

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

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA V-SAT PARA EL MONITOREO Y CONTROL
EN TIEMPO REAL DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS EN EL GASODUCTO EL
PUENTE- CAMARGO DEL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA**

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

ERIK CESAR FERNANDEZ FLORES

Sucre - Bolivia

2023

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.

Fernandez Flores Erik Cesar

Sucre, 01 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres por ser los guías en el sendero de cada acto que realizo hoy, mañana y siempre porque a pesar de la distancia siempre supieron estar ahí; a mis hermanos, por ser el incentivo para seguir adelante con este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirme con su infinito amor y haberme acompañado en este transcurso de mi vida permitiéndome compartir este momento de felicidad con mis seres queridos.

A mis padres por su esfuerzo para darme un futuro mejor porque siempre estuvieron conmigo brindándome su apoyo incondicional y fueron ellos quienes estuvieron presentes en mi mente en cada paso que di.

A la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Facultad de ciencias y Tecnología; que a través de directivos y docentes impartieron valioso conocimientos y consejos.

RESUMEN

La presente monografía se tiene como objeto la implementación de sistema V-SAT de control y monitoreo aplicado al Gasoducto El- Puente Camargo, el trabajo se centra en el diseño del sistema y/o las consideraciones a ser tomadas.

En la primera parte se realiza una introducción a los antecedentes que conlleva esta investigación, realizando un análisis a la problemática bajo el contexto de causa y efecto.

En la segunda parte de desarrollo un análisis de aspectos teóricos y clasificación desde varios puntos de vista, haciendo énfasis en el diseño del sistema de control y monitoreo.

Para realizar la implementación se debe considerar el sistema virtual a ser empleado, el sistema que se empleará para la recolección de datos, el tipo de enlace que se va a tener para su conexión, la selección de los transmisores, el tipo de señal que se enviará y las variables a ser monitoreadas considerando ciertos parámetros para su análisis, se realiza el diagnóstico del diseño de pre ingeniería y las características del mismo, también se detalla algunas especificaciones para la construcción e implementación en base a la selección de equipo y sus características generales y/o algunas especificaciones técnicas, la base del proyecto se da tomando en cuenta condiciones de operación actuales del Gasoducto, puesto a que cuando se finalice con el cambio de diámetro de la tubería en todo el Gasoducto se podrá realizar la implementación en todos los puntos de medición, buscando mejorar y optimizar todo tipo de procesos.

Finalmente llegando a la conclusión y recomendación donde se especifica todas las consideraciones que se debe tener para la implementación del sistema virtual para control y monitoreo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1. Justificación Práctica.....	3
1.3.2. Justificación Teórica.....	3
1.4. METODOLOGÍA.....	4
1.4.1. Técnicas de Investigación.....	4
1.4.2. Instrumentos de Investigación.....	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	5
2.1. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1.1. Marco Conceptual.....	5
2.1.1.1. Gas Natural.....	5
2.1.1.1.1. Composición del gas Natural.....	5

2.1.1.1.2.	Ventajas del Gas Natural	5
2.1.1.2.	Transporte del Gas Natural	6
2.1.1.2.1.	Transporte de Gas Natural por Gasoductos	7
2.1.1.2.2.	Transporte de Gas Natural por Red Primaria.....	7
2.1.1.2.3.	Transporte de Gas Natural por Red Secundaria.....	8
2.1.1.3.	Monitoreo y Control de Transporte y distribución de Gas Natural mediante la Automatización.....	9
2.1.1.4.	Sistema Virtual.....	10
2.1.1.4.1.	Características del Sistema Virtual	11
2.1.1.4.2.	Sistema Virtual y sus objetivos.....	11
2.1.1.5.	Componente de software y hardware para un sistema virtual	12
2.1.1.5.1.	Configuración	12
2.1.1.5.2.	Interfaz gráfica del operador	12
2.1.1.5.3.	Modulo del proceso.....	12
2.1.1.5.4.	Gestión de Archivo de datos	12
2.1.1.5.5.	Comunicación	12
2.1.1.6.	PLC (Controlador Lógico Programable)	12
2.1.1.6.1.	Funcionamiento de un PLC	13
2.1.1.6.2.	Ventajas del empleo de PLC.....	14
2.1.1.7.	Sistema V-SAT	15
2.1.1.7.1.	Ventajas del sistema V-SAT	16
2.1.1.8.	Topología de un Sistema V-SAT	17
2.1.1.8.1.	Topología en Estrella	17
2.1.1.8.2.	Topología en Malla	17

2.1.1.9. Elementos de una red Satelital.....	18
2.1.1.9.1. Transponders.....	18
2.1.1.9.2. Estaciones terrenas.....	19
2.1.1.9.3. Estación receptora V-SATs.....	19
2.1.1.10. Parámetros del sistema satelital	20
2.1.1.11. Transmisores de Señal	20
2.1.1.11.1. Funcionamiento de un Transmisor de Señal.....	21
2.1.1.11.2. Tipos de transmisores de Señal.....	21
2.1.1.11.2.1. Transmisor Electrónico.....	22
2.1.1.11.2.2. Transmisor Neumático.....	22
2.1.1.11.2.3. Transmisor Hidráulico.	22
2.1.1.11.2.4. Transmisor Telemétrico.....	22
2.1.1.11.2.5. Transmisor Digital.	22
2.1.1.11.3. Transmisores por Variable que controlan.....	23
2.1.1.11.3.1. Transmisor de temperatura	23
2.1.1.11.3.2. Transmisor de Presión.....	24
2.1.1.11.3.3. Transmisor de Nivel.....	24
2.1.1.11.3.4. Transmisor de Caudal.	25
2.1.1.11.3.5. Acondicionamiento de Señal	25
2.1.2. Marco Contextual.....	27
2.1.2.1. Ubicación Geográfica del Gasoducto.	27
2.1.2.2. Estado actual operativa del Gasoducto El Puente -Camargo.....	28
2.1.2.3. Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Control y Monitoreo del Gasoducto El Puente Camargo.....	29

2.2.	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	30
2.2.1.	Análisis Técnico.....	30
2.2.2.	Propuesta de Diseño.....	30
2.2.3.	Ingeniería básica	31
2.2.3.1.	Planteamiento esquemático del Sistema SCAD.	31
2.2.4.	Análisis de variables de medición.....	32
2.2.4.1.	Selección de Variables para su monitoreo	32
2.2.5.	Diseño y Estructura PLC	32
2.2.6.	Diseño del V-SAT.....	34
2.2.6.1.	Diseño de la Topología para el sistema VSAT.	34
2.2.6.2.	Tipo de Trafico	35
2.2.6.3.	Selección del Tipo de Frecuencia	36
2.2.6.4.	Selección de Equipos para el VSAT y HUB	36
2.2.6.4.1.	Bandas de Frecuencia	36
2.2.6.4.2.	Antenas	37
2.2.6.5.	Configuración de la Red VSAT	38
2.3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	39
2.3.1.	Construcción y montaje	40
2.3.1.1.	Ensamblaje e instalación de la antena.....	40
2.3.1.2.	Instalación unidad interior - IDU	40
2.3.1.3.	Instalación de computador de flujo.....	41
	CAPÍTULO III: CONCLUSIONES	42
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
	ANEXOS.....	45

Anexo 1: Pantalla de cálculo a tiempo real de un Computador de Flujo – FLOBOSS 103.....	45
Anexo 2: Pantalla de registro de históricos de un Computador de Flujo – FLOBOSS 103.....	46
Anexo 3: Proceso de confirmación metrológica.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Transporte y distribución del Gas Natural.</i>	6
Figura 2: <i>Transporte de Gas Natural por Gasoductos</i>	7
Figura 3: <i>Sistema de distribución de Gas Natural por Red Primaria.</i>	8
Figura 4: <i>Sistema de distribución de Gas Natural por Red Secundaria</i>	9
Figura 5: <i>Proceso Básico de un Sistema Virtual</i>	10
Figura 6: <i>Pasos del Funcionamiento de un PLC</i>	13
Figura 7: <i>Sistema V-SAT</i>	16
Figura 8: <i>Topología, arquitectura Sistema VSAT tipo Estrella</i>	17
Figura 9: <i>Topología, Arquitectura Sistema VSAT tipo Malla</i>	18
Figura 10: <i>Elementos de una Red Satelital.</i>	19
Figura 12: <i>Tipos de Transmisores de Señal.</i>	23
Figura 13: <i>Tipos de Transmisores de Señal.</i>	25
Figura 14: <i>Gasoducto El Puente-Camargo.</i>	27
Figura 15: <i>Esquema Sistema SCADA.</i>	31
Figura 16: <i>Estructura Base para y Diseño del PLC.</i>	33
Figura 17: <i>Topología en Estrella para el Gasoducto El Puente Camargo.</i>	35
Figura 18: <i>Diagrama de proceso para la implementación de sistema VSAT</i>	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Variables a considerar en el sistema Virtual</i>	32
Tabla 2: <i>Selección del tipo y transmisores de señal</i>	34
Tabla 3: <i>Caracterización del tipo de Trafico de señal</i>	35
Tabla 4: <i>Selección del tipo de frecuencia de transmisión y recepción</i>	36
Tabla 5: <i>Consideraciones para la Implementación de Antena VSAT</i>	37

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.ANTECEDENTES

Los sistemas de Supervisión Control y Adquisición de datos se han hecho muy común en los últimos años; en varios países existen proveedores de este servicio que brindan, además de la alta calidad, aplicaciones y herramientas diferentes, este es el caso de México, que desde 1997 vienen implementando sistemas de este tipo teniendo ya más de 15 sistemas entre industriales y sistemas eléctricos y de gas alrededor de todo este país. También este sistema existe en Brasil y Colombia.

Sosa (2021) “Introducción a la Instrumentación y control Electrónico, sensores de Presión” Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre.

Los sistemas de control electrónico son fundamentales para el manejo de los procesos de producción de las plantas industriales. Está comprobado que el aumento de productividad es muy relacionado a la automatización de los procesos en la medida que se haga un uso eficiente de los equipos y sistemas asociados actualmente la tecnología permite establecer una serie de estrategias de control electrónico que eran de difícil implementación hasta hace algunos años atrás, en especial en procesos industriales complejos

Edgar (2018) “Implementación de una estación VSAT remota por enlace satelital con servicio de telefonía fija e Internet WIFI” Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

La realización de una red mediante enlaces terrestres hace que este tipo de sistema sean complicado en su instalación debido a la distancia y sus zonas accidentadas geográficamente en poblaciones de áreas rurales de nuestro país, por el cual se opta el de realizar y diseñar un enlace satelital mediante estaciones remotas VSAT para facilitar la comunicación de estas poblaciones rurales alejadas de las ciudades principales.

Padilla, Hernandez (2019) Tesis “Automatización de una válvula en una estación de seccionamiento y en una trampa de diablo de los gasoductos” Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica” Instituto Politécnico Nacional, Mexico.

La propuesta es derivada de la demanda futura de gas en el estado de Durango que requiere suministrar el gas natural a empresas privadas, plantas generadoras de energía eléctrica y la necesidad de contar con control y monitoreo del gas suministrado desde el gasoducto a través del Sistema de Control Supervisorio y de Adquisición de Datos (SCADA) para así proteger las zonas pobladas de esa región en los casos de alguna contingencia, es necesario aumentar la confiabilidad, la operación de este ducto, y de esta forma contribuir como en la disminución de los daños a las instalaciones, a los trabajadores, a los vecinos y al medio ambiente. Adicionalmente, el integrar al sistema SCADA el monitoreo de las instalaciones de gas natural que se encuentran ubicadas en el gasoducto Torreón y que pertenecen a la Superintendencia General de Ductos Torreón de la zona norte del país alimentará en tiempo real al sistema de medición, lo cual permitirá optimizar la operación de la red nacional de gasoductos de PEMEX GAS y PETROQUIMICA BASICA.

1.1.1. Planteamiento del problema

Actualmente el Gasoducto El Puente Camargo cuenta con al menos 70 km de tubería en toda su extensión, mismo que anteriormente pertenecía a la Gobernación del Departamento de Chuquisaca, a la fecha el Gasoducto paso a manos de YPFB DRCH (Distrito Redes de Gas Chuquisaca) mismo que pertenece a la Gerencia Redes de Gas.

YPFB Redes de Gas Chuquisaca, para el control y monitoreo del Gasoducto El Puente Camargo, realiza operaciones de manera mecánica, manual no teniendo un acceso en tiempo real a reportes de flujo de gas, contabilidad de gastos, perdidas de gas en la red, control y monitoreo de presión y caudal.

A raíz de dicho motivo, toda operación y control que se realiza en el gasoducto depende del personal operativo perteneciente a Redes de Gas Chuquisaca, no contando con un sistema o un base de datos para el control, en resumen, un control y monitoreo insuficientes de los procesos pueden tener consecuencias significativas en términos de calidad, eficiencia, seguridad y rentabilidad para una organización. Establecer sistemas efectivos de control y monitoreo es esencial para garantizar operaciones exitosas y sostenibles a largo plazo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Implementar un sistema V-SAT para el monitoreo y control en tiempo real de las condiciones operativas en el Gasoducto EL Puente – Camargo del Departamento de Chuquisaca.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar una descripción de la situación actual operativa del Gasoducto EL Puente – Camargo.
- Plantear una estrategia recolección, supervisión y control de datos en tiempo real para implementar en la distribución de gas natural.
- Establecer un diseño de la estructura del PLC, la selección de transmisores y el tipo de señal que se requiere.
- Realizar un análisis de la topología del sistema V-SAT y el tipo de señal el tipo de conexión que se tendrá.
- Implementación de un sistema V-SAT terminal de apertura muy pequeño para el monitoreo y control en tiempo real, para el gasoducto El Puente Camargo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación Práctica

La presente investigación que pretende implementar un sistema V-SAT para control y monitoreo en el Gasoducto El Puente-Camargo, logrará YPFB Redes de Gas Chuquisaca pueda operar de manera virtual el Gasoducto, satisfaciendo así las necesidades básicas de monitoreo y control de la información en tiempo real, maximizando la confiabilidad, rentabilidad y capacidad de toma de decisiones de las operaciones, y mejorar la operación y mantenimiento del gasoducto.

1.3.2. Justificación Teórica

En el presente trabajo se desarrolló lo aprendido en los módulos de Ingeniería de Ductos de Transporte de Hidrocarburos e Ingeniería de Tanques de Almacenamiento e Inspección de Juntas y Protección Anticorrosiva, Instrumentación, Control y Automatización, Ingeniería del

Gas Natural, Instrumentación y Control de Procesos, mediante los cuales se pudo realizar la investigación y cumplir los objetivos de manera puntual y eficiente

1.4. METODOLOGÍA

La siguiente monografía es una investigación propositiva, con un enfoque descriptivo (Sampieri, 2014)

1.4.1. Técnicas de Investigación

La información necesaria para el desarrollo de la presente monografía fue proporcionada a través de YPFB Distrito Redes de Gas Chuquisaca mediante datos técnicos de las condiciones actuales de Gasoducto y su manera de operación, para tal efecto se solicitó una entrevista con personal Operativo de YPFB Distrito Redes de Gas Chuquisaca, así también se realizó la revisión de otras fuentes, artículos, donde se plasma información acerca de nuevas tecnologías de automatización control y monitoreo de manera virtual de procesos.

1.4.2. Instrumentos de Investigación

La información se recopiló para su análisis respectivo y toma de decisiones, mismas que fueron dadas a través de entrevistas, revisiones bibliográficas, sitios web, datos técnicos.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1.MARCO TEÓRICO

2.1.1. Marco Conceptual

2.1.1.1.Gas Natural

El gas natural es un hidrocarburo gaseoso altamente inflamable, fruto de una mezcla de gases livianos de origen natural, en su mayoría alcanos. Su origen es geológico, como el petróleo: diversa materia orgánica de origen vegetal y animal que quedó atrapada durante millones de años en el subsuelo, sometida a condiciones de calor y presión intensas. Así, la energía química contenida en la materia es trasladada al gas, haciéndolo altamente energético.

Con la creciente explotación de los yacimientos de gas natural y el desarrollo de la industria gasista, el consumo de esta fuente de energía ha ido aumentando de forma constante. En las sociedades actuales, donde, cada vez más, se impone el sentido del uso racional de las energías, el gas natural se perfila como el combustible idóneo para incrementar su participación en el balance energético mundial.

2.1.1.1.1. Composición del gas Natural

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos. Está compuesto mayoritariamente por metano (CH_4) y etano (C_2H_6), aunque también puede contener cantidades de gases livianos como butano (C_4H_{10}) y propano (C_3H_8), especialmente cuando se encuentra diluido en petróleo (o sea, en el mismo yacimiento, el llamado “gas natural asociado”). Además, puede contener trazas de otros compuestos y elementos, como dióxido de carbono, nitrógeno, ácido sulfhídrico o helio.

2.1.1.1.2. Ventajas del Gas Natural

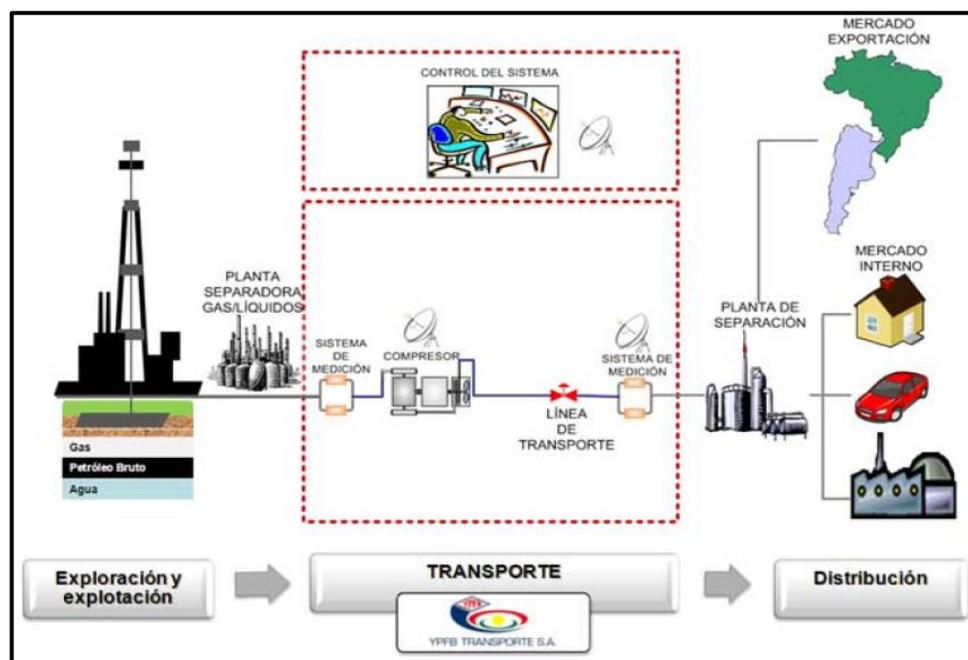
- Tiene combustión muy limpia, no emite cenizas ni partículas sólidas a la atmósfera; genera una reducida emisión de óxidos de nitrógeno (NO), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) e hidrocarburos reactivos y virtualmente no genera dióxido de azufre (SO_2), características que le dan una mayor ventaja respecto de otros combustibles fósiles.
- Es seguro de transportar.

- Al ser más ligero que el aire se evita la concentración y reduce el riesgo de explosiones por fugas.
- Reduce costos de mantenimiento de equipos de combustión.
- Incrementa la eficiencia de los procesos de generación y cogeneración de energía.
- En las memorias 2010 de la Gerencia Nacional de Redes de Gas y Ductos de YPF, se demuestra gráficamente que el precio del gas natural es hasta 2.12 veces más económico que el GLP.

2.1.1.2. Transporte del Gas Natural

El transporte del gas natural es un proceso complejo que implica una serie de pasos críticos para garantizar la seguridad y eficiencia en su suministro. La infraestructura de tuberías, compresores y estaciones de control es esencial para garantizar que el gas natural llegue de manera confiable a las comunidades y empresas que dependen de él.

Figura 1: Transporte y distribución del Gas Natural.



Fuente: Extraído de sistema de distribución de Hidrocarburos, YPFB Transporte.

En la figura 1 se muestra el sistema de transporte de hidrocarburos en Bolivia y así mismo el sistema de control y monitoreo para su comercialización.

2.1.1.2.1. Transporte de Gas Natural por Gasoductos

Son sistemas que sirven para transportar los hidrocarburos en estado gaseoso, generalmente sus diámetros son grandes. Los gasoductos tienen carácter nacional e internacional. En gasoductos tenemos estaciones de compresión formado por algunos grupos de compresores como la parte fundamental de esta instalación.

Figura 2: *Transporte de Gas Natural por Gasoductos*



Fuente: Extraído del sistema de Transporte de Hidrocarburos, YPFB Transporte.

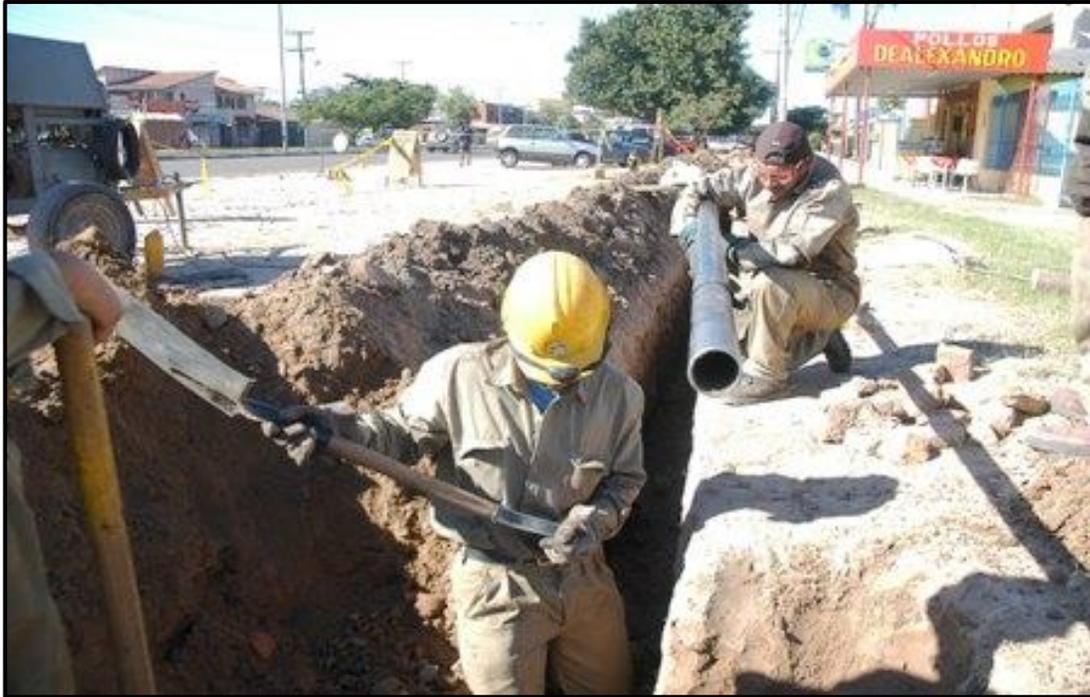
En la figura 2 se muestra el Transporte de hidrocarburos por Gasoductos circulando a alta presión desde un punto de origen hasta un centro de distribución se construyen enterrados en zanjas a una profundidad habitual de un metro y hasta dos metros.

2.1.1.2.2. Transporte de Gas Natural por Red Primaria

Es el conjunto de tuberías que conducen el gas natural, desde los puntos de transferencia del (City Gate) hasta los puntos de consumo, 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.

Las redes primarias se encuentran diseñadas para transportar enormes caudales de gas natural a grandes distancias, conduciendo el gas natural a los Puentes de Regulación y Medición (PRM) y estaciones Distritales de Regulación (EDR).

Figura 3: Sistema de distribución de Gas Natural por Red Primaria.



Fuente: Extraído del sistema de Transporte de Hidrocarburos, YPFB Transporte.

En la figura 3 se muestra la construcción la construcción de una línea de red primaria, tendido de tuberías de Acero Negro al Carbono.

2.1.1.2.3. Transporte de Gas Natural por Red Secundaria

Es un conjunto de tuberías y accesorios de polietileno, que conforman una red para poder atender el suministro de gas domiciliario. Este 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, aguas abajo de la brida de salida de la EDR.

Figura 4: Sistema de distribución de Gas Natural por Red Secundaria



Fuente: Reglamento de distribución de Gas Natural por Redes de Ductos

En la figura 4 se identifica la construcción de un ramal de una red secundaria empleando tubería de Polietileno 100 para la distribución de Gas Natural

2.1.1.3. Monitoreo y Control de Transporte y distribución de Gas Natural mediante la Automatización

Poder definir la automatización ayuda a dar una mejor visión de lo que conlleva el implementar un sistema SCADA.

La automatización de procesos en el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar equipos, accesorios que interfieren en la distribución de gas natural al interior del país es necesaria, para mejorar la eficiencia del personal.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación, que a su vez incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y la aplicación de software en tiempo real, para poder supervisar y controlar las operaciones de medición.

Las computadoras especializadas, referidas como controlador lógico Programable (PLC), son empleadas frecuentemente para sincronizar el flujo de entradas de sensores y eventos con el

flujo de salida a los actuadores. Esto conduce a acciones precisas que permiten un control estrecho de cualquier proceso o medición.

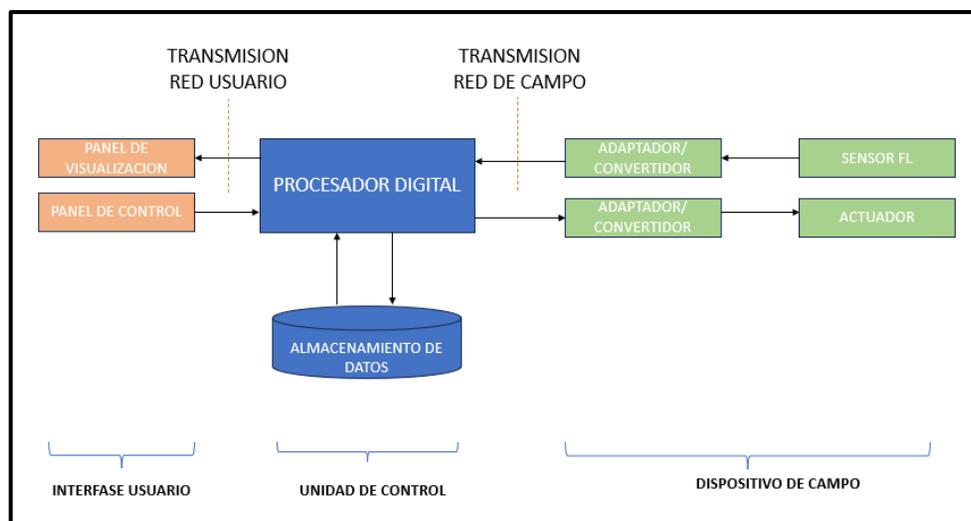
Otra forma de automatización que involucra computadoras, es la prueba de automatización, donde las computadoras controlan un equipo de prueba automático, que es programado para poder simular o reemplazar a seres humanos. Esto a su vez es acompañado con una serie de herramientas automáticas para generar instrucciones especiales que direccionan al equipo automático en prueba, en la dirección exacta para terminar las pruebas.

2.1.1.4. Sistema Virtual

Es el tipo de tecnología que permite al usuario poder realizar la recolección de datos de uno o más puntos distantes o a su vez poder enviar instrucciones de control a estas mismas todo en tiempo real.

Este sistema virtual permite a un operador, controlar desde un lugar centralizado, varios procesos distribuidos como gasoductos, plantas de gas y petróleo, controlar y optimizar los sistemas de operación, realizar ajustes y cambios en controladores de procesos remotos, poder monitorear alarmas, almacenar históricos de registros de parámetros y mediciones de transferencias de custodia.

Figura 5: *Proceso Básico de un Sistema Virtual*



Fuente: Elaboración propia, Automatización de Procesos de control y monitoreo.

En la figura 5 se realiza la descripción del sistema de recolección y transmisión de datos para su respectivo control y monitoreo.

2.1.1.4.1. Características del Sistema Virtual

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal del punto de monitoreo, que pueden ser transferidos para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso el programa total sobre el autómata, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución la CPU del ordenador y no sobre la del autómata, menos especializado.
- Con las prestaciones antes mencionadas, se pueden desarrollar aplicaciones basadas en la PC o computadora personal, con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a disco e impresora, etc. Además, todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación.
- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo del punto de toma de datos y con el resto de las estaciones de control.
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

2.1.1.4.2. Sistema Virtual y sus objetivos

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo del punto de toma de datos y con el resto de las estaciones de control.
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

2.1.1.5. Componente de software y hardware para un sistema virtual

2.1.1.5.1. Configuración

El usuario define el entorno de trabajo de su sistema Virtual, adaptando a la aplicación particular que se desea desarrollar

2.1.1.5.2. Interfaz gráfica del operador

Proporciona al operador las funciones de control y supervisión de equipo monitoreado. El proceso se representa mediante gráficos sinópticos.

2.1.1.5.3. Modulo del proceso

Ejecutará acciones de mando reprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas. La programación se realiza por medio de bloques de programa.

2.1.1.5.4. Gestión de Archivo de datos

almacenamiento y proceso de datos de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener fácil acceso a ellos.

2.1.1.5.5. Comunicación

Transferencia e información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el Sistema Virtual luego entre esta y el resto de elementos informativos.

- Ordenadores Remotos
- Red de comunicación
- Instrumentación de campo

2.1.1.6. PLC (Controlador Lógico Programable)

El PLC es un equipo electrónico programable que se utiliza para controlar y supervisar distintos procesos en una planta de producción. Se compone de una unidad central de procesamiento, módulos de entrada y salida, y un software de programación que permite configurar su funcionamiento.

En modo de mejora y desarrollo de nuevas tecnologías, la tendencia de los PLCs Se ha convertido en una parte integral del sistema de control en un entorno industrial.

2.1.1.6.1. Funcionamiento de un PLC

El PLC está formado por tres elementos básicos: las entradas, las salidas y la CPU. Esos tres elementos se combinan de la siguiente forma para hacer-lo funcionar:

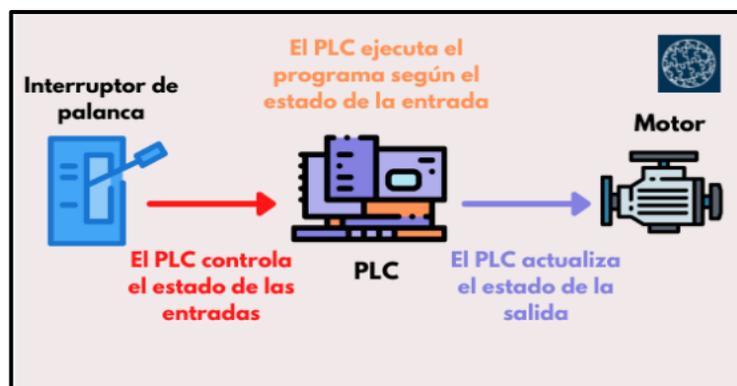
El PLC se encarga de procesar datos de una máquina. Bien, pues estos datos que recibe, llegan a través de las entradas. Estos datos vienen de sensores, temporizadores, termómetros.

Tras recibir las entradas, los datos llegan a la CPU del equipo, que es cómo el cerebro del PLC, y este procesa la información de las entradas y envía las señales de salida correspondientes. Después, gracias a relevadores o contactores harán actuar otro dispositivo, cómo válvulas, motores, luces, pistones.

Según el programa que lleve instalado, éste es capaz de realizar distintas funcionalidades. Es decir que, cada PLC lleva un programa instalado en él que le indica qué debe hacer en cada momento. Estos programas se generan en un ordenador a partir de diagramas de escalera y se introducen en él posteriormente.

La ventaja que aporta esto es que el programa se puede modificar a nuestro antojo cuando queramos, ganando así mucha flexibilidad que antes no teníamos.

Figura 6: Pasos del Funcionamiento de un PLC



Fuente: Extraído de www.sicma21.com

En la figura 6 se describe el funcionamiento de un PLC, donde detecta diversos tipos de señales del proceso, y elabora y envía acciones de acuerdo a lo que se ha programado

2.1.1.6.2. Ventajas del empleo de PLC

El uso del PLC en la industria se ha convertido en una necesidad, especialmente para sustituir el sistema de cableado y el sistema de relés que se utilizaba en épocas anteriores. Los usuarios están prefiriendo el PLC debido a los diferentes beneficios que ofrece este sistema de control programable. Las ventajas de su uso incluyen:

- **Espacio reducido:** Los PLC son dispositivos de estado sólido y por lo tanto son bastante compactos en comparación con los controladores cableados donde se utilizan dispositivos electromecánicos.
- **Mayor vida útil y fiabilidad:** Estos dispositivos son muy resistentes. Las posibilidades de defectos/daños son menores, ya que los mecanismos móviles son mínimos.
- **Económico:** Como la probabilidad de defectos es muy baja, se puede considerar como una inversión única. De esta manera, los PLC son sin duda los sistemas más económicos. El coste del PLC se recupera en un corto periodo de tiempo.
- **Ahorro de energía:** El consumo medio de energía es sólo 1/10 de la energía consumida por un control equivalente basado en relés.
 - Facilidad de mantenimiento.
 - Sustitución modular.
 - Fácil resolución de problemas.
 - Diagnóstico de errores con la unidad de programación.
- **Gran flexibilidad:** No es necesario volver a cablear si hay que realizar algún cambio. Puedes realizar funciones complejas como operaciones aritméticas, conteo, comparación, generación de retardo en el tiempo, etc. Tiene una velocidad de procesamiento muy alta y una mayor flexibilidad tanto en el proceso analógico como en el digital. También es posible la programación «On Line»/»Off Line» en el mismo.
- **Menor tiempo de proyecto:** El sistema de control cableado sólo puede construirse cuando la tarea está del todo definida. Sin embargo, en el caso del PLC, la construcción del controlador y el cableado son independientes de la definición del programa de control.
- **Almacenamiento y documentación más fácil:** Esto se debe a su compatibilidad con PC-AT, impresora y disquete.

2.1.1.7.Sistema V-SAT

La industria del petróleo y el gas está experimentando una revolución en las comunicaciones, gracias a la introducción de la tecnología VSAT (Very Small Aperture Terminal). VSAT es un sistema de comunicación satelital bidireccional que permite la transmisión de datos a alta velocidad a grandes distancias.

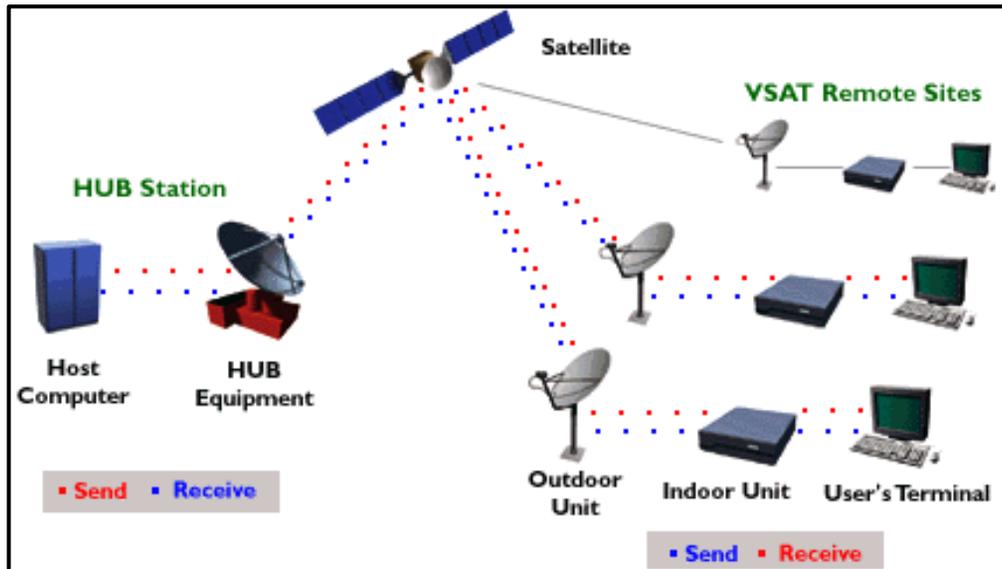
VSAT proporciona soluciones de comunicación confiables, seguras y rentables para organizaciones que necesitan monitorear o controlar sus operaciones remotas. Permite la comunicación bidireccional entre sitios dispersos geográficamente, lo que permite a las organizaciones realizar tareas de control y monitoreo remoto desde cualquier ubicación.

La tecnología VSAT también incrementa la eficiencia al proporcionar un sistema de comunicación confiable y seguro para la transmisión de datos y servicios de voz. Este sistema se puede utilizar para transmitir datos de forma rápida y segura, lo que permite al personal acceder a la información rápidamente y tomar decisiones de manera oportuna. Además, VSAT se puede utilizar para proporcionar acceso remoto a datos y aplicaciones, lo que permite al personal acceder a la información desde cualquier lugar.

La tecnología VSAT se basa en redes de comunicación a través de satélites. Estos permiten que la transmisión y recepción de información sea un proceso más fácil y práctico. Sus siglas significan **Very Small Aperture Terminal** o, en español, Terminal de Apertura Muy Pequeña. Comprende una estación en verdad muy pequeña caracterizada por:

- Número reducido de antenas
- Estructura básica compuesta por una estación concentradora (HUB)
- Estaciones remotas (compuesta por una terminal VSAT)
- Satélite que permite el enlace

Figura 7: Sistema V-SAT



Fuente: Extraído de Theironcomunicaciones, accesogjsl.blogspot.com

En la figura 7, se describe todo el sistema V-SAT para la transmisión de datos de manera Virtual vía satelital, se muestra también la conexión de varios dispositivos

2.1.1.7.1. Ventajas del sistema V-SAT

- Operan con tres tipos de topologías: estrella, malla e híbrido, que ofrecen ventajas específicas.
- El acceso a cobertura global sin restricciones geográficas con rapidez y facilidad permite la comunicación desde lugares remotos.
- Disponibilidad en comunicaciones a distancia independientes con alta calidad.
- Monitoreo de la red por un único operador.
- La facilidad de incorporar nuevos terminales permite ampliar la red y sin conflictos en la reconfiguración de su sistema.
- Disminución en los costos al lograr conectarse con diferentes terminales sin importar la distancia.
- Ancho de bandas garantizado.
- Los costos por instalación son económicos debido al tamaño pequeño de los equipos lo que reduce el tiempo de traslado e instalación.

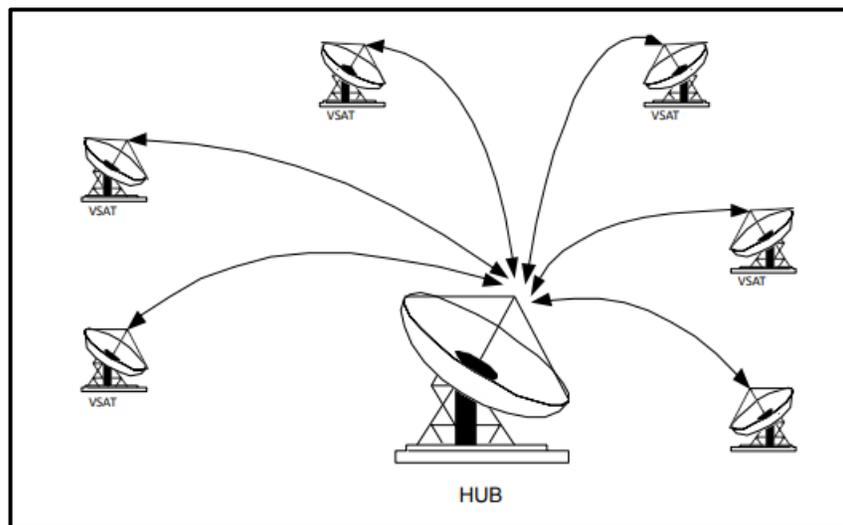
- Las estaciones VSAT pueden con una sola antena agrupar varios tipos de servicios de transmisión.

2.1.1.8. Topología de un Sistema V-SAT

2.1.1.8.1. Topología en Estrella

En una topología en estrella, cada terminal VSAT transmite y recibe solamente hacia y desde la estación central. Esto no implica que las terminales VSAT puedan comunicarse entre sí, ya que el enlace VSAT-VSAT se puede encaminar por la central utilizando el doble salto del satélite. La mayoría de las redes VSAT utilizan esta topología debido a que la gran ganancia de la antena central puede optimizar el uso del segmento espacial y a la vez minimizar el tamaño de las terminales VSAT.

Figura 8: Topología, arquitectura Sistema VSAT tipo Estrella.



Fuente: Extraído de Arquitectura del Sistema VSAT.

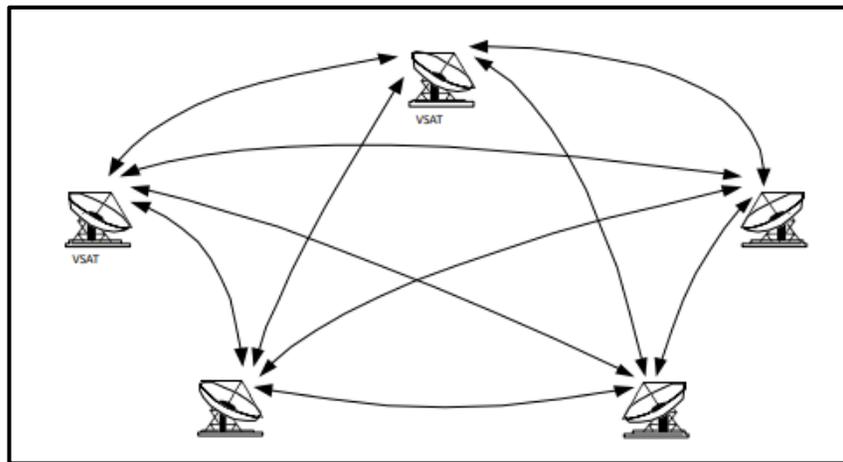
En la figura 8, se muestra la topología del tipo estrella, donde todos los sistemas V-SAT transmiten la señal a una estación central.

2.1.1.8.2. Topología en Malla

Esta topología, aunque más costosa que la topología en estrella, se utiliza cuando se requiere establecer un enlace directo entre dos VSAT's; permitiendo a todas las terminales comunicarse

entre sí mediante un solo salto de satélite, reduciendo a la mitad el retardo producido por el salto al satélite. A pesar de todo, una central debe controlar el proceso de establecimiento y corte de comunicación, pero no necesariamente tiene que cursar tráfico. Cuando una terminal VSAT tiene integrado el equipo de gestión y control de la red, entonces dicha red funciona sin central. Como cada VSAT debe tener suficiente potencia y sensibilidad de recepción como para comunicarse con las demás VSAT, la topología en malla requiere transmisores más potentes que los de topología en estrella.

Figura 9: Topología, Arquitectura Sistema VSAT tipo Malla.



Fuente: Extraído de Arquitectura del Sistema VSAT.

En la figura 9, se muestra una arquitectura en malla donde los sistemas V-SAT se pueden conectar entre sí, requiriendo de alta potencia.

2.1.1.9. Elementos de una red Satelital

2.1.1.9.1. Transponders

Es una serie de unidades interconectadas las cuales forman un canal de comunicación único entre la antena receptora y transmisora en un satélite. Algunas unidades son comunes a un número de Transponders. tiene las siguientes características.

- Recepción, amplificación y reemisión en una banda distinta de una señal (estos transpondedores se utilizan en comunicaciones espaciales para adaptar la señal satélite entrante/saliente a la frecuencia de los equipos en banda base).

- Respuesta automática de un mensaje (predeterminado o no) a la recepción de una señal concreta de interrogación (estos transpondedores se utilizan en aeronáutica para sistemas de pseudo-radar).

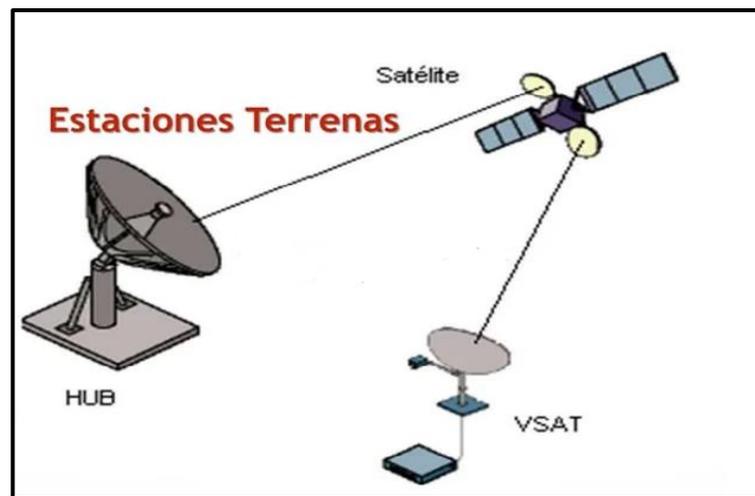
2.1.1.9.2. Estaciones terrenas

Una estación terrestre es una estación terrestre de satélite que se utiliza para enviar y recibir señales de satélites en la órbita de la Tierra. Por lo general, se compone de una antena grande, una antena parabólica y un centro de control. La antena se usa para capturar y transmitir señales del satélite, mientras que la antena parabólica se usa para recibir señales del satélite. El centro de control se utiliza para gestionar el proceso de comunicación por satélite.

2.1.1.9.3. Estación receptora V-SATs

Es la estación que está ubicada en un punto lejano al otro de la estación terreno, por medio de ella se recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite en banda c o Ku.

Figura 10: *Elementos de una Red Satelital.*



Fuente: Extradido de Dirección de estudios virtuales

En la figura 10 se muestra la estructura básica para una red satelital, donde el satélite cumple la función del transponders que recibirá y emitirá la señal captada por la estación terrena y la emitirá hacia la estación V-SAT y viceversa.

2.1.1.10. Parámetros del sistema satelital

Los parámetros que se rigen dentro del sistema satelital son todos aquellos elementos que conforman al modelo de enlace. Estos parámetros pueden ser encontrados en cualquier lugar del sistema donde se generen pérdidas de potencia, ya sean provocados por la situación del terreno o por los aspectos que hacen que las señales de radio se desgasten al cruzar tanto en el espacio libre como la atmosfera.

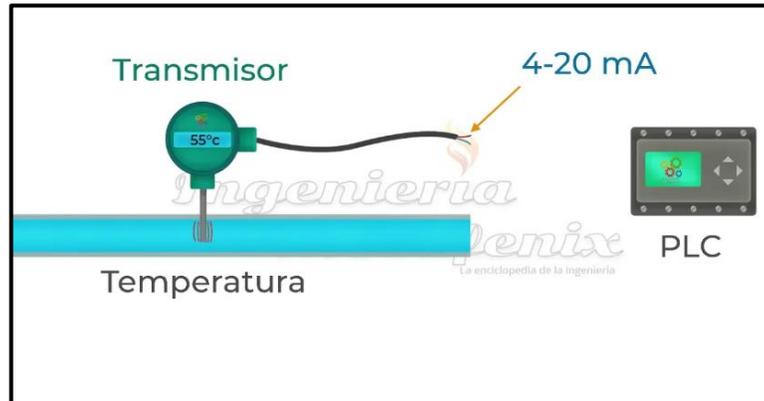
- Pérdidas de reducción.
- Potencia isotrópica efectiva radiada.
- Pérdidas por propagación.
- Densidad de potencia.
- Potencia en el receptor.
- Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido.
- Relación de portadora a densidad de ruido.
- Relación de portadora a señal de ruido.

2.1.1.11. Transmisores de Señal

Los transmisores son dispositivos esenciales que se utilizan para medir parámetros físicos o químicos, como temperatura, presión, nivel, caudal, pH, conductividad, entre otros, y luego transmitir esta información de manera precisa y confiable a sistemas de control, o visualización. Estos transmisores ayudan a supervisar y controlar procesos industriales críticos.

Los transmisores, también denominados transductores, sirven para convertir las magnitudes físicas clásicas en una señal eléctrica. Es decir, los transductores se utilizan principalmente en instrumentos de medición electrónicos. No obstante, los hay de diversos tipos, como los transmisores de temperatura o los transmisores de presión. La conversión tiene como resultado señales normalizadas, como las de 4-20 mA. Actualmente, muchos instrumentos están equipados para trabajar principalmente con magnitudes normalizadas especiales. Para poder comparar y procesar distintas magnitudes físicas, es necesario recurrir a los transmisores.

Figura 11: Elementos de una Red Satelital.



Fuente: Extradido de Mecafenix, Procesos Industriales.

En la figura 11, se muestra dispositivo que se sirve para medir alguna variable de un proceso y convertirla a una señal eléctrica estandarizada.

2.1.1.11.1. Funcionamiento de un Transmisor de Señal.

Aunque para saber a ciencia cierta cómo funciona un transmisor, debemos saber en concreto de que tipo estamos hablando. Es importante mencionar que existen algunos componentes que son indispensables para que se pueda completar el proceso de transformación y transmisión de la señal.

Para completar un proceso de transmisión por lo menos necesitamos de: un sensor, un convertidor que transforme la señal a un estándar; ya sea analógico o digital, un amplificador para que amplíe la señal y pueda transmitirla a distancias largas y por último un dispositivo registrador que muestre y/o guarde los datos obtenidos.

2.1.1.11.2. Tipos de transmisores de Señal.

Es importante mencionar que a pesar de que existen diferentes tipos de transmisores, todos están diseñados para enviar algún tipo de señal estandarizada. Ya sea, analógica con 4-20 mA o 0-10V, o como en algunos casos más especiales una digital que manda 0v o 5v, es decir todo o nada.

El mundo de los transmisores industriales es bastante grande, por lo que podemos encontrar diferentes clasificaciones y cada una engloba diferentes características. Dentro de estas podemos clasificarlos por:

2.1.1.11.2.1. Transmisor Electrónico.

Están compuestos por circuitos electrónicos y son capaces de detectar movimientos demasiado pequeños, estos sistemas son mucho más rápidos que cualquier otro. Ya que los componentes que miden los datos, no requieren de mucho movimiento para adquirir la información. Generalmente son más precisos y de respuesta más rápida que los mecánicos. Esto se debe en parte a la precisión de los circuitos electrónicos.

2.1.1.11.2.2. Transmisor Neumático.

Este transmisor traduce los movimientos mecánicos en variaciones de presión. Por lo que se utilizan sistemas de tobera-obturador que ayudan a convertir y transmitir la variable.

2.1.1.11.2.3. Transmisor Hidráulico.

Los transmisores hidráulicos se ocupan para aplicaciones específicas que requieren de una gran potencia en los fluidos que va a detectar. Normalmente son capaces de trabajar desde 0 hasta 600 bar en su entrada y utilizan los mismos estándares en la salida, por ejemplo 4-20 mA.

2.1.1.11.2.4. Transmisor Telemétrico.

Esta tecnología utiliza ondas de radio para transmitir las mediciones que captan los sensores, sirve para monitorear y controlar a distancia a través de una señal de radio el arranque y paro de una bomba o bombas en un pozo, abrir o cerrar la válvula de un tanque, saber qué cantidad de agua tiene un tanque, monitorear la presión del proceso, su temperatura, las variables eléctricas de motores/bombas y principalmente atender fallas de manera inmediata.

2.1.1.11.2.5. Transmisor Digital.

Cuando apareció la señal digital aplicable a los transmisores, mejoró notablemente la exactitud conseguida en la medida. La señal del proceso es muestreada a una frecuencia mayor que el

doble del de la señal y de este modo, la señal digital consiste en una serie de pulsos en forma de bits. Cada bit consiste en dos signos, el 0 y el 1, y representa el paso (1) o no (0) de una señal a través de un conductor.

Una de las principales ventajas de este tipo de transmisor es que su señal de salida puede ser recibida directamente por un procesador.

Figura 12: Tipos de Transmisores de Señal.



Fuente: Extradido de Mecafenix, Procesos Industriales.

En la figura 12, se muestra una clasificación donde podemos englobar diferentes tipos de variables como la temperatura, la presión, el caudal, entre otras. Pero lo que importa es con qué tipo de tecnología las leen para poder transmitir los datos.

2.1.1.11.3. Transmisores por Variable que controlan.

Si nos enfocamos en los transmisores por el tipo de variable que manejan dentro de los procesos, podemos encontrar algunos tipos bastante específicos, como son;

2.1.1.11.3.1. Transmisor de temperatura

Dentro de los transmisores de temperatura nos encontramos con termopares, termistores, RTD, termómetros infrarrojos, entre otros. Los transmisores de temperatura se utilizan principalmente en el sector industrial. Fueron desarrollados con el objetivo de poder transformar las variaciones

de tensión o resistencia, que dependen de la temperatura, en otras señales de salida. Entre estas se encuentran las señales de 4-20 mA y 0-10 V. Estas señales normalizadas pueden ser leídas entonces por otros dispositivos electrónicos. La transmisión se efectúa de modo rápido y seguro, y puede cubrir grandes distancias. El desarrollo de los transmisores permitió simplificar notablemente las mediciones. Antes, los valores medidos se transmitían por medio de cables y solo podían ser procesados en una etapa posterior. A la hora de seleccionar un modelo para usarlo en el ámbito industrial, deben tenerse en cuenta varios aspectos que pueden ser interesantes: Sensores de humedad integrados, autosupervisión por parte del instrumento, salidas analógicas disponibles, estabilidad a largo plazo de las mediciones, exactitud de las mediciones

2.1.1.11.3.2. Transmisor de Presión.

En los de presión tenemos manómetros, transductores de presión, transductores de fuerza, sensores de peso. Por lo general, los transmisores de presión presentan determinadas características. Habitualmente tienen un rango de medición de 4-20 mA y funcionan con una tensión de 0-10 V. La característica más importante es el rango de medición. Los rangos de medición reducidos conllevan mayores niveles de exactitud. Si necesita valores muy diferenciados, debe tenerlo en cuenta a la hora de realizar su elección.

Actualmente, los transmisores de presión modernos son capaces de supervisar de manera efectiva los procesos de secado. Para ello, suelen estar equipados con un sistema de gestión de alarmas. En función de la configuración, se emitirá una señal de alarma cuando el nivel de presión aumente o caiga hasta un valor peligroso. Esto permite reaccionar con rapidez. En

2.1.1.11.3.3. Transmisor de Nivel

Los transmisores de nivel son sensores con una salida de transmisión eléctrica para indicación remota del nivel de líquido, polvo o volumen. Los modelos capacitivos, flotantes, mecánicos, sumergibles, ultrasónicos y radar son los diferentes tipos disponibles de transmisores de nivel.

2.1.1.11.3.4. Transmisor de Caudal.

Algunos ejemplos de transmisores de caudal son medidores de flujo, magnéticos y de ultrasonido. Un medidor de flujo o flujómetro (También se pueden encontrar con el nombre de medidores de caudal o caudalímetros) es un instrumento que se usa para medir el flujo másico o en su defecto volumétrico de un gas o líquido.

2.1.1.11.3.5. Acondicionamiento de Señal

El acondicionamiento de señal es un proceso de adquisición de datos que se lleva a cabo mediante un instrumento llamado acondicionador de señal. Ese instrumento convierte un tipo de señal eléctrica o mecánica (señal de entrada) en otro (señal de salida). El objetivo consiste en amplificar la señal y convertirla a otro formato fácil de leer y compatible con fines de adquisición de datos o de control de una máquina.

Un acondicionador de señal ayuda a obtener medidas precisas, como condición esencial para la exactitud de la adquisición de datos o del control de máquinas. Este tipo de instrumentos son capaces de efectuar otras funciones adicionales.

Figura 13: Tipos de Transmisores de Señal.



Fuente: Extradido de Mecafenix, Procesos Industriales.

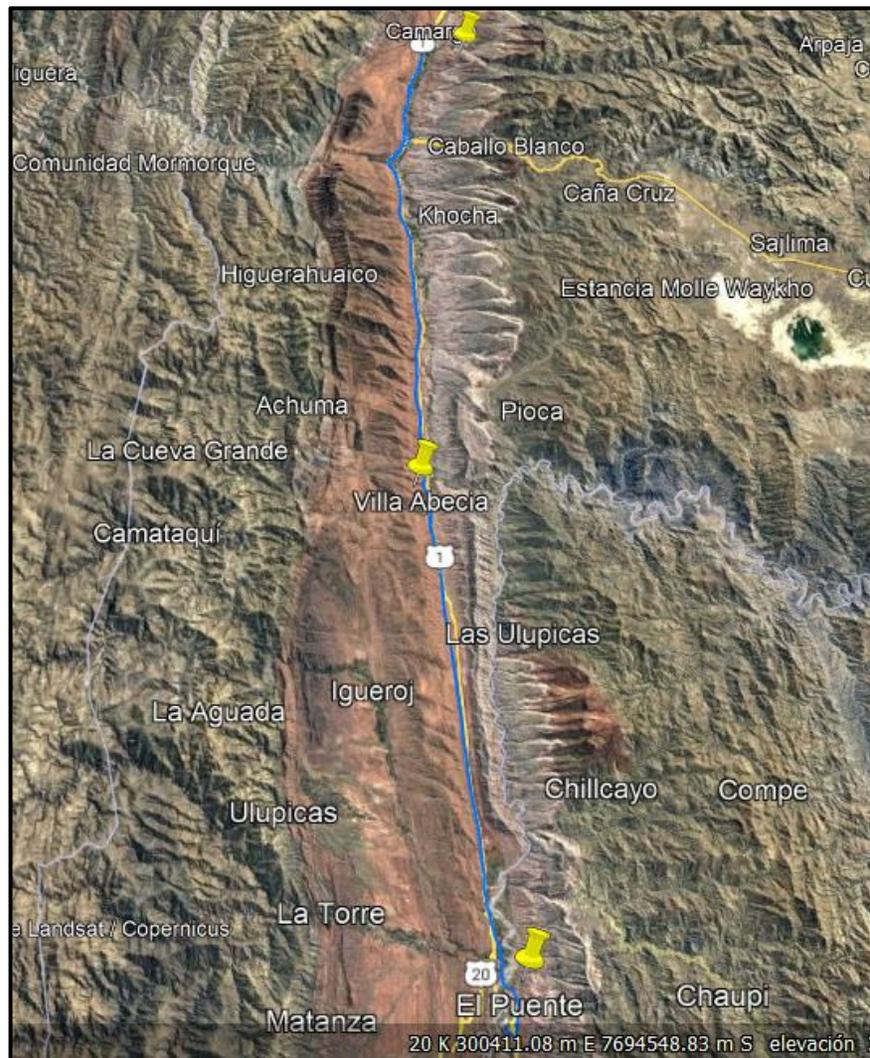
En la figura 13, se muestra los tipos de transmisores para la automatización y control de los procesos industriales, ya que sin estos prácticamente no existirá una forma de convertir las mediciones de las variables a un lenguaje que pueda ser reconocido por los demás componentes electrónicos.

2.1.2. Marco Contextual

2.1.2.1. Ubicación Geográfica del Gasoducto.

El Gasoducto El Puente Camargo se encuentra entre la provincia Méndez del departamento de Tarija y las provincias Nor y Sud Cinti del departamento de Chuquisaca, con orígenes en la localidad de El Puente, atravesando las localidades de Las Carreras, Villa Abecia, Palca Grande, El Rancho concluyendo así con su tramo en la localidad de Camargo, con una extensión de por lo menos 70 km de tubería de Acero Negro al Carbono (ANC).

Figura 14: Gasoducto El Puente-Camargo.



Fuente: Elaboración Propia, en base a puntos extraídos de GPS

En la figura 11, se muestra el Gasoducto El Puente Camargo en toda su extensión, tomando en cuenta la línea actual como también la línea antigua.

2.1.2.2.Estado actual operativa del Gasoducto El Puente -Camargo

Actualmente el gasoducto el puente Camargo se encuentra bajo un cambio de diámetro esto debido a que la tubería que se deja en abandono perteneciente a la Gobernación del Departamento de Chuquisaca se encontraba en mal estado, el diámetro de la tubería no llegaría a ser suficiente para poder soportar un cambio en la presión para poder transportar el gas natural debido al incremento de puntos de consumo así también el poder distribuir el gas Natural al Municipio de Culpina, Incahuasi.

La construcción del nuevo gasoducto entre El Puente (Tarija) y Camargo (Chuquisaca) se encuentra bajo tutela de YPFB Redes de Gas Chuquisaca, tiendo un avance del 75%. Constatándose que 11 fases que contempla la construcción del ducto El Puente – Camargo, seis ya concluyeron, tres están en ejecución y dos en proceso de contratación. Esto implica señalar que, de 70 kilómetros previstos, 53 ya están con ducto y 17 kilómetros por construir.

El gasoducto actualmente es alimentado da la Derivada Gasoducto Tarija – El Puente siendo el punto de entrega el City Gate ubicado en la comunidad de El Puente, Cementera El Puente, el gasoducto El Puente Camargo actualmente opera a 110 Psi nominal pero la presión a la cual se tiene operando es de 100 psi, el cambio de diámetro del Gasoducto ayudara a poder incrementar esta presión de operación llegando por lo menos a los 200 psi, dentro de la línea actual se tiene como puntos de control PRM (puentes de Regulación y Medición), Manifolds de control para poder controlar y operar de manera más efectiva la distribución del gas natural, Cámaras de Seccionamiento, EDR a la entrada de cada comunidad.

Actualmente el gasoducto es operado de manera mecánica, manual, requiriendo de personal operativo para todo tipo de intervención u operación que se realice dentro de la misma, detalle que hace que se traslade personal operativo desde el departamento de Sucre.

2.1.2.3. Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Control y Monitoreo del Gasoducto El Puente Camargo.

En una primera etapa, se definirán los objetivos principales del proyecto. El propósito de esta implementación es establecer un sistema V-SAT que permita el monitoreo y control en tiempo real de las condiciones operativas en el tramo El Puente-Camargo del Departamento de Chuquisaca.

Se elaborará un diseño detallado del sistema V-SAT, incluyendo la ubicación de las antenas, la infraestructura de red, la elección de satélites y otros componentes clave. Este diseño se basará en las mejores prácticas identificadas en la revisión de literatura.

La propuesta de implementación de un sistema V-SAT para la distribución de gas natural en el Gasoducto El Puente- Camargo, busca:

- Mejorar la precisión en la medición de gas natural en las redes de distribución.
- Esta propuesta deriva del gran incremento de consumo y demanda de gas natural al interior de la región, en ese sentido se tiene la necesidad de control y monitoreo del gas suministrado dentro del Tramo El Puente- Camargo.
- El presente proyecto consiste en el planeamiento de un pre diseño del sistema de monitoreo de variables para el suministro de gas natural, la implementación de instrumentación y equipos para poder implementar un sistema virtual, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo.

2.2.INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1. Análisis Técnico

Dentro del presente análisis se tiene como fin el poder definir los requerimientos que debe cumplir cada una de las estaciones satelitales donde se ubicaran en las instalaciones de gas natural, mismos que permitan el poder gestionar, controlar y monitorear a distancia cada uno de los datos o variables de medición en tiempo real y su posterior envío de los datos mediante comunicación satelital.

- Adquisición automática de la información de medición.
- Transmisión de la información de medición al sistema de gestión de supervisión.
- Mantenimiento de bases de datos locales a mediano y largo plazo.
- Reconocimiento y resolución rápida de potenciales problemas en las instalaciones.

Una estación remota es un equipo o un conjunto de equipos e interconexiones que pueden instalarse para actuar como intermediario entre los equipos electrónicos de medida y los sistemas de gestión y supervisión de manera que además de capturar, almacenar, mantener y gestionar los datos unifique todos de este formato de datos que permite el procesamiento centralizado de toda la información de todos los usuarios.

2.2.2. Propuesta de Diseño

Para la propuesta se contempla las siguientes características:

- **Tipo de control:** Supervisión y monitoreo con lazo de control cerrado, el operador se encarga de tomar las acciones.
- **Tipo de variables:** análogas y digitales (ubicadas en forma remota).
- **Área de acción:** Áreas distribuidas a distancia de la estación maestra de control.
- **Unidades de adquisición de datos y control:** RTU (Unidad Terminal Remota) de diseño específico para la aplicación.
- **Medios de comunicación:** Cualquier medio que sirva de enlace para enviar y recibir información entre la Estación Remota (RTU) y la MTU, que para este caso será vía sistema V-SAT.
- **Base de datos:** Distribuida.

2.2.3. Ingeniería básica

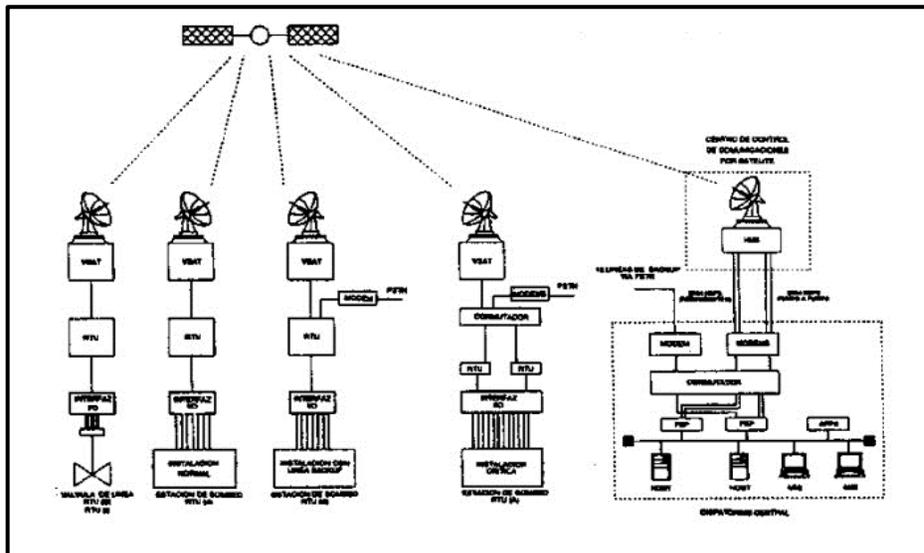
Para el suministro la información necesaria para poder tomar las decisiones correctas para llevar adelante este proyecto. Se deberá de tener en consideración los siguientes aspectos.

- La provisión, instalación, configuración, puesta en servicio de las estaciones satelitales tipo VSAT.
- Instalación, configuración y puesta en servicio de computadores de flujo en estaciones de medición y su posterior integración a la plataforma de comunicación satelital.
- Se debe asegurar que la información transmitida desde los puntos remotos, sea recibida correctamente a la salida del HUB.
- Deberá realizar la configuración del HUB para integrar las nuevas estaciones.

2.2.3.1. Planteamiento esquemático del Sistema SCAD.

La unidad exterior se deberá de conectar a la unidad interior o también llamada ROUTER SATELITAL mediante cableado para banda Ku y al computador de flujo mediante interfaz Ethernet que dispone.

Figura 15: Esquema Sistema SCADA.



Fuente: Elaboración propia Diseño de Sistemas SCADA para optimizar procesos industriales.

En la figura 12, se puedes apreciar un diseño de trasmisión de señal a partir del computador de flujo, transmitida vía satelital, y emitida hasta la sal de control

2.2.4. Análisis de variables de medición.

Para la implementación del Sistema V-SAT de deberá de considerar variables que ayuden a generar una base de datos que ayuden a mejorar el control del suministro de Gas Natural a partir del punto de transferencia que es el City Gate.

2.2.4.1. Selección de Variables para su monitoreo

Tabla 1: Variables a considerar en el sistema Virtual

PARAMETRO	UNIDADES	DESCRIPCION	TIPO DE ESTACION
Estimación Remota tag	N/A	Unidad de transmisión	Todas
Fecha	AA/MM/DD	Fecha de transmisión	Todas
Hora	HH:MM:SS	Hora de transmisión	Todas
Volumen	MPCH	Volumen calculado por computador de flujo en miles de pies cúbicos hora	Manifold
Presión de Flujo	PSI	Presión regulada para suministro	Manifold
Temperatura de Flujo	°F	Temperatura de flujo de gas natural	Manifold
Volumen no corregido	MCF	Volumen no corregido por computador de flujo	Manifold

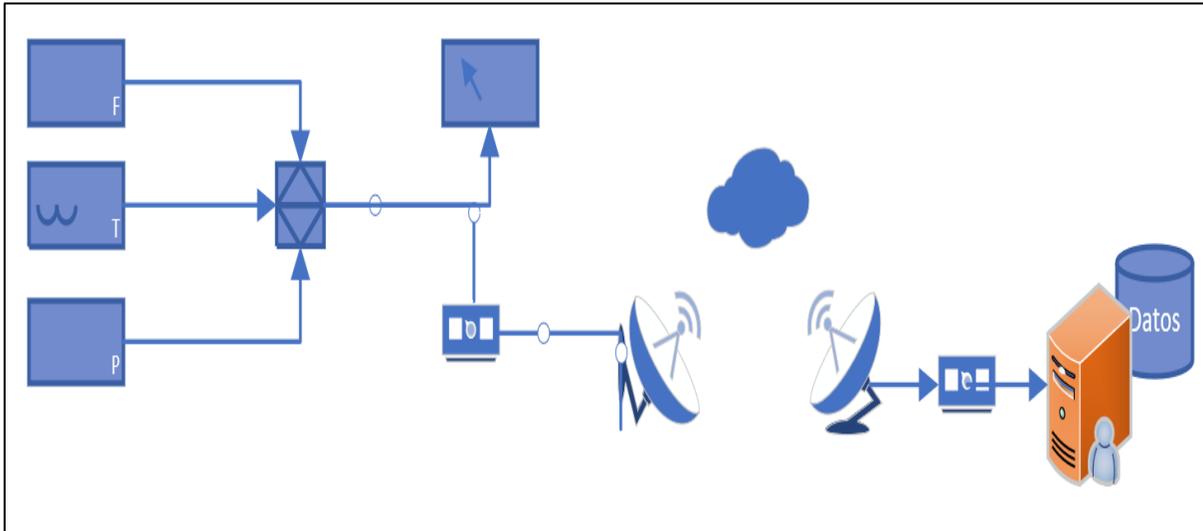
Fuente: Elaboración propia, variables a ser medidas para la recopilación de datos.

En la tabla 1, se puede observar todas variables a ser consideradas para su medición, puesto a que estos datos son los que se requieren para el control y monitoreo de suministro de gas natural, y poder generar históricos de consumo bajo ciertos rangos de tiempo

2.2.5. Diseño y Estructura PLC

Dentro de la siguiente estructura se muestra el diseño para la recolección de datos.

Figura 16: Estructura Base para y Diseño del PLC.



Fuente: Elaboración propia, funcionamiento del PLC y los actuadores..

En figura 13, se tiene una red donde observa de izquierda a derecha a los siguientes elementos:

Flujómetro/Caudalímetro: el tipo de señal que maneja por el tipo de variable que indica el sistema es analógico discreto pues el sensor elegido para el caso es un sensor electromagnético que maneja señales 4-20mA

Temperatura: el tipo de señal que maneja es analógica, considera una termocupla de proceso plenamente hermetizada y de características ATEX, que es considerada un RTD de señal 4-20mA

Finalmente, la variable de presión igual considera un manómetro de transmisión constante que maneja variables discretas/digitales para el envío de información al PLC.

En la segunda fase se observa que el receptor de señales es el PLC que envía las señales a un modem de comunicación a través de un sistema VSAT y por otro lado en el mismo nivel se comunica a una interface de datalogging.

Una vez llegada la información al sistema Satelital se transmite de manera transparente a la estación remota de comunicación que interconecta la red de campo con el sistema SCADA que se encuentra representada con el servidor del lado izquierdo del diagrama

Tabla 2: Selección del tipo y transmisores de señal

Variable	Tipo de sensor	Tipo de señal	Protocolo de comunicación
Flujo/ Caudal	Electromagnético	4-20mA	HART-Modbus
Temperatura	RTD	4-20mA	HART-Modbus
Presión	Manómetro Digital	Digital	Modbus

Fuente: Elaboración propia, se muestra la selección del tipo de señal a enviar.

En la tabla 2, se realiza una descripción del tipo de sensor, tipo de señal que se emitirá para su respectivo control y monitoreo a su vez se propone el rango bajo el cual trabajara cada una de ellas.

2.2.6. Diseño del V-SAT

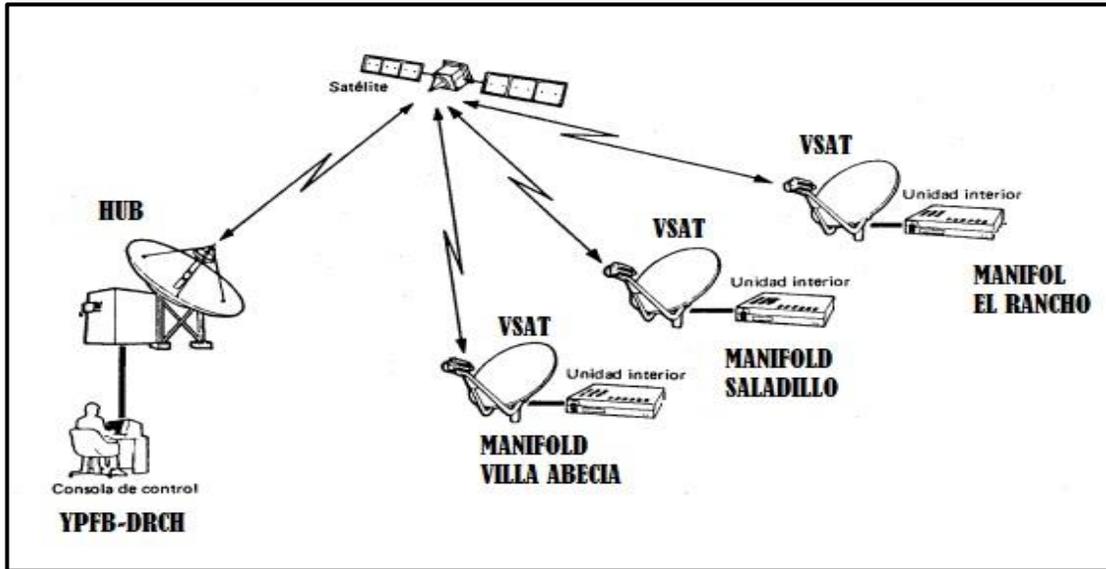
Una vez analizada la información que será analizada y transmitida se procederá a efectuar el diseño como tal de nuestra red. Es muy útil y conveniente tener en cuenta los siguientes requerimientos:

2.2.6.1. Diseño de la Topología para el sistema VSAT.

Optamos por la configuración tipo **ESTRELLA** porque, necesitamos enlazar cada uno de los puntos hacia 1 punto central o una base de control. El HUB estará interconectado entre sí, por medio de un enlace troncal. El HUB serán los encargados de mantener un control efectivo y manejar todo el tráfico de la red.

El **HUB 1** ubicado en la ciudad de Sucre, Departamento de Chuquisaca, más específicamente en YPFB Distrito Redes de Gas Chuquisaca puesto que la misma sería una de las Estaciones Central de Control y Monitoreo, estarán a cargo de la interconexión del City Gate de El Puente y los Manifold de Villa Abecia, El Rancho, Saladillo.

Figura 17: Topología en Estrella para el Gasoducto El Puente Camargo.



Fuente: Elaboración propia, diseño y ubicación del VSAT y HUB.

En la figura 17, se puede apreciar la topología seleccionada para el Tramo Red Primaria El Puente Camargo, asimismo se puede ver una descripción de los puntos donde implementara el VSAT como también el HUB.

2.2.6.2. Tipo de Trafico

Para la selección del tráfico se tomará en cuenta el tipo de aplicación, la longitud del paquete.

Tabla 3: Caracterización del tipo de Trafico de señal

Tipo de Tráfico	Longitud de Paquete Inbound	Longitud de Paquete Outbound	Tiempo de respuesta requerido.	Modo de uso	Ejemplos
Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA).	100 bytes.	10 bytes.	Algunos segundos/minutos.	Transacción por segundo/minuto y terminal.	Monitorización y control de recursos dispersos

Fuente: Elaboración propia, consideraciones para el envío y recepción de señal

En la Tabla 3, se describe las características del tipo de trafico que debe de tener un sistema de control supervisión, y adquisición de datos.

2.2.6.3. Selección del Tipo de Frecuencia

Se ha establecido que se usen las bandas de frecuencia: Banda C o Banda Ku para aplicaciones civiles. La elección de una frecuencia u otra depende de:

- La disponibilidad de un satélite que cubra la zona donde va a instalarse la red y que disponga de la banda deseada.
- Problemas de interferencias. El ancho de haz de una antena es inversamente proporcional al producto de diámetro de la antena y frecuencia. Por lo que al usar antenas de pequeño diámetro el ancho de haz es grande y el peligro de recibir interferencia desde otros satélites (y también de interferir en ellos) es también grande. Para la banda C (y partes de la banda Ku) existe el peligro añadido de los sistemas terrestres de microondas.

2.2.6.4. Selección de Equipos para el VSAT y HUB

La selección de los equipos y sus características se dan en base al tipo de frecuencia que se seleccionó, considerando la ubicación actual de las zonas a operar.

2.2.6.4.1. Bandas de Frecuencia

Las opciones más comunes son la banda Ku y la banda C. La banda Ku ofrece un equilibrio entre la intensidad de la señal y la resistencia al desvanecimiento por lluvia, mientras que la banda C proporciona velocidades de datos mínimas y un menor ancho de banda.

Tabla 4: Selección del tipo de frecuencia de transmisión y recepción.

ITEM	HUB	VSAT
Banda de frecuencias para transmisión	14-14.5 GHz. en banda Ku	14-14.5 GHz. en banda Ku
	5.925-6.425 GHz en banda C	5.925-6.425 GHz en banda C
Banda de frecuencias para recepción	10.7-12.75 GHz. en banda Ku	10.7-12.75 GHz. en banda Ku
	3.625-4.2 GHz en banda C	3.625-4.2 GHz en banda C

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de Banda de frecuencia local.

En la tabla 4, se muestran bandas C, Ku siendo más sensibles a las condiciones meteorológicas cuanto más alta es la frecuencia de la portadora.

2.2.6.4.2. Antenas

Para la selección y caracterización se considera las siguientes especificaciones, tanto para el HUB (DRCH) y VSAT (PUNTOS DE CONTROL Y MEDICION)

Tabla 5: Consideraciones para la Implementación de Antena VSAT

ITEM	HUB	VSAT
Tipo de antena	Reflector doble Cassegrain	Reflector simple offset
Diámetro	2-5m en hub pequeños 5-8m en hub medio 8-10m en hub grande	1.8-3.5m en banda C 1.2-1.8m en banda Ku
Aislamiento Tx/Rx	30dB	35dB
Relación de onda estacionaria	<1.25	<1.3
Polarización	Lineal ortogonal en banda Ku Circular ortogonal en banda C	Lineal ortogonal en banda Ku Circular ortogonal en banda C
Ajuste de polarización	90° grados para polarización lineal	90° grados para polarización lineal
Nivel de lóbulo secundario	25-29 dB	25-29 dB
Excursión en azimut	120°	160°
Excursión en elevación	3°-90°	3°-90°
Viento	Estación en operación: hasta 70 Km/h Soporta: hasta 180 Km./h	Estación en operación: 100 Km./h Soporta: hasta 210 Km./h
Deshielo	Eléctrico	Opcional

Fuente: Elaboración propia en base a criterios de Selección de Antenas VSAT.

En la tabla 5, se muestran las consideraciones que se deben llegar a tomar para la implementación de antenas tanto en el HUB como en los puntos VSAT

2.2.6.5. Configuración de la Red VSAT

La configuración para la red VSAT a ser implementada estará sujeta bajo las siguientes características son:

Estrella con comunicación:

- Bidireccional.
- Unidireccional.
- Malla.

Red en estrella:

Por lo tanto, los enlaces directos entre VSAT's no cumplen unos mínimos requisitos de calidad por lo que se necesita una estación terrena que actué de retransmisor. Lo que nos lleva configuraciones tipo estrella.

Conviene esclarecer los términos INBOUND y OUTBOUND que son aplicables a las redes en estrella.

INBOUND: transferencia de información desde un VSAT al HUB.

OUTBOUND: transferencia de información desde el HUB a un VSAT.

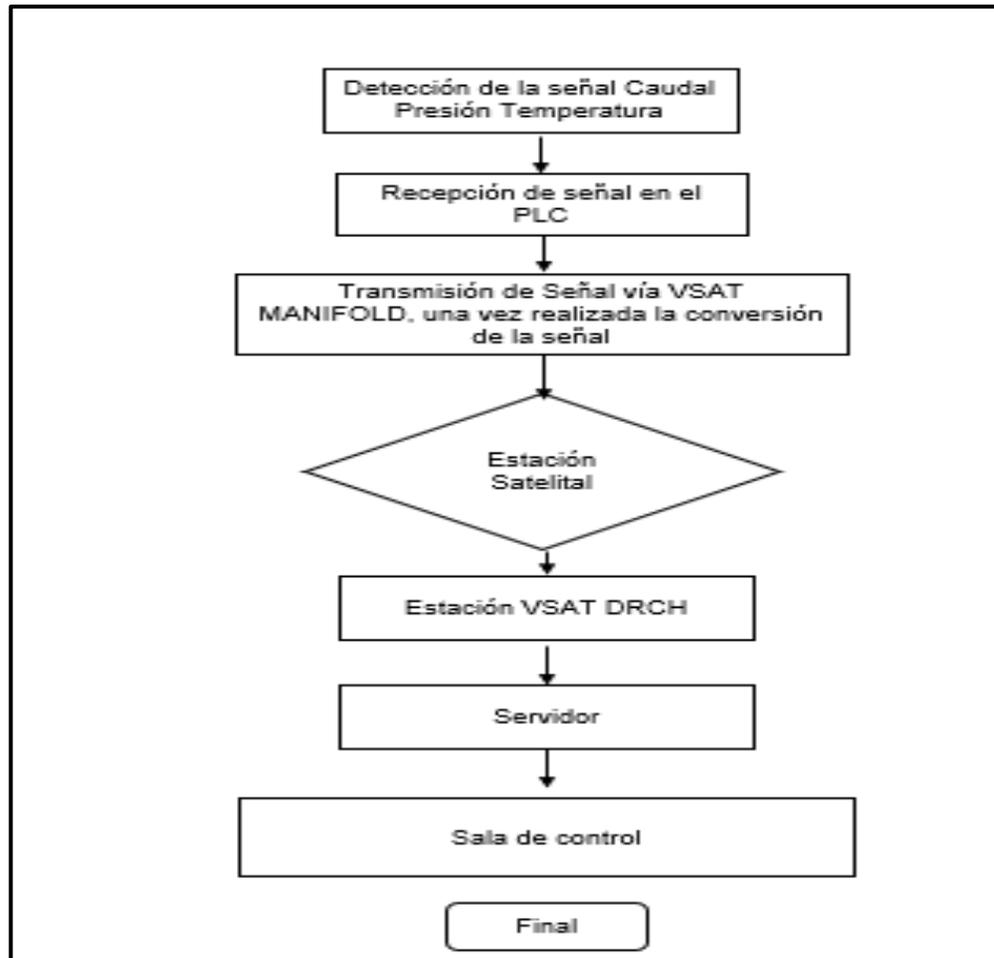
Se habla de redes estrella bidireccionales cuando las aplicaciones requiere que se comuniquen los VSAT's con el HUB y viceversa (existen tanto inbounds como outbounds).

Por el contrario, en las redes estrella unidireccional sólo hay comunicación desde el HUB hacia los VSAT's (sólo hay outbounds).

2.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para la implementación del sistema VSAT se debe de considerar el diseño previo que se realizó para el sistema de monitoreo y control, la estructura del PLC, así mismo se deberá de tomar en cuenta la topología del sistema VSAT.

Figura 18: Diagrama de proceso para la implementación de sistema VSAT



Fuente: Elaboración propia, diseño para el control y monitoreo de Gasoducto.

Primera etapa se considerará la implantación del sistema VSAT en los Manifold del Gasoducto el Puente Camargo previa instalación de un computador de flujo y su integración al punto de medición, a su vez la adecuación de transductores de presión y temperatura conectados al computador, para que este pueda enviar la señal mediante una antena satelital.

Segunda fase se describe el envío y la recepción de la señal mediante un transponder (Satélite Espacial) mismo que debe de cumplir con las especificaciones requeridas.

Tercera etapa, se considerará la implementación o adecuación del punto de recepción de datos o sala de control o también HUB, establecido en inmediaciones de YPFB Redes de Gas Chuquisaca para su control y monitoreo, así también al contar con este sistema se puede realizar la implementación de un nuevo HUB dentro de la Gerencia Redes de Gas.

2.3.1. Construcción y montaje

El proyecto contempla todas las actividades necesarias para la instalación del computador de flujo y su funcionamiento adecuado con el medidor existente, la adecuación de los transductores de presión y temperatura, la configuración de los computadores de flujo y otras actividades que fueran necesarias para su integración al sistema de comunicación satelital V-SAT.

2.3.1.1. Ensamblaje e instalación de la antena.

- La fijación de la antena se efectuará mediante el soporte adecuado y para un correcto apuntamiento de la antena el soporte deberá estar nivelado.
- La posición de la unidad exterior (LNB, BUC) deberá ser adecuada para un correcto ajuste de polarización.
- Realizar el ajuste de elevación y azimut, ajuste grueso y fino.
- Realizar el ajuste de polarización.
- La conexión de cables Tx y Rx deberán estar protegidos contra la lluvia y humedad.
- Etiquetar los cables de recepción y transmisión en ambos extremos.

2.3.1.2. Instalación unidad interior - IDU

El Modem Router satelital debe ser configurado y agregado a la red de administración del HUB de YPFB Distrito Redes de Gas Chuquisaca, previo a su instalación en campo:

- Los parámetros propios del enlace de retorno que se activan en el Modem Router debe ser configurado en el HUB y a su vez sincronizado en el Modem Router.
- En el momento de la instalación se debe configurar:

2.3.1.3. Instalación de computador de flujo.

Se debe de proveer el soporte y accesorios necesarios para la correcta instalación del computador de flujo en cada puente de medición. El mismo será acondicionado a los Manifolds ubicados en los distintos puntos del Gasoducto El Puente Camargo de YPFB DRCH.

- Realizar la integración del computador en el Manifold
- Adecuar los transductores de presión y temperatura del computador al Manifold.
- Instalar el conversor para su integración con el sistema de comunicación satelital.
- Configurar el computador de flujo de acuerdo a las recomendaciones de la norma AGA para cada tipo de medición (placa de orificio o turbina).

La configuración del computador de flujo se efectuará de modo local para verificar en sitio las variables primarias de medición.

El software de configuración, calibración y monitoreo deberá operar en ambiente Windows; permitiendo la configuración de los parámetros del medidor, la composición del gas; tag, sitio, niveles de seguridad; configuración del medio y parámetros de comunicación. Extracción de reportes gráficos automáticos mensuales y remotos vía conexión modbus TCP.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta que actualmente el Gasoducto EL Puente Camargo se encuentra operando de manera mecánica, manual, una de las mejores opciones para poder operar y monitorear de manera virtual el Gasoducto es optar por un sistema V-SAT puesto a que con el mismo se podrá acceder a la información en tiempo real para una toma de decisiones oportuna, mejorando de esta manera las operaciones y control en el tramo.
- Los sistemas SCADA permiten una supervisión en tiempo real y la automatización de procesos, lo que conduce a una mejora significativa en la eficiencia operativa de las instalaciones industriales. La recopilación de datos en tiempo real, junto con funciones de análisis y presentación de informes, proporciona a los operadores y gerentes información valiosa para tomar decisiones informadas y rápidas, permitiéndonos detectar y abordar problemas de manera proactiva a través de alarmas y eventos contribuye a la reducción de costos asociados con tiempos de inactividad no planificados y mantenimiento reactivo.
- Dentro del proceso de recolección de datos es importante considerar a capacidad de programación del PLC permite su adaptación a una variedad de aplicaciones y cambios en los procesos industriales, reduciendo los tiempos de ciclo y mejorando el rendimiento general. La capacidad de comunicación de los PLC facilita la integración con otros sistemas, como sistemas SCADA, permitiendo una supervisión y control más holísticos, se debe evaluar las condiciones ambientales donde se instalará el PLC para seleccionar un modelo que sea resistente y adecuado para el entorno específico.
- Para el diseño de un sistema VSAT se debe llegar a considerar ancho de banda puesto a que el mismo no podrá ayudar a evaluar las necesidades de ancho de banda para garantizar que la capacidad del sistema VSAT sea suficiente para transmitir datos en tiempo real y soportar las operaciones de control y monitoreo. También debemos de considerar la integración del mismo a otros sistemas de control y monitoreo, como PLC y sistemas SCADA, para una operación cohesiva y eficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. *Anexo 2 Construcción DE Redes DE GAS Natural—REGLAMENTO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN DE* - Studocu. (s. f.).
- Carpio Aguilar, F. R. (2022). *Control y monitoreo de distribución de gas natural en Tarija. [Thesis]*. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/30992>
- Colque Huanca, E. L. (2014). *Implementación de una estación VSAT remota por enlace satelital con servicio de telefonía fija e Internet «WIFI» [Thesis]*.
- Csimonett. (2022, octubre 5). *Uso de la Tecnología VSAT para transmisión de datos. Empresa Ampere*.
- Monrroy Trejo, R. G. (2013). *Análisis de la operabilidad del sistema nacional de transporte por ducto de gas natural con la implementación del Sistema de Control Cupervisorio y Adquisición de Datos : SCADA. (s. f.)*.
- Imepi. (2020). *Estrategias para Implementar un Sistema SCADA | IMEPI México. (s. f.)*. de <https://imepi.com.mx/estrategias-para-implementar-un-sistema-scada/>
- Frąckiewicz, M. (2023, marzo 4). *Internet VSAT y la industria del petróleo y el gas: Mantenerse conectado en lugares aislados. TS2 SPACE*.
- Ricardo Zarate (2022). *Gasoducto El Puente-Camargo se concluirá el primer semestre de 2023. (s. f.)*. de <https://www.deloscintis.com.bo/actualidad/region/gasoducto-el-puente-camargo-se-concluirá-el-primer-semestre-de-2023.html>
- InfoPLC_net_40201_3452.pdf. (s. f.). *Estructura, Diseño de Controlador Lógico Programable*, de https://www.infoplcn.net/files/descargas/omron/infoPLC_net_40201_3452.pdf
- Nolla, X. (s. f.). *Limitación de señal de salida en los transmisores de presión. Blog de WIKA.*, de <https://www.bloginstrumentacion.com/instrumentacion/limitacion-de-senal-de-salida-en-los-transmisores-de-presin/>
- Padilla Salazar, I., & Hernández Anguiano, M. (2008). *Automatización de una válvula en una estación de seccionamiento y en una trampa de diablo de los gasoductos [Thesis]*.
- Sampieri.Met.Inv.pdf. (s. f.). *Metodología de la Investigación de* <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>

Raúl Madrid. (s. f.). *Diseño e implementación de un SCADA para la monitorización de una central Térmica* de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/26701/TFG-P-711.pdf;jsessionid=AB136AC3BA878568C2A12546E655485C?sequence=1>

Valenzuela T., E. M. (2004). *El Gas Natural en Bolivia Diagnóstico y Perspectivas*. *Acta Nova*, 2(4), 546-556.

Wfanola. (2016, febrero 1). *Tecnología VSAT como Solución de Bajo Costo para Enlazar Estaciones Repetidoras de Radio y TV a Nivel Nacional* | Wilfredo Fanola.

ANEXOS

Anexo 1: Pantalla de cálculo a tiempo real de un Computador de Flujo – FLOBOSS 103.

Meter Values ? X

Meter

Run: 1 - FT-01090 Tag: FT-01090 Uncorrected Flow: 86,04304 MCF/Day

SP: 1365,746 PSIG

Description: CITYGATE SANTIBAÑEZ TP: 84,97596 Deg F

Current Values

Flow Rate	Energy Rate
382293,2 CF/Hour	398120200,0 BTU/Hour
9175,037 MCF/Day	9554,864 MMBTU/Day

Accumulation

	Uncorrected	MCF	MMBTU	Minutes
Today :	37,5888	4160,343	4332,582	375,1833
Yesterday :	154,3453	16762,35	17456,31	1440,0
Month :	191,9341	20922,7	21788,9	1815,183
Prev Month :	1354,676	41833,73	43549,93	2676,033
Accumulated :	1627,583	62907,26	65494,48	4536,65

Factors

Pressure Multiplier : 93,4584

Temperature Multiplier : 0,9541761

Compressibility Multiplier : 1,194583

Base Multiplier Value : 106,7749

Auto Scan
 Update
 Cancel

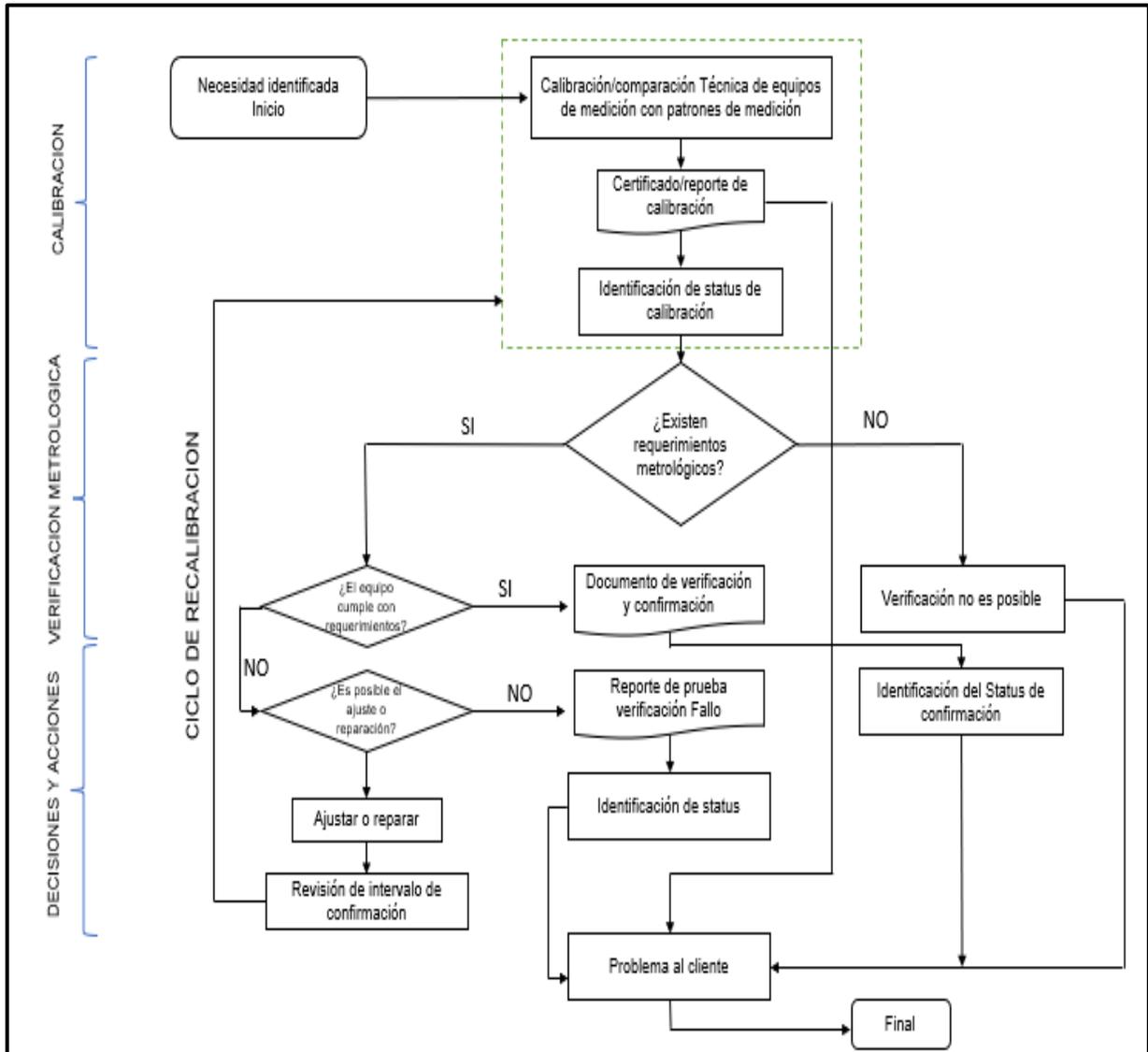
Fuente: Análisis de consumo de Gas Natural para el Departamento de Cochabamba, municipio de Santibañez,

Anexo 2: Pantalla de registro de históricos de un Computador de Flujo – FLOBOSS 103.

EFM Report: A109 - COCHABAMBA SRL								Page 5 of 8
Uploaded: 08/21/2014 13:41:04 Operator: LOI								
Periodic Volume Report								
Date/Time	Flow Minutes	Raw Pulses	Avg (Pf) PSI	Avg (Tf) DEG F	Multiplier Value	Uncorrected Volume MCF	Volume Accum MCF	Energy Accum MMBTU
7/24/2014 07:00	39,0000000	252,0000000	218,5199	55,30761	16,3320000	0,9252719	15,0298200	15,5378300
7/24/2014 08:00	60,0000000	430,0000000	217,7407	58,10743	16,1743100	1,5185760	24,4670700	25,2940600
7/24/2014 09:00	54,0000000	439,0000000	216,0439	60,82206	15,9622000	1,5503900	24,5732900	25,4038300
7/24/2014 10:00	60,0000000	558,0000000	206,7978	63,64508	15,3332800	1,9706170	28,8648100	30,8742400
7/24/2014 11:00	57,0000000	433,0000000	214,6554	63,58985	15,7586500	1,5291710	23,8851100	24,8924300
7/24/2014 12:00	52,0000000	419,0000000	215,5082	63,54142	15,8218000	1,4797290	23,2379200	24,0233700
7/24/2014 13:00	52,0000000	366,0000000	217,6893	62,09693	16,0001900	1,2825550	20,6150700	21,3118600
7/24/2014 14:00	37,0000000	259,0000000	218,3091	61,43688	16,0984500	0,9146772	14,6263400	15,1207100
7/24/2014 15:00	47,0000000	339,0000000	218,2292	61,01435	16,1073000	1,1972030	19,1670000	19,8148500
7/24/2014 16:00	53,0000000	460,0000000	216,3978	61,71541	15,9492500	1,6245230	25,6171900	26,6996100
7/24/2014 17:00	40,0000000	285,0000000	217,5400	62,26418	16,0138500	1,0064980	16,0230000	16,5654000
7/24/2014 18:00	55,0000000	320,0000000	218,1345	61,45538	16,0849800	1,1301030	18,1129000	18,7251200
7/24/2014 19:00	66,0000000	397,0000000	217,5490	60,54881	16,0740200	1,4020340	22,4108200	23,1683100
7/24/2014 20:00	43,0000000	377,0000000	216,5258	60,47754	16,0017400	1,3014030	21,2244200	21,9416100
7/24/2014 21:00	31,0000000	203,0000000	218,8807	60,19951	16,1836900	0,7169092	11,5344000	11,9242600
7/24/2014 22:00	22,0000000	134,0000000	219,6687	58,86601	16,2888300	0,4732307	7,6505370	7,9091260
7/24/2014 23:00	22,0000000	95,0000000	220,4603	57,46051	16,3968000	0,3354994	5,4871340	5,6725690
7/25/2014 00:00	27,0000000	119,0000000	219,7003	56,04191	16,3928500	0,4202571	6,8790340	7,1120620
7/25/2014 01:00	6,0000000	29,0000000	219,2886	55,65194	16,3766100	0,1024156	1,6766760	1,7333480
7/25/2014 02:00	7,0000000	29,0000000	220,0674	55,53658	16,4385500	0,1024156	1,6788200	1,7355640
7/25/2014 03:00	0,0000000	0,0000000	227,6203	57,33002	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
7/25/2014 04:00	0,0000000	0,0000000	229,4537	57,40489	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
7/25/2014 05:00	6,0000000	30,0000000	219,5725	54,48615	16,4396400	0,1059472	1,7417340	1,8006040
7/25/2014 06:00	7,0000000	33,0000000	219,5778	54,61890	16,4354200	0,1165419	1,9140350	1,9787300
Total	833,0000000	6016,0000000				21,2459380	337,6184022	349,0296242

Fuente: Extraído de Análisis de consumo de Gas Natural en el Departamento de Cochabamba

Anexo 3: Proceso de confirmación metrológica



Fuente: Extraído de Proceso de confirmación metrológica para instrumentos y su calibración.