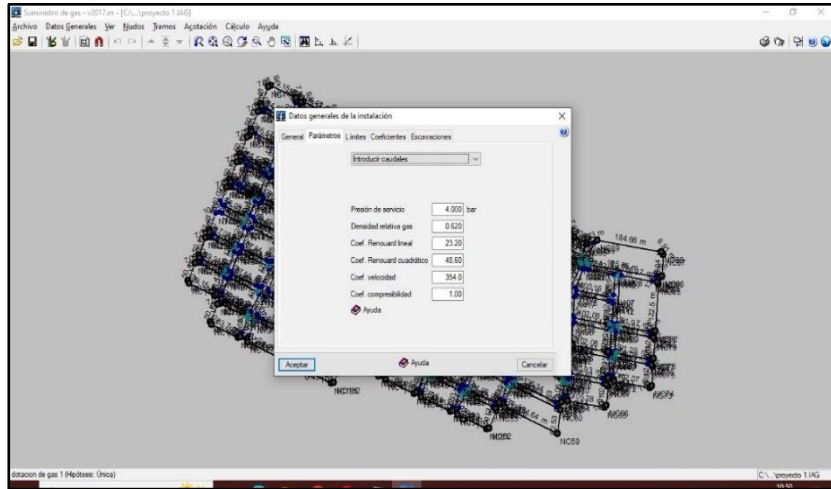


Fuente: Elaboración propia en base del simulador Cypecad, 2024

2.2.5.2 Paso 2: Parámetros de la instalación de gas

En el paso dos se introducirá los siguientes datos como ser Presión de servicio = 4 bar, Densidad relativa gas = 0,620, Coeficiente Renouard lineal = 23,20, Coeficiente de Renouard = 48.60, Coeficiente de velocidad = 354 y Coeficiente de compresibilidad, todos los datos mencionados se los calcula y obtiene previamente para introducir al simulador

Figura 30:
Parámetros del simulador

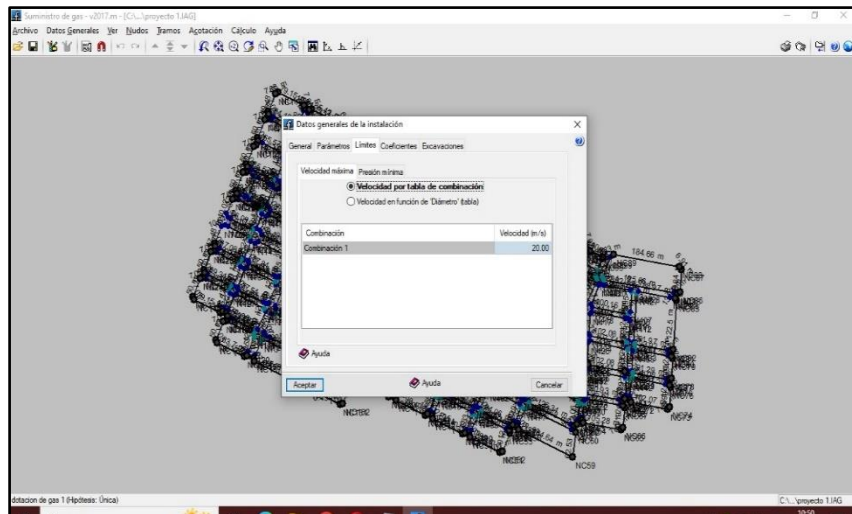


Fuente: Elaboración propia en base del simulador Cypecad, 2024

2.2.5.3 Paso 3: Límites de la instalación de gas

Paso 3 del simulador, en este apartado tendremos dos opciones que son velocidad máxima y presión mínima, en donde escogeremos la primera opción y aparece dos opciones más que son velocidad por tabla de combinación y velocidad en función de diámetro de tabla, finalmente ocuparemos la velocidad por tabla de combinación que será 20 metros por segundo

Figura 31:
Límites del simulador



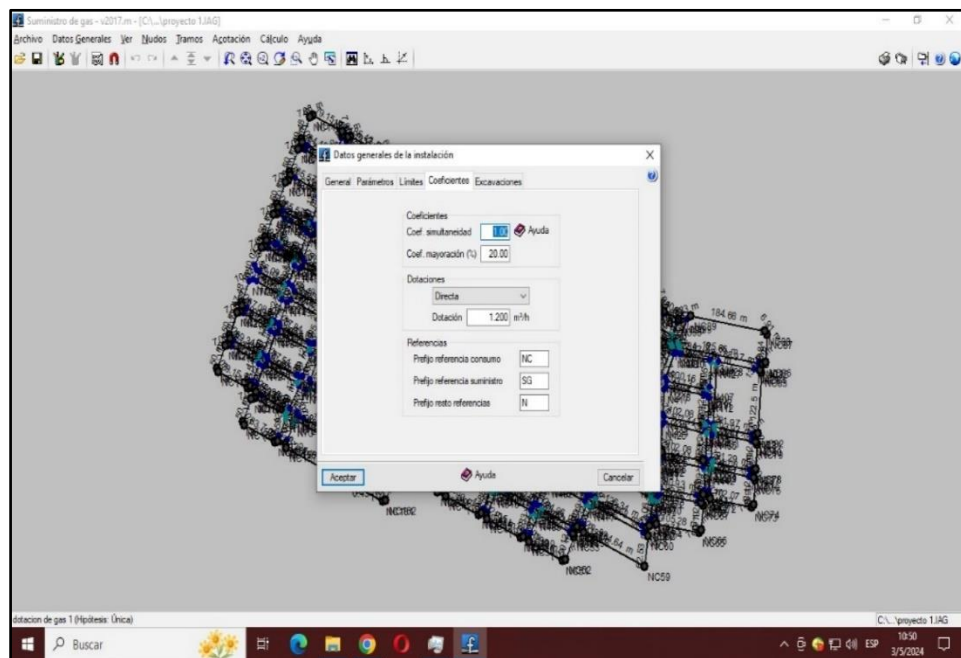
Fuente: Elaboración propia en base del simulador Cypecad, 2024

2.2.5.4 Paso 4: Coeficientes de instalación de gas

En el paso 4, se observa los siguiente, coeficientes que se divide en dos, coeficiente simultaneidad = 1 y Coeficiente de mayoración = 20%, luego tenemos dotaciones que se representa de forma directa y se da un valor de 1200 m³/km y finalmente tenemos las referencias que se divide en 3 prefijos los cuales son de consumo = NC , suministro = SG y resto = N, todas estas casillas tienen que estar llenas para que el simulador corra con normalidad

Figura 32:

Coeficientes del simulador

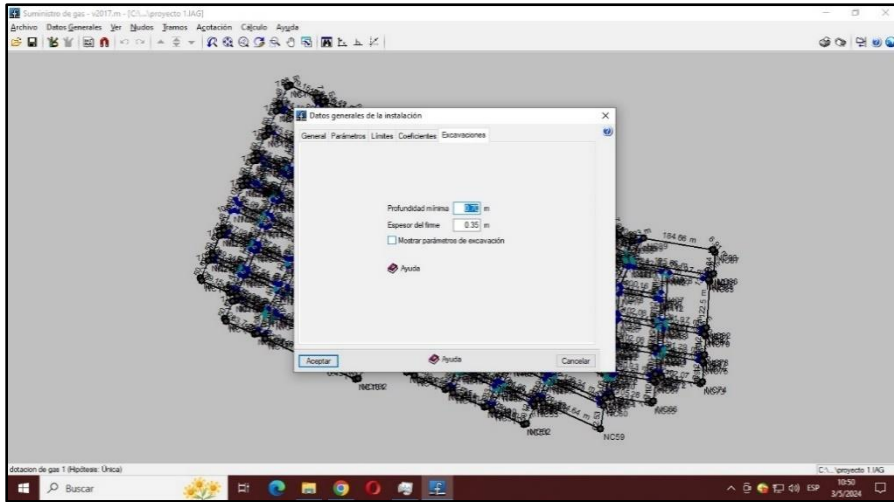


Fuente: Elaboración propia en base del simulador Cypecad, 2024

2.2.5.5 Paso 5: Excavaciones de instalación de gas

Paso 5, en este apartado se especificará tanto la profundidad mínima y el espesor firme que será en unidades de metros, también tendremos la opción de mostrar los parámetros de excavación, esta última opción para activarla tendremos que dar un clic si la necesitamos o dejar en blanco en caso de que no. Los valores que ingresaremos son profundidad mínima de 0,70 m y espesor del firme de 0,35 m

Figura 33:
Excavaciones del simulador.

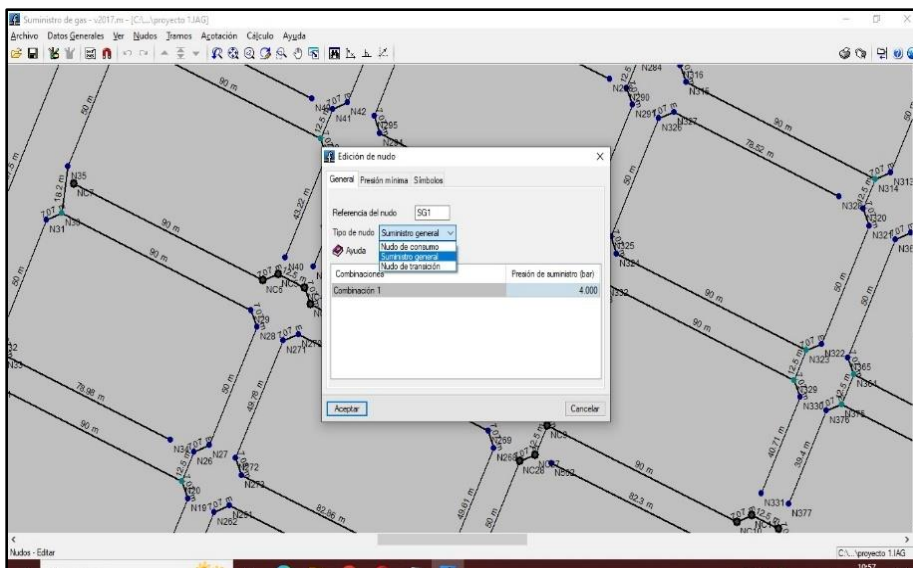


Fuente: Elaboración propia en base del simulador Cypecad, 2024

2.2.5.6 Paso 6: Dato general de edición de nudo

En este apartado se tomará en cuenta la referencia del nudo que será "SG1", también el tipo de nudo que será de suministro general, una vez introducido estos datos tendremos la combinación 1 que llega a ser la presión de suministro que será representada en 4 bar

Figura 34:
Dato general del nudo en el simulador.



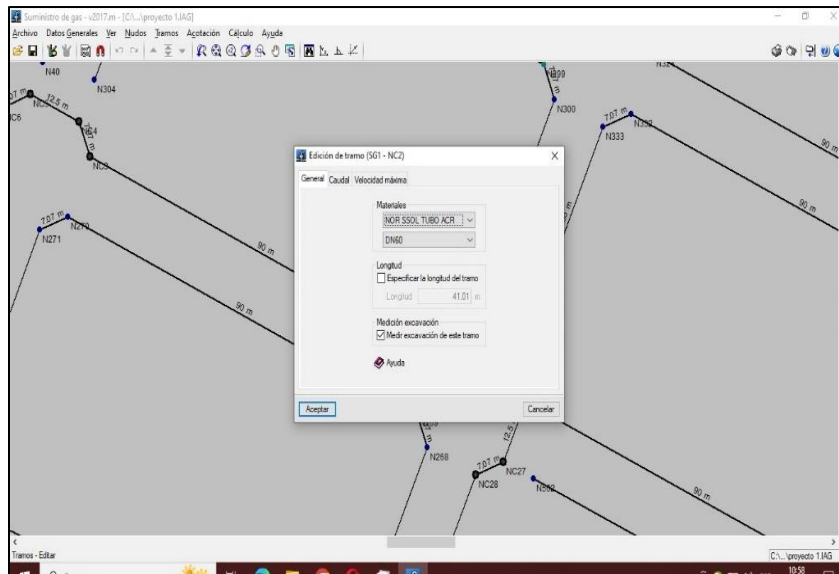
Fuente: Elaboración propia en base del simulador Cypecad, 2024.

2.2.5.7 Paso 7: Dato general tramo (SG1 – NC2)

Como paso 7 se muestra el material que se usará para la red de gas, también la longitud que tendremos en ese tramo que será de 41,01 m y finalmente se tendrá la medición de la excavación, que si bien es opcional es un dato importante a tomar en cuenta

Figura 35:

Dato general tramo (SG1 – N2) en el simulador.



Fuente: Elaboración propia en base del simulador Cypecad, 2024

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

A continuación, se detalla el análisis y discusión del trabajo de investigación, donde se hará un resumen de la monografía desde un diagnóstico de la demanda y necesidad que se tiene hasta como se realiza el simulador Cypecad para una red de gas.

Se realizó un diagnóstico completo de la distribución de Gas natural en la localidad Valle de Sacta, tomando en cuenta la demanda y la necesidad de las familias de la región, con esto verificamos el uso de GLP en sus domicilios de las familias de la localidad, llegando a la cantidad de 4 garrafas de GLP por semana, tomando en cuenta que existe sobre en la población de 22, 50 a 30 Bs esto resulta en un factor antieconómico y desfavorable para las personas de la población, siendo una red secundario la mejor forma de que Valle de Sacta salga de esta situación negativa dando respuestas a sus necesidades y al desarrollo social de los pobladores de la región.

Para realizar una buena planificación de la distribución de gas natural se consideró varios puntos importantes como ser, la demanda de gas el cual se hizo una evolución de número de usuarios potenciales, sus necesidades de consumo y la variabilidad en la demanda que puede existir a lo largo del tiempo, la topografía y geología del área donde se planea construir la red de distribución de gas, las normativas locales, departamentales y nacionales relacionadas con la construcción y operación de la red secundaria de gas, los equipos que utilizaremos para realizar nuestros trabajos de operación que estén en estado óptimos y finalmente el uso de nuestro software Cypecad para certificar que el trabajo realizado cuenta con un modelo preciso, un análisis estructural para garantizar la resistencia y estabilidad estructural.

Para realizar una distribución de gas natural en la localidad de Valle de Sacta primeramente realizamos una planificación detallada de todo el proceso de operación para la red secundaria, la adquisición de permisos y autorizaciones que son necesarias obtener de las autoridades locales y nacionales, la construcción de la red secundaria implica varios factores como ser instalaciones de tuberías, la ERM, válvulas de cierre y otros componentes, finalmente una vez que la red de distribución esté en funcionamiento cumplir con los monitoreos y mantenimientos del mismo para garantizar el flujo continuo de gas natural

El criterio que usamos para la distribución de diámetro tiene que ver directamente con la demanda de gas, longitud de la red, presión de suministro y consideraciones económicas.

CAPITULO III: CONCLUSIONES

- ▶ Se obtuvo un diagnóstico de la demanda y las necesidades del uso del gas natural en la localidad del Valle De Sacta, identificando que la localidad está en constante crecimiento según tabla 9, en la actualidad son 7987 habitantes, dándonos un número de familias de 1997, con esto podemos ver un crecimiento del 3% por año que necesitan el gas domiciliario. Los habitantes compran el GLP a 30 bs considerando un sobreprecio y que resulta una carga económica adicional para los residentes de la zona y la propuesta de una red secundaria es lo más factible para el desarrollo de la región.
- ▶ Se determinó la selección de datos para el dimensionamiento de la red secundaria de gas natural, identificando la densidad del lugar, número de habitantes, tasa de crecimiento, tasa promedio del hogar, el uso del factor de simultaneidad realizando un análisis que los residentes de la zona el equipo principal es la cocina ya que ellos no cuentan calentadores instantáneos (calefón) y finalmente se selecciona el caudal del consumo doméstico en función a los años.
- ▶ Se realizó la definición de los parámetros de entrada y las condiciones para el modelo de simulación mediante el programa de CypeCad que nos ayuda para el diseño de la red de distribución del gas natural mediante la red secundaria, identificando las longitudes de las tuberías DN40 4074.03 mts, DN63 10684.4 mts, DN90 799.81 y DN110 41,1, diámetros de la tubería como ser 33.3, 52.2, 72.8 y 90 mm, simultaneidad, número de abonados aproximadamente 1997, caudal doméstico y la capacidad del EDR.
- ▶ Finalmente se realizó la simulación de la red secundaria usando el programa más eficiente que es el CypeCad, que es fundamental para evaluar el comportamiento del sistema de distribución de gas en diferentes escenarios operativos y condiciones variables, se realiza una descripción de pasos que debemos llegar a cumplir para obtener un óptimo dimensionamiento de la red secundaria, para posteriormente proponer la propuesta de la construcción de la red secundaria en la localidad Valle De Sacta, Cochabamba.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, G., Alpizar, F., Sibaja, J., & Rojas, M. (2013). *Metodología cualitativa: una guía práctica para su aplicación en proyectos de investigación social*. San José: FLACSO.
- Amir Viruez, J. (2022). *Análisis técnico-económico de la instalación domiciliar de gas natural en la localidad de San Ignacio de Moxos-Beni-Bolivia*. Guarani - Bolivia: UNIBOL Guarani .
- Angeles, F. (s.f.). *Servicio Geológico Mexicano* .
- ANH, A. N. (2017). *Resolución Administrativa RAR-ANH-ULGR N0272/2017*. La Paz.
- API Standard 650, 1. E. (April 20, 2020). EEUU: API publications.
- Aramayo Ruegenberg, R. D. (2009). *EL SECTOR HIDROCARBUROS*. Bolivia: Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas.
- ASME B31.1. (2020). *American Society of mechanical engineers* . EEUU.
- Cázares, L. (2004). *La investigación bibliográfica: conceptos y métodos*. Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.
- D.S. N° 29465. (2008). Decreto Supremo N° 29465. La Paz, La Paz, Bolivia: Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia.
- Denker, Á. (2 de Octubre de 2023). www.yxfbtransporte.com.bo. Recuperado el 16 de Marzo de 2024, de <https://www.yxfbtransporte.com.bo/2023/10/02/yxfb-y-gobernacion-de-chuquisaca-realizan-mejoras-y-ajustes-en-poliducto-camiri-sucre/>
- Estado Plurinacional de Bolivia. (2009). Constitución política del Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia: Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia.
- GAMVS. (2015). *Datos técnicos de la localidad de Villa Sacta*. Cochabamba .
- IBMETRO. (2022). *Instituto boliviano de metrología IBMETRO*. LA PAZ, BOLIVIA .

Ley N°3058. (2005). Ley de Hidrocarburos. La Paz, La Paz, Bolivia: Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia.

Lopez Miranda, C. A. (2011). *Propuesta para una mejora en el sistema de distribucion de combustibles, en las gasolineras don arturo*. Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Ingenieria Escuela De Ingenieria Mecanica Industrial , Guatemala.

Muñoz Razo, C. (2011). *Como elaborar y asesorar una ionvestigación de tesis*. Mexico: PEARSON.

Ochoa Capaico, J. R. (2015). *Diseño y calculo de la instalacion interna de gas natural para el instituto tecnoloigco Bolivia Mar Senkata El Alto*. La Paz: Universidad Mayor De San Andres .

Reglamento de Normas Técnicas y de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos por Ductos. (2024). Reglamento de Normas Técnicas y de Seguridad para el Transporte de Hidrocarburos por Ductos. La Paz, Bolivia: Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia.

Secretaria de Energía. (2003). *Conceptos sobre Hidrocarburos*. Buenos Aires, Argentina: Secretaria de Energía.

YPFB CORPORACION . (2018). *Estudio de ingenieria conceptual ampliacion del sistema de gas virtual*. La Paz.

YPFB LOGISTICA. (2021). *YPFB Logística*. La Paz.

YPFB LOGISTICA S.A. (2021). *Planta de San Pedro - Oruro*.

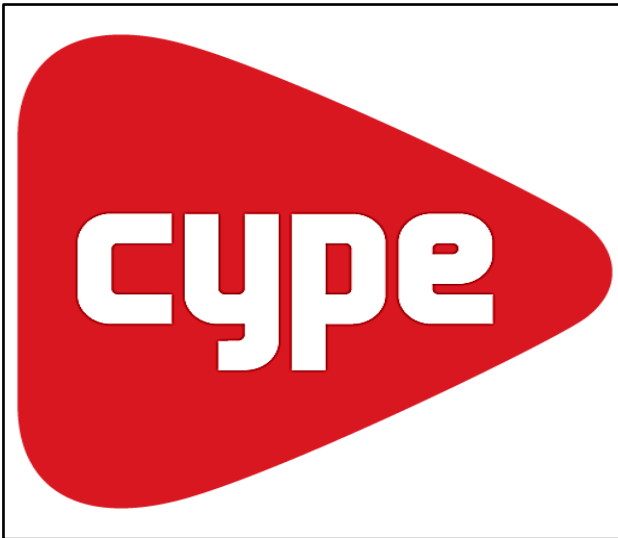
YPFB REFINACION. (s.f.).

YPFB REFINACION S.A. (2013). *FICHA TECNICA DE COMBUSTIBLES* . LA PAZ .

YPFB Transporte. (2 de Octubre de 2023). <https://ypfb-transporte.stage.cnxbol.com/>. Recuperado el 15 de Abril de 2024, de <https://ypfb-transporte.stage.cnxbol.com/2023/10/02/ypfb-y-gobernacion-de-chuquisaca-realizan-mejoras-y-adecuaciones-en-poliducto-camiri-sucre/>

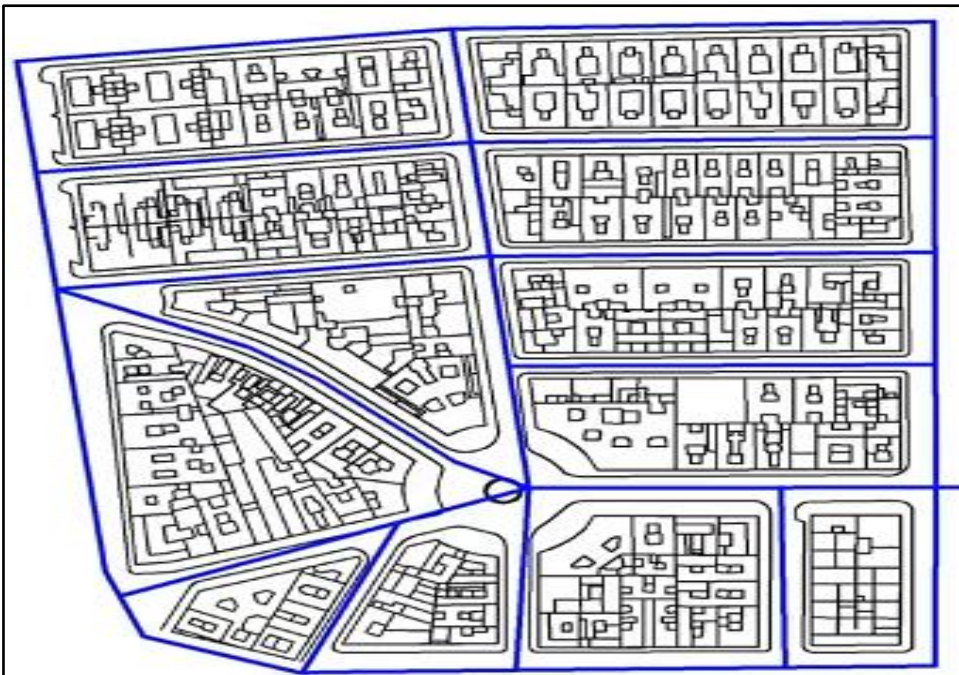
ANEXOS

Anexo A. Logo del programa Cype Cad.



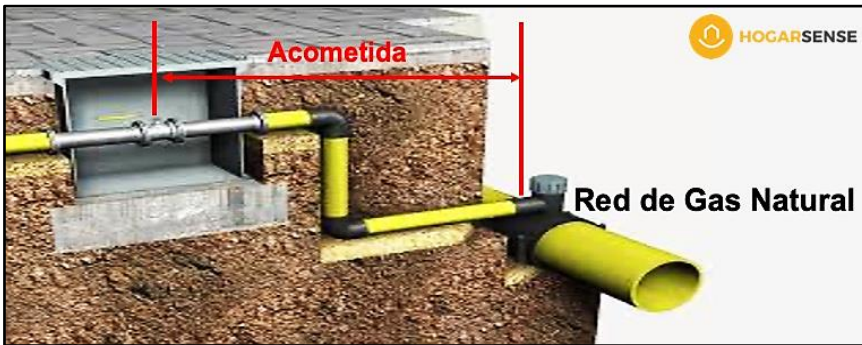
Fuente: Obtenido del Software Cype Cad, 2022

Anexo B. Red enmallado del gas mediante el programa Cype Cad.



Fuente: Obtenido del Software Cype Cad, 2022

Anexo C. Instalación de una red secundaria de gas natural.



Fuente: Obtenido de hogar sense, 2022

Anexo D. Ampliaciones de redes urbanas, tubería de polietileno.



Fuente: Obtenido de redes de gas, 2022.

Anexo E. Construcción de la red secundaria de gas natural.



Fuente: Obtenido de redes de gas, 2022.