

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>		<b>Código</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad		

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): LUIS LEANDRO APELLIDOS: OMAHÑA ARDILA

NOMBRE(S): DEINER APELLIDOS: ARIAS ROQUEME

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JESÚS HERNANDO APELLIDOS: ORDOÑEZ CORREA

CO-DIRECTOR:

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA LAS INSTALACIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA DEL MUNICIPIO DEL ZULIA, NORTE DE SANTANDER

RESUMEN

Este proyecto realizó el diseño de un sistema centralizado de gas licuado de petróleo para las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) del municipio del Zulia, Norte de Santander. Para ello, se implementó una investigación tipo descriptiva, la información se obtuvo mediante la normatividad utilizada para el desarrollo de este tipo de estructuras y la población y muestra correspondió a las instalaciones del SENA. En los resultados se logró diseñar la red de distribución con la tubería certificada para el transporte del gas licuado de petróleo para cada área requerida. Posteriormente, se determinó el número de equipos y el tipo de elementos requeridos para el suministro del gas. Finalmente, se estableció un sistema de control, indicación y registro en tiempo real.

PALABRAS CLAVE: Sistema centralizado de gas, gas licuado de petróleo, instalaciones de gas.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 80 PLANOS: \_\_\_\_\_ ILUSTRACIONES: \_\_\_\_\_ CD ROOM: 1

\*\*Copia No Controlada\*\*

DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA  
LAS INSTALACIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA DEL  
MUNICIPIO DEL ZULIA, NORTE DE SANTANDER

LUIS LEANDRO OMAÑA ARDILA

DEINER ARIAS ROQUEME

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA  
LAS INSTALACIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA DEL  
MUNICIPIO DEL ZULIA, NORTE DE SANTANDER

LUIS LEANDRO OMAÑA ARDILA

DEINER ARIAS ROQUEME

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director:

JESÚS HERNANDO ORDOÑEZ CORREA

Ingeniero Electromecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO  
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO**

**FECHA:** 18 de marzo de 2022

**HORA:** 6:30 p.m.

**LUGAR:** SD

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TITULO DEL TRABAJO DE GRADO:** "DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO PARA LAS INSTALACIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA DEL MUNICIPIO DEL ZULIA, NORTE DE SANTANDER".

**JURADOS:** Mg: NORBEY CHINCHILLA HERRERA  
Mg: CRISTIAN LEONARDO TARAZONA CELIS

**DIRECTOR:** Esp: JESÚS HERNANDO ORDOÑEZ CORREA

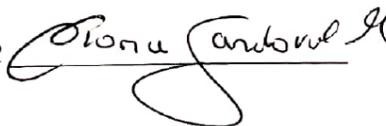
**APROBADA**

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE:</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CALIFICACION</b>
LUIS LEANDRO OMAÑA ARDILA	1090955	4.0
DEINER ARIAS ROQUEME	1091344	4.0

**FIRMA DE LOS JURADOS:**



**VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR**



Mariana Lombardi

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	15
1. Problema	16
1.1 Título	16
1.2 Planteamiento del Problema	16
1.3 Formulación del Problema	16
1.4 Justificación	16
1.5 Objetivos	17
1.5.1 Objetivo general	17
1.5.2 Objetivos específicos	17
1.6 Alcances y Limitaciones	17
1.6.1 Alcances	17
1.6.2 Limitaciones	18
1.7 Delimitación	18
1.7.1 Delimitación espacial	18
1.7.2 Delimitación temporal	18
2. Marco Referencial	19
2.1 Antecedentes	19
2.2 Marco Teórico	20
2.2.1 Características de los gases	20
2.2.2 Propiedades de los gases	21
2.2.3 Gas licuado de petróleo	22
2.2.4 Propiedades del gas licuado de petróleo	24

2.2.5 Usos del gas licuado de petróleo	25
2.2.6 Clasificación de los gases combustibles	26
2.3 Marco Legal	27
2.3.1 NTC 2505	27
2.3.2 NTC 1746 plástico	27
2.3.3 NTC 3949 gasoductos	27
2.3.4 ISA 5.2	27
3. Diseño Metodológico	28
3.1 Actividades y Metodología	28
3.1.1 Investigar y analizar las normas nacionales e internacionales requeridas al funcionamiento de redes centralizadas de gas licuado de petróleo que avalen su adecuado diseño y construcción, tanto para el sistema mecánico, como para la instrumentación industrial requerida	28
3.1.1.1 Actividad	28
3.1.1.2 Metodología	28
3.1.2 Dimensionar las líneas de distribución de gas licuado de petróleo basado en las variables del proceso	28
3.1.2.1 Actividad	28
3.1.2.2 Metodología	28
3.1.3 Seleccionar la instrumentación industrial requerida, como válvulas, sensores de medición y demás elementos propios del sistema	29
3.1.3.1 Actividad	29
3.1.3.2 Metodología	29

4. Desarrollo del Proyecto	30
4.1 Diseñar la Red de Distribución con la Tubería Certificada para el Transporte del Gas Licuado de Petróleo para Cada área Requerida	30
4.1.1 NTC 3728 gasoductos	30
4.1.2 NTC 2505	30
4.1.3 NTC 3838 gasoductos	30
4.1.4 NTC 3631	31
4.1.5 NTC 3949 Gasoductos	31
4.1.6 NTC 1746 Plástico	32
4.2 Determinar la Cantidad de los Equipos que Requieren Suministro de Gas Licuado de Petróleo en las Instalaciones como sus Respectivas Ubicaciones en Planta	33
4.3 Dimensionar las Líneas de Distribución de gas Licuado de Petróleo Basado en las variables del Proceso, Cantidad Determinado y Capacidad Requerida	34
4.3.1 Parámetros del diseño	34
4.3.2 Ecuaciones para el cálculo de la red	36
4.3.3 Calculo red de distribución	40
4.3.4 Cálculo de tubería red de distribución	42
4.3.5 Cálculos de las instalaciones internas	43
4.3.6 Diseño de planos isométricos de redes de suministro	43
4.3.7 Cálculo de ventilación de recintos	44
4.3.8 Dimensionar la capacidad de suministro de gas licuado de petróleo, a partir de los datos obtenidos	46
4.3.8.1 Selección del sitio para estación de regulación	46
4.3.8.2 Cálculo de volumen de almacenamiento, duración y carga	46

4.3.9 Selección de la instrumentación industrial requerida	49
4.3.9.1 Sistemas de seguridad	49
4.3.9.2 Control de presión de entrega en la red de distribución	49
4.3.9.3 Dispositivo de alivio de presión	49
4.3.9.4 Válvulas	50
4.3.9.5 Regulación y medición	50
4.3.10 Trazado de redes	50
4.3.10.1 Consideraciones ambientales y urbanísticas	50
4.3.11 Línea individual	50
4.3.12 Estación de regulación	51
4.3.13 Otro componente	51
4.4 Determinar el Número de Equipos y el tipo de Elementos Requeridos para el Suministro de Gas Licuado de Petróleo Teniendo Presente las Variables de los Diferentes Procesos	51
4.4.1 Elementos requeridos para el suministro de gas licuado de petróleo	51
4.4.2 Procesos de construcción de la red de distribución e instalaciones internas	64
4.4.2.1 Instalación de tubería pe 80, (red de distribución)	65
4.4.2.2 Prueba de hermeticidad	68
4.4.2.3 Instalación de la tubería pe-al-pe, (instalaciones internas)	69
4.4.2.4 Ubicación de las válvulas de corte	69
4.4.2.5 Centro de medición	70
4.4.3 Ubicación y protección de centro de medición	70
4.5 Establecer un Sistema de Control, Indicación y Registro en Tiempo Real del Funcionamiento del Gas en las Instalaciones	71

4.5.1 Sistema de control	71
4.5.2 Indicación y registro en tiempo real	71
5. Conclusiones	75
6. Recomendaciones	76
Referencias Bibliográficas	77

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Propiedades físicas de los componentes principales gas licuado de petróleo	24
Tabla 2. Normas para el diseño de redes de gas de uso residencial y comercial	32
Tabla 3. Equipos que requieren suministro en planta	33
Tabla 4. Parámetros de diseño	35
Tabla 5. Cálculo de tubería Red de distribución	40
Tabla 6. Cálculos de tubería de red de distribución	42
Tabla 7. Cálculo de pérdida de presión por tramo, sistema media presión	43
Tabla 8. Calculo perdida de presión por tramo sistema baja presión	43
Tabla 9. Características para cada tramo	43
Tabla 10. Volumen de aire disponible por recinto y total	45
Tabla 11. Volumen de aire disponible por recinto y total	45
Tabla 12. Cálculo de área rejilla para cada recinto	45
Tabla 13. Área de rejilla y material	46
Tabla 14. Cálculo de capacidad a instalar	47
Tabla 15. Criterios de selección del medidor de flujo	54
Tabla 16. Alternativa de selección del medidor de flujo	56
Tabla 17. Criterios de selección de la válvula de control	57
Tabla 18. Criterios de selección de válvula de control	59
Tabla 19. Criterios de selección del detector de gas natural	59
Tabla 20. Alternativa de selección de detector de gas	61
Tabla 21. Criterios de selección de tarjeta de adquisición de datos	62

Tabla 22. Alternativa de selección de tarjeta de adquisición de datos	64
Tabla 23. Parámetros para el procedimiento de unión por termofusión a socket	67

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Planos Red de suministro de gas	44
Figura 2. Tanque de almacenamiento de Gas	48
Figura 3. Tuberías termoplásticas	52
Figura 4. Tubería multicapa PE-AL-PE	52
Figura 5. Válvulas de seguridad	53
Figura 6. Regulador cabagna de 0 a 15 PSI.	53
Figura 7. Medidor tipo diafragma	54
Figura 8. Medidor digital DN32	55
Figura 9. Medidor digital VFM60-32	55
Figura 10. Medidor de gas de bajo flujo: DN12, 3 - 300 SLPM	56
Figura 11. Válvula de gas Honeywell Resideo sin piloto VR8305M4801	57
Figura 12. Válvula de gas Honeywell V4943B 1027	58
Figura 13. Válvula de FIDEGAS NC	58
Figura 14. Detector de gas Modelo DME-24	60
Figura 15. Detector de gas Modelo TD-LPG-BZ	60
Figura 16. Megacenter	61
Figura 17. Tarjeta de adquisición NI Usb-6525	62
Figura 18. Tarjeta de adquisición de datos NVIS 632ic80	63
Figura 19. Tarjeta de adquisición de Arduino Due Atsam3x8e32 Bits	63
Figura 20. Dimensiones de excavación	66
Figura 21. Relleno de la excavación	68
Figura 22. Detalle nicho del medidor	70

Figura 23. Sistema de monitoreo en tiempo real	72
Figura 24. Parte dl código de programación en LabVIEW	72
Figura 25. Puertos de comunicación virtual para prueba de funcionamiento	73
Figura 26. Diagrama de conexiones Arduino analogía de la DAQ seleccionada	74

## **Resumen**

Este proyecto realizó un diseño de un sistema centralizado de “Gas Licuado de Petróleo” para las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA del municipio del Zulia, Norte de Santander. Para ello, se implementó una investigación tipo descriptiva. La información se obtuvo mediante la normatividad utilizada para el desarrollo de la investigación. La población y muestra correspondió a las instalaciones del SENA del municipio de El Zulia. Se logró diseñar un sistema centralizado de gas licuado de petróleo para las instalaciones del SENA, Norte de Santander. Seguidamente, se elaboró un el diseño de red de distribución con la tubería certificada para el transporte del “Gas Licuado de Petróleo” para cada área requerida. Posteriormente, se determinó el número de equipos y el tipo de elementos requeridos para el suministro de gas, teniendo presente las variables de los diferentes procesos. Finalmente, se estableció un sistema de control, indicación y registro en tiempo real del funcionamiento del gas en las instalaciones.

## **Introducción**

En la actualidad el suministro de gas propano o natural es requerido para instalaciones de uso residencial, comercial e industrial. Las redes de distribución de este tipo de gases son de uso común, y requieren de un diseño previo a su instalación, con el objetivo de que variables como la presión y el flujo de gas sean las que requiere cada uno de los equipos que van a consumir dicho gas.

En Colombia, los proveedores de gas natural y propano han aumentado, debido a la gran demanda requerida, ya que se pasó de utilizar el gas en cilindro, por el suministro mediante red. Sin embargo, existen edificaciones que requieren del servicio en grandes cantidades, que requieren de una buena instalación de red de distribución y del uso de un cilindro o estación centralizada, para el suministro de gas.

En el municipio de El Zulia, actualmente se encuentra en construcción las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje, para lo cual muchos de los ambientes académicos requieren del suministro de gas para sus diferentes procesos, por lo que a la Firma L&J Engineering Solution S.A.S. le fue solicitado realizar el respectivo diseño de un sistema centralizado para la distribución de “Gas Licuado de Petróleo” en los diferentes ambientes que lo requieren.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

DISEÑO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE “GAS LICUADO DE PETRÓLEO” PARA LAS INSTALACIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA DEL MUNICIPIO DEL ZULIA, NORTE DE SANTANDER.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

Actualmente las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje del municipio de El Zulia se encuentran en construcción, y no cuenta con el diseño de red de distribución de “Gas Licuado de Petróleo” que requieren los diferentes ambientes académicos, ya que ambientes como minería, agroindustria, restaurante, gallinas ponedoras y pollos de engorde, requieren del uso de gas propano, para sus diferentes maquinarias, tales como cocinas, incubadoras, calderas, etc.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuál sería el diseño requerido para el sistema centralizado de “Gas Licuado de Petróleo” para las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje del municipio de El Zulia?

### **1.4 Justificación**

La construcción de un sistema centralizado de “Gas Licuado de Petróleo”, se realiza previo a su diseño, el cual permite conocer tiempos, materiales y equipos requeridos para su construcción, así como las diferentes rutas o trazados de tubería, diámetros, válvulas, etc. El diseño es el punto de partida que garantiza una correcta instalación del sistema. Realizar el presente proyecto permitirá conocer al cliente y a la comunidad en general beneficios ambientales, tales como el

correcto uso de gases inflamables; beneficios empresariales, tales como la obtención de registros de calidad, mayor rendimiento de los trabajadores, instructores y estudiantes; beneficios económicos, para la comunidad zuliana y de pueblos de occidente, ya que los costos de transporte serán reducidos y beneficios tecnológicos, tales como la implementación de nuevas tecnologías y un aprendizaje técnico en campo sin salir de las instalaciones del Servicio Nacional de Aprendizaje.

## **1.5 Objetivos**

**1.5.1 Objetivo general.** Diseñar un sistema centralizado de gas licuado de petróleo para las instalaciones del servicio nacional de aprendizaje del municipio el Zulia, Norte de Santander.

**1.5.2 Objetivos específicos.** Los objetivos específicos se plantean a continuación:

Diseñar la red de distribución con la tubería certificada para el transporte del “Gas Licuado de Petróleo” para cada área requerida.

Determinar el número de equipos y el tipo de elementos requeridos para el suministro de “Gas Licuado de Petróleo” teniendo presente las variables de los diferentes procesos.

Establecer un sistema de control, indicación y registro en tiempo real del funcionamiento del gas en las instalaciones.

## **1.6 Alcances y Limitaciones**

**1.6.1 Alcances.** El proyecto tiene un alcance en diseño y selección de tubería de gas, selección de instrumentos de medición y elementos finales de control.

**1.6.2 Limitaciones.** La limitación presente es el desplazamiento a las instalaciones, ya que el desarrollo del proyecto se realizará de forma virtual, contando únicamente con los planos estructurales de obra civil, ya que no hay ingreso en las instalaciones en campo por motivos de bioseguridad.

## **1.7 Delimitación**

**1.7.1 Delimitación espacial.** SENA, ubicado en la vía que comunica al municipio de El Zulia, con el municipio de San Cayetano, Norte de Santander. Departamento de Electricidad y Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander.

**1.7.2 Delimitación temporal.** Se estima realizar el presente proyecto en cuatro meses, contados a partir de la aprobación del anteproyecto por parte del comité curricular del programa de Ingeniería Electromecánica.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Antecedentes

Zuluaga & Roa (1993). “Diseño de redes de gas (Gas Licuado de Petróleo) en el área de las instalaciones domiciliarias e industriales basado en las normas y parámetros internacionales y nacionales”. La búsqueda del objetivo general de este estudio permitió conocer las normas aplicables al presente proyecto, así como diversas variables que intervienen en los procesos, lo cual aporta significativamente al desarrollo del presente proyecto.

Yunga & Torres (2010). “Diseño e implementación de un sistema centralizado de Gas Licuado de Petróleo para el taller mecánico del AEIRRNNR de la UNL”. La búsqueda del objetivo general de este proyecto permitió conocer el diseño e implementación de la red centralizada de “Gas Licuado de Petróleo” para los laboratorios de la UNL. La normatividad internacional y el cálculo de variables aporta significativamente al desarrollo del presente proyecto.

Cabrera & Martínez (2017). “Diseño de la ampliación de la red de distribución de gas natural en el centro poblado de San Antonio de Anapoima”. La búsqueda del objetivo general de este estudio permitió conocer el diseño de una ampliación de una red de gas natural existente para uso residencial, el uso de la normatividad nacional e internacional, y la presentación de proyectos de este tipo aporta significativamente al desarrollo del presente proyecto.

## 2.2 Marco Teórico

### 2.2.1 Características de los gases. Según Sánchez (2017):

Una de las principales características de los gases es que las sustancias en este estado presentan muy baja densidad y no tienen un volumen definido, por esta razón es que los gases pueden expandirse indefinidamente. Las sustancias en estado gaseoso no tienen una forma definida y adquieren la forma del recipiente que los contiene.

El espacio intermolecular que existe en los gases es muy grande, y entre mayor sea el espacio en que se encuentran más separadas estarán sus moléculas.

Los gases tienen una gran comprensibilidad, esto se debe a que el espacio intermolecular es muy amplio por lo que es posible disminuir su volumen al aplicarle una pequeña presión.

Otra de las características de los gases es el alto nivel de expansión que poseen, si se aumenta la temperatura o se disminuye la presión alrededor del gas, éste tiende a expandirse mientras no existan paredes que lo contengan. (p.1)

Los gases se difunden muy rápidamente, por lo que cuando dos gases entran en contacto, sus moléculas quedan mezcladas uniformemente.

Otra de las características de los gases es que no existen fuerzas de atracción entre sus moléculas.

La energía cinética de sus moléculas es muy alta por lo que están en constante movimiento, chocando entre ellas.

Si se mantiene la temperatura constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión que se le aplica, es decir a mayor presión, menor volumen y a menor presión, mayor volumen.

Si la presión se mantiene constante, el volumen de un gas es directamente proporcional a la temperatura que se le aplica, esto significa que a mayor temperatura mayor volumen y a menor temperatura menor volumen.

### **2.2.2 Propiedades de los gases.** Gary (2014), destaca las siguientes propiedades.

Las propiedades de los gases son muy diferentes a las propiedades de líquidos y sólidos. Para esto es muy importante recordar que los gases tienen las siguientes características:

- Entre las partículas que lo forman existen grandes distancias.
- Existe una nula fuerza de cohesión entre sus moléculas.

No tienen una forma determinada, por lo cual tampoco un volumen conocido. Sin embargo, se distribuyen de manera uniforme y total en el recipiente que los contiene.

Son menos densos que los sólidos y líquidos. Debido a esto, es posible que se compriman.

El resultado de estas observaciones trajo como resultado la creación del modelo corpuscular. Un modelo es una aproximación a la realidad, a partir de la necesidad de representar algo que se desea conocer sin poder ver a simple vista. Su nombre de modelo corpuscular fue derivado del concepto genérico en que se supone una pequeña estructura de forma esferoidal.

**Fluidez.** Es la propiedad que tienen los gases para ocupar todo el espacio que los contiene, esto se debe a la poca o nula fuerza de unión entre las moléculas del gas. Son mucho más fluidos

que los líquidos.

**Difusión.** Es la propiedad que tienen los gases de mezclarse con otro, solamente debido al movimiento de sus moléculas en forma totalmente desordenada.

**Compresión.** Es la propiedad que tienen los gases de disminuir su volumen al ser aplicado sobre éste una presión que logre acercar las moléculas entre sí, disminuyendo las distancias entre éstas.

**Resistencia.** - es la propiedad que tienen los gases a oponerse al movimiento de los cuerpos de manera libre. Ésta es conocida como fuerza de roce y depende en gran medida de la velocidad y tamaño del cuerpo en desplazamiento.

### **2.2.3 Gas licuado de petróleo.** Smith, Ness & Abbott (2000), definen:

El término “Gas Licuado de Petróleo” describe a las mezclas de hidrocarburos en la que los componentes principales son el propano, butano, Iso-butano, propileno y butenos. Más comúnmente este término se aplica a mezclas de propano y butano.

Estos componentes y mezclas de los mismos son gaseosos a temperatura y presión normal, pero pueden ser licuados por enfriamiento, compresión, o una combinación de ambos procesos. El “Gas Licuado de Petróleo” se produce a partir de dos fuentes distintas.

La primera es por extracción a partir de corrientes de petróleo crudo y gas natural, en o cerca del punto de la producción desde el depósito y contiene propano y butano. Las cantidades de “Gas Licuado de Petróleo” en el líquido de fluido varían mucho dependiendo de la naturaleza del depósito.

La producción puede ser (1) de gas natural a partir de un depósito de gas, (2) de gas e hidrocarburos líquidos livianos desde un yacimiento de gas condensado o (3) de petróleo crudo y gas de un yacimiento combinado de petróleo y gas. (p.460)

El grado de recuperación de “Gas Licuado de Petróleo” e hidrocarburos más pesados a partir de gas depende de la composición del gas producido y las especificaciones de calidad del gas a ser transportado al consumidor.

Antes del almacenamiento o transporte del petróleo crudo en barcos cisterna, se debe bajar su presión de vapor para que pueda estar contenido en el tanque de un barco con seguridad. Esta reducción, conocida como estabilización, se logra mediante la eliminación de “Gas Licuado de Petróleo” y especies más ligeras para producir el estabilizado del petróleo crudo y gas natural adicional. Los componentes de GLP en el petróleo y el gas producido son predominantemente los hidrocarburos saturados propano, butano e Iso-butano.

El “Gas Licuado de Petróleo” también se obtiene mediante el procesamiento de petróleo crudo en las refinerías y en algunos casos como un subproducto de las plantas químicas. El GLP que queda en el petróleo crudo estabilizado se separa en la refinería en la columna de fraccionamiento del petróleo crudo. Los constituyentes de este “Gas Licuado de Petróleo” son propano, butano, Iso-butano.

GLP adicional se produce en los procesos de conversión de la refinería tales como de reformado catalítico, craqueo térmico, craqueo catalítico e hidro craqueo. La composición de este GLP depende de la configuración de procesamiento en la refinería, pero típicamente incluye componentes saturados (propano, butano, Iso-butano) e insaturados (propeno y butenos).

**2.2.4 Propiedades del gas licuado de petróleo.** Según Ortuño (2014), “El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es un hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, se encuentra en estado gaseoso, pero a temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable” (p.106), las propiedades físicas de los principales constituyentes del “Gas Licuado de Petróleo” se enumeran en la tabla 1.

Además de estos componentes, pueden estar presentes otras especies en cantidades de traza. Típicamente, se pueden producir compuestos de azufre, agua, y, ocasionalmente, aceites residuales y alquitranes.

Dependiendo del uso del “Gas Licuado de Petróleo”, estos contaminantes deben reducirse a un nivel aceptable, en consonancia con las especificaciones de GLP aplicable en el país de uso. En esta sustancia no hay presencia de hidrocarburos insaturados en el GLP que se produce en la Planta de Fraccionamiento de Pisco.

**Tabla 1. Propiedades físicas de los componentes principales gas licuado de petróleo**

<b>Elemento Químico</b>	<b>Punto de ebullición (101,3 Kpa), °C</b>	<b>Presión de vapor (37,8 °C), en Kpa.</b>	<b>Densidad del líquido (a la presión de saturación; 15,6 °C), en Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Poder Calorífico bruto (25 °C), KJ/kg</b>
<b>Propano</b>	-42.1	1310	506.0	50.014
<b>Propeno</b>	-47.7	1561	520.4	48.954
<b>n-butano</b>	-0.5	356	583.0	49.155
<b>Iso-Butano</b>	-11.8	498	561.5	49.051
<b>1-buteno</b>	-6.3	435	599.6	48.092
<b>Cis-2-buteno</b>	3.7	314	625.4	47.941
<b>Trans-2-buteno</b>	0.9	343	608.2	47.878
<b>Isobuteno</b>	-6.9	435	600.5	47.786

Fuente: TextosCientificos, 2020.

### **2.2.5 Usos del gas licuado de petróleo.** Este mismo autor expone que:

El “Gas Licuado de Petróleo” suministrado en cilindros o entregado en grandes tanques a granel, encuentra un mercado en los sectores domésticos, comerciales e industriales. En los mercados domésticos y comerciales, el “Gas Licuado de Petróleo” ofrece un combustible limpio para cocinar, calefacción y automóviles. Es un combustible para automóviles especialmente atractivos porque reduce sustancialmente las emisiones de escape de los vehículos. En el mercado industrial, el “Gas Licuado de Petróleo” es adecuado para muchos usos donde se requiere un combustible de alta calidad. Los altos costos de almacenamiento y manejo normalmente limitan el “Gas Licuado de Petróleo” a aquellas aplicaciones en las que se puede obtener un alto precio.

También se utilizan cantidades significativas de “Gas Licuado de Petróleo” en las refinerías e industrias del petróleo. En la refinería, el butano se utiliza principalmente en la producción de gasolina; se agrega n-butano para aumentar la volatilidad y número de octanos del combustible, mientras que el Iso-Butano y buteno son consumidos por el proceso de alquilación para proporcionar alquilatos de alto octanaje para la mezcla de gasolina. Un uso importante de “Gas Licuado de Petróleo” como materia prima química es en la fabricación de productos intermedios para los polímeros tales como polietileno, policloruro de vinilo, y polipropileno, para nombrar unos pocos. (TextosCientificos, 2020, p.1)

En la industria del gas entubado, el “Gas Licuado de Petróleo” puede utilizarse de diversas maneras. Se puede inyectar propano cerca del consumidor cuando la tubería está sobrecargada o, con menos frecuencia, anteriormente en el sistema de transmisión cuando hay una escasez de gas. Debido al efecto en el valor calorífico y características de combustión de los gases, las cantidades

de propano que se pueden usar son limitadas. Alternativamente, puede ser introducida una mezcla de aire - propano en cantidades más grandes, y este método para aumentar los suministros de gas durante períodos de máxima demanda se ha empleado durante muchos años. El butano no es tan atractivo para este servicio debido a su mayor punto de ebullición.

### **2.2.6 Clasificación de los gases combustibles.** Howell & Buckius (2012):

Además de tener un bajo costo, porque generalmente son gases obtenidos como subproductos; son combustibles que forman con el aire una mezcla más homogénea.

Esta característica, contribuye para una mejor distribución en los cilindros, aumentando el rendimiento y vida útil del motor. Aumenta también la facilidad de partida en frío del motor.

Los combustibles gaseosos, según su propio proceso de fabricación, pueden ser Gas natural: es encontrado en lugares arenosos que contienen petróleo en varias profundidades del subsuelo. (p.24)

Los principales gases naturales son:

- Metano ( $\text{CH}_4$ ).
- Etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ).
- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).
- Nitrógeno ( $\text{N}_2$ ).

Los gases naturales obtenidos a través de la refinería de petróleo son:

- Propano.
- Butano.

- Gas de gasógeno: estos gases son obtenidos a través de la combustión del carbono.

La utilización de los gases de gasógeno en automovilística, fue muy común en el tiempo de la guerra, debido a la inexistencia de otros combustibles. Hoy en día no es muy utilizado, porque presenta varios inconvenientes a saber:

- Alto porcentaje de polución.
- Bajo poder calorífico.
- Para ser producidos, son necesarios equipos de excesivo gran porte.
- Gas de subproducto: este gas puede ser obtenido por los siguientes procesos.
- Proceso destinado a producir coque. La parte volátil del carbón que es liberada con el calentamiento de los hidrocarburos más pesados, obteniendo así un gas en H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.

## **2.3 Marco Legal**

**2.3.1 NTC 2505.** Instalaciones para el suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

**2.3.2 NTC 1746 plástico.** Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión.

**2.3.3 NTC 3949 gasoductos.** Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte de y redes de distribución de gas combustible.

**2.3.4 ISA 5.2.** Instrumentación Industrial. Elementos finales de control.

### 3. Diseño Metodológico

#### 3.1 Actividades y Metodología

**3.1.1 Investigar y analizar las normas nacionales e internacionales requeridas al funcionamiento de redes centralizadas de gas licuado de petróleo que avalen su adecuado diseño y construcción, tanto para el sistema mecánico, como para la instrumentación industrial requerida.** El desarrollo de la actividad 1 se muestra a continuación:

**3.1.1.1 Actividad.** Recolectar la información de la normatividad nacional e internacional vigente para el desarrollo de este tipo de proyectos.

**3.1.1.2 Metodología.** Basado en los antecedentes del proyecto, se establecerá el conjunto y las características de la norma vigente tanto de índole nacional como internacional, las cuales serán aplicadas al desarrollo del proyecto.

**3.1.2 Dimensionar las líneas de distribución de gas licuado de petróleo basado en las variables del proceso.** El desarrollo de la actividad 2 se muestra a continuación:

**3.1.2.1 Actividad.** Establecer el trazado de rutas de la línea de distribución de gas, así como los sistemas de regulación de presiones y medición de flujo de “Gas Licuado de Petróleo” del sistema.

**3.1.2.2 Metodología.** Basado en los objetivos anteriores se procederá a dar inicio al diseño requerido, tanto en los cálculos, como en los dimensionados y rutas, requeridos por el sistema.

**3.1.3 Seleccionar la instrumentación industrial requerida, como válvulas, sensores de medición y demás elementos propios del sistema.** El desarrollo de la actividad 3 se muestra a continuación:

**3.1.3.1 Actividad.** Seleccionar los sensores, tuberías, válvulas y elementos de medida que requerirá el sistema.

**3.1.3.2 Metodología.** Basado en la capacidad y líneas de distribución de “Gas Licuado de Petróleo” de la institución educativa, se procederá a realizar un P&ID, aplicando la normatividad vigente, siguiendo también la seguridad intrínseca requerida para áreas clasificadas, estableciendo así una ingeniería de detalle.

## **4. Desarrollo del Proyecto**

### **4.1 Diseñar la Red de Distribución con la Tubería Certificada para el Transporte del Gas Licuado de Petróleo para Cada área Requerida**

La entidad responsable de establecer las normas técnicas en cuanto al diseño y construcción de instalaciones de gas es el ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación), que de acuerdo con el decreto 2269 de 1993 es el organismo de normalización nacional y representa al país ante otros organismos de normalización internacionales.

#### **4.1.1 NTC 3728 gasoductos.** Líneas de transporte y redes de distribución de gas.

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir la línea de transporte y las redes de distribución de gases combustibles, en cuanto al diseño, materiales, construcción, verificación y pruebas, condiciones de operación y exigencias relativas al mantenimiento y control de la corrosión.

**4.1.2 NTC 2505.** Instalaciones para el suministro de gas combustible destinadas a usos residenciales y comerciales.

Las instalaciones cubiertas por esta norma comprenden los sistemas de tuberías, accesorios elementos y otros componentes que van desde la salida de la válvula de corte (registro) en la acometida, hasta los puntos de conexión de los artefactos de uso doméstico o comercial que funcionan con gas.

**4.1.3 NTC 3838 gasoductos.** Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.

Esta norma establece las presiones de operación permisibles en las redes que el transporten, distribuyan y suministren gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial en condiciones normales de servicio, de acuerdo con las características particulares de construcción y funcionamiento de tales sistemas, para salvaguardar la seguridad en el uso y manejo de estos combustibles.

La norma aplica a las modalidades de conducción a través de líneas de transporte, redes de distribución (líneas primarias, líneas secundarias y líneas de acometida) e instalaciones de para suministro de gas (líneas matrices, líneas individuales), así como también las estaciones compresoras, descompresoras, de regulación y medición, adicionalmente son extensivas a los distintos elementos mecánicos o estructurales que conforman estos sistemas, como tuberías, válvulas, bridas, tornillería, herrajes, empaquetaduras, reguladores de presión, mecanismos de alivio e instrumentación de medición entre otros.

**4.1.4 NTC 3631.** Ventilaciones de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gas combustible para uso doméstico, comercial e industrial.

Define los requisitos y establece los métodos para la ventilación de los recintos interiores donde se instalan artefactos a gas para uso doméstico, comercial e industrial.

**4.1.5 NTC 3949 Gasoductos.** Estaciones de regulación de presión para líneas de transporte de y redes de distribución de gas combustible.

Esta norma establece los requisitos mínimos que deben cumplir las estaciones de regulación de presión abastecidas de líneas de transporte y líneas primarias de redes de distribución de gas combustible (en estado gaseoso) en cuanto al diseño, construcción, ensayo, operación y

mantenimiento se refiere.

Esta norma aplica a las estaciones de regulación de presión, la cuales eventualmente pueden estar dotadas de sistemas de medición, calentamiento de gas, filtración y odorización. Estos sistemas se pueden presentar simultánea o individualmente. En algunos casos esta norma establece requisitos para este tipo de sistemas y en otros se referencian a otras normas.

**4.1.6 NTC 1746 Plástico.** Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión.

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos y métodos de ensayos para el material, dimensiones, tolerancias, resistencia a la rotura por presión hidrostática, resistencia química, y resistencia al impacto de tubos y accesorios plásticos destinados a redes de transporte y distribución de gas para uso bajo tierra o en revestimientos existentes. Los tubos y accesorios cubiertos por esta norma se destinan para el uso en la distribución de gas natural.

**Tabla 2. Normas para el diseño de redes de gas de uso residencial y comercial**

<b>Referencia Normativa</b>	
NTC 3728: Gasoductos. Líneas de transporte y redes de distribución de gas.	Todos los aspectos de la norma.
NTC 2505: Instalaciones para el suministro de gas destinadas a usos residenciales y comerciales.	Todos los aspectos de la norma.
NTC 3838: Presiones de operación permisibles para el transporte, distribución y suministro de gases combustibles.	Todos los aspectos de la norma.
NTC3631. Ventilaciones de recintos interiores donde se instalan artefactos que emplean gas combustible para uso doméstico, comercial e industria	Todos los aspectos de la norma
NTC 3949: Gasoductos. Estaciones De Regulación de Presión Para líneas de Transporte y Redes de Distribución de Gas Combustible	Todos los aspectos de la norma.
NTC 1746: Plásticos. Tubos Y Accesorios Termoplásticos Para Conducción De Gases A Presión.	Todos los aspectos de la norma.

## 4.2 Determinar la Cantidad de los Equipos que Requieren Suministro de Gas Licuado de Petróleo en las Instalaciones como sus Respectivas Ubicaciones en Planta

Para determinar la cantidad total hay que tener en cuenta el consumo de cada recinto y el consumo del equipo que se encuentre en cada uno de ellos.

Los cálculos de cantidad y ubicaciones en planta son los siguientes:

**Tabla 3. Equipos que requieren suministro en planta**

<b>Capacidad a instalar SENA (kw)</b>					
<b>Tipo de recinto</b>	<b>Equipo</b>	<b>Potencia kw</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total, kw</b>	<b>Caudal equivalente (SM3/H)</b>
				126,88	11,694
<b>Restaurante</b>	Cocina industrial 6 fuegos	48	1	48	4,424
	Horno	29,31	1	29,31	2,701
	Freidora automática 85 lb	10	1	10	0,922
	Marmita 60 gl	39,57	1	39,57	3,647
				45,7	4,212
<b>Edificio minería</b>	Muflas	2,9	2	5,8	0,535
	Equipo específico de minería	5	2	10	0,922
	Bunsen para laboratorio	0,59	1	0,59	0,054
	Horno para lab.	29,31	1	29,31	2,701
				514,42	47,412
<b>Agroindustria</b>	Empacadoras	50	3	150	13,825
	Secadora industrial	8	1	8	0,737
	Caldera	196	1	196	18,065
	Horno agroindustrial	29,31	4	117,24	10,806
	Bunsen para laboratorio	0,59	2	1,18	0,109
	Caldera baños	42	1	42	3,871
				49,6	4,571
<b>Gallina ponedora</b>	Lámparas de calentamiento avícola	4,96	10	49,6	4,571
				51,6	4,756
<b>Pollo de engoré</b>	Incubadoras	5,16	10	51,6	4,756
	<b>Línea futura</b>	200	1	200	18,433
			<b>Totales</b>	<b>788,20</b>	<b>72,645</b>

Nota. Estas potencias son proyectadas, pero dichas potencias pueden aumentar o disminuir de acuerdo a lo instalado al momento de la puesta en servicio.

Ya teniendo en cuenta el consumo de cada recinto y de cada equipo se logra hacer un aforo de consumo total.

### **4.3 Dimensionar las Líneas de Distribución de gas Licuado de Petróleo Basado en las variables del Proceso, Cantidad Determinado y Capacidad Requerida**

**4.3.1 Parámetros del diseño.** Para el diseño de la instalación para suministro de gas combustible en el proyecto CEDRUM-SENA, en el municipio de El Zulia, N. de S, se tuvo en cuenta los siguientes aspectos básicos:

- Máxima cantidad de gas requerida.
- Máxima cantidad de gas requerida por cada consumidor.
- Máxima cantidad de gas proyectada futura.
- Características físicas y químicas del gas combustible
- Presión máxima y mínima de operación de suministro del gas.
- Presión de operación del material de la red interna.
- Presión de operación de los equipos.
- Longitud de la tubería y cantidad de accesorios.
- Caída de presión permisible entre el punto de suministro y los artefactos a gas
- Gravedad específica del gas.
- Velocidad permisible del gas.
- Temperatura máxima y mínima de operación.

- Especificaciones del material seleccionado.
- Cargas adicionales en los cruces de vía.
- Factor de seguridad por densidad de población.
- Factor por eficiencia de juntas.
- Inspección y mantenimiento del sistema de operación.
- Calidad de gas (Comisión de Regulación de Energía y Gas, Resolución 071, 1999).

Por esto y partiendo del aforo realizado se puede dimensionar la capacidad del suministro de “Gas Licuado de Petróleo”, para esto se necesita tener en cuenta lo anteriores parámetros y demarcar sus valores de la siguiente forma.

**Tabla 4. Parámetros de diseño**

<b>Fluido</b>	<b>Gas Natural</b>
Densidad relativa	0,0676
Gravedad específica	0,6
<b>Presion De Suministro</b>	
Presion de suministro maximo	<b>101,53</b> psi
Presion de suministro minimo	58,02 psi
<b>Temperatura Tipica</b>	
Temp. Entrada gas natural maxima	49 °C
Temp. Entrada gas natural minima	7,2 °C
Velocidad de gas permisible	20 m/s
Caidad de la presion en la red	10 % MAX
<b>Poder Calorifico Del Gas</b>	
PCS	10,85 KW-H/M3
PCI	9,315 KW-H/M3
<b>Condiciones Ambientales</b>	
Lugar instalacion	El Zulia N. DE S.
Altitud	220 m.s.n.m
Presion atmosferica promedio	13,92 psi
Temperatura max. Promedio	33 °C
Temperatura min. Promedio	15 °C

Después de tener los valores exactos de cada variable se necesitan las fórmulas que rigen los cálculos de cada parámetro del diseño.

**4.3.2 Ecuaciones para el cálculo de la red.** Para el diseño de redes de gas, se cuenta con una gran variedad de ecuaciones aplicables en donde su cálculo se ajusta los parámetros de operación de la red y de las cuales se pueden obtener otros datos de la red. La NTC 4282 hace énfasis en la implementación de métodos de ingeniería reconocidos tanto para el diseño y dimensionamiento de la red de gas.

**Ecuación de Weymouth, alta presión.** Esta ecuación se empleará para el cálculo de redes donde el suministro de gas proceda de una red a alta presión, donde el caudal sea menor a 500.000 Sm<sup>3</sup>/día, la presión este entre 5 a 25 Bar y el diámetro del tubo no supere las 12 pulgadas.

$$Q = W * Z * E * \sqrt{\frac{P1^2 - P2^2}{L}}$$

Sifuentes (2011).

Donde:

- $Q$ : Caudal de gas (m<sup>3</sup>/día a condiciones estándar).
- $W$ : Constante de Weymouth.
- $Z$ : Factor de compresibilidad del gas.
- $E$ : Coeficiente de eficiencia.
- $P1$ : Presión absoluta del gas en el inicio del tramo (kg/cm<sup>2</sup>).
- $P2$ : Presión absoluta del gas en el final de la red (kg/cm<sup>2</sup>).
- $L$ : Longitud total del tramo (km).

**Ecuación de Müller, media presión.** Esta ecuación se empleará donde el suministro y la distribución del gas posea una presión de diseño sea mayor a 70 mbar y menor a 7000 mbar.

$$Q = \frac{0.13}{G^{0.425}} * \left[ \frac{P1^2 - P2^2}{L} \right]^{0.575} * D^{2.725}$$

(Empresas Públicas de Medellín, s,f).

Donde:

- $Q$ : Caudal de gas (m<sup>3</sup>/h a condiciones estándar).
- $G$ : Gravedad específica del gas (0.6).
- $P1$ : Presión absoluta del gas en el inicio de la red (Bar).
- $P2$ : Presión absoluta del gas en el final de la red (Bar).
- $L$ : Longitud total de la red (m).
- $D$ : Diámetro mínimo interior de la tubería (mm).

**Ecuación o fórmula de Pole, baja presión.** En los tramos donde la presión de operación sea igual o inferior a los 70 mbar, se empleará la ecuación que corresponde al modelo de Pole.

$$Q = 3.04 \times 10^{-3} * C * \left( \frac{h D^5}{G L} \right)^{0.5}$$

(Empresas Públicas de Medellín, s,f).

Donde:

- $Q$ : Caudal de gas a condiciones estándar (Sm<sup>3</sup>/h).
- $G$ : Gravedad específica del gas (0.6).
- $L$ : Longitud total de la red (m).

- $D$ : Diámetro mínimo interior de la tubería (mm).
- $C$ : Factor en función del diámetro.
- $h$ : caída de presión (mbar).

**Ecuación para la presión de diseño en tuberías de acero.** La NTC 3728 Brinda el cálculo de la presión de diseño, para cada uno de los tramos de la red tubería los cuales estén construidos en de acero carbono. A partir de esta ecuación se puede obtener el espesor mínimo que, por presión deberá tener los tramos de la red construidos en tubería de acero.

$$P = \left[ \frac{2 * S * t}{D} \right] * F * E * T$$

Donde:

- $P$ : Presión de diseño (Psi).
- $S$ : Esfuerzo de fluencia de la tubería (Psi).
- $t$ : Espesor mínimo de pared del tubo (in).
- $D$ : Diámetro exterior de la tubería (in).
- $F$ : Factor de diseño de acuerdo con clase de localidad.
- $E$ : Factor de eficiencia longitudinal de las juntas soldadas.
- $T$ : Factor de degradación por temperatura.

**Ecuación para la presión de diseño tubería de polietileno.** La NTC 3728 brinda el cálculo de la presión de diseño, para cada uno de los tramos de la red tubería los cuales estén construidos en polietileno. A partir de esta ecuación se puede deducir el espesor mínimo que, por presión

deberá tener los tramos de la red construidos en tubería en polietileno.

Ecuación para el cálculo de la presión de diseño tuberías de polietileno.

Sistema métrico.

$$P = \left( \frac{20 * S * t}{D - t} \right) * 0.32$$

(ICONTEC NTC 3728, 2018).

Donde:

- $P$ : Presión de diseño.
- $S$ : Esfuerzo hidrostático prolongado.
- $t$ : Espesor mínimo de pared del tubo.
- $D$ : Diámetro exterior de la tubería.

**Ecuación cálculo velocidad del gas en la red.** A partir de la ecuación de continuidad de la mecánica de fluidos,  $V=Q/A$ , puede inferir, una ecuación que permite calcular la velocidad de cada uno de los tramos 42 de la red, donde  $A$  es el área de flujo,  $A=\pi (D^2 /4)$  y  $Q$  es el caudal a condiciones estándar<sup>5</sup> Ecuación para el cálculo de la velocidad del gas.

$$V_f = 353.7 \left( \frac{Q_{st}}{D^2} \right) \left( \frac{P_{st}}{P_f} \right) \left( \frac{T_f}{T_{st}} \right)$$

(Sánchez, Palacio & Álvarez, 2006).

Donde:

- $Q_{st}$ : Caudal de gas a condiciones estándar ( $\text{Sm}^3/\text{h}$ ).
- $P_{st}$ : Presión estándar (Bar).

- Pf: Presión absoluta del gas (Bar).
- Tst: Temperatura estándar, °K (15.56 °C).
- Tf: Temperatura del gas, °K.
- D: Diámetro interior de la tubería (mm).

**4.3.3 Calculo red de distribución.** Partiendo de los parámetros de la tabla 4, se procede a realizar el cálculo de la tubería de distribución.

El diseño se calcula basado las proyecciones que se tienen hipotéticamente de los artefactos que se van a instalar, además se deja muy por encima del resultado esperado con el fin de que si en futuro se instalan más artefactos a gas no existan caídas de presión que pueden afectar la operación del sistema.

**Tabla 5. Cálculo de tubería Red de distribución**

Capacidad a instalar sena (kw)					
Tipo de recinto	Equipo	Potencia kw	Cantidad	Total, kw	Caudal equivalente sm3/h
Restaurante				126,88	11,694
	Cocina industrial 6 fuegos	48	1	48	4,424
	Horno	29,31	1	29,31	2,701
	Freidora automática 85 lbs	10	1	10	0,922
	Marmita 60 gl	39,57	1	39,57	3,647
Edificio minería				45,7	4,212
	Muflas	2,9	2	5,8	0,535
	Equipo específico de minería	5	2	10	0,922
	Bunsen para laboratorio	0,59	1	0,59	0,054
	Horno para lab.	29,31	1	29,31	2,701
Agroindustria				514,42	47,412
	Empacadoras	50	3	150	13,825
	Secadora industrial	8	1	8	0,737
	Caldera	196	1	196	18,065

Capacidad a instalar sena (kw)					
Tipo de recinto	Equipo	Potencia kw	Cantidad	Total, kw	Caudal equivalente sm <sup>3</sup> /h
	Horno agroindustrial	29,31	4	117,24	10,806
	Bunsen para laboratorio	0,59	2	1,18	0,109
	Caldera baños	42	1	42	3,871
				49,6	4,571
<b>Gallina ponedora</b>	Lámparas de calentamiento avícola	4,96	10	49,6	4,571
				51,6	4,756
<b>Pollo de engorde</b>	Incubadoras	5,16	10	51,6	4,756
	Línea futura	200	1	200	18,433
			Totales	788,20	72,645

Con las respectivas ecuaciones se realizó el cálculo de cada uno de los parámetros de la siguiente tabla.

**4.3.4 Cálculo de tubería red de distribución.** El Cálculo de tubería red de distribución se evidencia de la siguiente forma:

**Tabla 6. Cálculos de tubería de red de distribución**

<b>Cálculo de tubería red de distribución</b>													
<b>Tramo</b>	Potencia (kw)	Nv	Lreal(m)	D(mm)	Q(m3/h)	L eq (m)	L. Total (m)	P1 (bar)	P2 (bar)	%	V (m/s)	Resultado	D(pulg)
<b>Tan-1</b>	788,2	6	85,38	26,2	85	17	102	4,96	4,85	2,14	8,95	Ok	1
<b>1-feb</b>	368,6	3	5,93	26,2	40	1	7	4,85	4,85	0,04	4,28	Ok	1
<b>2 - rest</b>	126,9	1	14	20,4	14	3	17	4,85	4,85	0,05	2,43	Ok	3/4"
<b>2-mar</b>	45,7	2	40,7	26,2	5	8	49	4,85	4,85	0,01	0,53	Ok	1
<b>3 - caldera</b>	196	1	40,7	26,2	21	8	49	4,85	4,85	0,09	2,27	Ok	1
<b>1-abr</b>	419,6	3	167,08	26,2	45	33	200	4,85	4,78	1,46	4,87	Ok	1
<b>4- agro</b>	318,4	1	19,46	20,4	34	4	23	4,78	4,77	0,35	6,18	Ok	3/4"
<b>4-may</b>	101,2	2	218,84	26,2	11	44	263	4,78	4,78	0,16	1,19	Ok	1
<b>5 - gallina</b>	49,6	1	31	20,4	5	6	37	4,78	4,77	0,02	0,96	Ok	3/4"
<b>5 -pollo</b>	51,6	1	176,86	26,2	6	35	212	4,78	4,77	0,04	0,61	Ok	1

Nota. El diseño se calcula basado las proyecciones que se tienen hipotéticamente de los artefactos que se van a instalar, además se deja muy por encima del resultado esperado con el fin de que si en futuro se instalan más artefactos a gas no existan caídas de presión que pueden afectar la operación del sistema.

**4.3.5 Cálculos de las instalaciones internas.** Con las respectivas ecuaciones se realizó el cálculo de cada uno de los parámetros de las siguientes tablas.

**Tabla 7. Cálculo de pérdida de presión por tramo, sistema media presión**

<b>Cálculo de Perdida de Presión por tramo Sistema Media Presión</b>						
<b>P Inicial (mbar)</b>	<b>TRAMO</b>	<b>Q (m3/h)</b>	<b>D (mm)</b>	<b>Le (m)</b>	<b>PFINAL (mbar)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
<b>LINEA MATRIZ (desde el centro de medición al regulador de segunda etapa (A) Reg. Humcar R-10 RPE 25: Regulador de primera etapa- Presión de salida 250 mbar</b>						
<b>4200</b>	<b>CM-A</b>	<b>72,58</b>	<b>20</b>	<b>217</b>	<b>3400,29</b>	<b>12,31</b>

**Tabla 8. Calculo perdida de presión por tramo sistema baja presión**

<b>Calculo Perdida de Presión por tramo Sistema Baja Presión</b>								
<b>P Inicial (mbar)</b>	<b>TRAMO</b>	<b>Q (m3/h)</b>	<b>D (mm)</b>	<b>Le (m)</b>	<b>Perdida de presión</b>	<b>Perdida Acum</b>	<b>PFINAL (mbar)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
<b>50</b>	<b>Pollos de engorde</b>	<b>4,75</b>	<b>14</b>	<b>58</b>	<b>45,9691</b>	<b>45,9691</b>	<b>4,03092</b>	<b>8,29 OK</b>
<b>50</b>	<b>Gallinas Ponedoras</b>	<b>4,57</b>	<b>14</b>	<b>56</b>	<b>41,3029</b>	<b>41,3029</b>	<b>8,69715</b>	<b>8,01 OK</b>
<b>100</b>	<b>Agroindustria</b>	<b>47,37</b>	<b>32</b>	<b>53</b>	<b>51,3372</b>	<b>51,3372</b>	<b>48,66283</b>	<b>16,54 OK</b>
<b>50</b>	<b>Minería</b>	<b>4,21</b>	<b>16</b>	<b>25</b>	<b>8,35291</b>	<b>8,3529</b>	<b>41,64709</b>	<b>5,84 OK</b>
<b>100</b>	<b>Restaurante</b>	<b>11,68</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>18,2509</b>	<b>18,2509</b>	<b>81,7491</b>	<b>10,8 OK</b>

**Tabla 9. Características para cada tramo**

<b>TRAMO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>L. r (m)</b>	<b>Le (m)</b>	<b>Presión Operación</b>	<b>observaciones</b>
<b>CM-A</b>	<b>PEALPE 2032</b>	<b>53</b>	<b>66,25</b>	<b>MEDIA</b>	<b>AGROINDUSTRIA</b>
<b>A-B</b>	<b>PEALPE 1620</b>	<b>25</b>	<b>31,25</b>	<b>MEDIA</b>	<b>MINERIA</b>
<b>A-C</b>	<b>PEALPE 1418</b>	<b>114</b>	<b>142,5</b>	<b>MEDIA</b>	<b>RESTAURANTE</b>
<b>B-1</b>	<b>PEALPE 1620</b>	<b>25</b>	<b>31,25</b>	<b>MEDIA</b>	<b>POLLOS</b>
<b>TOTAL</b>		<b>217</b>	<b>271,25</b>		

**4.3.6 Diseño de planos isométricos de redes de suministro.** Se diseñan las redes de suministro de gas (anexo 1 y 2) donde se encuentran consignados los planos de red de distribución del proyecto y de cada uno de los recintos.



**Tabla 10. Volumen de aire disponible por recinto y total**

<b>Volumen de Aire Disponible</b>			
<b>Edificio</b>	<b>Area (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Altura Entrepiso (m)</b>	<b>Volumen (M<sup>3</sup>)</b>
RESTAURANTE	27,84	3,00	83,52
MINERIA	56,97		170,91
AGROINDUSTRIA	256,48		769,44
GALLINA PONEDORA	138,69		416,07
POLLO DE ENGORDE	172,458		517,37
<b>VOLUMEN DE AIRE DISPONIBLE</b>			<b>1957,32</b>

**Tabla 11. Volumen de aire disponible por recinto y total**

<b>Gasodomesticos</b>	<b>POT (Kw)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/Kw)</b>	<b>Volumen (M<sup>3</sup>)</b>
RESTAURANTE	126,88	3,40	431,39
MINERIA	45,70		155,38
AGROINDUSTRIA	514,42		1749,03
GALLINA PONEDORA	49,60		168,64
POLLO DE ENGORDE	51,60		175,44
<b>VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO</b>			<b>2679,88</b>

**Tabla 12. Cálculo de área rejilla para cada recinto**

<b>Cálculo de ventilación</b>			
<b>Gasodoméstico</b>	<b>Pot (kw)</b>	<b>Área mínima (cm<sup>2</sup>/kw)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>
<b>Restaurante</b>	126,88	6,00	761,28
<b>Minería</b>	45,70		274,20
<b>Agroindustria</b>	514,42		3086,52
<b>Gallina ponedora</b>	49,60		297,60
<b>Pollo de engorde</b>	51,60		309,60
<b>Área de rejilla requerido</b>			<b>4729,20</b>

**Tabla 13. Área de rejilla y material**

Rejilla Inferior	Cantidad	Dimensiones (cm)		Área cm <sup>2</sup>	Efectividad %	Área cm <sup>2</sup>
		Largo	Ancho			
CELOSIA (ALUMINIO)	5	40	40	8000	60%	4800
PLASTICA		20	20	0	60%	0
Área de rejilla suministrado						<b>4800</b>

**Nota.** Se recomienda instalación de celosías 40 x 40 cm<sup>2</sup> en cada una de las edificaciones.

**4.3.8 Dimensionar la capacidad de suministro de gas licuado de petróleo, a partir de los datos obtenidos.** La especificación de la capacidad de suministro de gas se evidencia de la siguiente manera:

**4.3.8.1 Selección del sitio para estación de regulación.** La instalación de la estación de regulación superficial, se tienen en cuenta los siguientes aspectos con el fin de tomar las previsiones pertinentes para garantizar la seguridad y la operabilidad de la estación.

- a. Accesibilidad a la estación.
- b. Características del terreno.
- c. El tráfico vehicular.
- d. Separación a redes eléctricas y otras líneas de servicio.
- e. Se evalúa la distancia mínima a otro tipo de construcciones e instalaciones.

**4.3.8.2 Cálculo de volumen de almacenamiento, duración y carga.** El cálculo de volumen de almacenamiento, duración y carga se evidencia de la siguiente forma:

**Caudal cada recinto.** Según se indicó en la hoja de cálculo de redes de distribución, expresado en volumen para hallar los diámetros de la tubería a usar. Se requiere para calcular la simultaneidad.

**Tabla 14. Cálculo de capacidad a instalar**

<b>Capacidad a instalar SENA (kw)</b>		
Tipo de recinto	<b>Total, kw</b>	<b>Caudal equivalente sm<sup>3</sup>/h</b>
Restaurante	126,88	11,694
Edificio minería	45,7	4,212
Agroindustria	514,42	47,412
Gallina ponedora	49,6	4,571
Pollo de Engorde	51,6	4,756
	788,20	72,645

**Caudal de utilización simultanea individual.** Como se evidencia a continuación.

$$Q_{SI} = Q_A + Q_B + \frac{(Q_C + Q_D + Q \dots Q_n)}{2}$$

$$Q_{SI} = 47.412 + 11.694 + \frac{(4.756 + 4.212)}{2} = 65.8755 \text{ m}^3/\text{h}$$

**Consumo diario (Cdiario):** El consumo diario de gas de cada recinto se obtiene multiplicando el caudal que consume por el tiempo de funcionamiento. No interviene la simultaneidad.

$$C_{diario} = \sum Q * T = 72.645 * 3 = 217.93 \text{ m}^3/\text{dia}$$

**Consumo mes.** Para una autonomía de 20 días, el contenido mínimo del depósito será:

$$\text{Contenido} = C_{diario} * N^{\circ} \text{ de dias} = \frac{217.93 \text{ m}^3}{\text{dia}} * 20 \text{ dias} = 435.7 \text{ m}^3 \text{ de fase gaseosa}$$

Cantidad equivalente a:

$$4358.7 * 2.095 = 9131.47 \text{ Kg}$$

Esta cantidad ocupará en fase líquida un volumen de:

$$\frac{9131.47}{506} = 18.04 \text{ m}^3$$

**Volumen del depósito y Autonomía resultante.** Considerando que ha de quedar un 20% de propano de reserva en el depósito, los 36,06 m<sup>3</sup> de líquido deberán ocupar el  $0,85 V - 0,20 V = 65 \% \text{ de } V$ , luego el volumen del depósito será:

$$\frac{18.04}{0.65} = 27.76 \text{ m}^3$$

El depósito habrá de ser llenado la primera vez con el 65 % más el 20% de reserva, que hace un total del 85% de V.

$$27.76 * 0.85 = 23.59 \text{ m}^3 \text{ equivlentes a } 23.59 * 506 = 11941 \text{ Kg}$$

Según el cálculo, no existe un depósito de 27,76 m<sup>3</sup>, lo cual se propone el uso de un tanque de almacenamiento de 1000 gal.



**Figura 2. Tanque de almacenamiento de Gas**

Fuente: Extragas, 2021.

**Duración y recarga.** La autonomía real de este depósito es de:

$$A = \frac{(157 * 7.58)}{217.53} = 5.47 \Rightarrow \mathbf{6 \text{ días}}$$

El tanque de almacenamiento se deberá llenar cada 6 días.

**4.3.9 Selección de la instrumentación industrial requerida.** El cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas NTC 3728, NTC 2505 y la Resolución 9 0902, entre otras, se da para buscar la seguridad, considerando las condiciones en las que se puede brindar el servicio de gas natural. Las condiciones inusuales se consideran según las buenas prácticas de ingeniería.

**4.3.9.1 Sistemas de seguridad.** La red de distribución se diseñó para evitar la exposición a una presión que pueda exceder la máxima presión de operación permisible, dotándola de dispositivos de alivio.

Adicionalmente todos los tramos de la red de distribución se instalarán en los andenes o senderos peatonales y así estén más protegidas.

**4.3.9.2 Control de presión de entrega en la red de distribución.** La red de distribución se platea inicialmente a operar con gas propano, por lo tanto, se instalará un regulador para controlar la presión de salida del tanque estacionario, cumpliendo con la NTC 3949.

**4.3.9.3 Dispositivo de alivio de presión.** Se instalará con el propósito de proteger el sistema de red de distribución, garantizando una caída de presión que no exceda el 10 % del valor máximo de operación permisible.

**4.3.9.4 Válvulas.** Para la red de distribución de gas en proyecto CEDRUM-SENA se instalarán válvulas de seccionamiento, derivación, y estarán ubicados en lugares de fácil acceso. Tener en cuenta que el mecanismo de accionamiento para la apertura y cierre de la válvula será por parte de personal autorizado.

**4.3.9.5 Regulación y medición.** La localización, ubicación y protección de los reguladores y centros de medición se diseñó según lo establecido por la norma NTC 2505.

- Para ello se determinó una regulación en Segunda Etapa.
- Señalización del trazado.
- La red de distribución estará debida señalizada según criterio numeral 5.1.6. NTC 3728.

**4.3.10 Trazado de redes.** A continuación se aprecia el trazado de redes:

**4.3.10.1 Consideraciones ambientales y urbanísticas.** Para la construcción de la red de distribución se adoptarán medidas con el fin de preservar el orden urbano, el bienestar y la seguridad pública, garantizado la circulación vehicular y peatonal según sea aplicable, y la mínima afectación de los demás servicios públicos.

Por tal razón la mayor parte del trazado de la red se llevará a cabo por los senderos peatonales.

**4.3.11 Línea individual.** Para establecer el trazado de la red interna o línea individual se tuvo en cuenta los siguientes parámetros de diseño:

Un factor asociado al cálculo de la demanda máxima probable que garantice el suministro de gas para el correcto funcionamiento de los artefactos previstos en la instalación.

Las condiciones mínimas de ventilación del lugar destinado a la instalación de los artefactos a gas, de manera que garantice el suministro de un volumen permanente de aire de acuerdo a lo establecido en la NTC 3631.

**4.3.12 Estación de regulación.** El diseño y la construcción de la estación de regulación, cumplirá con lo establecido en la NTC 3949. Teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Accesibilidad a la estación
- Características del terreno para minimizar los riesgos naturales.
- El tráfico vehicular
- Separación a redes eléctricas y otras líneas de servicio
- La distancia mínima a otro tipo de construcciones e instalaciones, que se hará con Valla metálica a una distancia mínima de 6 metros.

**4.3.13 Otro componente.** Se construirá un rack según las buenas prácticas de ingeniería, a la altura del canal de aguas lluvias y/o servidas que limita el acceso a las edificaciones de Gallinas Ponedores y Pollos de Engorde.

#### **4.4 Determinar el Número de Equipos y el tipo de Elementos Requeridos para el Suministro de Gas Licuado de Petróleo Teniendo Presente las Variables de los Diferentes Procesos**

**4.4.1 Elementos requeridos para el suministro de gas licuado de petróleo.** Todos los materiales y equipos empleados en la construcción de la instalación para suministro de gas, cumplan con la norma NTC 1746, y aquellas que apliquen según el material.

**Tuberías.** Tuberías termoplásticas. Para la red de suministro de gas en el proyecto CEDRUM- SENA en el municipio de El Zulia, se utilizarán tuberías de polietileno de media densidad PE 80. Fabricada de acuerdo a la norma NTC 1746.



**Figura 3. Tuberías termoplásticas**

Fuente: Extracol, 2021.

Tubería Multicapa PE-AL-PE. Para las instalaciones internas se estableció el uso de Tubería Multicapa PE-AL-PE, cumpliendo con la norma ISO 17484-1. Quedando protegidas de la luz solar.



**Figura 4. Tubería multicapa PE-AL-PE**

Fuente: Extracol, 2021.

**Accesorios.** Los accesorios termoplásticos cumplen con la norma NTC 3409, y los accesorios mecánicos cumplen con lo establecido en la NTC 1746.

Los accesorios para la tubería multicapas PE-AL-PE, cumplen con la norma ISO 17484-1

**Válvulas de corte.** La válvula de corte es de cierre rápido mediante el giro de maneral en un cuarto de vuelta, para uso con presión de operación inferior a 1 psi, cumpliendo con la norma NTC 3740.



**Figura 5. Válvulas de seguridad**

Fuente: Extrucol, 2021.

**Regulador.** El regulador para la instalación atendida con gas natural se estableció de acuerdo a la NTC 3727.



**Figura 6. Regulador cabagna de 0 a 15 PSI.**

Fuente: Extrucol, 2021.

**Medidor.** Se seleccionó de acuerdo con la capacidad requerida para la máxima y mínima presión de operación prevista en el sistema.

El medidor va a garantizar la correcta medición del gas que está circulando. Se determino un medidor tipo diafragma.



**Figura 7. Medidor tipo diafragma**

Fuente: Extrucol, 2021.

**Medidor de flujo de gas digital.** Se seleccionó de acuerdo con la capacidad requerida para la máxima y mínima flujo operación prevista en el sistema.

**Tabla 15. Criterios de selección del medidor de flujo**

Características	Descripción
Voltaje	AC o DC
Tipo señal	Opcional 4-20 mA
gas	Gas natural
Comercio	Internacional o nacional
Precio	Económicamente accesible
Tasa de medida de flujo mínimo y máximo	0SM3/H a rangos máximos de 80-150 SM3/H



**Figura 8. Medidor digital DN32**

Fuente: Electronic Flow Meter, 2021.



**Figura 9. Medidor digital VFM60-32**

Fuente: Bell Flow Systems Ltd, 2021.



**Figura 10. Medidor de gas de bajo flujo: DN12, 3 - 300 SLPM**

Fuente: Bell Flow Systems Ltd, 2021.

Dadas las condiciones que anteceden, se realizó una matriz de Pugh para la selección, en ella nos muestra tres opciones que cumplen con los requerimientos.

**Tabla 16. Alternativa de selección del medidor de flujo**

Características	Medidor digital DN32	Medidor digital VFM60-32.	DN12, 3 - 300 SLPM
Voltaje	1	1	1
Operación	1	1	1
gas	1	1	1
Comercio	1	1	0
Precio	1	1	0
Tasa de medida de flujo mínimo y máximo	1	0	1
	6	5	4

La selección del equipo de medición de flujo de gas está dada por el instrumento que mejor cumpla con los requerimientos del proyecto evaluando cada uno de los equipos con la ayuda de la matriz y seleccionando la alternativa de mayor valor en este caso el medidor digital DN32.

**Válvulas de control.** Se seleccionó de acuerdo con la capacidad requerida para funciones cierre y apertura del suministro de gas para cada una de las instalaciones.

**Tabla 17. Criterios de selección de la válvula de control**

Características	Descripción
Voltaje	120VAC
Tipo señal	ON/OFF 120VAC
gas	Gas natural
Comercio	Internacional o nacional
Precio	Económicamente accesible
Tasa de flujo mínimo y máximo	0SM3/H a rangos máximos de 80-150 SM3/H



**Figura 11. Válvula de gas Honeywell Resideo sin piloto VR8305M4801**

Fuente: Exhibir Equipos, 2021.



**Figura 12. Válvula de gas Honeywell V4943B 1027**

Fuente: Exhibir Equipos, 2021.



**Figura 13. Válvula de FIDEGAS NC**

Fuente: Dcplayer, 2021.

Dadas las condiciones que anteceden, se realizó una matriz de Pugh para la selección, en ella nos muestra tres opciones que cumplen con los requerimientos.

**Tabla 18. Criterios de selección de válvula de control**

<b>Características</b>	<b>Honeywell Resideo sin piloto VR8305M4801</b>	<b>Honeywell V4943B 1027</b>	<b>FIDEGAS NC</b>
Voltaje	0	1	0
Operación	1	1	1
gas	1	1	1
Comercio	1	1	0
Precio	1	1	0
Tasa de flujo	1	1	1
	5	6	3

La selección del equipo actuador de flujo de gas fue realizada de acuerdo con los requerimientos del proyecto evaluando cada uno de los equipos con la ayuda de la matriz y seleccionando la alternativa de mayor valor en este caso la válvula Honeywell V4943B 1027.

**Sensor detector de gas.** Se seleccionó para el sistema de monitoreo y control de fuga de gas en las instalaciones.

**Tabla 19. Criterios de selección del detector de gas natural**

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Voltaje	AC/DC
Tipo señal	ON/OF Digital
gas	Gas natural
Comercio	Internacional o nacional
Precio	Económicamente accesible



**Figura 14. Detector de gas Modelo DME-24**

Fuente: Inelar S.R.L, 2021.



**Figura 15. Detector de gas Modelo TD-LPG-BZ**

Fuente: Tesladelta, 2021.



**Figura 16. Megacenter**

Fuente: Tesladelta, 2021.

Dadas las condiciones que anteceden, se realizó una matriz de Pugh para la selección, en ella nos muestra tres opciones que cumplen con los requerimientos.

**Tabla 20. Alternativa de selección de detector de gas**

<b>Características</b>	<b>DME-24</b>	<b>TD-LPG-BZ</b>	<b>BESTKEY GD-518NR</b>
Voltaje	1	1	1
tipo	1	1	1
gas	1	1	1
Comercio	1	1	0
Precio	0	1	0
	4	5	3

La selección del equipo detector de gas que mejor cumpla con los requerimientos del proyecto evaluando cada uno de los equipos con la ayuda de la matriz y seleccionando la alternativa de mayor valor en este caso el detector TD-LPG-BZ.

**Tarjeta de adquisición de datos.** Se seleccionó de acuerdo con la capacidad requerida para funciones de adquisición de datos para sistema de monitoreo en tiempo real del sistema.

**Tabla 21. Criterios de selección de tarjeta de adquisición de datos**

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
Comunicación	Puertos RS232/RS485 Puerto de programación USB (Mini-B)
I/O	4-20 mA, salidas digitales
Software de Programación y utilidades.	Software libre.
Voltaje de alimentación	AC, DC
Comercio	Internacional o nacional
Tipo de aplicación	Industrial
Precio	Económicamente accesible



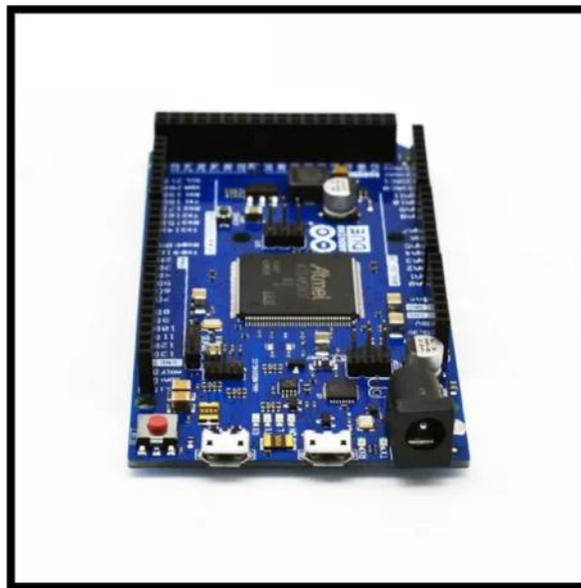
**Figura 17. Tarjeta de adquisición NI Usb-6525**

Fuente: Vistronica, 2021.



**Figura 18. Tarjeta de adquisición de datos NVIS 632ic80**

Fuente: CR Ciencia & Robótica, 2021.



**Figura 19. Tarjeta de adquisición de Arduino Due Atsam3x8e32 Bits**

Fuente: 3 Despana, 2021.

Dadas las condiciones que anteceden, se realizó una matriz de Pugh para la selección, en ella nos muestra tres opciones que cumplen con los requerimientos.

**Tabla 22. Alternativa de selección de tarjeta de adquisición de datos**

<b>Características</b>	<b>NI Usb-6525</b>	<b>NVIS 632ic80.</b>	<b>Arduino Due Atsam3x8e32 Bits</b>
Comunicación	1	1	1
I/O	1	1	0
Software de Programación y utilidades.	1	1	1
Voltaje de alimentación	1	1	1
Comercio	1	0	1
Tipo de aplicación	1	1	0
Precio	1	0	1
	7	5	5

La selección de la tarjeta de adquisición de datos fue realizada de tal forma que sea seleccionada la tarjeta que mejor cumpla con los requerimientos del proyecto evaluando cada uno de los equipos con la ayuda de la matriz y seleccionando la alternativa de mayor valor en este caso la DAQ NI Usb-6525.

**4.4.2 Procesos de construcción de la red de distribución e instalaciones internas.** Los procesos de construcción de red de distribución se muestran a continuación:

- Antes de iniciar la obra de construcción se debe tener en cuenta:
- Acta de inicio de obra.
- Planos de diseño, tanto de la red de distribución y de las instalaciones internas
- Programa de ejecución de la obra.
- Certificado de aporte al sistema de seguridad social y parafiscal de recurso humano a laborar.
- Herramienta y equipo necesarios para la construcción.

- Encargado de la Salud Ocupacional.

A continuación, se describe el procedimiento a seguir en la obra de construcción de la red de distribución basado en la norma NTC 3728 y de las instalaciones internas basado en la norma NTC 2505 y la resolución 90902.

**4.4.2.1 Instalación de tubería pe 80, (red de distribución).** La instalación de tubería pe 80 se evidencia de la siguiente forma:

**Inspección del área de trabajo.** Antes de iniciar labores de obra civil, es recomendable hacer un reconocimiento del sector, con el fin de detectar obras civiles existentes tales como cajas de inspección, postearía, acometida de otros servicios, teniendo en mano el plano de diseño. Se tomarán evidencias fotográficas de los sitios críticos encontrados antes de iniciar cualquier proceso de construcción.

**Señalización de prevención.** Antes de iniciar cualquier tipo de labor ya sea de excavación, tendido, tapado o relleno, el sector a trabajar debe estar señalizado, con el fin de prevenir accidentes.

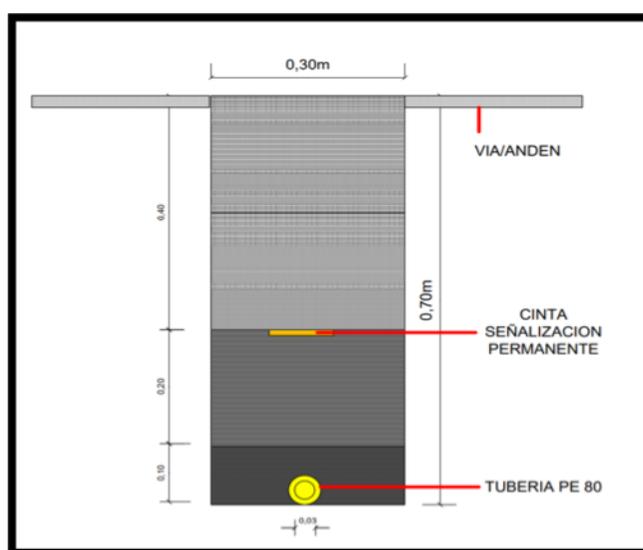
Esta señalización consiste en instalar señales de tipo visual como vallas, colombinas y cintas peligro, dando cumplimiento a la NTC 3728 artículo 5.1.3.

**Corte y rotura.** Esta actividad se realizará en puntos donde ya han adelantado urbanismo, es decir, donde ya están definidos los andenes y las vías.

En andenes se realiza corte con una cortadora y se usa Roto martillo para la rotura, con una profundidad de 8 cm y un ancho de 30 cm, y en las vías cambia el espesor a 15 cm.

**Excavación.** La excavación se hará de forma manual, con un ancho de 0,3 m y una profundidad de 0,6 m a 1 m, dependiendo del diámetro de la tubería a instalar.

En el proceso de la excavación se encontrarán redes existentes como acueducto o alcantarillado, lo cual se debe disponer que la tubería de gas quede separada en recorrido paralelo a una distancia mínima de 20 cm y en cruce perpendicular mínimo de 10 cm, cumpliendo estrictamente con los artículos 5.1.1, 5.1.2 y 5.1.3 de la NTC 3728.



**Figura 20. Dimensiones de excavación**

**Tendido De Tubería.** Una vez terminado la excavación se procede al tendido de la tubería de PE 80, la cual debe estar almacenada en un lugar donde no reciba la luz directa del sol y donde no supere los 38 C, se instalará cuando la excavación esté libre de material que pueda dañarla, se colocara de forma serpenteada y se demarcará en el plano los lugares exactos donde se deba hacer la pega o unión.

**Uniones o pegas.** La unión o pega de tuberías de polietileno se hace con la utilización de accesorios y según procedimiento establecido por fabricante, mediante proceso de termofusión.

El proceso solo se puede ser efectuado por personal técnico calificado, los cuales usaran equipos debidamente calibrados, dando cumplimiento al artículo 5.3.3.2. a) de la NTC 3728. Se deberá llevar un registro de las pegas que se realizaran en dicho sistema.

**Tabla 23. Parámetros para el procedimiento de unión por termofusión a socket**

Parámetros para el procedimiento de unión por termofusión a SOCKET (manguito) para PE 80			
Diámetro de la Tubería	Tiempo de Calentamiento A $250^{\circ}\text{C} \pm 6^{\circ}\text{C}$ ( $480^{\circ}\text{F} \pm 10\text{F}$ )	Tiempo de Enfriamiento	
	(Segundos)	Para soltar el anillo frío (Segundos)	Para realizar pruebas de presión (Minutos)
½Pulg CTS	6 a 8	25	10
20mm (½pulg IPS)	6 a 8	25	10
25mm (¾pulg IPS)	8 a 11	25	15
32mm (1pulg IPS)	10 a 12	25	15
63mm (2pulg IPS)	16 a 20	30	20
90mm (3pulg IPS)	20 a 25	30	30
110mm (4pulg IPS)	25 a 28	30	30

Recomendación: Para diámetros mayores a 2 pulg o 63mm se recomienda usar un carro que proporcione la fuerza y alineación necesaria.

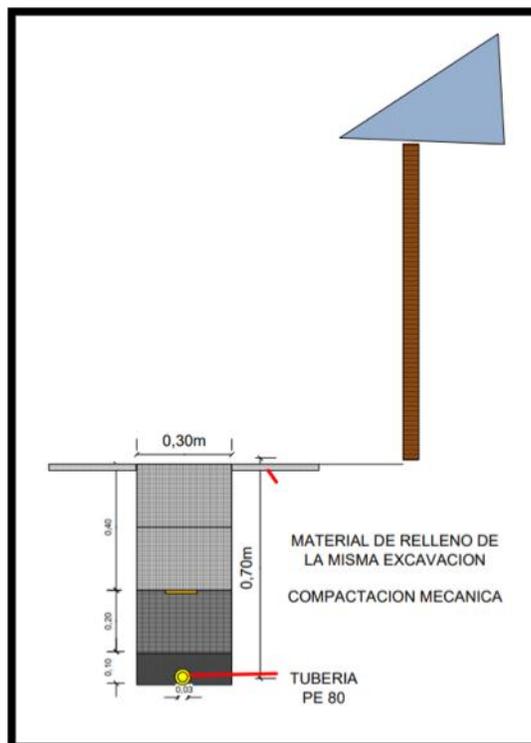
Fuente: ICONTEC, 2018.

**Tapado o relleno.** El tapado de la excavación se hará con el mismo material que fue extraído en el proceso de excavación. Durante este proceso, a una altura de 30 cm del lomo de tubería se instalará cinta de señalización y luego se terminará de tapan la zanja y luego se compactará con máquina compactadora. El material sobrante será transportado según donde se indique. Dando cumplimiento al artículo 5.1.4.3 de la norma NTC 3728.

Para el caso de la cinta de señalización, el numeral 5.1.6.2 de la NTC 3728 especifica que la cinta debe ser permanente y colocada a 30 cm por encima de la tubería, indicando la presencia de

esta y así evitar o prever que sea dañada.

Una vez tapado, se realizará limpieza de las vías y andenes, para evitar que queden escombros o sobrantes.



**Figura 21. Relleno de la excavación**

**4.4.2.2 Prueba de hermeticidad.** Una vez terminados los procesos de excavación, tendido y tapados de todas las redes, se debe proceder a realizar la prueba de hermeticidad de las tuberías, la cual se hace con aire a una presión de 100 psi, y en la cual se debe garantizar que la presión dentro de la tubería no varié durante un período de 24 horas. Una vez hecha la prueba se procede hacer un barrido de la tubería durante 30 min aprox. En caso de que se presenten fallas por caída de presión se deberá descargar la red y hacer seguimiento para ubicar la posible falla, para lo cual se pueden hacer pruebas en secciones del trazado de la red, hasta aislar el tramo dañado. Una vez

reparado el daño se procede a realizar nuevamente la prueba de hermeticidad, dejando un registro del problema presentado.

**4.4.2.3 Instalación de la tubería pe-al-pe, (instalaciones internas).** La tubería para el suministro de gas para combustible en el proyecto CEDRUM- SENA, en el municipio de El Zulia, N. de S se instalará de formas ocultas (embebidas y enterradas) y de forma visible según la necesidad.

El trazado de la tubería en ningún momento afectara los elementos estructurales de la edificación tales como vigas o columnas.

Tuberías enterradas. Estas se instalarán por debajo del nivel del suelo, en una zanja con una profundidad mínima de 30 cm, en un lecho libre de piedras, y se rellenara con material clasificado de la excavación.

Tuberías embebidas. La tubería embebida en piso quedará instalada como mínimo 20mm por debajo del nivel del piso terminado.

Tuberías a la vista. Se garantizará la seguridad, alineamiento y estabilidad mediante la adopción de mecanismos de amarre mediante dispositivos de anclaje.

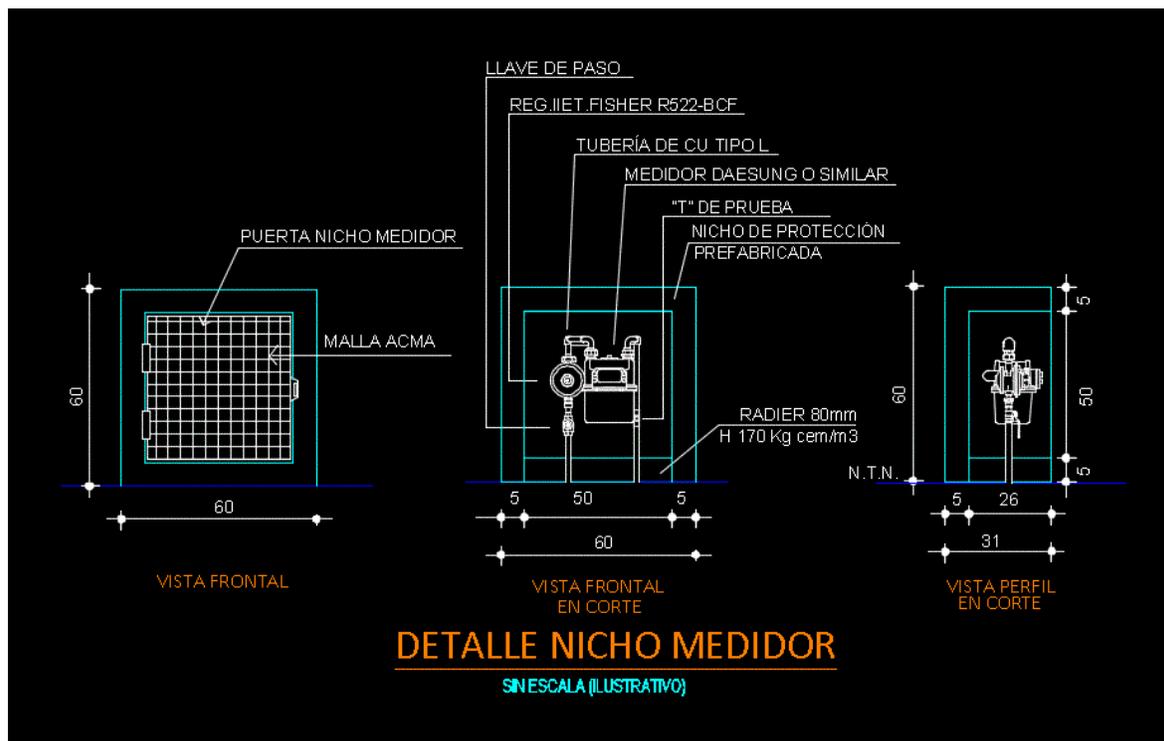
**4.4.2.4 Ubicación de las válvulas de corte.** Se hará uso de las válvulas de corte, en los siguientes puntos:

- En la acometida
- Para cada punto de salida de la instalación destinada a la conexión de los artefactos.

**4.2.2.5 Centro de medición.** Está conformado por los equipos y elementos para efectuar la medición, la regulación y el control del suministro de gas para la institución educativa.

**4.4.3 Ubicación y protección de centro de medición.** Se localizará en el exterior de la institución educativa con fácil acceso para su lectura y de dimensiones que permiten la realización de trabajos de mantenimiento, control, inspección, reparación y reposición.

Nota. En la primera etapa del regulador se instalará un manómetro de presión y después de los reguladores de segunda etapa.



**Figura 22. Detalle nicho del medidor**

Regulación. Se va a realizar regulación de dos etapas utilizando al inicio de la red de distribución un regulador de primera etapa el cual va a entregar 10 psi de presión y recibiendo dicha presión reguladores de segunda etapa los cuales entregarán la presión de suministro

necesario.

#### **4.5 Establecer un Sistema de Control, Indicación y Registro en Tiempo Real del Funcionamiento del Gas en las Instalaciones**

**4.5.1 Sistema de control.** Para este tipo de instalaciones un sistema de control ON OF es adecuado ya que no son redes de transmisión de “Gas Licuado de Petróleo”, siendo este un sistema de distribución local, no requiere de un sistema de control para su distribución mucho más complejos como un control automático para algún tipo de proceso industrial o para el control de suministro de demanda en redes de transmisión.

El sistema de control on off será empleado para el cierre y apertura de suministro de “Gas Licuado de Petróleo” para los diferentes recintos existentes en la instalación en caso de accidentes, fugas del sistema o mantenimientos. Siendo en total 5 recintos las cuales contarán con este sistema para que reciba el suministro de manera eficiente y seguro.

**4.5.2 Indicación y registro en tiempo real.** Los medidores de gas natural son equipos de medición muy similar a los medidores de agua, su función es registrar el volumen de gas que pasa hacia las instalaciones internas de cualquier lugar, ya sea en residencias, comercios o en la industria. Este tipo de equipos están contruidos bajo normas de calidad internacionales y se complementa con un regulador de presión con un diseño de alta confiabilidad.

Para realizar un sistema de indicador y registro en tiempo real se diseñó un sistema de monitoreo usando en NI LabVIEW 2020 en el cual se diseñó un sistema en el que se monitorea graficando el flujo de gas y el tablero de control del cierre y apertura de válvulas para cada recinto y con la ayuda de Arduino para la simulación del uso de la DAQ NI Usb-6525 para la

simulación del sistema de monitoreo.

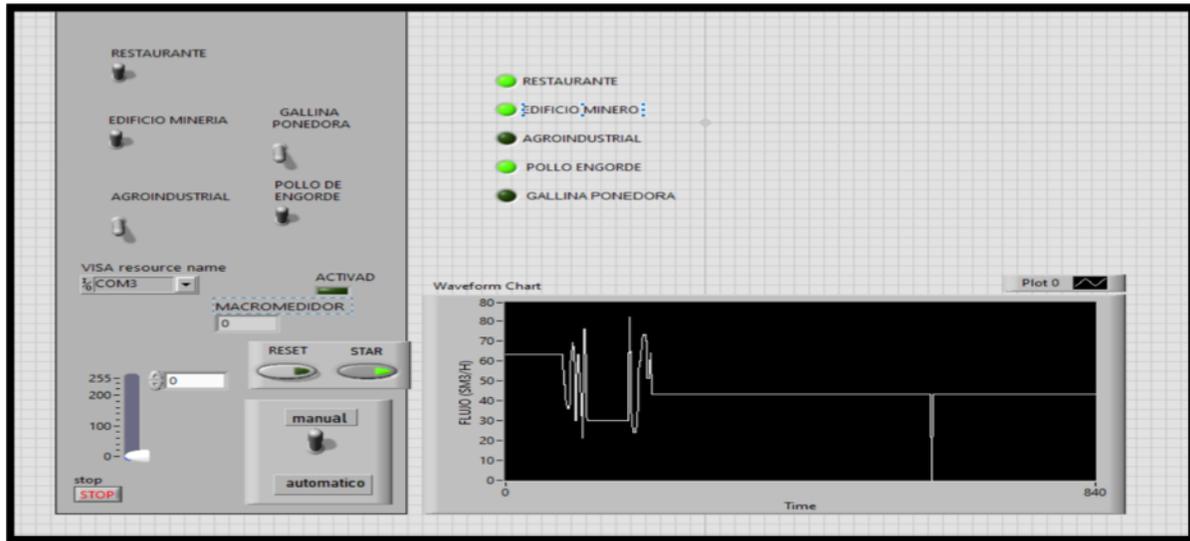


Figura 23. Sistema de monitoreo en tiempo real

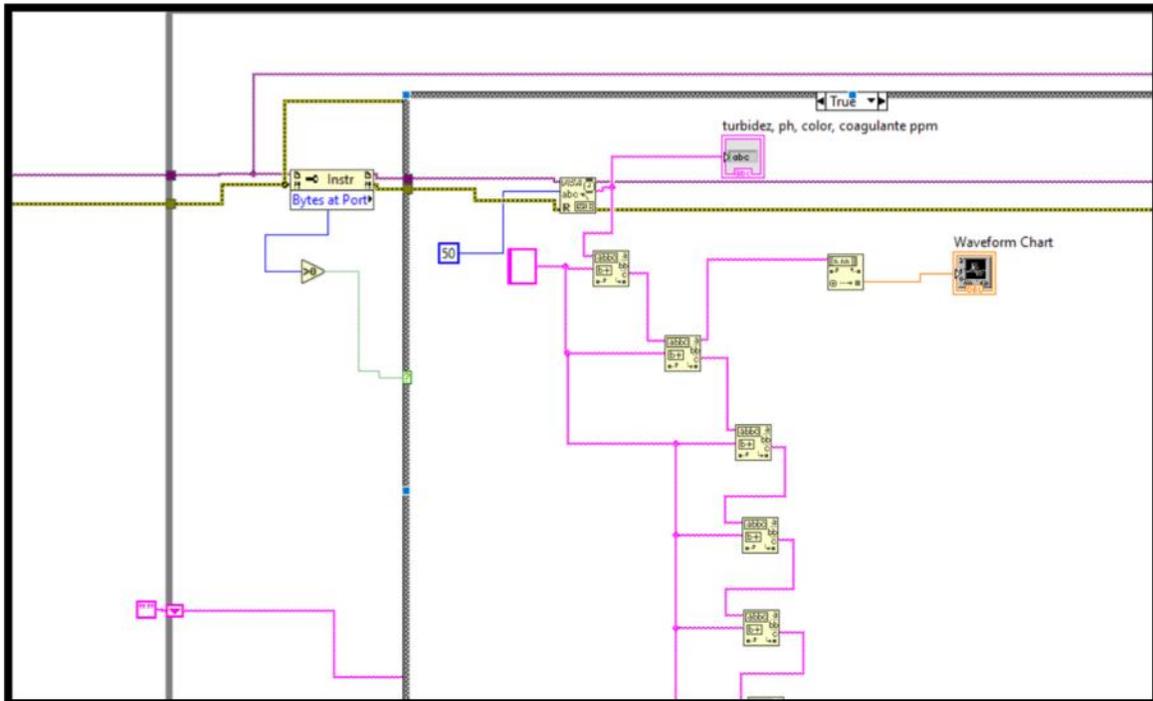
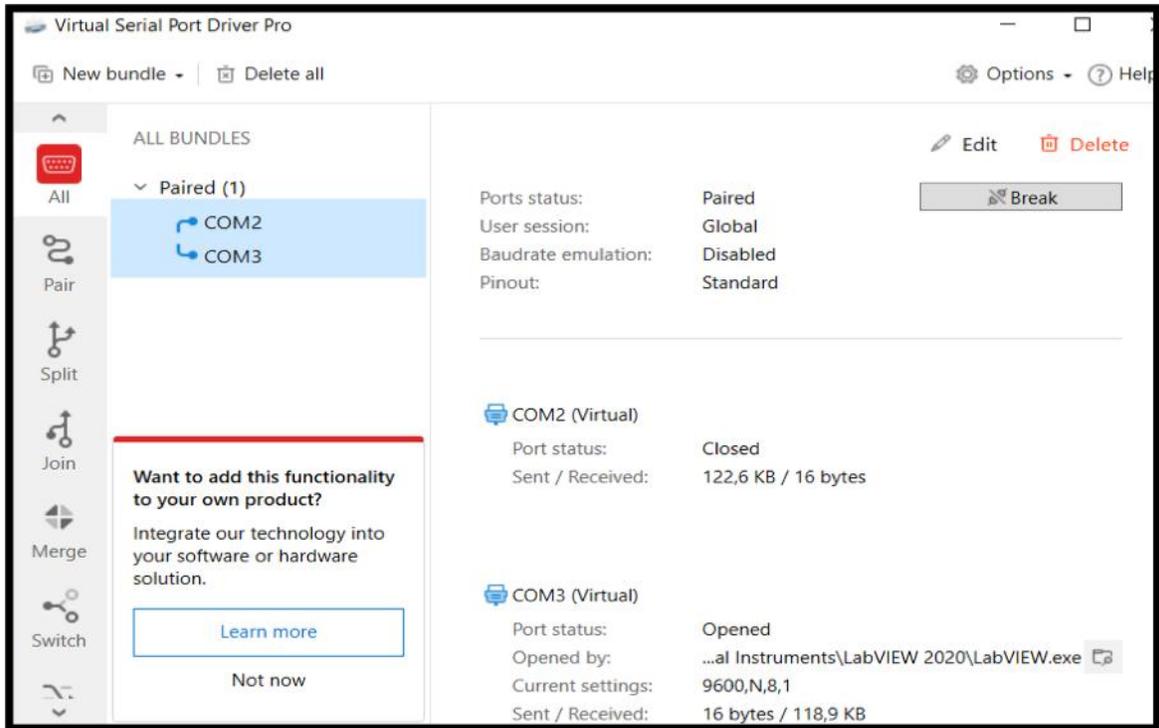


Figura 24. Parte dl código de programación en LabVIEW



**Figura 25. Puertos de comunicación virtual para prueba de funcionamiento**

El sistema de monitoreo fue probado mediante la simulación del sistema con la ayuda de la herramienta Proteus en el cual se usa un Arduino para simular y comprobar el correcto funcionamiento del código y programación del sistema de monitoreo en tiempo real.

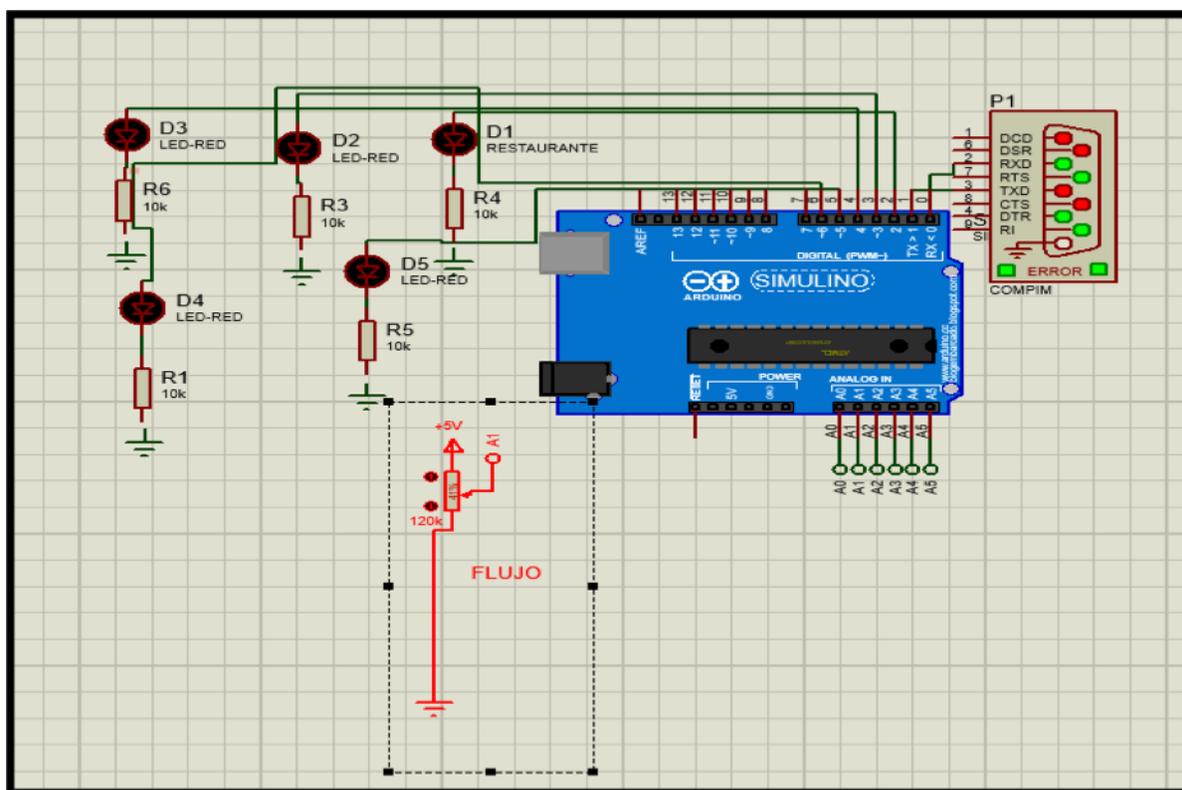


Figura 26. Diagrama de conexiones Arduino analogía de la DAQ seleccionada

## 5. Conclusiones

La realización de una guía técnica, para el diseño de redes de gas de uso industrial, simplifica la recopilación de información existente y proporcionan de manera más rápida y puntual el acceso a la misma, la metodología empleada permite al lector racionalizar la información contenida en la guía de manera sencilla y realizar los cálculos de diseño requeridos, así mismo, mejora el entendimiento de los componentes y aspectos a tener en cuenta, antes y durante el procedimiento de diseño aumentando, la eficacia y solides de los resultados obtenidos

En Colombia, la industria está optando por la inclusión de energías más amigables con el medio ambiente, Es por esto que se están incorporando en sus procesos una diversa gama de equipos los cuales emplean como combustible el gas natural, lo cual significa una creciente demanda de construcción de redes destinadas a este fin, haciendo que este tipo de proyectos un pilar fundamental en el incremento de la productividad y competitividad de la industria.

El seguimiento y cumplimiento de la legislación y la normatividad dadas por el Ministerio de minas y Energía, la Comisión de Reguladora de Energía y Gas, la Superintendencia de Servicios Públicos y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC; cuya finalidad es establecer los requisitos que se deben cumplir en la etapa de diseño y reducir los riesgos para garantizar la protección de la vida, la salud y los bienes de los usuarios que son beneficiarios del uso del gas natural.

## 6. Recomendaciones

La certificación de la instalación del gas será llevada a cabo por un organismo de inspección, el cual deberá estar acreditado por el ONAC (Organismo Nacional de Acreditación en Colombia) donde se evaluará la conformidad de la instalación del gas y de sus artefactos instalados.

Los documentos exigidos por el OEC serán:

- Plano o proyecto aprobado por la distribuidora.
- Isométrico general de la red de gas.
- Certificados de materiales.
- Certificado de instalador.
- Registro SIC.
- Disponibilidad del servicio.
- Memoria de cálculo.

Una vez finalizada la construcción de la red, esta debe cumplir con lo estipulado en la resolución 90902 de 2013, por esto debe ser inspeccionada por un organismo acreditado, que certifique su correcto funcionamiento y seguridad.

El personal a cargo de la red debe incluir dentro de su programa de mantenimiento, la revisión periódica de los elementos de que conforman la red, específicamente los elementos de la ERM, reguladores, filtros, mediador, indicadores y válvulas de corte, procurando garantizar su correcto funcionamiento. Deben realizarse, pruebas de hermeticidad a la red y a la ERM, con el objeto de detectar fugas antes de la puesta en marcha.

## Referencias Bibliográficas

3 Despana (2021). *Tarjeta de adquisición de Arduino Due Atsam3x8e32 Bits*. Recuperado de:

<https://www.3despana.com/electronica/36-arduino-due-32-bits-sam3x8e-arm.html>

Bell Flow Systems Ltd. (2021). *Medidor digital VFM60-32*. Recuperado de:

<https://www.bellflowsystems.co.uk/es/flow-meters-by-application/steam-flow-meters/steam-flow-meters/>

Cabrera, M. & Martínez, A. (2017). *Diseño de la ampliación de la red de distribución de gas natural en el centro Poblado San Antonio Anapoima*. Tesis de grado. Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia.

Cifuentes, J. (2011). *Instalaciones Industriales de Gas Natural, Ramal Interno, Red interna*.

Lima: COSAN.

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (1999). *Resolución No. 071 Diciembre 03 de 1999*.

*Por la cual se establece el Reglamento Unico de Transporte de Gas Natural- (RUT)*.

Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-1999-CREG071-99>

CR Ciencia & Robótica. (2021). *Tarjeta de adquisición de datos NVIS 632ic80*. Recuperado de:

<https://www.crcienciayrobotica.com/producto/tarjeta-de-adquisicion-de-datos-nvis-632ic80/>

Dcplayer (2021). *Válvula de FIDEGAS NC*. Recuperado de:

<https://www.cosmos.com.mx/producto/valvulas-de-control-para-gas-3ptc/valvulas-de-control-para-gas-ffnbe4444.html>

Electronic Flow Meter. (2021). Medidor digital DN32. Recuperado de:

<https://www.bellflowsystems.co.uk/es/digital-gas-flow-meter-dn32-0-1-10-nm3-hr-1-1-4-bsp-connections.html>

Empresas Públicas de Medellín. (s,f). *Guía Diseño Redes de Gas-EPM*". Recuperado de:

<https://docs.google.com/file/d/0B2bkGQzyqIDSdINGY1V6bV9TWGVVDakt2YVNQZHFDUQ/edit?resourcekey=0-CqkbEiECWkTMtpMd-jWv0A>

Exhibir Equipos. (2021). *Válvula de gas Honeywell Resideo sin piloto VR8305M4801*.

Recuperado de: <https://exhibirequipos.com/producto/valvula-gas-honeywell-sin-piloto-vr8305m4801/>

Extragas. (2021). *Tanque de almacenamiento de Gas*. Recuperado de:

<https://www.extragas.com.ar/>

Extracol. (2021). *Tubería Polietileno PE 80*. Recuperado de: [https://extracol.com/wp-content/uploads/2021/06/CAT\\_GAS.pdf](https://extracol.com/wp-content/uploads/2021/06/CAT_GAS.pdf)

Gary, C. (2014). *Química Analítica*. Mexico: Mc Graw Hill.

Howell, J. & Buckius, R. (2012). *Principios de termodinámica para ingenieros*. Mexico: Mc Graw Hill.

Inelar S.R.L. (2021). *Detector de gas Modelo DME-24*. Recuperado de:

<http://www.inelar.com.ar/dme24.htm>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2018). *Instalaciones Industriales de Gas Natural, Ramal Interno, Red interna*. Bogota: ICONTEC.

Ortuño, A. (2014). *Introducción a la química industrial*. Mexico: Reverté.

Sánchez, J. (2017). Características fisicoquímicas de los gases y partículas. *Revista Iatreia*, 25(4), 369-379. Recuperado de:  
<https://sites.google.com/site/portafoliodeevidenciasdavid5b/resumen-de-las-propiedades-y-caracteristicas-de-los-gases>

Sánchez, Palacio, O. & Álvarez, M. (2006). Diseño de la red de gas natural para el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid con énfasis en la acometida hacia la Planta de Etanol, área de servicios. *Revista Politécnica*, 4(3), 27-40.

Smith, H., Ness, V. & Abbott, M. (2000). *Introducción a la termodinámica en ingeniería química*. Mexico: Mc Graw Hill.

Tesladelta. (2017). *Detector de gas Modelo TD-LPG-BZ*. Recuperado de:  
<https://www.tesladelta.cl/detectores-de-gas-y-monoxido-de-carbono/691-detector-de-gases-y-monoxido-4-hilos.html>

TextosCientíficos. (2020). *Gas licuado de petróleo (GLP)*. Recuperado de:  
<https://www.textoscientificos.com/petroleo/gas-licuado-petroleo>

Vistronica. (2021). Tarjeta de adquisición NI Usb-6525. Recuperado de:  
<https://www.vistronica.com/comunicaciones/tarjeta-de-adquisicion-de-datos-daq-ni-usb-6525-detail.html>

Yunga, L & Torres, S. (2010). *Diseño e implementación de un sistema centralizado de GLP para el taller mecánico del AEIRNNR de la UNL*. Tesis de grado. Universidad Nacional de la Loja. Loja, Ecuador.

Zuluaga, E. & Roa, J. (1993). *Diseño de redes de gas (gas licuado de petróleo) en el área de las instalaciones domiciliarias e industriales basado en las normas y parámetros internacionales y nacionales*. Tesis de grado. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente. Santiago de Cali, Colombia.