

 EDUCACIÓN SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA	SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO	
	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RIO	
	Portada del Proyecto de Residencias Profesionales	

Nombre del Proyecto:

PROYECTO EJECUTIVO.

ESTACION DE REGULACION Y MEDICION DE GAS NATURAL GASODUCTO DE 14" Ø D.N

C.F.E. C.C.C. DOS BOCAS, VERACRUZ

Nombre del Alumno:

Daniel Morales Martínez

Numero de Control:

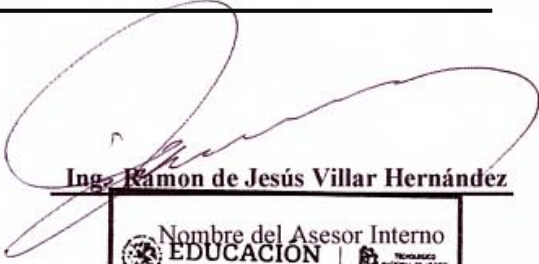
15990902

Nombre de la Carrera:

Ingeniería Mecánica

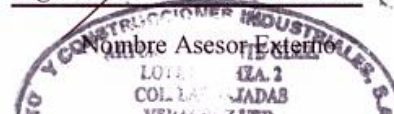
Especialidad:

Gestión de Eficiencia Energética


Ing. Ramon de Jesús Villar Hernández




Ing. Jose Alfredo Cruz Cabrera



AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de toda mi formación educativa, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad. Para mi este trabajo significa la continuación de mi gran proyecto de vida y de las innumerables experiencias, que me han hecho crecer aceleradamente por otro lado, es para mí el comienzo de una nueva etapa como profesional. Durante su realización he aprendido a valorar mucho más a mis seres queridos, amigos y todas aquellas personas que han sido un gran apoyo para llegar al final de esta etapa y a quienes indiscutiblemente dedico este símbolo de esfuerzo tan importante para mí primero que nada se lo dedico a mis padres; por ser mis padres, por ser las personas con las que he contado, cuento y contaré incondicionalmente durante toda mi vida, porque ha sido un trabajo en equipo protagonizado por mí pero, con una gran recompensa que sé que ellos sentirán, me refiero a esa gran satisfacción personal.

A los Ingenieros Salvador Hoyos, Julio Hoyos, Carlos Valenzuela y Agustín Carmona del Instituto Tecnológico de Boca del Rio, por su dedicación, su esfuerzo y sobre todo su amistad, quienes me han aportado todos los conocimientos profesionales y personales para llegar a finalizar con éxito esta gran meta, en especial al Ingeniero Ramón de Jesús Villar Hernández por su gran ayuda durante la realización de este proyecto, de todo corazón muchas gracias.

Gracias Ingeniero José Alfredo Cruz Cabrera por creer en Angel y en mí y habernos brindado la oportunidad de realizar el proyecto final de carrera en PYCI, por todo el apoyo y facilidades que nos fueron otorgadas en la empresa. Por su gran esfuerzo, dedicación y darnos la oportunidad crecer profesionalmente y aprender cosas nuevas.

Daniel Morales Martínez.

RESUMEN.

El ducto será construido para transportar gas natural para usos propios de los equipos de CFE que requieren ser instalados para satisfacer las necesidades de demanda necesarias. La tubería que será utilizada es de acero al carbón con una especificación ASTM A-53 Gr XS con espesor de pared de 0.500" y que deberá de transportar 3, 120,000 m³/día de gas natural.

Para utilizar el hidrocarburo como combustible, es necesario construir una caseta de regulación y medición de gas, con todos sus componentes civiles y mecánicos, así como sistemas de seguridad, regulación, medición y comunicación necesarios para su funcionamiento, ejecutando los proyectos de construcción con los objetivos estratégicos, Políticas de Seguridad, Salud Ocupacional y protección al medio ambiente establecidos en CFE, así como dar cumplimiento a la normatividad vigente. Los planos de construcción de la Caseta de Medición deberán de ser avalados por las áreas comerciales de PGPB, Gerencial Comercial de Transporte de la Subdirección de Ductos y por la Gerencia de Ventas de la Subdirección de Gas Natural. La trayectoria de la tubería deberá de contar con los requisitos de obras públicas del Municipio de Veracruz y Dependencias gubernamentales que sean afectadas por el proyecto.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS	11
OBJETIVO GENERAL.....	11
OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
JUSTIFICACION	12
CAPITULO I	13
DESCRIPCION DE LA EMPRESA	13
1.1 ¿Quiénes somos?	14
1.2 Ubicación.....	14
1.3 Misión	15
1.4 Visión	15
1.5 Filosofía	15
1.5 Valores de la institución:	16
1.6 Logotipo de PYCI.....	16
1.7 Organigrama de la empresa	17
1.8 Descripción del área donde se realiza el proyecto de residencia profesional	18
CAPITULO II.....	19
ADMINISTRACION DE RECURSOS HUMANITARIOS	19
2.1 Fundamento teórico	20
2.1.2 Antecedentes del gas natural en el transporte y distribución.....	20

2.2 El gas natural.....	22
2.3 Características del gas natural.....	23
2.3.1 Densidad.....	23
2.3.2 Sabor, color y olor	23
2.3.3 Toxicidad.....	23
2.3.4 Inflamabilidad	23
2.3.5 Temperatura de ignición.....	24
2.3.6 Estado físico	24
2.3.7 Poder calorífico.....	24
2.4 Extracción y distribución del gas natural	25
2.5 Usos del gas natural.....	26
2.6 Operaciones unitarias requeridas para el condicionamiento del gas en la ERM... 27	
2.7 Tipos de estaciones de regulación y medición.....	29
2.7.1 Estación de puerta y entrada o City Gate	29
2.7.2 Estaciones de distribución	30
2.7.3 Estaciones de industriales	31
2.8 Filtración	31
2.8.1 Tipos de filtros	32
2.9 Calentamiento	33
2.9.1 Tipos de calentadores	34
2.10 Control- Regulación de presión	34
2.10.1 Válvulas de corte de emergencia – ESDV	35
2.10.2 Válvulas de seguridad o de alivio de presión – PSV.....	38
2.10.3 Válvulas para control de presión.	39
2.11 Medición	43
2.11.1 Tipos de medidores.....	43

CAPITULO III	48
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DETALLADAS .	48
3.1 Descripción de los lugares de la empresa donde se trabajo.....	50
3.2 Procedimiento general para el desarrollo de una EMR's	52
3.2.1 Recopilación de información para propuesta de investigación	52
3.2.3 Construcción del Marco teórico	52
3.2.4 Diseño y aplicación de metodología	53
3.3 Actividades realizadas para el proyecto	55
3.3.1 Generalidades del proyecto	55
3.3.2 Memoria de cálculo de la capacidad del sistema	71
3.3.3 Memoria de cálculo de sistema de protección catódica al gasoducto	74
3.3.4 Memoria de diseño (Planos en AutoCAD)	80
Conclusión.....	106
Competencias desarrolladas y/o aplicadas.....	107
Bibliografía y referencias virtuales.....	108
Anexos	110

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 PROYECTO Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES S.A DE C.V	15
ILUSTRACIÓN 2 LOGOTIPO DE PROYECTO Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES S.A DE C.V	16
ILUSTRACIÓN 3 ORGANIGRAMA DE PROYECTO Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES S.A DE C.V	17
ILUSTRACIÓN 4 BALANCE DE GAS NATURAL	22
ILUSTRACIÓN 5 TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DEL GAS NATURAL	25
ILUSTRACIÓN 6 NOM-007-ASEA-2016, TRANSPORTE DE GAS NATURAL, ETANO Y GAS ASOCIADO AL CARBON MINERAL POR MEDIO DE DUCTOS	26
ILUSTRACIÓN 7 USOS DEL GAS NATURAL	26
ILUSTRACIÓN 8 ESQUEMA DE UN CITY GATE	30
ILUSTRACIÓN 9 ESQUEMA DE UN FILTRO DE CARTUCHO	33
ILUSTRACIÓN 10 ESQUEMA DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR	34
ILUSTRACIÓN 11 CONJUNTO DE VALVULA ESDV AUTOMATIZADA	36
ILUSTRACIÓN 12 CONFIGURACIONES DE LAS VALVULAS DE SEGURIDAD	39
ILUSTRACIÓN 13 DIFERENTES CONFIGURACIONES PARA EL MONTAJE DE REGULADORES DE PRESION EN LAS ERM	40
ILUSTRACIÓN 14 ESQUEMA DE VALVULA TIPO SLAM SHUT	41
ILUSTRACIÓN 15 CONJUNTO DE VALVULA, ACTUADOR Y POSICIONADOR	42
ILUSTRACIÓN 16 MEDIDOR TIPO ROTATIVO	44
ILUSTRACIÓN 17 PLACAS DE ORIFICIO	45
ILUSTRACIÓN 18 MEDIDORES TIPO TURBINA	46
ILUSTRACIÓN 19 MEDIDOR TIPO ULTRASONICO	47
ILUSTRACIÓN 20 MEDIDOR TIPO CORIOLIS	48
ILUSTRACIÓN 21 RECORRIDO DE LA LINEA CFE	80
ILUSTRACIÓN 22 SECCIONAMIENTO DE PASO DE TUBERIA 1	81
ILUSTRACIÓN 23 SECCIONAMIENTO DE PASO DE TUBERIA 2	82
ILUSTRACIÓN 24 PLANO DE DIAGRAMA DE CONJUNTO DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION	83
ILUSTRACIÓN 25 PLANO DE DETALLE DE INTERCONEXIONES EN REGISTRO	84
ILUSTRACIÓN 26 PLANO ARQUITECTONICO DE CASETA DE GAS CITY GATE Y ESTACION Y MEDICION	85
ILUSTRACIÓN 27 PLANO ARQUITECTONICO DE CASETA DE GAS CITY GATE Y ESTACION Y MEDICION 2	86
ILUSTRACIÓN 28 PLANO ARQUITECTONICO DE CASETA DE GAS CITY GATE Y ESTACION Y MEDICION 3	87
ILUSTRACIÓN 29 PLANO ARQUITECTONICO DE CASETA DE GAS CITY GATE Y ESTACION Y MEDICION 4	88
ILUSTRACIÓN 30 PLANO ESTRUCTURAL CITY GATE Y EMR	89
ILUSTRACIÓN 31 PLANO ESTRUCTURAL CITY GATE Y EMR 2	90
ILUSTRACIÓN 32 PLANO ESTRUCTURAL CITY GATE Y EMR 3	91
ILUSTRACIÓN 33 PLANO ESTRUCTURAL CITY GATE Y EMR 4	92
ILUSTRACIÓN 34 ELECTRICO INSTALACION DEL RECTIFICADOR	93
ILUSTRACIÓN 35 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION CITY GATE Y EMR	94
ILUSTRACIÓN 36 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION CITY GATE Y EMR 2	95
ILUSTRACIÓN 37 PLANO DE OBRA MECANICA DE CITY GATE Y EMR	96
ILUSTRACIÓN 38 PLANO DE OBRA MECANICA TRAMPA DE ENVIO Y RECIBO	97
ILUSTRACIÓN 39 PLANO DE OBRA MECANICA TRAMPA DE ENVIO Y RECIBO 2	98
ILUSTRACIÓN 40 COLOCACION DE MANOMETROS	99
ILUSTRACIÓN 41 CABLEADO DE SISTEMA DE MEDICION	100
ILUSTRACIÓN 42 PLANO DE COLOCACION DE POSTE Y ANODO DE PROTECCION	101

ILUSTRACIÓN 43 PLANO DE COLOCACION DE POSTE Y ANODO DE PROTECCION 2.....	102
ILUSTRACIÓN 44 PLANO DE DETALLE SCADA.....	103
ILUSTRACIÓN 45 PLANO DE DETALLE SCADA 2.....	104
ILUSTRACIÓN 46 PLANO DE DETALLE DE CROMATOGRAFO	105

INTRODUCCIÓN.

La estación de regulación y medición tiene como función regular la presión del suministro de gas a la turbina para mantener siempre una presión constante y medir la cantidad suministrada a la instalación. El gas natural que se suministra a la turbina debe tener condiciones determinadas, una presión en un rango concreto, debe llegar a una temperatura correcta y el grado de limpieza de ser controlado. Además, la composición química de estar controlada.

Por lo tanto, las principales funciones de la estación de gas son:

- Que el gas que se reciba en la turbina tenga una presión constante y dentro de unos rangos muy concretos ya que la presión del gas suministrado en la ERM puede variar dependiendo del gaseoducto que nos alimentemos.
- Que la temperatura sea la adecuada, para evitar la formación de hielo por la condensación del vapor de agua.
- Que el gas se reciba limpio, sin partículas que puedan ocasionar problemas.
- El caudal y la composición deben ser conocidos

La estación de regulación y medición está compuesta por los siguientes equipos:

- Filtros: limpian el gas de las posibles impurezas.
- Válvulas reductoras de presión: si el gas tiene más presión de la que se necesita en la turbina, tendrá que atravesar unas válvulas reductoras de presión hasta ajustarse a la necesaria.

- Compresor de aumento de presión: si por el contrario el gas de la línea de suministro tiene una presión inferior a la necesaria, será necesario comprimirlo.
- Sistema de precalentamiento para elevar el punto de rocío: debe disponerse de un sistema de calefacción para evitar congelaciones del agua que pudiera contener el gas.
- Sistema de calentamiento para la inyección del gas a turbina: antes de entrar en la turbina, y para una correcta combustión, el gas se calienta nuevamente, ya ajustado en presión.
- Cromatógrafo y Caudalímetro: se instalan caudalímetros para saber el caudal de gas consumido, es necesario saber cuál es el poder calorífico del gas y para conocer este poder calorífico se instala un cromatógrafo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Satisfacer las necesidades operativas de la Sub-Estación de Comisión Federal de Electricidad, ubicada en Dos Bocas, Municipio de Medellín del Estado de Veracruz, de 3,120,000 m³/día de gas natural, y para esto es necesario construir un ducto de 14" de diámetro nominal en una longitud de 6,000 metros del kilómetro 361+000 del Derecho de Vía del Gasoducto de 48" de d.n. Cactus-Reynosa y jurisdicción del Sector Veracruz, adscrito a Pemex logística, a la Sub-Estación Dos Bocas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar las ecuaciones de flujo para el gas natural además de aplicarlas en el diseño correspondiente del gasoducto
- Analizar el procedimiento tanto de las obras mecánicas y civiles para la construcción del gasoducto.

JUSTIFICACION

El interés del presente proyecto se fundamenta en que el ducto será construido para transportar gas natural para usos propios de los equipos de CFE que requieren ser instalados para satisfacer las necesidades de demanda necesarias.

Es necesario construir una caseta de regulación y medición de gas, con todos sus componentes civiles y mecánicos, así como sistemas de seguridad, regulación, medición y comunicación necesarios para su funcionamiento, ejecutando los proyectos de construcción con los objetivos estratégicos, Políticas de Seguridad, Salud Ocupacional y protección al medio ambiente establecidos en CFE, así como dar cumplimiento a la normatividad vigente.

Este proyecto permite plasmar los conocimientos adquiridos en la realización de las prácticas profesionales, así como los conocimientos adquiridos en el transcurso de la vida universitaria.

CAPITULO I

DESCRIPCION DE LA EMPRESA

1.1 ¿Quiénes somos?

Proyecto y Construcciones Industriales es una Empresa de Diseño y Construcción civil y mecánica, con una reputación basada en su insuperable Servicio al Cliente.

Nuestros servicios inician desde la concepción de la idea hasta la conclusión y entrega de la obra, prestando estricta atención a los factores reales de expectativas, planeación, programación, sitio de construcción, calendario, presupuesto y control.

Queremos invitarle a conocer nuestra empresa y nuestro trabajo, en nosotros encontrará un equipo humano, consciente de la responsabilidad de cumplir con los requisitos de calidad establecidos con nuestros clientes y los tiempos de entrega determinados, a través de la implementación de procedimientos de calidad y tecnología de punta.

1.2 Ubicación

Las instalaciones de Proyecto y Construcciones Industriales S.A de C.V (PYCI), se encuentra ubicada en Av. Arturo Llorente González. Lote 8 y 9 Manz- 2. Entre árbol de la nuez y árbol del paraíso col. las bajadas, Veracruz; ver. C.p. 91698

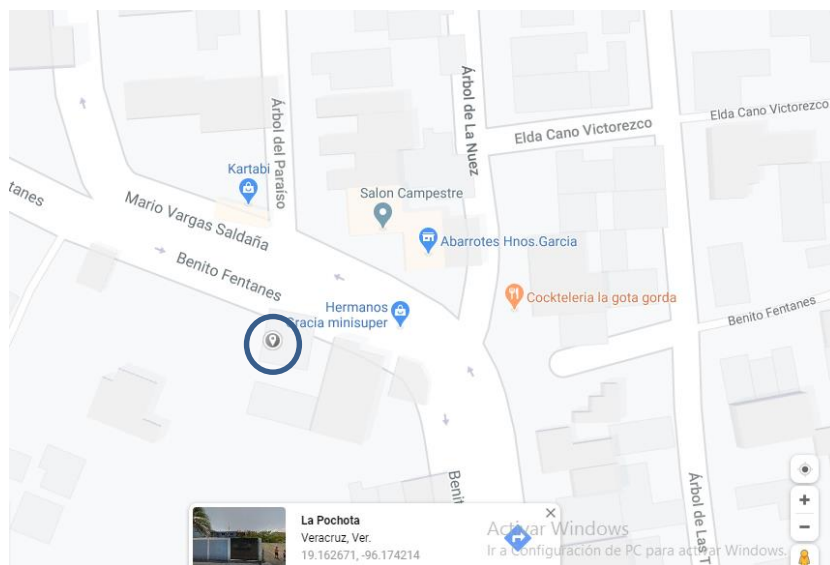


Ilustración 1 PROYECTO Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES S.A DE C.V

1.3 Misión

Lograr la satisfacción de nuestros clientes con el desarrollo y ejecución de proyectos integrales de construcción en conjunto con nuestra especialidad, bajo los más altos estándares de calidad y normatividad nacional e internacional, utilizando tecnología innovadora para obtener eficiencia y optimización de recursos.

1.4 Visión

Ser una compañía reconocida por su compromiso con la seguridad, proporcionar el servicio oportuno y eficiente de acuerdo a las necesidades del cliente, creando un ambiente laboral que recompense la iniciativa individual y el trabajo en equipo, así como apoyar e impulsar el desarrollo profesional y personal de todos los trabajadores de tal manera que se integren a una compañía competitiva por sus servicios.

1.5 Filosofía

Proporcionar servicios de calidad a precios competitivos que respondan al crecimiento de la demanda y garantizar el compromiso con las empresas vecinas o aledañas con tareas de seguridad industrial e higiene y protección al medio ambiente.

1.5 Valores de la institución:

- Honestidad y Confianza
- Seguridad e Higiene
- Trabajo en Equipo
- Dedicación y Responsabilidad
- Calidad y Excelencia
- Innovación
- Servicio
- Liderazgo

1.6 Logotipo de PYCI

El logotipo de Proyecto y Construcciones Industriales S.A de C.V (PYCI) está formado por un ovalo y una semi franja en la parte inferior de color solido azul, llevando como letras el nombre “PYCI S.A DE C.V” alternándose en letras mayúsculas en color solido morado y rojo con letras negras, de fondo es un color blanco.



Ilustración 2 LOGOTIPO DE PROYECTO Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES S.A DE C.V

1.7 Organigrama de la empresa

En el presente organigrama de Proyecto y Construcciones Industriales S.A de C.V se podrá observar la distribución y los diferentes cargos que posee la empresa; en el primer nivel se encuentran situados los de mayor responsabilidad y mandos en la empresa.

A continuación, se muestra el organigrama general de la empresa.



Ilustración 3 ORGANIGRAMA DE PROYECTO Y CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES S.A DE C.V

1.8 Descripción del área donde se realiza el proyecto de residencia profesional

El presente proyecto de residencia profesional se realizó en el Departamento de Diseño e Ingeniería el cual se encuentra a cargo del Ing. José Alfredo Cruz Cabrera, el cual tiene como tareas asignadas llevar el control de todas las empresas que están afiliadas, los proyectos que se estén llevando a cabo en cada una de ellas.

Como toda empresa hay metas por cumplir y PYCI no es la excepción, cada mes se debe de llegar al objetivo establecido.

Por otra parte, también dentro del departamento se encuentra el Ing. Roberto Cruz Cabrera, el lleva toda la relación de los proyectos lanzados; él se encarga de brindarle información al afiliado o personas interesadas en lo que consiste el programa; explicarle detalladamente ya sea personal o vía telefónica, así como; la documentación que deberá de llevar. Atiende las llamadas que realizan en el departamento.

En resumen, el departamento de Ingeniería y Diseño de acuerdo a las tareas ya descritas anteriormente, se trata de realizar y aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera o bien, en cursos tomados. En este caso el programa AutoCAD, es el encargado para las memorias de Diseño.

CAPITULO II

ADMINISTRACION DE RECURSOS

HUMANITARIOS

2.1 Fundamento teórico

2.1.2 Antecedentes del gas natural en el transporte y distribución

México es el segundo país con mayores reservas de gas natural en América Latina, siendo precedido sólo por Venezuela. En cuanto a la producción de gas natural, México es también el segundo productor de gas natural, después de Venezuela. La producción de gas natural continúa siendo un monopolio estatal a cargo de PEMEX, no habiéndose producido en ese sentido ningún cambio en lo que va de este decenio. En la actualidad, el consumo de energía primaria de México tiene una estructura fuertemente sesgada al petróleo, que da cuenta del 69% del total. El gas natural, el gas asociado y el gas no asociado representan el 16% y cerca del 3% del consumo total, mientras que los condensados contribuyen con un 2%. Así, en conjunto, los hidrocarburos representan el 90% del consumo nacional de energía primaria. El 10% restante está constituido por hidroenergía (3%), leña (3%), bagazo de caña (1%) y otras energías alternativas (1%). En lo que concierne a los usos del gas natural, el rubro más importante es el constituido por la extracción de licuables, los consumos propios del sector, el empleo de combustible en la generación de electricidad y los consumos finales no energéticos (véase el cuadro "Otros usos internos"). Otro rubro importante es el de consumo industrial, en el que destaca la demanda de la industria petroquímica. Cabe precisar que el gas natural no ha logrado penetrar en el sector residencial y su empleo en el transporte es nulo. Por otro lado, es conveniente señalar que la totalidad de las importaciones y exportaciones de gas natural efectuadas por México provienen y/o se dirigen hacia Estados Unidos. PEMEX tiene el monopolio en la producción gas natural, pero se han producido cambios importantes en lo que se refiere a su transporte y comercialización. En mayo de 1995 el Congreso de la República aprobó la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional, que permite que el transporte, almacenamiento y distribución de

gas natural sean llevados a cabo —previa aprobación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE)— por los sectores social y privado, que podrán construir, operar y ser propietarios de ductos, instalaciones y equipos, en los términos de las disposiciones reglamentarias, técnicas y de regulación que se expidan. Esta medida fue complementada con la asignación de nuevas funciones y atribuciones a la Comisión Reguladora de Energía y con la expedición del Reglamento de Gas Natural, en noviembre de 1995. La motivación de esta reforma está dada por el hecho que el Gobierno de México desea impulsar el consumo interno de gas natural, que actualmente sólo cubre el 4% del consumo de energía residencial, y que no ha penetrado todavía, como se ha señalado anteriormente, en el transporte. De allí que existan fundadas expectativas en los inversionistas respecto de la futura ampliación de la demanda interna. La reforma no abarca los aspectos relacionados con la explotación y producción de gas natural, lo que, repetimos, seguirá siendo de exclusiva responsabilidad de PEMEX. Sin embargo, las empresas privadas podrán construir y poseer nuevos gasoductos como complemento de la red troncal de 12 000 km. de PEMEX. Las empresas privadas tendrán libre acceso a la red de ductos de PEMEX, así como la empresa estatal lo tendrá a los ductos de las empresas privadas. PEMEX estima que estos y otros proyectos podrían generar inversiones privadas por aproximadamente 4 000 millones de dólares en los próximos años. Así, la política gasífera tiene como objetivos dinamizar el mercado incrementando la base de usuarios; ampliar la infraestructura de transporte y distribución para asegurar la disponibilidad y suministro del producto; introducir elementos de competencia en el mercado; y estimular la eficiencia en el consumo energético de las industrias consumidoras.

Fuentes	Producción	38 851.7
	Importaciones	1 788.7
	Total	40 639.8
Usos	Reinyección a los pozos	0.0
	Consumo industrial	14 027.8
	Uso en transporte	0.0
	Consumo de hogares	1 025.7
	Otros usos internos	23 312.4
	No aprovechado	2 211.8
	Exportaciones	217.0
	Variación de existencias	-155.0
	Total	40 639.8

Ilustración 4 BALANCE DE GAS NATURAL

2.2 El gas natural

El gas natural, que actualmente está siendo muy usado en el mundo entero, es un combustible fósil gaseoso formado de manera natural debajo de la superficie terrestre, que típicamente se lo encuentra en o cerca de yacimientos de petróleo. El gas natural se halla comprimido (presión superior a la atmosférica) en rocas porosas y arcillas esquistosas en estratos inferiores. El gas natural es una mezcla de hidrocarburos y pequeñas cantidades de otros gases, o se halla mezclado en una solución con petróleo crudo. Procede de la descomposición de los sedimentos de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos. La composición volumétrica tipo del gas natural tiene variaciones según sea su procedencia o localización del yacimiento. El gas natural crudo contiene metano y, en menores cantidades, etano, propano, butano, pentano y otros compuestos químicos. También, en forma mínima, el gas natural contiene nitrógeno orgánico y azufre que prácticamente se presentan en cantidades ínfimas y, en algunos casos, dióxido de carbono y nitrógeno que no son combustibles.³ Este gas, extraído de los yacimientos gasíferos y petrolíferos, es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y menos denso que el aire. Es la energía más limpia, menos contaminante y con menor contenido de carbono de todos los combustibles fósiles. Su combustión emite a la atmósfera menos dióxido de carbono que el carbón y el petróleo, contribuyendo, de esta forma, a la disminución del efecto invernadero.

2.3 Características del gas natural

2.3.1 Densidad

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

2.3.2 Sabor, color y olor

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

2.3.3 Toxicidad

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

2.3.4 Inflamabilidad

Velasco (2015) menciona las siguientes características en cuanto a combustión e inflamabilidad del gas natural:

- La combustión se produce con la presencia de combustible, oxígeno (comburente) y calor. Estos tres elementos forman el llamado triángulo de combustión. Si cualquiera de ellos no se encontrara, simplemente no habría combustión.
- Para que se produzca la combustión es necesario que el combustible y el oxígeno estén en una proporción correcta. La combustión sólo se produce si la mezcla airegas tiene entre un 5% y un

15% de gas. Esto significa que al existir una cantidad menor a 5% de gas en la mezcla, no habrá combustión; igualmente, si la concentración de gas es superior a 15% tampoco se producirá combustión.

- El gas natural, debe mezclarse con aire antes de la combustión para proporcionar una cantidad suficiente de oxígeno. La mezcla de aire y combustible surge del quemador a una velocidad mayor a la de la propagación de la llama, evitando así el retroceso de ésta al quemador.

2.3.5 Temperatura de ignición

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

2.3.6 Estado físico

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

2.3.7 Poder calorífico

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

2.4 Extracción y distribución del gas natural

Una vez que el gas natural es extraído, mediante perforaciones de yacimientos que se localizan en el subsuelo o bajo el mar, generalmente entre 1,5 y 4 km de profundidad, debe ser tratado para su uso industrial, comercial o doméstico.

El gas natural al extraerse es inodoro, incoloro, no tóxico y menos denso que el aire. Es así como al gas de uso doméstico se le agrega un poco de mercaptano, para que sea fácil detectar una fuga.

Lo primero que se separa son aquellos gases que no tienen aporte energético (como el nitrógeno y el dióxido de carbono). Luego, elementos como el propano, butano e hidrocarburos, también son apartados, ya que pueden provocar accidentes durante la del gas natural. Por la misma razón, el vapor de agua es extraído y también debido a que a presiones elevadas y a temperatura ambiente produce hidratos de metano que pueden taponar los conductos por donde se transporta el gas (gasoductos).

El siguiente gráfico muestra el proceso de distribución y transporte del gas.

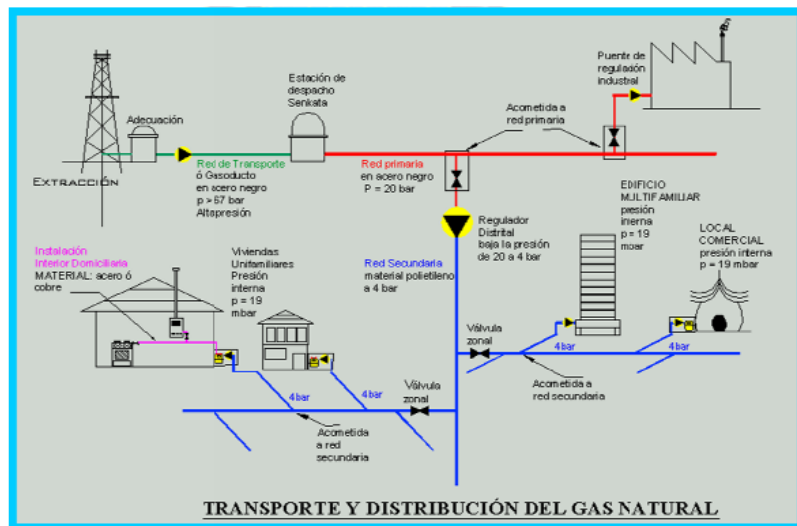


Ilustración 5 TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DEL GAS NATURAL

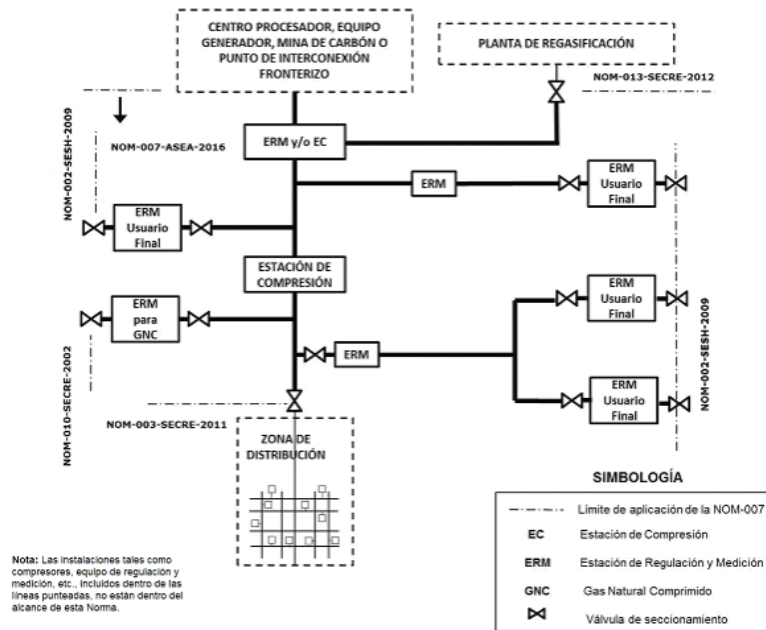


Ilustración 6 NOM-007-ASEA-2016, TRANSPORTE DE GAS NATURAL, ETANO Y GAS ASOCIADO AL CARBÓN MINERAL POR MEDIO DE DUCTOS

2.5 Usos del gas natural

El gas natural en los últimos años ha ganado una gran variedad de usos. El siguiente esquema muestra los usos del gas natural más comunes según la categoría a la que corresponda:

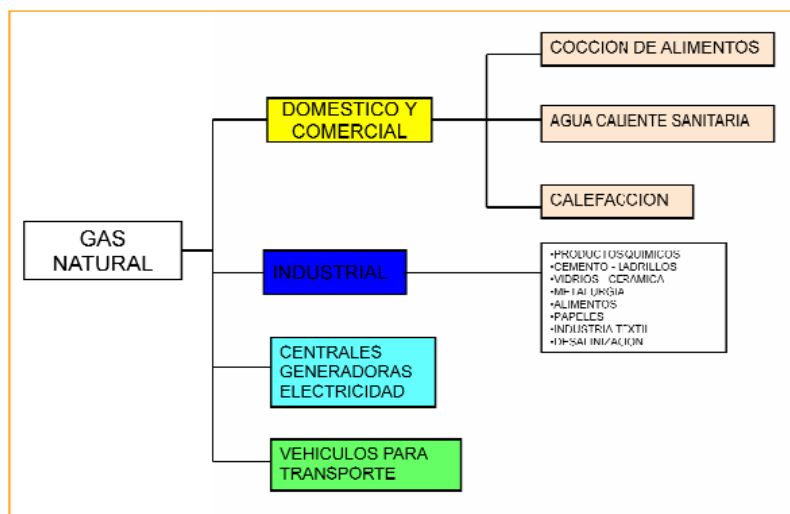


Ilustración 7 USOS DEL GAS NATURAL

Gracias a sus ventajas económicas y ecológicas, el gas natural resulta cada día más atractivo para muchos países. Las características de este producto, como por ejemplo reducido intervalo de combustión, hacen de esta fuente de energía una de las más seguras del momento. En la actualidad es la segunda fuente de energía de mayor utilización después del petróleo.

2.6 Operaciones unitarias requeridas para el condicionamiento del gas en la ERM

Después de realizar el debido tratamiento del gas natural en las facilidades de superficie, éste queda acondicionado para ser vendido para lo cual se requiere transportarlo por medio de la red nacional de transporte – gasoductos - hacia su destino final: usuarios industriales o domiciliarios. Las presiones a las que operan los gasoductos son muy altas lo que indica que para la comercialización del gas se requiere realizar una pérdida de energía en el fluido para tener aguas abajo las presiones tolerables por los equipos industriales. Esta adecuación se realiza por medio de estaciones de regulación de gas, las cuales realizan la reducción de presión desde la presión de operación del gasoducto (1200 Psig) hasta el valor de entrega de presión permitida por el distribuidor o comercializador (250 Psig). Incluso, algunas de estas estaciones alimentan directamente industrias que consumen altos flujos de gas natural y éstas requieren la entrega de presiones cercanas a los 60 Psig. Adicional a la adecuación de la presión, también puede realizarse una etapa de medición con la finalidad de cuantificar la cantidad de gas vendida y así facturar.

Las estaciones de regulación y medición de gas natural son soluciones paquetizadas que consisten en acondicionar el gas para entregarlo al usuario final en las condiciones que opere su sistema o sus equipos. Básicamente, una estación contempla las siguientes operaciones unitarias que se describirán a continuación:

- Filtración: se realiza para eliminar el material particulado presente en el gas y con ello evitar fallas en los sistemas instalados aguas abajo.
- Regulación de presión: se realiza para reducir la presión del gas, que generalmente se recibe a 1200 Psig y debe entregarse, dependiendo del tipo de estación, a 250 Psig o a 60 Psig.
- Calentamiento: cuando por efecto de la expansión del gas se genera congelamiento de las trazas de agua existentes en la corriente de gas o por la formación de los hidratos del gas, es necesario considerar la etapa de calentamiento para elevarla desde 0°C (punto en el cual se forma congelamiento) hasta 15°C o 18°C.
- Odorización: esta etapa se debe realizar cuando el usuario final será un cliente residencial, pues el gas natural es inoloro y por seguridad debe adicionarse un odorizador para que, en un evento de una fuga, ésta sea detectada a tiempo. No es mandatorio si el usuario final no es residencial.
- Medición: En el control operacional ninguna variable es más importante para el proceso que el flujo. La medición de flujo es esencial en todas las fases del manejo del gas, incluyendo la producción, el procesamiento y en especial en la contratación de transporte y producto. Un sistema de medición de gas debe considerarse globalmente como un conjunto integrado por el medidor, los tramos de tubería recta aguas arriba y aguas abajo. Este conjunto puede incluir además acondicionadores de flujo, reguladores del perfil de velocidad, filtros, tomas de presión, entre otros.
- Seguridad: Para mantener la integridad de la estación, instrumentación y operación de la estación es necesario y mandatorio considerar dispositivos de alivio y cierre de emergencia. Con ello se busca asegurar el sistema y evitar daños aguas arriba o aguas debajo de la estación. Aquí

se consideran Emergency Shut Down Valve, o ESDV con indicación por pilotos de corte por alta presión.

Esto profundizará en su extensión acerca de las etapas de regulación de presión y medición, cuando se explique acerca de los tipos de estaciones y de la instrumentación requerida para dichas etapas; para así construir una metodología para el diseño de una ERM.

2.7 Tipos de estaciones de regulación y medición

En la actualidad se distinguen tres tipos de estaciones como se describirán a continuación.

2.7.1 Estación de puerta y entrada o City Gate

Estación reguladora de la cual se desprenden redes que conforman total o parcialmente un Sistema de Distribución y a partir de la cual el Distribuidor asume la custodia del gas.

Esta estación recibe el gas directamente del gasoducto a una presión de 1200 Psig y realiza el tratamiento del gas necesario para cumplir con los requerimientos de calidad y seguridad especificados tanto por el transportador como el distribuidor.

Los componentes principales de los City Gates son los siguientes:

- Válvula de entrada ESDV y primera etapa de regulación
- Etapa de separación y filtración.
- Sistema de calentamiento.
- Segunda etapa de regulación de presión.
- Sistema de protección por sobrepresión.

- Etapa de medición.
- Sistema de odorización.
- Sistema de medición de la calidad del gas – cromatógrafo.
- Módulo de aire para instrumentos.
- Módulo de gas combustible para calentadores
- Grupo generador.
- Trampa para el envío de Scraper.



Ilustración 8 ESQUEMA DE UN CITY GATE

2.7.2 Estaciones de distribución

De la línea regulada a 250 Psig de la City Gate se reduce la presión en una estación de distribución hasta una presión de 60 Psig. Esta estación es pequeña en instrumentación comparada con la City Gate y normalmente contempla las siguientes etapas:

- Válvula de entrada ESDV
- Reguladores de presión

- Medidor de flujo
- Filtro

En algunas ocasiones esta estación de distrito se ubica directamente en el nodo del gasoducto, cuando es necesario dar suministro de gas a una población cercana a esta instalación.

2.7.3 Estaciones de industriales

Este tipo de estaciones se construyen con la finalidad de dar suministro de gas a grandes consumidores de gas como lo son las industrias del vidrio y las térmicas. Por sus consumos, generalmente el gas se toma directamente del gasoducto y se construye la estación considerando el acondicionamiento del gas a una presión de salida entre 60 Psig y 250 Psig (pues depende de la presión requerida en sus procesos internos) y la medición del consumo para la transferencia de custodia y facturación final.

Esta estación cuenta con instrumentación como la válvula de entrada, regulación de presión, medición del gas, calentamiento y filtración.

En algunas ocasiones esta estación de distrito se ubica directamente en el nodo del gasoducto, cuando es necesario dar suministro de gas a una población cercana a esta instalación.

2.8 Filtración

El gas natural sin tratar contiene una combinación de contaminantes sólidos y líquidos, incluidos: compuestos químicos de tratamiento de pozos y tubería de producto, vapor de agua, sulfuro de hierro, óxido de hierro y gas ácido, como sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono. Estos contaminantes pueden ensuciar los equipos de procesamiento, corroer los equipos de distribución y crear espumas y provocar un producto final fuera de especificaciones.

La remoción de material particulado presente en las corrientes de gas es muy importante, pues este material puede obstruir o dañar algún equipo o instrumento ubicado aguas debajo de la corriente; además puede provocar una medición errónea en el instrumento. Los filtros separadores que se emplean para gas natural, básicamente consisten en equipos compuestos por dos etapas para el tratamiento del gas; la primera etapa es de filtración donde se retienen los sólidos y las gotas de líquido y la segunda etapa que es la de separación, es separado del gas el líquido coalescido en los elementos filtrantes de la primera etapa.

2.8.1 Tipos de filtros

A continuación, se mencionará el tipo de filtro que más se utiliza en este tipo de aplicaciones y que se consiguen a nivel comercial.

Filtros en Línea Tipo Cartucho

Los filtros en una estación de entrega de gas se usan para proteger el equipo localizado aguas abajo de polvos y arenas. Las tuberías de gas natural tienen algún grado de contaminación como polvo, principalmente óxidos de hierro, arenas provenientes de los campos de producción y grasas las cuales son un problema potencial para reguladores y medidores, lo que hace necesario remover estas partículas sin grandes pérdidas de presión y una alta eficiencia en su remoción.

Son filtros diseñados para soportar altas presiones, de acuerdo con la ASME VIII Div. 1 que cuentan con un cartucho filtrante de diferentes tamaños de poro para la retención de sólidos en suspensión y la purga de condensados.

El medio filtrante puede estar construido en resinas plásticas o en material metálico. La selección dependerá del tipo de gas a manejar. El rating de filtración por lo general está en 3 μ m.



Ilustración 9 ESQUEMA DE UN FILTRO DE CARTUCHO

2.9 Calentamiento

El calentamiento requerido por el gas se define como la pérdida de temperatura del gas por efectos de la expansión a la capacidad volumétrica de flujo. De acuerdo a la situación geográfica y a las condiciones de caída de presión por regulación se analiza la conveniencia de utilizar calentamiento.

Debido a la caída de presión en las líneas de gas natural, por el efecto Joule Thompson, para su acondicionamiento se presenta congelamiento de la corriente y presencia de condensados del gas por la pérdida de temperatura. Esta situación es perjudicial para la operación de los equipos e instrumentos, pues muchos de ellos no permiten el contacto con condensados y no operan a temperaturas por debajo de los 4°F.

Como generalidad, por cada 15 Psi de caída de presión, el gas natural pierde 1°F. Si la estación recibe gas natural de una troncal de transporte a 1200 Psig y una temperatura de 120°F, y se debe entregar el gas a una facilidad de 250 Psig, la temperatura final será de 57°F. Es importante mencionar que la formación de condensados y congelamiento se da a partir de los 32°F.

Esta etapa se debe considerar aguas arriba del sistema de regulación de presión para asegurar la que temperatura a la salida de la estación esté por encima de 45°F.

2.9.1 Tipos de calentadores

A continuación, se mencionará el tipo de calentador que más se utiliza en este tipo de aplicaciones y que se consiguen a nivel comercial.

Calentador tipo haz de tubos

Este tipo de calentadores realizan el intercambio de calor hacia el gas a partir de agua caliente o vapor de agua. A continuación, se muestra el esquema de diseño y transferencia de calor:

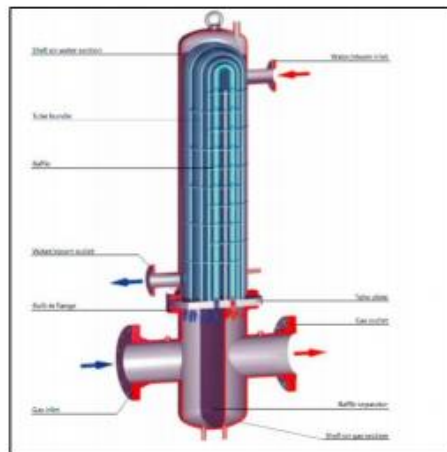


Ilustración 10 ESQUEMA DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR

2.10 Control- Regulación de presión

Esta es una de las operaciones más importantes a considerar en el diseño de una estación; esto debido a que la integridad de la construcción y los sistemas aledaños dependen de este parámetro. El control de la presión estará ligado al tipo de equipo e instrumento que se emplee, como lo son las válvulas.

A continuación, se mencionarán los diferentes tipos de válvulas que se consideran en una ERM para el control de la presión. Se abordarán los datos mínimos para el dimensionamiento de los equipos, sin embargo, la selección de los equipos se propone dejar en manos de los diferentes representantes de las marcas de instrumentación.

2.10.1 Válvulas de corte de emergencia – ESDV

Como generalidad, para los servicios de corte de emergencia se utilizan válvulas tipo bola, que básicamente el elemento obturador es la bola con un pasaje que permite conectar los puertos de entrada y salida del cuerpo. La bola rota entre dos asientos blandos con una superficie de asiento cóncava; cuando el eje del pasaje o agujero es paralelo a la dirección del flujo, la válvula está completamente abierta; cuando el eje se rota 90°, el pasaje está bloqueado completamente.

Este tipo de válvulas, como su nombre lo indica, realizará una función de corte y cierre de emergencia cuando se detecte un aumento o disminución de la presión. Para la operación de la válvula se requiere la instalación de actuadores y una serie de controles.

A continuación, se menciona las consideraciones para un ensamble válvula – actuador – controles:

- Una válvula tipo bola del mismo tamaño de la tubería
- Un actuador, que puede ser neumático, electro-neumático, hidráulico o eléctrico; esto depende de la preferencia y facilidades existentes en el sitio de ubicación.
- Pilotos para el control de los cortes por alta presión y/o baja presión.
- Válvulas solenoides para energización del sistema por ausencia de fluido neumático.

- Indicadores locales de posición.
- Reguladores de presión para la alimentación de gas al actuador.



Ilustración 11 CONJUNTO DE VALVULA ESDV AUTOMATIZADA

Para la ubicación de las válvulas de seccionamiento se deben tener en cuenta las siguientes características físicas y de operación:

- Tamaño del área que se va a aislar
- Clase de localidades
- Características topográficas (ríos, avenidas, carreteras)
- Número de válvulas necesarias para realizar el aislamiento
- Volumen de gas almacenado en el tramo a aislar
- Número de usuarios y usuarios especiales, tales como hospitales, escuelas, usuarios comerciales o industriales que pueden verse afectados por el cierre de las válvulas

- El tiempo requerido por el personal disponible para llevar a cabo los procedimientos de aislamiento
- El tiempo requerido para controlar la presión en el área aislada por los métodos de venteo y transferencia de gas a sistemas adyacentes
- El tiempo requerido por el personal disponible para restaurar el servicio a los usuarios

Este tipo de válvulas, como su nombre lo indica, realizará una función de corte y cierre de emergencia cuando se detecte un aumento o disminución de la presión. Para la operación de la válvula se requiere la instalación de actuadores y una serie de controles.

En lo anterior se comenta acerca de las localidades y su selección. Las localidades hacen referencia a secciones de 1600 metros de longitud con la designación de número de residencias, industrias, hospitales, centros comerciales, entre otros, para su clasificación como sigue:

- a) Localidad Clase 1: sección de 1600 metros de longitud que tiene 10 o menos edificaciones destinadas a uso residencial. La localidad clase 1 se propone reflejar áreas tales como páramos, desiertos, montañas, tierras de pastoreo, granjas, y áreas escasamente pobladas.
- b) Localidad clase 2: sección de 1600 metros de longitud que tiene más de 10 pero menos que 46 construcciones destinadas a uso residencial. Una localidad Clase 2 se propone reflejar las áreas donde el grado de población es intermedio entre las localidades Clase 1 y la Localidad Clase 3, tales como, áreas marginales alrededor de ciudades y pueblos, áreas industriales, haciendas, zonas rurales.
- c) Localidad Clase 3: la localidad Clase 3 es cualquier sección de 1600 metros de longitud que tiene 46 o más construcciones destinadas a su uso residencial, excepto cuando prevalece una

Localidad Clase 4. La localidad Clase 3 se propone reflejar las áreas con desarrollos sub urbanos, centros comerciales, áreas residenciales, áreas industriales, y otras áreas pobladas no incluidas en los requerimientos de la Localidad Clase 4.

2.10.2 Válvulas de seguridad o de alivio de presión – PSV.

Una válvula de seguridad de presión es un dispositivo de alivio de presión diseñado para abrir y relevar el exceso de presión en proceso o a la atmósfera. Este equipo vuelve a cerrar impidiendo más flujo de fluido a través de él, una vez que se han alcanzado las condiciones normales. Se categorizan como sigue:

- Válvula de seguridad: Un dispositivo de alivio automático de presión actuado por la presión estática aguas arriba de la válvula. Caracterizado por una apertura completa y rápida “pop action”. Es usada para servicio de vapor de agua, gas ó vapor.
- Válvula de alivio: Un dispositivo de alivio automático de presión actuado por la presión estática aguas arriba de la válvula, el cual abre en proporción al incremento en la presión sobre la presión de apertura. Es usada para servicio de líquidos.

Para que un equipo sea categorizado como alivio de presión o válvula de seguridad, deberá contar con los diferentes estampes.



Ilustración 12 CONFIGURACIONES DE LAS VALVULAS DE SEGURIDAD

2.10.3 Válvulas para control de presión.

Para el control de la presión se utilizan válvulas de control o reguladores de presión. Su selección depende de la disponibilidad de aire de instrumentos y de la transmisión de datos que se desee a cuarto de control. Normalmente se consideran reguladores de presión por ser equipos más sencillos y más económicos. A continuación, se comentará cada tipo de válvula.

Válvulas reguladoras de presión

Los reguladores de presión son dispositivos autocontenidos, los cuales reducen la presión aguas abajo del sistema, asegurando una demanda de gas constante.

Dentro de sus construcciones se tienen reguladores auto operados, que son los más sencillos, y los reguladores operados por piloto, en donde el piloto hace la labor de set de presión como dispositivo auxiliar. Estos reguladores de presión operan con el mismo fluido de proceso y no requieren suministro auxiliar para su funcionamiento.

En las ERM's es importante asegurar un valor de presión considerando el consumo de gas del usuario final. Esta reducción de presión se realiza con uno o dos reguladores. Esta configuración

depende de la redundancia del servicio que el usuario final desee. A continuación, se indicarán las configuraciones usadas en las estaciones.

- Regulador sencillo o stand alone regulator: un solo regulador realizando toda la labor de caída de presión. Aquí si el regulador falla se corre el riesgo de que este instrumento se cierre y bloquee el paso del gas, presurizando la línea aguas arriba y disparando la PSV.

- Arreglo monitor-trabajador abierto (wide open monitor): configuración de dos reguladores, donde uno de ellos permanecerá totalmente abierto y el segundo realizará la caída de presión.

En caso de falla en el regulador que está regulando (trabajador) el monitor, al estar calibrado a un set superior al trabajador, entrará en operación. El regulador que falle deberá asegurar una posición de falla abierta.

- Arreglo monitor-trabajador (working monitor): esta configuración únicamente se puede realizar con reguladores operados por piloto, pues el monitor deberá contar con tres pilotos, uno que cense la presión intermedia entre ambos reguladores y el segundo piloto que cense aguas abajo del trabajador. Este sistema asegura que durante la operación los dos reguladores estén trabajando simultáneamente.

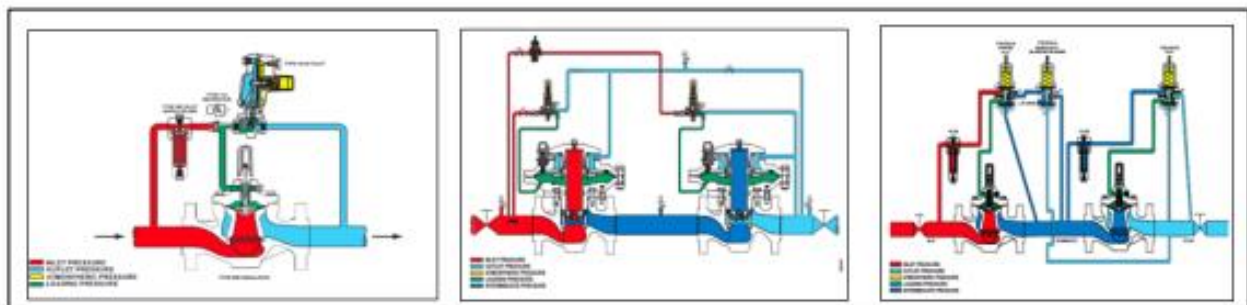


Ilustración 13 DIFERENTES CONFIGURACIONES PARA EL MONTAJE DE REGULADORES DE PRESION EN LAS ERM

Dentro de la clasificación de estos equipos se encuentran las válvulas tipo Slam Shut, las cuales asegurarán posición de falla cerrado en eventos de baja y/o alta presión. Este dispositivo, la mayoría de las veces, es usado como respaldo de seguridad en los reguladores de presión.

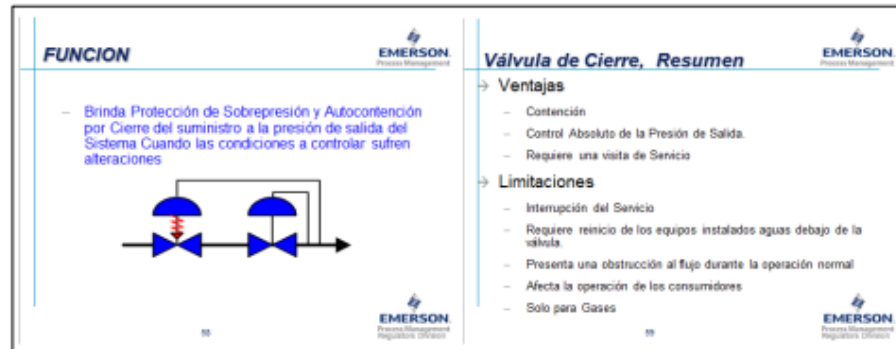


Ilustración 14 ESQUEMA DE VALVULA TIPO SLAM SHUT

En el mercado se encuentran disponibles reguladores de presión con dispositivo de corte incorporado o sólo la válvula de corte. La selección de un mecanismo u otro depende del presupuesto y la facilidad de montaje de más instrumentación (disponibilidad de espacio).

Válvulas de control

A diferencia de los reguladores mencionados anteriormente, las válvulas de control son dispositivos más complejos que involucran mayor cantidad de accesorios para su funcionamiento, así como la dependencia de un fluido auxiliar, como aire de instrumentos, para su operación.

En el mercado se encuentran diferentes tipos de cuerpos y actuadores. La selección de estos depende de las limitantes en capacidad de flujo, caída de presión, esfuerzo requerido para su modulación y presión de aire de instrumentos disponibles en la facilidad. La selección de este equipo es mejor dejarlo en manos del representante.

Como en las válvulas de corte, se requiere de un actuador para su modulación. El actuador es un mecanismo que hace que la válvula se cierre o se abra; así como de un instrumento que realice el control de la variable de proceso y un posicionador para corregir el error mecánico del equipo. A continuación, se muestra un esquema de una válvula de control.



Ilustración 15 CONJUNTO DE VALVULA, ACTUADOR Y POSICIONADOR

Hay limitantes en el uso de reguladores y válvulas de control. La primera es que la válvula de control requiere de un fluido de accionamiento (puede ser aire, electricidad, gas) para su modulación, así como requiere de un instrumento adicional para la verificación y corrección del set de ajuste. Por el lado de los reguladores de presión, estos equipos no se pueden considerar si el volumen de gas a manejar es muy alto, pues la mayoría de los fabricantes sólo fabrican equipos hasta 14" de diámetro. A nivel de evaluaciones económicas de ofertas, la de mejor precio es la de reguladores de presión. Estos equipos son más económicos comparados con las válvulas de control.

2.11 Medición

Para puntos de entrega de gas a grandes consumidores, como es este caso, esta es la operación más importante a considerar. Esta operación determina el volumen a entregar para efectos de facturación entre el transportador y el distribuidor; así mismo puede indicar la calidad del gas entregado.

Para realizar la medida de esta operación se utilizan medidores. El medidor es un instrumento destinado para medir (y de ser necesario memorizar) el volumen o masa de gas que fluye a través del dispositivo de medición de flujo a las condiciones de medición.

Para la configuración del sistema de medición de flujo es necesario considerar parámetros como el caudal (másico o volumétrico) de gas, presión de diseño y operación, temperatura ambiente y del gas y la composición del gas.

En el mercado se encuentran diferentes tipos de tecnologías para la medición de flujo. Su selección depende de la precisión y los volúmenes a medir.

Entre los más representativos se encuentran los siguientes: placas de orificio, turbinas, ultrasónicos, másicos tipo coriolis, diafragmas, rotativos.

Es importante mencionar que el medidor de flujo deberá cumplir con las normativas y reportes técnicos que apliquen, en este caso se debe alinear a los requerimientos del Reglamento Único de Transporte-RUT.

2.11.1 Tipos de medidores.

Medidores rotativos

Funciona con la teoría de medición por desplazamiento positivo, creando un compartimiento de medición de volumen fijo. En el caso del rotatorio, el desplazamiento positivo ocurre entre la cavidad interna de la carcasa del medidor y sus impulsores rotatorios. Los principios de operación rotatoria se mencionan a continuación:

- Cuando la demanda corriente abajo inicia el flujo de gas, una caída de presión se produce entre la entrada y salida del medidor.

Esto crea una fuerza interna en un par de impulsores en forma de relojes de arena que empiezan a rotar permitiendo que el gas empiece a fluir. A medida que los impulsores giran, el gas fluye alternamente entre dos cámaras de volumen fijo creadas entre los impulsores y la cavidad interna de la carcasa del medidor. Durante los ciclos, estas cámaras miden un volumen fijo de gas y luego lo descargan corriente abajo satisfaciendo la demanda. Estos impulsores giran por medio de engranes sincronizados de alta precisión y hacen cuatro ciclos por cada revolución del eje del impulsor. Durante la operación, no hay contacto de metal con metal entre la carcasa del medidor y los impulsores.

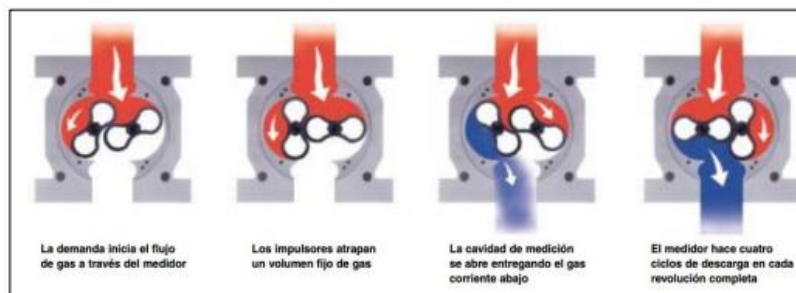


Ilustración 16 MEDIDOR TIPO ROTATIVO

Es muy usado en entregas a industrias conectadas a redes de distribución, así como para entregas a municipios pequeños y transferencias a estaciones de gas natural vehicular.

Medidores tipo placas de orificio

Este tipo de medidores ofrece mediciones de caudal confiables y de precisión para aplicaciones con gas u otro tipo de fluido. Su funcionamiento obedece a la diferencia de presión experimentada por el fluido al pasar por la restricción. Son muy usados en los casos donde se manejan grandes volúmenes de gas con tasas de flujo relativamente constantes.

Es importante considerar el estado de la placa de orificio empleada para visualizar imperfecciones en su perfil debido a que la presencia de cambios en su borde puede afectar significativamente la medición.

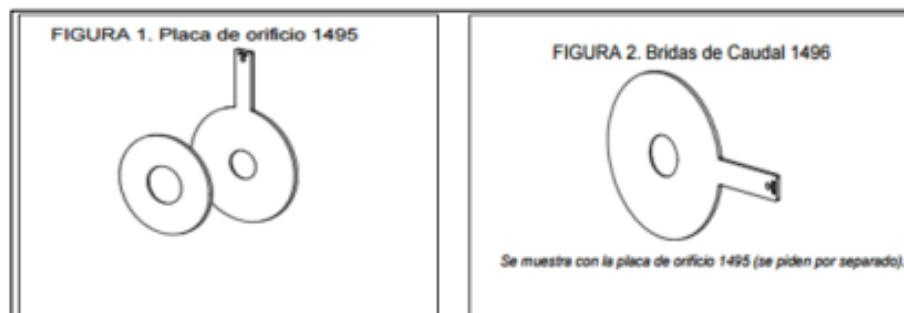


Ilustración 17 PLACAS DE ORIFICIO

Medidores tipo turbina

Este tipo de medidores son muy precisos del tipo inferencial, en los cuales se cuentan las revoluciones de un rotor dotado de álabes, siendo dicho conteo proporcional a la velocidad del gas. La dirección del flujo a través del medidor es paralela a un eje rotor de turbina y la velocidad de rotación del rotor de la turbina es nominalmente proporcional a la tasa de flujo. Los volúmenes de gas se infieren de las rotaciones del rotor de turbina. Un medidor de turbina introduce en la corriente de flujo una restricción denominada cono de área o sección transversal conocida.

El medidor de turbina determina la velocidad de flujo a través de esta restricción, contando las rotaciones de un rotor de turbina montado en el área abierta o garganta de la restricción. Las rotaciones de los álabes de la turbina se transfieren por un tren de engranajes a un aparato de lectura, que puede ser de diferentes tipos, donde se muestra el volumen totalizado a las condiciones de flujo. Lecturas directas pueden darse a la vista en una variedad amplia de aparatos mecánicos, electromecánicos o totalmente electrónicos.

Este tipo de medidores se destacan por su exactitud y repetibilidad. Por estas dos cualidades son usadas como patrones para la calibración de otros medidores de gas.

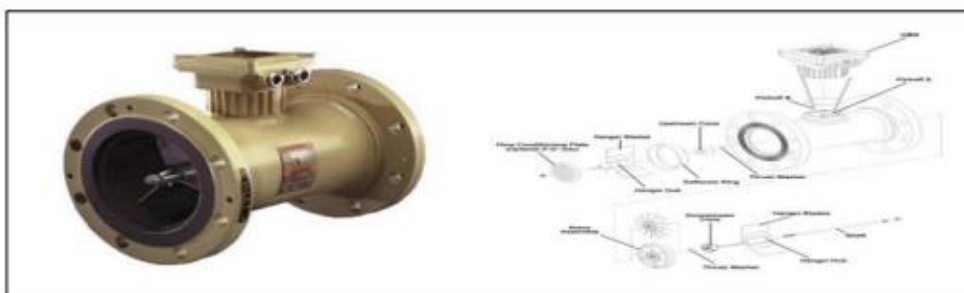


Ilustración 18 MEDIDORES TIPO TURBINA

Medidores tipo ultrasónicos

Este tipo de medidores generalmente son usados en los sectores de producción y transporte, en entregas de grandes volúmenes de gas a altas presiones. Su principio de operación es muy sencillo y se basa en la medición de la velocidad del gas. La exactitud de un medidor ultrasónico de gas depende de varios factores, tales como:

- Una medición dimensional precisa del cuerpo y las distancias entre los transductores.
- La técnica de integración de velocidad inherente al diseño del medidor.

- La forma del perfil de velocidades del flujo en el medidor.
- Los niveles de pulsación que puedan existir en la corriente del gas.
- La exactitud en las mediciones de tiempo de tránsito.
- Las calibraciones con flujo.

La exactitud de los medidores ultrasónicos también depende de su continua integridad con respecto al tiempo (e.g. acumulación de depósitos en la superficie interna del medidor, deriva de la electrónica, etc.).

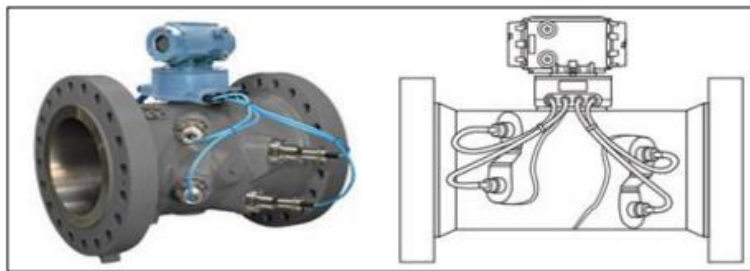


Ilustración 19 MEDIDOR TIPO ULTRASONICO

Medidores tipo másicos

Los medidores de masa son usados para líquidos de densidad variable, líquidos multifase o gases que requieren una directa medición del nivel de masa. Los medidores tipo coriolis, los más conocidos dentro de los medidores másicos, operan de acuerdo con el movimiento de los tubos bourdon internos generado por el fluido debido a la torsión por la acción de las fuerzas externas, dentro de la cavidad del medidor, el cual genera una fuerza inercial resultante en el flujo másico.

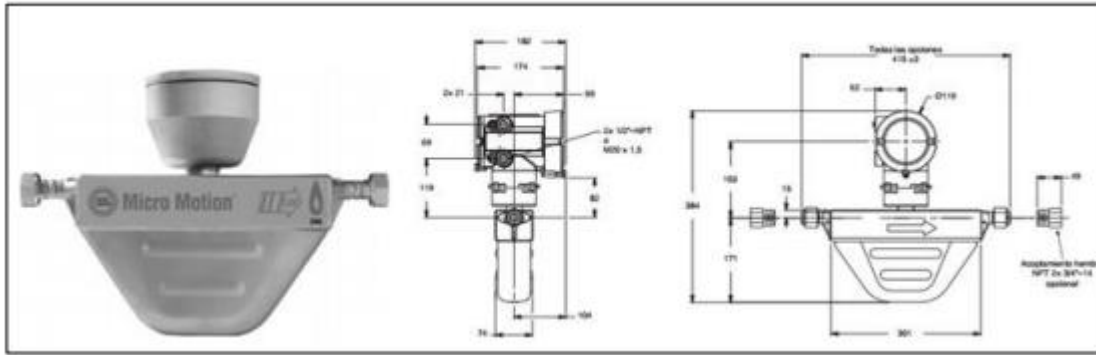


Ilustración 20 MEDIDOR TIPO CORIOLIS

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES DETALLADAS

Durante el transcurso de la Residencia Profesional en la empresa Proyecto y Construcciones Industriales S.A de C.V (PYCI). Se llevó a cabo el proyecto de “PROYECTO EJECUTIVO. ESTACION DE REGULACION Y MEDICION DE GAS NATURAL GASODUCTO DE 14” Ø D.N C.F.E. C.C.C. DOS BOCAS, VERACRUZ”, en un periodo comprendido de agosto de 2019 a febrero de 2020.

Por medio de este proyecto se analizó y se realizó la memoria de cálculo y diseño, por otra parte, estuvimos involucrados en las generalidades del proyecto.

El departamento de Ingeniería y Diseño para poder cumplir con el funcionamiento que le corresponde tiene como objetivos lo siguientes:

- Mantener la base de datos actualizada de los proyectos y los nuevos afiliados a la empresa.
- Brindar orientación adecuada para la solución de los problemas que frecuentemente se prestan en los puestos de trabajo.

Desarrollo Empresarial:

- Llevar a cabo en tiempo y forma todos los proyectos.
- Registro y soluciones de los proyectos para los beneficios con empresas contratistas.

3.1 Descripción de los lugares de la empresa donde se trabajo

Se tuvo la oportunidad de trabajar en diversos departamentos de Proyecto y Construcciones Industriales S.A. de C.V., pero en esta ocasión se describen los departamentos en los cuales se invirtió el mayor del tiempo durante las prácticas profesionales.

El departamento de Ingeniería y Diseño se encuentra a cargo del Ing. José Alfredo Cruz Cabrera, el cual tiene como tareas asignadas llevar el control de todas las empresas que están contratadas; así como estar al pendiente de los avances en obra, tiene como apoyo al Ing. Xavier Virgilio Macias Serrano quien se encarga de poder llegar hasta el establecimiento (obra) quien es residente de obras; de igual manera el Ing. José Manuel Galarza Valencia debe estar en campo para persuadir a las empresas externas se sumen y puedan realizar las actividades de manera correcta.

En el departamento de Seguridad e Higiene donde encuentra el Ing. Kevin Cruz Cabrera quien coordina las acciones emitidas por el Organismo Institucional en materia de Seguridad e Higiene para procurar el bienestar físico y mental del trabajador, a través del establecimiento de implementación de sistemas orientados a la prevención y reducción de los riesgos de trabajo, que le permitan desarrollar las actividades durante las obras.

El Departamento de Gestión Ambiental (DGA), donde nuevamente se encuentra el Ing. Kevin Cruz Cabrera quien está a cargo por sus amplios conocimientos siendo **HSEQ**, cuyas siglas provienen del inglés **Health, Safety, Environment and Quality** que en español significa Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Calidad, en el ámbito de Gestión Ambiental es el área especializada dentro de la estructura organizacional de las empresas a nivel industrial, tiene por objeto establecer e implementar acciones encaminadas a dirigir la gestión ambiental de la empresa a nivel industrial; velar por el cumplimiento de la normatividad ambiental; prevenir,

minimizar y controlar la generación de cargas contaminantes; promover prácticas de producción más limpia y el uso racional de los recursos naturales; aumentar la eficiencia energética y el uso de combustible más limpios; implementar opciones para la reducción de emisiones de gases de efectos invernadero; y proteger y conservar los ecosistemas.

Por otra parte, el departamento de mantenimiento que encarga de proporcionar oportuna y eficientemente, los servicios que requiera el centro en materia de mantenimiento preventivo y correctivo, donde se encuentran diversos tipos de trabajadores capacitados para realizar diversas actividades de acuerdo al tipo de obra que se vaya a ejecutar.

Actividades que fueron asignadas dentro del periodo de Residencia Profesional:

Durante la estancia dentro del departamento de Ingeniería y Diseño, algunas de las tareas asignadas fueron las siguientes:

- 1.- Elaborar conjuntamente con las instancias el proyecto de obras y construcciones
- 2.- Auxiliar en el diseño de instalaciones en los nuevos proyectos arquitectónicos
- 3.- Cálculo, diseño y dibujo estructural
- 4.- Supervisar y verificar que las obras se lleven de acuerdo a las especificaciones y programas de contrato
- 5.- Corrección de planos
- 6.- Diseño, cálculo y dibujo de espacios

Dentro del departamento Seguridad e Higiene, estas fueron las actividades asignadas:

- 1.- Revisar y aprobar las políticas de seguridad.
- 2.- Realizar inspecciones periódicas de seguridad.
- 3.- Participar en las reuniones de inicio de jornada laboral.
- 4.- Poner en funcionamiento y mejorar el programa de seguridad

3.2 Procedimiento general para el desarrollo de una EMR's

Conforme se realizó la residencia profesional nos explicaron que para este tipo de trabajo todo esta basado en la normatividad aplicable, estas mismas te dan todos los criterios para la construcción.

3.2.1 Recopilación de información para propuesta de investigación

Una vez asignado el departamento donde se realizarían las prácticas profesionales se familiarizo con la empresa, así como conocer los diferentes departamentos por los que está constituida la empresa.

En el proceso se dio un recorrido por la empresa y se obtuvo información acerca de la organización; como ejemplo; la misión de la empresa, la cual representa, promueve y defiende.

3.2.3 Construcción del Marco teórico

El marco teórico se construyó de acuerdo a los puntos que se acercaran al tema a estudiar, en este para la construcción de una EMR's, el cual es proyecto ejecutivo que en un futuro se realizara o se puede implementar en C.F.E

3.2.4 Diseño y aplicación de metodología

Se empleó una metodología descriptiva y exploratoria, se describieron características fundamentales de la EMR's.

A continuación, se explicará la metodología para la construcción de la EMR's

Para el desarrollo de la metodología para el diseño de la ERM es necesario concretar una serie de actividades ordenadas para obtener un resultado favorable. A continuación, se indican:

- Identificación del usuario final:
 - o Tipo de localidad
 - ♣ Localidad clase 1
 - ♣ Localidad clase 2
 - ♣ Localidad clase 3
 - ♣ Localidad clase 4
- Identificación de los riesgos en seguridad industrial y ambiente
 - o Niveles de ruido permitidos
 - o Identificación del nivel de riesgo de las sustancias que se utilizaran en la estación
- Definición del tipo de ERM
 - o Tipo City Gate
 - o Estaciones de distribución

- o Estaciones industriales

La selección de la localidad puede indicar directamente el tipo de ERM. Por ejemplo, para una Localidad Clase 3 o 4 se pueden usar estaciones industriales o City Gates.

- Datos para el diseño

- o Características del gas a suministrar

- o A futuro, se podrá usar otro tipo de gas combustible en la estación?

- o Presión máxima de operación del gas. Este dato lo deberá entregar la empresa distribuidora de gas o el transportador.
- o Presión mínima de operación del gas. Este dato lo deberá entregar la empresa distribuidora de gas o el transportador.

- o Presión de salida a la línea de distribución interior requerida.

- o Características de los consumos y sus modulaciones detallados según rangos horarios.

- o Caudales horarios de gas. Valores máximos y mínimos

- Datos de diseño de Ingeniería

- o Número de líneas de regulación y configuración de la ERM

- o Se requiere unidad modular tipo skid o se construirá en sitio

- Características de los sistemas

- o Filtración

- o Calentamiento

- o Control de presión
- o Medición
- o Sistemas de control por sobre presión a la entrada y a la salida
- Diseño Mecánico
- o Especificación de materiales
- o Protección contra la corrosión
- Disponibilidad de fuente de energía
- o Neumática o Eléctrica
- o No hay disponibilidad

3.3 Actividades realizadas para el proyecto

3.3.1 Generalidades del proyecto

Normatividad aplicable

Los materiales, equipos, sistemas e instalaciones y obras complementarias del proyecto objeto de la presente Especificación, deberán adquirirse con base en la última edición de las Normas y Códigos aplicables conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y/o a falta de estas, con las normas internacionales aplicables que se mencionan a continuación. Así mismo, deberán apegarse a lo dispuesto en el párrafo cuarto del artículo 67 de la Ley mencionada anteriormente y en las especificaciones técnicas de La Comisión.

Cualquier elemento de este proyecto debe estar cubierto por las Normas aquí indicadas o por otras Normas y Códigos internacionales o locales aplicables.

En caso de que El Licitante ganador pretenda aplicar otros Códigos, Normas o Reglamentos diferentes a los aquí listados, deberá indicar claramente en su propuesta su equivalencia.

Las actividades ambientales deberán cumplir con la normativa ambiental federal, estatal y municipal vigente.

- Leyes, Reglamentos, Criterios, Normas y Códigos A continuación se presenta una lista de las Leyes, Reglamentos, Normas y Códigos que las Instalaciones y el Proveedor deben cumplir, la cual es indicativa pero no limitativa.
- Ley Federal del Trabajo (LFT)
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN).
- Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y --Reglamentos en Materia de Impacto Ambiental, Prevención y Control de la Contaminación. Atmósfera, Aguas y Ruido (LGEEPA).
- Ley General para la prevención y Gestión integral de los Residuos y su reglamento.
- Reglamento de Construcción del Municipio o del Estado, aplicable a los Temas no cubiertos en estas Especificaciones. Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS, México)

Normas Oficiales Mexicanas

- NOM-001-ASEA-2019, que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial del sector hidrocarburos y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo.
- NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural
- NOM-003-ASEA-2016, Distribución de Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo por Ductos.
- NOM-007-ASEA-2016, Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos.

Códigos y Especificaciones

- Código ASME B 31.8:

Sistemas de tuberías de conducción y distribución de gas. Secciones 833, 841.13, Base de ingeniería con los requerimientos mínimos de seguridad en el diseño y construcción de tuberías operando a presión. Este código ha sido empleado en Norteamérica inclusive antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares.

- NACE RP-01-69-92:

Sistemas de control de la corrosión externa en tuberías metálicas sumergidas o enterradas. Provee guía de diseño en sistemas de protección catódica con ánodos de sacrificio y corriente impresa. Código comúnmente aceptado en la industria de las tuberías de acero.

- NACE RP-01-77-83:

Sistemas de mitigación de los efectos de la corriente alterna en sistemas de control de corrosión y estructuras metálicas. Provee bases de diseño para sistemas que se encuentran en cercanías o corren paralelos debajo de líneas de transmisión en alto voltaje. Código comúnmente aceptado en la industria de las tuberías de acero.

– CSA C22.3 No. 6-M91:

Principios y prácticas de coordinación eléctrica entre tuberías y líneas de transmisión eléctrica. Provee bases de diseño, instalación y mantenimiento a sistemas que se encuentran en cercanías o corren paralelos enterrados debajo de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje. Estándar canadiense de aceptación común en la industria de Norteamérica.

– API-1104:

Estándar para soldadura de tuberías e instalaciones relacionadas. Proporciona los estándares de aceptabilidad en pruebas de soldadores y soldaduras en sistemas de tuberías de acero enterradas y aéreas. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías.

– ASME: Empaque y presión de ductos y recipientes: Sección VIII, reglas de construcción de recipientes a presión. Establece bases de diseño en seguridad y protección para la fabricación y la inspección de recipientes como; filtros, trampas y otros recipientes a presión. Este código es el único aceptado para recipientes y accesorios a presión instalados en sistemas de tuberías.

– API-RP5L1:

Recomienda prácticas de transporte de tuberías de línea por vías terrestres. Provee procedimientos de transporte, carga y manejo de tuberías en vehículos de transporte de carga. La industria del transporte y de construcción ha aceptado las especificaciones para protección del recubrimiento anticorrosivo durante el transporte de tuberías.

– ASTM A-53:

Tipos de acero para la fabricación de la tubería. Materiales y especificaciones de la fabricación del tubo, sin costura, y con soldadura longitudinal, etc. Especificación de la tubería API 5L, Aceros de grados A y B. Se considera el peso del tubo, espesor de pared y otras características que permitan ubicar el tipo de cordón de soldadura y compatibilidad con las conexiones soldables y mencionado en ASME B31.8

– ASTM A-105:

Contenidos de carbón y componentes de acero. Especificaciones del material a utilizarse en conexiones forjadas, bridas, válvulas y componentes. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías.

– ASTM A-193:

Materiales para servicio a alta temperatura, aceros combinados y acero al carbón con perforaciones para espárragos. Especificación de materiales para diseño y fabricación de bridas,

válvulas y accesorios que se instalan en tuberías de conducción de gas. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías.

– ASTM A-194:

Materiales para servicio a alta temperatura, aceros combinados y acero al carbón con perforaciones para espárragos y tuercas utilizadas en conexiones de alta presión. Especificación de materiales para diseño y fabricación de tuercas y espárragos o tornillos que se instalan en tuberías de conducción de gas. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías.

– ASTM A-234:

Materiales para servicio a mediana y alta temperatura en conexiones de tubería de acero al carbón. Especificación de materiales para aceros de todo tipo. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías.

– ASTM B-16.5:

Conexiones bridadas y bridas en tuberías. Rangos de operación en presión y temperatura de bridas y dimensiones de bridas en sus caras. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías.

– ASME B-16.9:

Fabricación de conexiones soldables y de embutir en acero. Estándar de dimensiones de conexiones soldables de tuberías. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías.

– API 5L:

Especificación para tubería de línea. Esta especificación contempla tubo sin costura y con costura disponible para conducción de gas, agua y aceite y sobre todo en la industria del gas y del petróleo. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías. API 6D Válvulas en tuberías, tapones, conectores y accesorios. Cubiertas bridadas y conexiones soldables en equipos de servicio, compuertas, aguja, bola y válvulas de no retroceso, tapones y conectores. Estándar reconocido en la industria Norteamericana de sistemas de tuberías.

– CSA Z245.200-M92:

Recubrimiento externo a base de resinas epóxicas en tuberías de acero. Convenios y estándares relativos a la clasificación, aplicación, pruebas, manejo y almacenamiento de materiales con protección anticorrosiva efectuada en planta. La protección mecánica anticorrosiva a base de resinas epóxicas, es el elemento más crítico en la detención de la corrosión, el código de referencia es reconocido en la industria de tuberías como la protección de mayor calidad.

– MSS-SP-75:

Especificaciones para pruebas de dureza en conexiones soldables. Especificaciones de pruebas totales en juntas soldables monolíticas. Protección catódica y aislamiento eléctrico.

CONCEPTOS DE OBRA

Transporte y Tendido de Tubería Suministro y tendido de tubería de acero al carbón, de acuerdo a las trayectorias mostradas en los dibujos de referencia, en este concepto se incluye el transporte, carga, descarga y acomodo, de la tubería desde el lugar de almacén o taller hasta el lugar donde se instalarán.

La tubería, que sea suministrada deberá estar de acuerdo con lo establecido en el catálogo de conceptos.

También se incluye en este concepto la radiografía al 100% de todas las juntas soldadas, la inspección visual y pruebas no destructivas donde se requiera. Todas las soldaduras, procesos, procedimientos y calificación de soldadores deben cumplir con lo establecido en la Sección IX del código ASME.

Aplicación de Recubrimiento Anticorrosivo

La tubería instalada debe ser protegida exteriormente contra la corrosión ocasionada por el medio ambiente.

La preparación de la superficie, los materiales empleados, el color y método de aplicación deben ser como se indica en las Especificaciones CFE- D 8500-01, 02 y 03, CFE L0000-15.

Cargos incluidos.

- Preparación e instrumentación de la tubería y retiro de escombros.
- Mano de obra

- Insumos y material de consumo
- El agua para las pruebas, está debe ser limpia.
- Uso de herramientas, equipo, maquinaria e instrumentos
- Disposición del agua posterior a las pruebas
- Procedimientos y reportes
- Y todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto.

Limpieza y Acondicionamiento del Sitio.

Tiene como finalidad retirar la basura, escombros, árboles, etc., para permitir el desarrollo de los trabajos. El área dentro de los límites mostrados en los planos, debe ser limpiada de todos los objetos que puedan estorbar o perjudicar la realización de las obras

Excavación

Eliminación del terreno necesario para tener los niveles de proyecto.

Ejecución de los trabajos.

Las excavaciones se harán a mano o con maquinaria, según convenga al Contratista, pero no se permite el uso de explosivos.

Las excavaciones se deben efectuar utilizando taludes que garanticen la estabilidad del terreno o empleando ademes.

La profundidad de la excavación será la marcada en los planos de diseño el volumen de excavación se medirá como se indica más adelante. El fondo de las excavaciones efectuadas,

debe estar libre de todo tipo de objetos o materiales que puedan ocasionar daños a la lingada de tubería por construir. Los materiales procedentes de la excavación se apilarán en sitios convenidos con el residente de la CEE. Para ser utilizados como relleno o para ser acarreados.

Unidad de medición.

El metro cúbico (m³) con aproximación al décimo de material excavado, medido a líneas de proyecto, en su estado natural.

Cargos incluidos en el precio unitario.

- Mano de obra.
- Uso de herramientas y equipo
- Insumos y materiales de consumo.
- Excavación.
- Abundamiento.
- Acarreo y disposición final del material de desecho.
- Apilamiento del material.
- Bombeo, cuando sea el caso.
- Ademado, cuando proceda.
- Taludes que pudieran necesitarse para lograr la estabilidad del terreno.
- Y todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto

Rellenos.

Colocación y compactación los trabajos de materiales térreos para lograr los niveles de proyecto.

Ejecución de los trabajos

Como material de relleno, se usará el producto de las excavaciones o material de bancos de préstamo previamente aprobados por el Residente de Obra de La Comisión.

En el caso de que se use material de banco, este debe ser aprobado previamente por el residente.

El material de relleno se colocará en capas de 20 cm. y se compactará hasta lograr un grado de compactación del 90 de la Prueba Proctor Modificada.

El equipo para compactar será convenido previamente con el Residente de Obra de La Comisión
Unidad de medición.

El metro cúbico (m') del volumen rellenado, medido a líneas de proyecto y descontando el volumen teórico de las estructuras, tubería o equipos contenido en la excavación.

Cargos incluidos en el precio unitario.

- Mano de obra.
- Uso de herramientas maquinaria y equipo
- Insumos y materiales de consumo.
- Acarreo del material de relleno.
- Colocación y compactación del relleno.

- Y todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto.

Acarreo en Camión al Primer Kilómetro del material de Desecho

Transporte fuera del predio, del material térreo producto de la excavación, (no usado para relleno), de las demoliciones o de los desmantelamientos

Ejecución de los trabajos

El sitio de descarga será el indicado por la Comisión

La ruta a seguir la establecerá el Contratista y la someterá a aprobación de la Comisión

Cargos incluidos en el precio unitario

- Mano de obra.
- Uso de herramientas y equipo.
- Insumos y material de consumo.
- Carga a pie de camión.
- Cargos fijos y de operación del equipo de transporte.
- Y todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto.

Acarreo en Camión a los Kilómetros Subsecuentes al Primero, del Material de Desecho.

Transporte fuera del predio, del material térreo producto de la excavación (no usado para relleno), de las demoliciones o desmantelamientos.

Ejecución de los trabajos.

La ruta a seguir será la indicada por la Comisión.

La descarga y colocación final en el sitio señalado, cumplirá con las disposiciones municipales y ambientales vigentes.

Unidad de medición.

El metro cúbico por kilómetro (m³-km).

Cargos incluidos en el precio unitario

- Mano de obra Uso de herramientas y equipo.
- Insumos y material de consumo.
- Cargos fijos y de operación del equipo de transporte.
- Descarga y acomodo del material.
- Y todo lo necesario para la correcta ejecución del concepto.

Requerimientos de protección ambiental.

Desde el diseño y durante las etapas de preparación del sitio, construcción y puesta en operación, deben aplicarse los criterios ambientales contenidos en esta sección. El Contratista se obliga a cumplir con los criterios y disposiciones establecidos en La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y sus diferencias reglamentos vigentes, así como con las normas oficiales mexicanas vigentes para la protección del aire, agua suelo y recursos bióticos.

En su oferta técnico-económica El Contratista debe considerar las acciones que aplicara en el desarrollo del proyecto, con base en los requerimientos ambientales que se plantean en todos los incisos de la sección 7.6 de esta especificación.

El Contratista se obliga a atender con base en la legislación y normativa ambiental mexicana vigente que corresponda, las contingencias que se presenten durante la ejecución de los trabajos en las diferentes etapas del proyecto. Asimismo, es responsabilidad del Contratista realizar los trámites que se requieran para atender las contingencias y los costos que impliquen las medidas necesarias y las obligaciones que establezcan las autoridades al respecto.

El Contratista debe entregar a más tardar 15 días después de la firma del contrato, un programa para el cumplimiento de los requerimientos ambientales, durante las diferentes etapas de desarrollo del proyecto.

Aunado a lo anterior, si durante la ejecución de los trabajos del proyecto, El Contratista genera impactos para el cual no exista alguna acción prevista en el programa es responsabilidad del Contratista aplicar con base en la legislación y normatividad ambiental, las acciones necesarias para atender el o los impactos causados, también es responsabilidad del Contratista cubrir los costos que se generen por ese motivo.

Prueba hidrostática

Al terminar el montaje y retirar los escombros producto del montaje de la parte interna de la tubería, estas deben ser sometidas a prueba hidrostática de conformidad con el código ASME B 31.1

El Licitante ganador debe preparar y presentar un programa para la prueba que incluya como mínimo lo siguiente:

- Presión de prueba, incluyendo una representación gráfica de las presiones máximas y mínimas permisibles.
- Personal que supervise la prueba y sus responsabilidades.
- Precauciones de seguridad.
- Detalles del equipo de prueba (incluyendo certificados de calibración vigentes), conexiones para la prueba y accesorios.
- Fuente de abastecimiento de agua limpia, dosificación de químicos y arreglos para la disposición del agua, incluyendo control de la contaminación. Procedimientos para limpieza, llenado, medición, presurización prueba y despresurización, así como soplado para limpieza.
- El sistema debe probarse como una sola sección en caso de ser posible.

Las pruebas deben ser realizadas por personal especializado y debe ser dirigida por un responsable. La temperatura del agua de llenado debe ser monitoreada y si la diferencia entre la temperatura del agua y la temperatura del suelo pudiera afectar los resultados de la prueba se debe considerar un período de estabilización de temperatura.

Se verificará en todas las uniones soldadas y conexiones, que no presenten fugas, antes de efectuar la prueba hidrostática, todas las uniones soldadas deben estar radiografiadas e inspeccionadas.

Si los resultados de la prueba no son satisfactorios o concluyentes, el tiempo de la prueba debe extenderse durante un período que resulte necesario para obtener un resultado conclusivo.

Se aceptará como satisfactoria la prueba hidrostática si no hay variación de presión o si ocurre una variación de presión que puede explicarse debido a cambios en la temperatura del agua o del medio ambiente. En caso que se encuentre una falla en la tubería durante la prueba, el tramo que falló debe remplazarse y la prueba hidrostática debe efectuarse nuevamente. Los arreglos para la disposición del agua una vez terminada la prueba hidrostática, deben ser mencionados en el procedimiento de la prueba, así como el lugar de su depósito, y deben cumplir con los requerimientos de las autoridades competentes.

Limpieza de Tubería.

Dentro de su alcance, La Contratista debe considerar la limpieza de la tubería por medio de soplados, preferentemente con gas natural, con presión suficiente que garantice la eliminación de residuos de oxidación y soldadura. Al final se debe considerar la utilización de testigos para verificar que la limpieza cumple con los requerimientos de las unidades turbogas. La Contratista debe enviar el procedimiento para revisión y aprobación de La Comisión. Al terminar con los soplados y antes de tener la libranza, la tubería de gas deberá ser empacada con gas nitrógeno

3.3.2 Memoria de cálculo de la capacidad del sistema

PROMEDIO ANUAL DE CONSUMO DIARIO.

De acuerdo a la norma AGA 7 la fórmula de los gases ideales nos permite saber los diferentes valores de presión, flujo, volumen de un sistema.

$$\frac{P_1 Q_1}{T_1 Z_1} = \frac{P_2 Q_2}{T_2 Z_2}$$

DONDE:

P₁=PRESION BASE

Q₁=FLUJO BASE

T₁=TEMPERATURA BASE

Z₁=FACTOR DE COMPRESIBILIDAD BASE

P₂=PRESION DE FLUJO

Q₂=FLUJO DE FLUJO

T₂=TEMPERATURA DE FLUJO

Z₂=FACTOR DE COMPRESIBILIDAD DE FLUJO

Calcularemos el volumen de flujo de acuerdo a las siguientes condiciones de flujo base:

DATOS PARA EL CALCULO DE V₂

CONDICIONES BASE

P₁= 14.2233 PSI

Q₁= 2, 086,497.00 m³/dia = 73, 683,945.08ft³/dia

Este valor es el flujo máximo que tendrá el City Gate.

T₁=20°C =68°F+459.67 = 527.67°R

Z₁ = 0.959

CONDICIONES DE FLUJO

P₂= P_{FLUJO} + P_{ATM}

P_{ATM}= 14.73

P₂ = 398.16 + 14.73 PSI = 412.89 PSI

Q₂ =?

T₂ = 25 °C = 77 °F + 459.67° = 536.67 °R

Z₂ = 0.962

Despejando Q_1 de la fórmula de los gases ideales:

$$Q_2 = \frac{P_1 Q_1 T_2 Z_2}{T_1 Z_1 P_2}$$

$$Q_2 = \frac{(14.2233 \text{ PSI}) (73,683,945.08 \text{ ft}^3/\text{dia}) (536.36^\circ \text{R}) (0.962)}{(527.67^\circ \text{R}) (0.959) (370.23 \text{ PSI})}$$

$$Q_2 = 2,589,645.136 \text{ ft}^3/\text{dia} \quad Q_2 = 73,329.89 \text{ m}^3/\text{dia}$$

2. CAPACIDAD DEL SISTEMA

De acuerdo a la norma AGA 7 la formula de los gases ideales nos permite saber las diferentes valores de presión, flujo, volumen de un sistema.

$$\frac{P_1 Q_1}{T_1 Z_1} = \frac{P_2 Q_2}{T_2 Z_2}$$

DONDE:

P_1 =PRESION BASE

Q_1 =FLUJO BASE

T_1 =TEMPERATURA BASE

Z_1 =FACTOR DE COMPRESIBILIDAD BASE

P_2 =PRESION DE FLUJO

Q_2 =FLUJO DE FLUJO

T_2 =TEMPERATURA DE FLUJO

Z_2 =FACTOR DE COMPRESIBILIDAD DE FLUJO

Calcularemos el volumen de flujo de acuerdo a las siguientes condiciones de flujo base:

DATOS PARA EL CALCULO DE V_2

CONDICIONES BASE

P_1 = 14.2233 PSI

Q_1 = 3, 120,000.00 m³/dia = 110,181,785.5 ft³/dia

Este valor es el flujo máximo que tendrá la Estación de Regulación y Medición.

T_1 =20°C = 68°F + 459.67 = 527.67°

Z_1 = 0.959

CONDICIONES DE FLUJO

P_2 = $P_{\text{FLUJO}} + P_{\text{ATM}}$

P_{ATM} = 14.73

P_2 = 398.16 + 14.73 PSI = 412.89 PSI

Q_2 = ?

T_2 = 25 °C = 77 °F + 459.67° = 536.67 °R

Z_2 = 0.962

Despejando Q_1 de la fórmula de los gases ideales:

$$Q_2 = \frac{P_1 Q_1 T_2 Z_2}{T_1 Z_1 P_2}$$

$$Q_2 = \frac{(14.2233 \text{ PSI}) (110,181,785.5 \text{ ft}^3/\text{dia}) (536.36^\circ \text{R}) (0.962)}{(527.67^\circ \text{R}) (0.959) (412.89 \text{ PSI})}$$

$$Q_2 = 3,872,373.074 \text{ ft}^3/\text{dia}$$

$$Q_2 = 109,652.36 \text{ m}^3/\text{dia}$$

CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

CONCEPTO	UNIDADES	
	@ P , T (m3/d)	@ STD (m3s/d)
Promedio anual de consumo diario ¹	73,329.89	2,086,497.00
Capacidad del sistema	109,652.36	3,120,000.00

CONDICIONES DE OPERACIÓN

CITY GATE		
CONCEPTOS	UNIDADES	
	KPa	Kg/cm ²
Presión de diseño	6,179.2038	63
Presión de operación	2,746.3128	28
Presión de Operación Máxima Permisible	3,040.5606	31

ESPECIFICACIONES DE LA TUBERIA

Especificación de la Tubería	Longitud m	Diámetro nominal (in)	Diámetro exterior (in)	Espesor (in)
API 5L / ASME A 53 GRADO B CED. 80	50	10"	10.750	0.594
API 5L / ASME A 53 GRADO B CED. 40	7000	14"	14"	0.438

3.3.3 Memoria de cálculo de sistema de protección catódica al gasoducto

PROTECCIÓN CATÓDICA MEMORIA DE CÁLCULO.

DUCTO DE 10" Ø. CED-80.

Ánodos de sacrificio.

Ducto de acero de 50 metros de longitud y de 10" de Ø (250 mm), con espesor de 0.594". Con recubrimiento a base de tecnología de Polietileno Extruido Tricapa y manga termo contráctil en cada unión soldada. El estudio de resistividad del suelo en el área en donde se instalara el ducto arrojó como resultado 1,154 Ω -cm en promedio en una profundidad de 2 mts y con equipo FLUKE, el suelo es tipo arcilla con humedad presente.

Objetivo:

- Proveer continuamente la suficiente corriente de protección contra la corrosión del ducto.
- Garantizar la seguridad del público y personal de operación.
- Determinar el requerimiento de corriente para protección.
- Selección del tamaño del ánodo.
- Cálculo de resistencia ánodo-suelo.
- Cálculo de corriente de salida del ánodo.
- Cálculo de número de ánodos requeridos.
- Determinación de vida útil de cama anódica.

Determinación del área a cubrir del ducto:

Donde:

A = Área de la superficie de la tubería.

$$\pi = 3.1416$$

D = Diámetro exterior de la tubería en m.

L = Longitud de la tubería en m.

Sustituyendo valores tenemos:

$$A = (3.1416)(0.273m)(50m)$$

$$A = 42.88m^2$$

Corriente requerida para protección del ducto:

De acuerdo a la prueba de demanda de corriente realizada al ducto, fue necesario 0.374 A para lograr un potencial tubo-suelo respecto a celda de referencia de cobre sulfato de cobre de -1.014 V.

Potencial natural de 0.301 V.

Donde:

$$I_{req} = \frac{I_{prba}(P_d - P_n)}{P_o - P_n}$$

I_{prba} = Corriente de prueba

P_d = Potencial deseado

P_n = Potencial natural

P_o = Potencial obtenido

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_{req} = \frac{0.374 \times (-0.900V - 0.301V)}{(-1.014V - 0.301V)} = \frac{-0.374}{-1.315} = 0.341$$

$$I_{req} = 0.341A$$

Resistencia de un ánodo en posición vertical con relleno:

$$R_v = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{8L}{D} \right) - 1 \right]$$

Donde:

R_v = Resistencia de un ánodo vertical a tierra en Ω .

ρ = Resistividad del suelo o material de relleno en Ω -cm.

L = Longitud del ánodo, en cm.

D = Diámetro del ánodo en cm.

Sustituyendo valores tenemos:

2.8.5 Resistencia de ánodo-cable 6 m cal. 12 AWG

$$R = 5.32\Omega/1000\text{ m}$$

$$R = 0.00532\ \Omega$$

$$R_{ca} = 6\text{ m}(0.00532)$$

$$R_{ca} = 0.032\Omega$$

$$R_T = 6.017\Omega + 0.032\Omega$$

$$R_T = 6.05\ \Omega$$

Donde:

R_T = Suma de resistencias del ánodo al suelo y del cable.

2.8.6 Corriente de salida de un ánodo:

$$I_a = \frac{E_c - E_a}{R_T}$$

Donde:

I_a = Entrega de corriente del ánodo.

E_c = Potencial mínimo de protección en V.

E_a = Potencial del ánodo a circuito abierto en V.

R_T = Resistencia del ánodo en Ω .

Sustituyendo valores tenemos:

$$I_a = \frac{-1\text{v} - (-1.7\text{v})}{6.05\ \Omega}$$

$$I_a = 0.116\text{ A}$$

Número de ánodos requeridos de acuerdo al requerimiento de corriente:

$$N = \frac{I_i}{I_A}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$N = \frac{0.341 A}{0.116A}$$

$$N = 2.93$$

$$\approx 3 \text{ ANODOS}$$

Se colocarán 3 ánodos de magnesio de alto potencial de 32 lb, con una separación de 1,5 metros entre sí y 3.00 metros separado del ducto.

2.8.8 Vida útil del ánodo:

$$V = C \times P \times R \times \frac{U}{I_a}$$

Donde:

C= Capacidad de corriente en A-año/kg

P= Peso del ánodo en kg.

R= Rendimiento en porcentaje.

U= Factor de Utilización.

I_a = Entrega de corriente del ánodo, en A.

Sustituyendo valores tenemos:

$$V = (0.251 A - \text{año/kg})(14.5 kg)(0.50) \left(\frac{0.85}{0.116 A} \right)$$

$$V = 13.3 \text{ Años}$$

Diagrama de poste de toma de potenciales

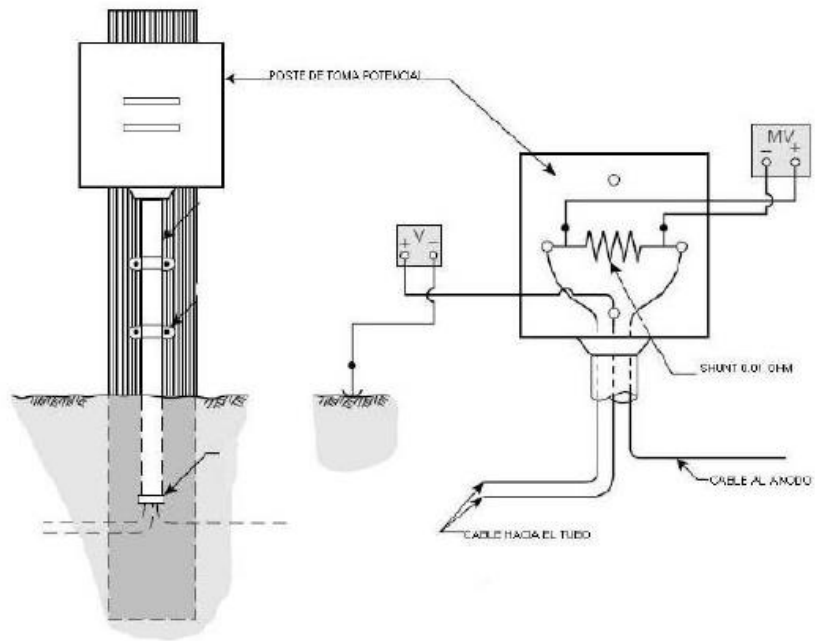
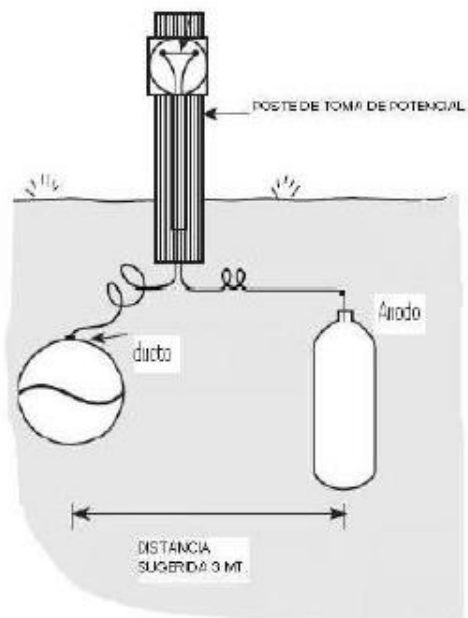


Diagrama de colocación de ánodo de sacrificio.



3.3.4 Memoria de diseño (Planos en AutoCAD)

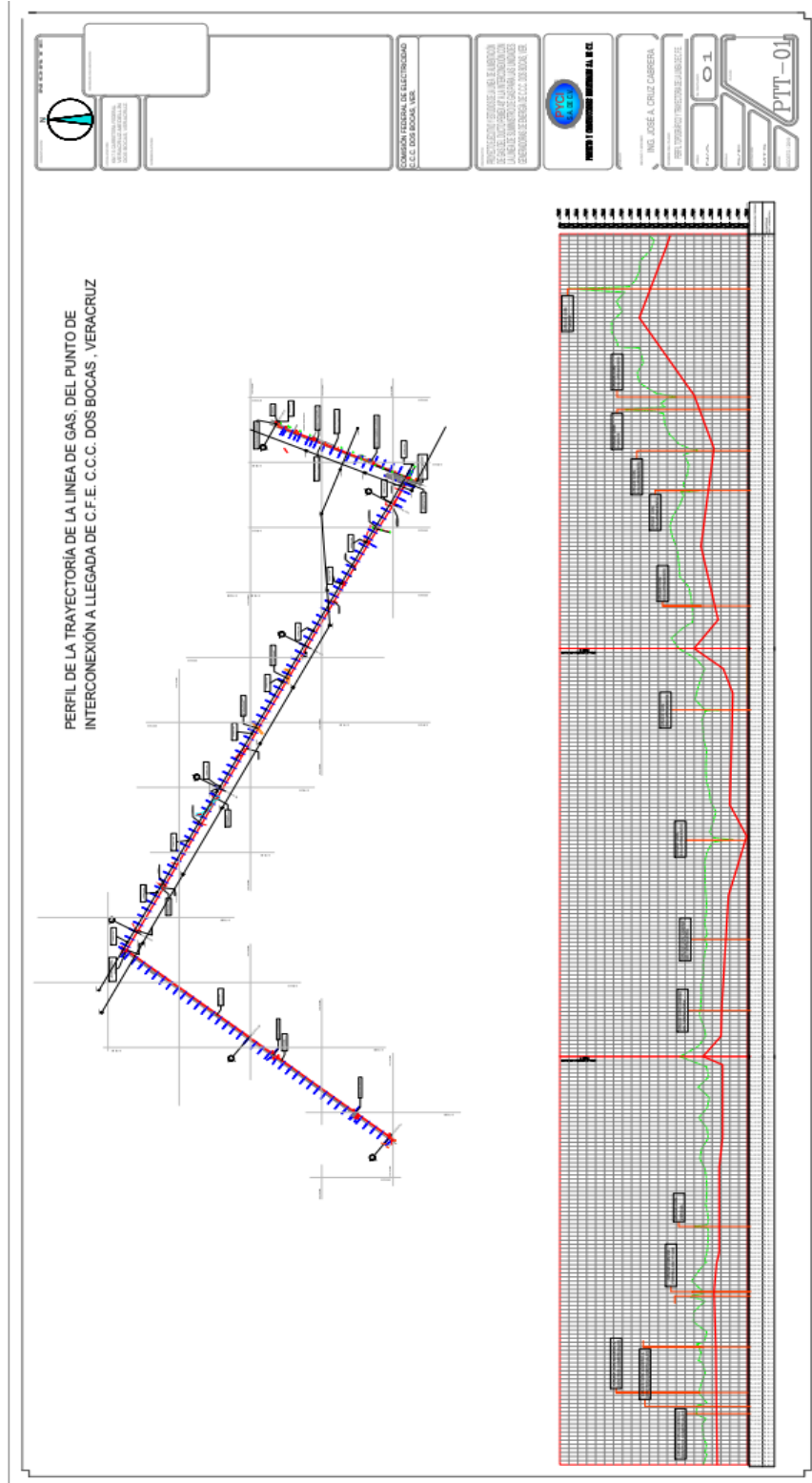


Ilustración 21 RECORRIDO DE LA LINEA CFE

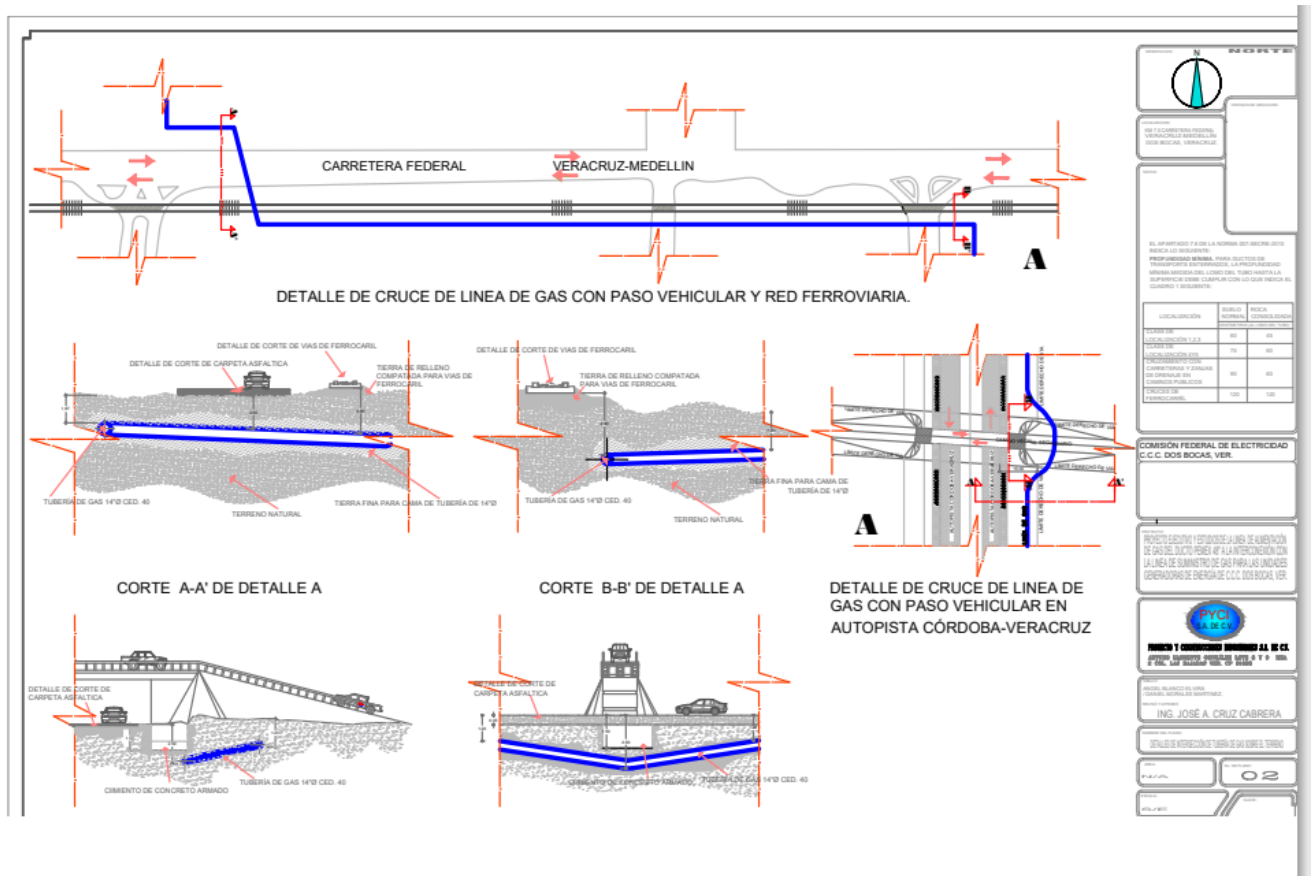


Ilustración 22 SECCIONAMIENTO DE PASO DE TUBERIA 1



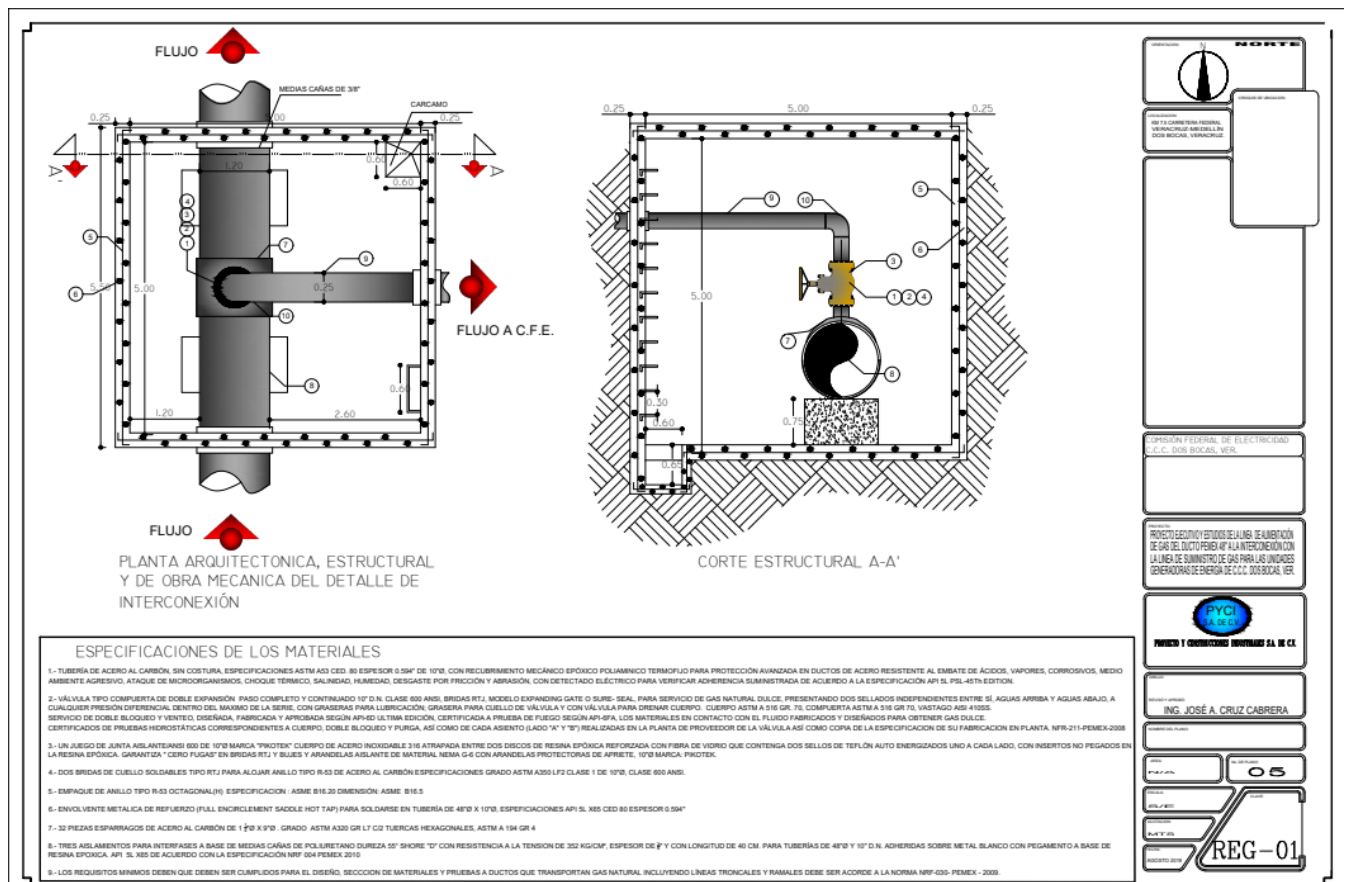


Ilustración 25 PLANO DE DETALLE DE INTERCONEXIONES EN REGISTRO

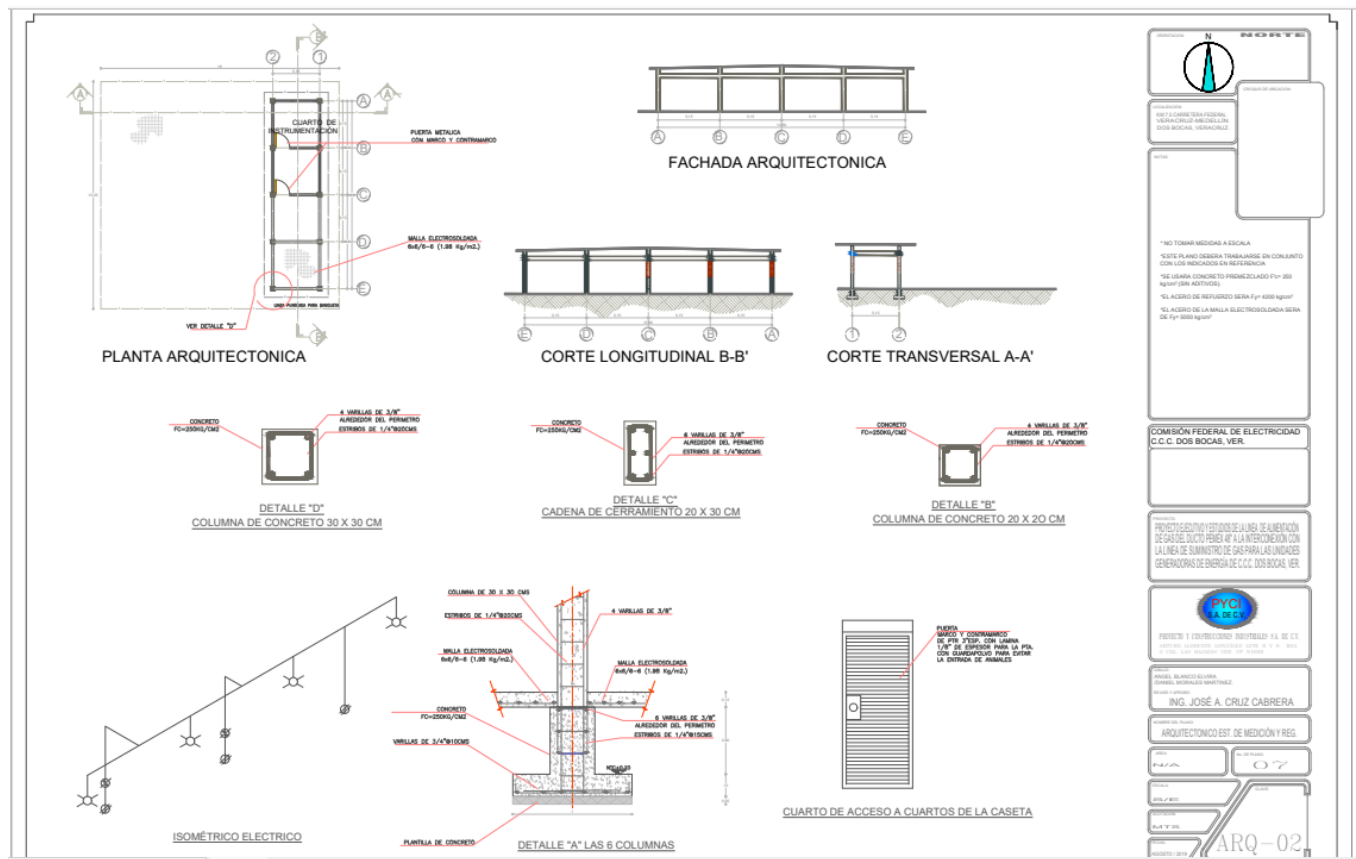
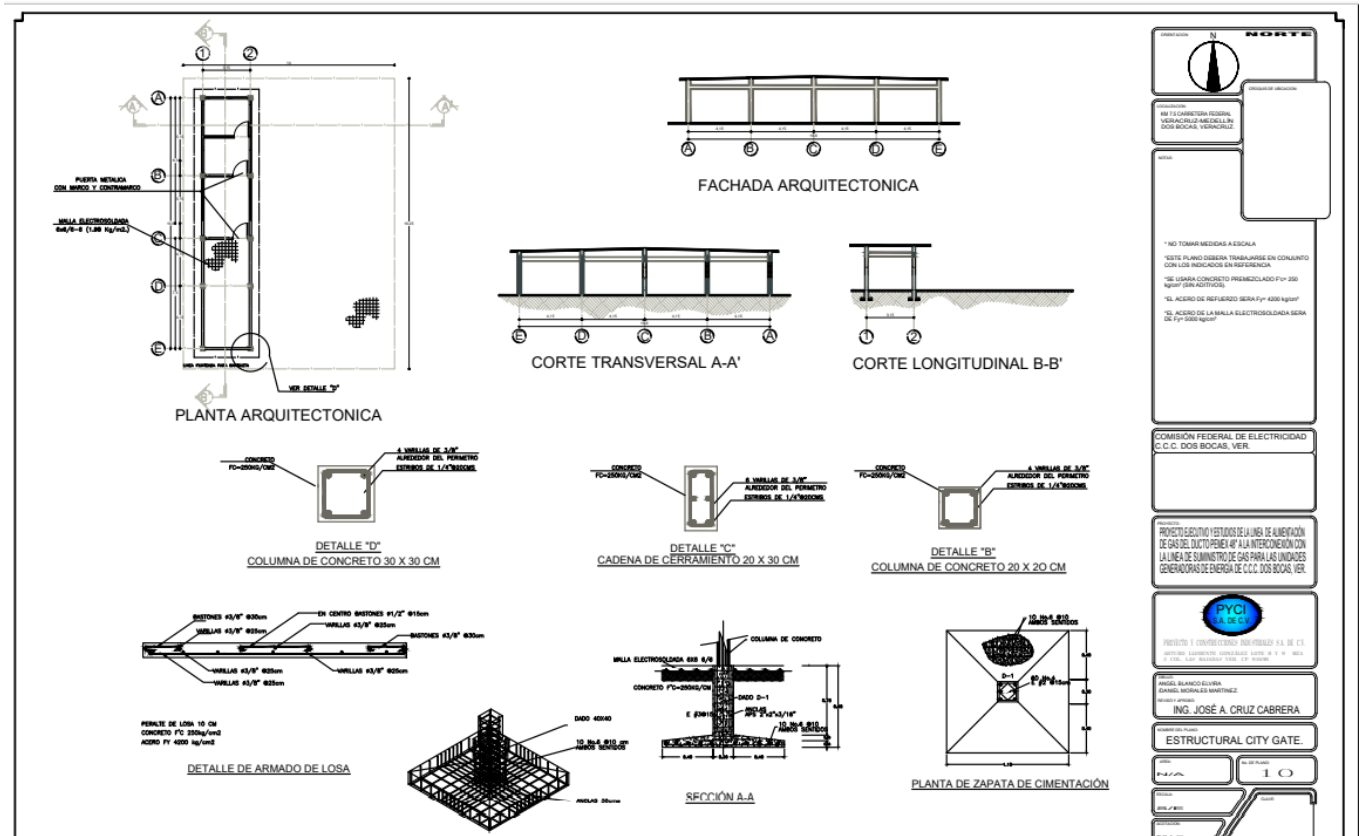


Ilustración 27 PLANO ARQUITECTONICO DE CASETA DE GAS CITY GATE Y ESTACION Y MEDICION 2





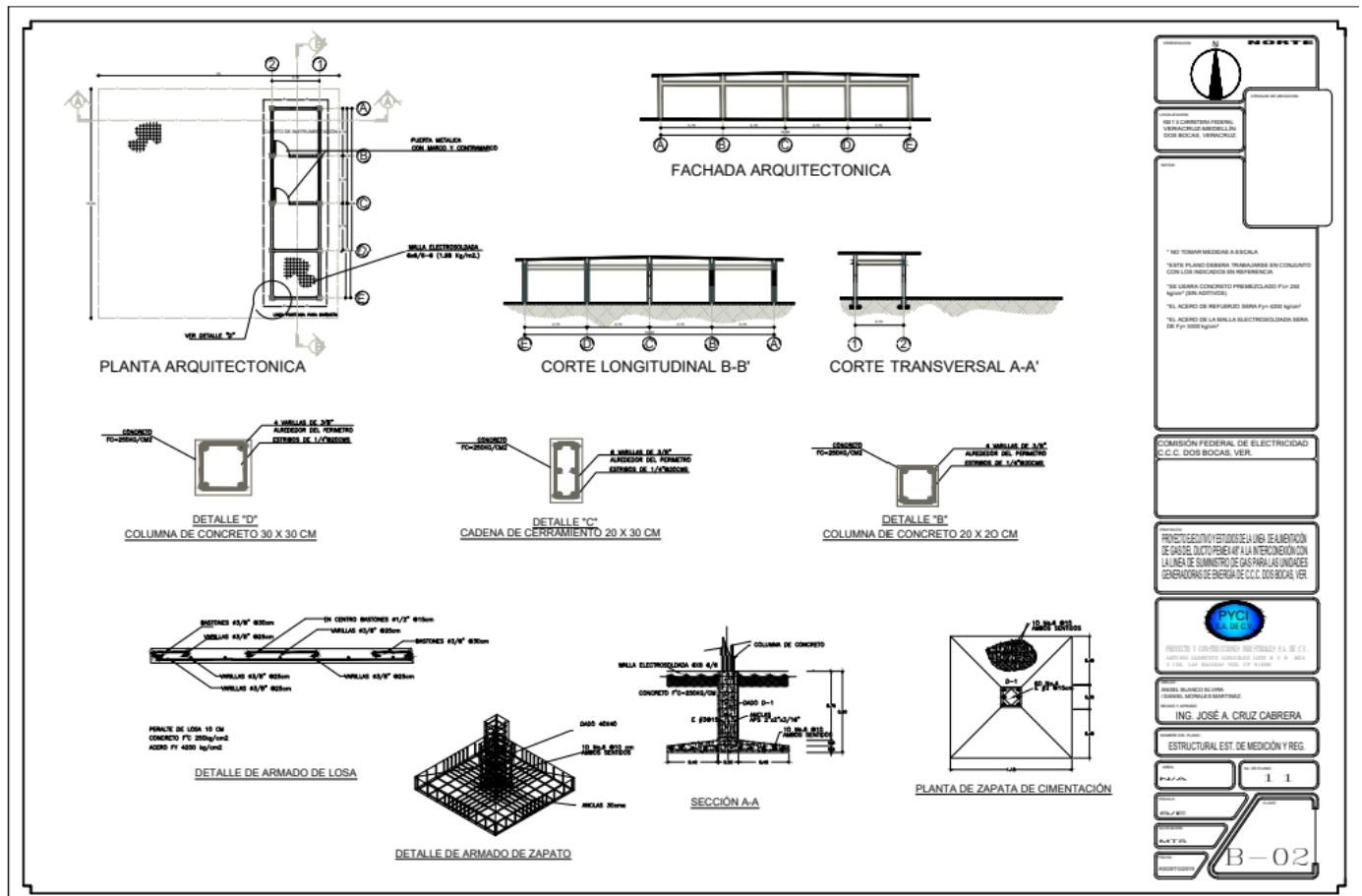


Ilustración 31 PLANO ESTRUCTURAL CITY GATE Y EMR 2

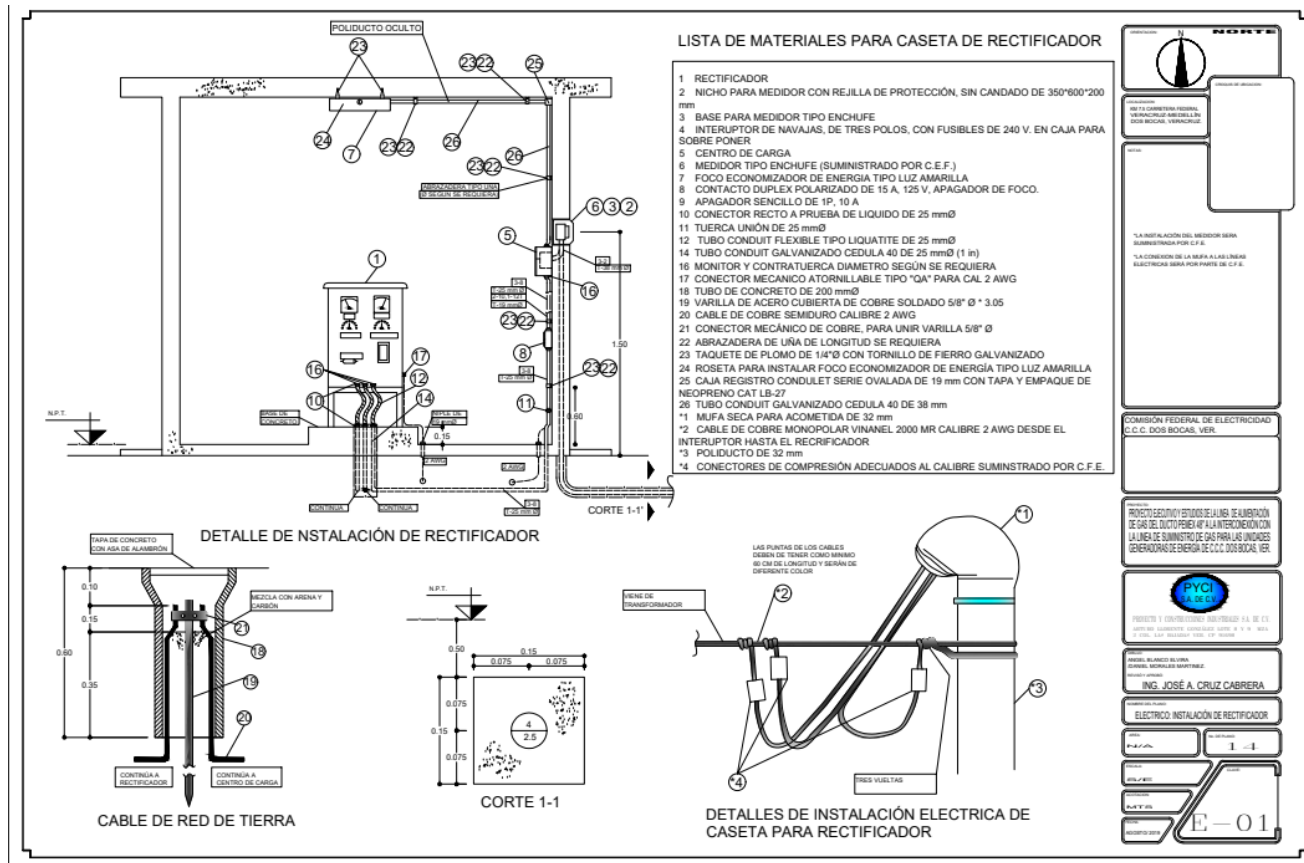


Ilustración 34 ELECTRICO INSTALACION DEL RECTIFICADOR

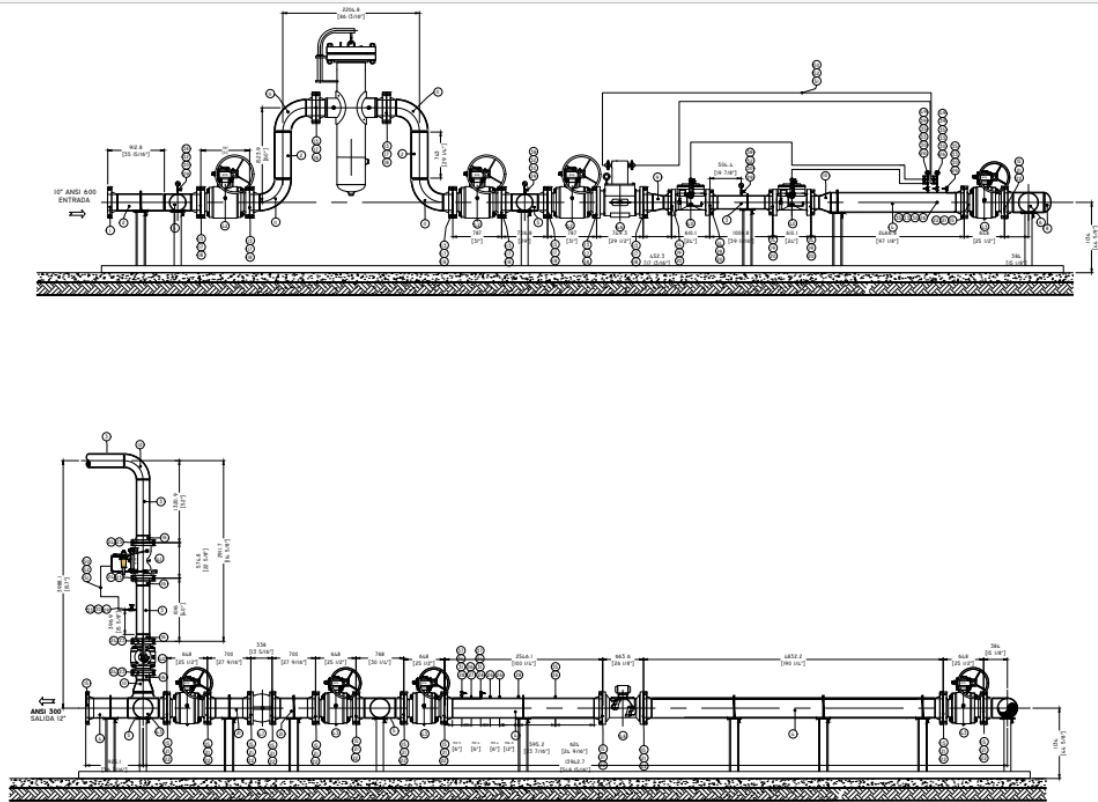


Ilustración 37 PLANO DE OBRA MECANICA DE CITY GATE Y EMR



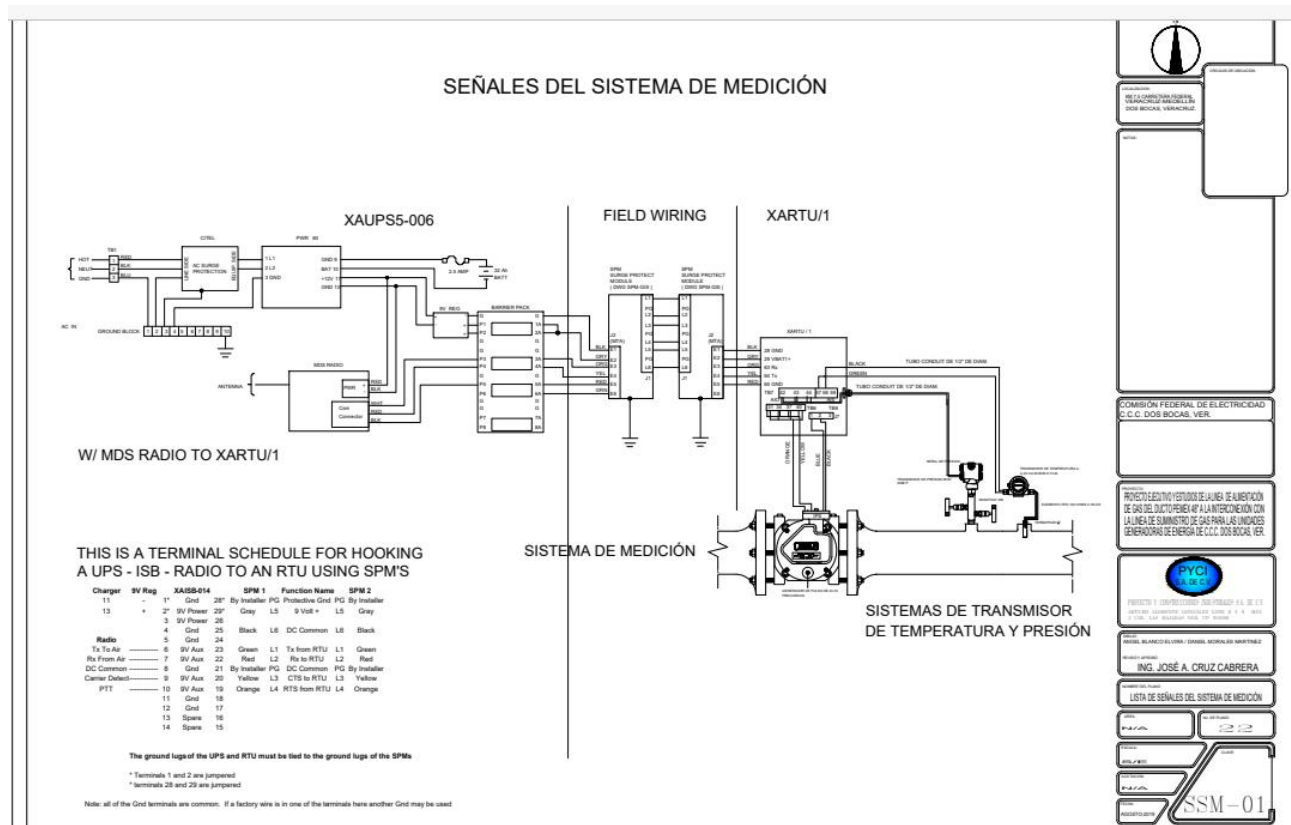


Ilustración 41 CABLEADO DE SISTEMA DE MEDICION

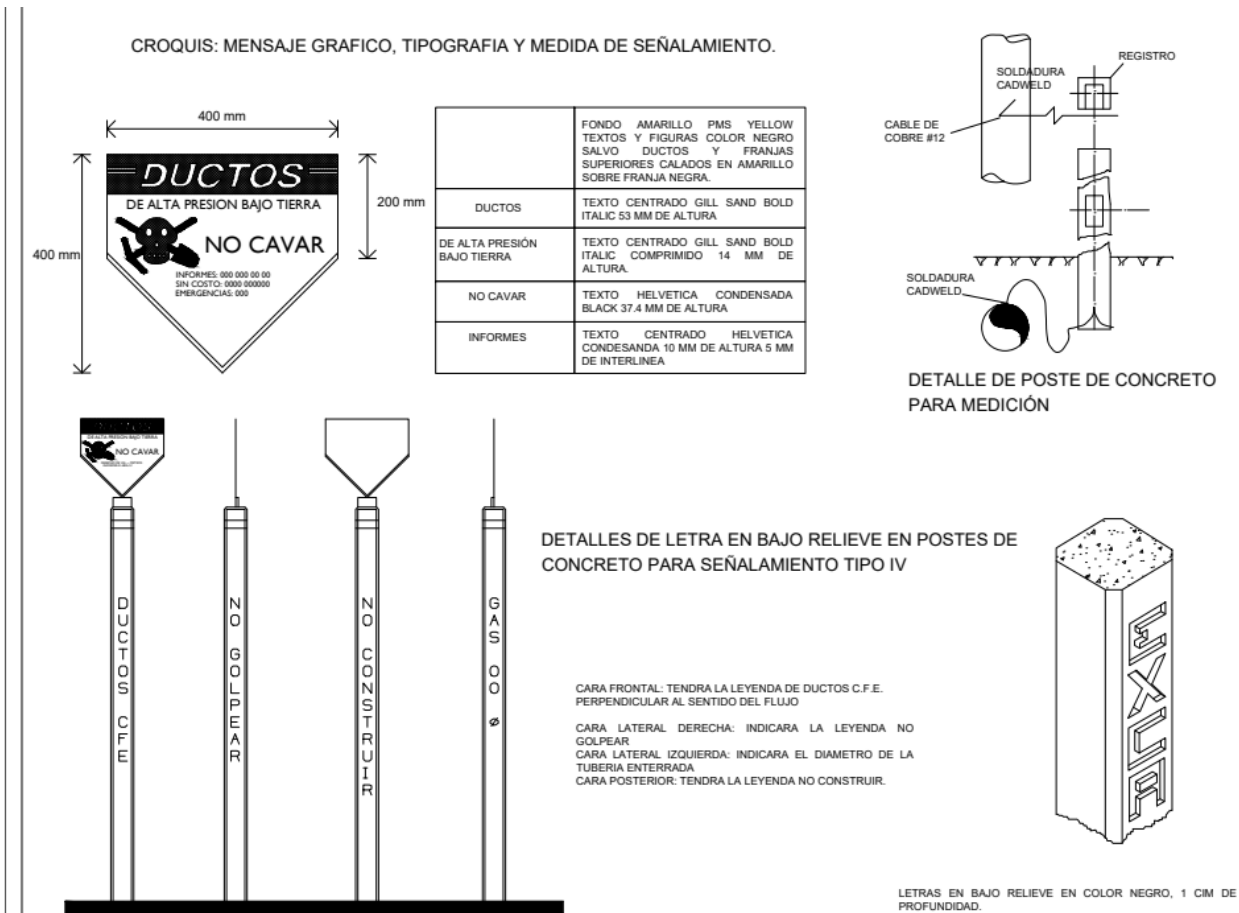


Ilustración 42 PLANO DE COLOCACION DE POSTE Y ANODO DE PROTECCION

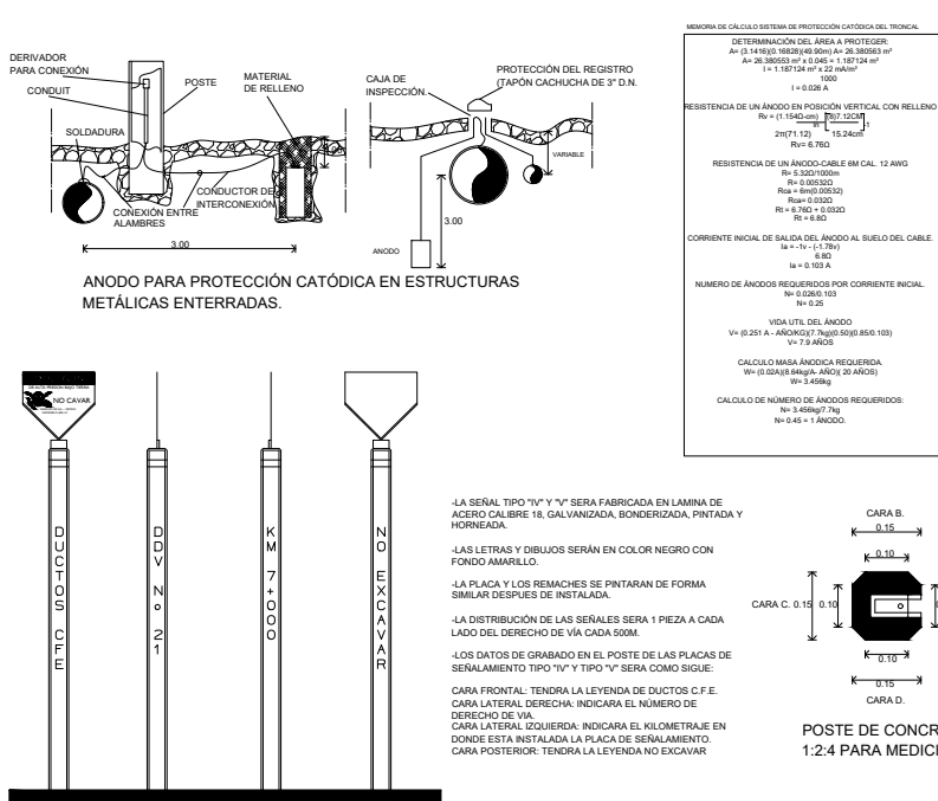


Ilustración 43 PLANO DE COLOCACION DE POSTE Y ANODO DE PROTECCION 2

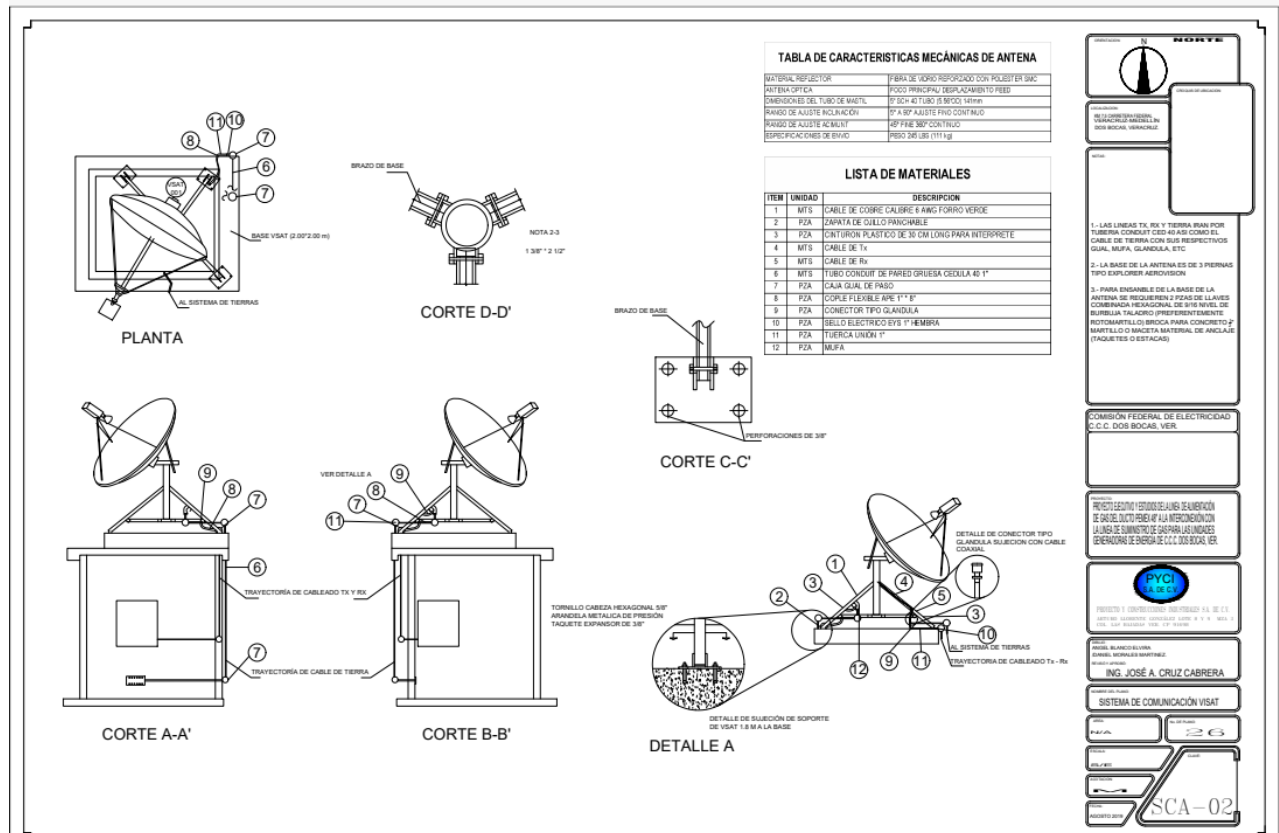


Ilustración 45 PLANO DE DETALLE SCADA 2

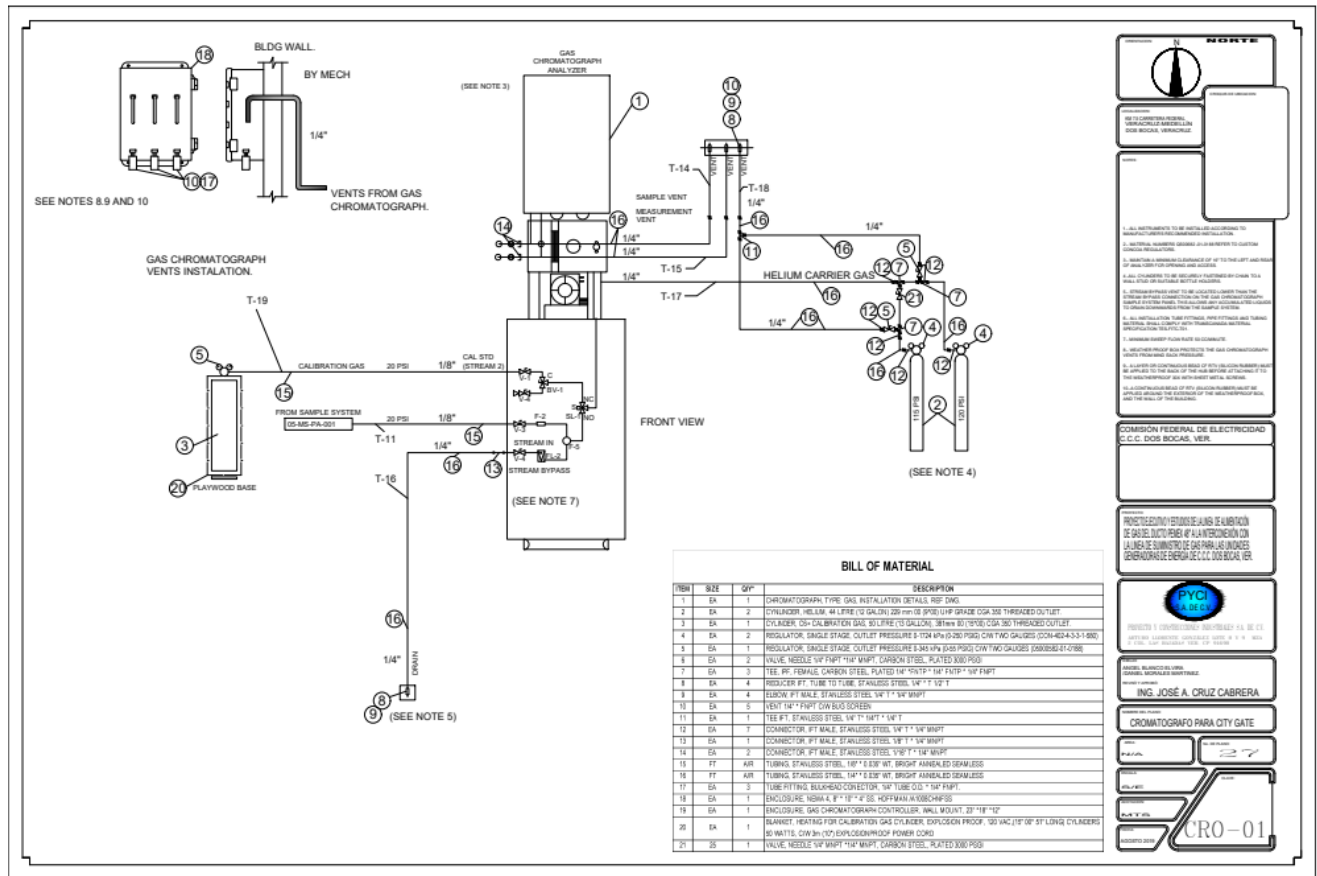


Ilustración 46 PLANO DE DETALLE DE CROMATOGRAFO

Conclusión

Debido a la masificación del uso de gas natural como fluido combustible a nivel nacional es una buena oportunidad para promover la venta de este tipo de soluciones, como lo son las estaciones de regulación y medición; esto en apoyo de las empresas distribuidoras o directamente de las empresas transportadoras.

- Para el desarrollo de esta metodología, así como para el diseño de este tipo de soluciones es indispensable entender cada uno de los procesos involucrados (operaciones unitarias), para así asegurar una operación estable y limpia, tanto en la ERM como en los usuarios finales. Así mismo, de esta forma se asegura la implementación de la mejor solución.
- Es necesario conocer cada equipo involucrado en la estación con la finalidad de seleccionar la mejor solución y la mejor tecnología. Esta consideración es vital en el momento de la selección del medidor debido a que esta etapa es la que determinará los volúmenes suministrados y la cantidad de gas a facturar.
- El trabajo cercano con los diferentes proveedores ayudará eficientemente en la emisión de las hojas de datos para el dimensionamiento y selección de los diferentes equipos, así como para el proceso de compra; a su vez es información a consolidar en el dossier de entrega.

Competencias desarrolladas y/o aplicadas.

Para que este Proyecto se llevara a cabo, el Ing. Mecánico tuvo que aplicar sus conocimientos que durante toda su carrera cursó, la razón de ello es que esta ingeniería tiene como objetivo formar un profesional multidisciplinario capacitado para realizar las siguientes funciones: Diseñar, simular, construir, instalar, mejorar, operar, controlar, mantener, reparar y dirigir con criterios de excelencia instalaciones, plantas, sistemas, equipos y dispositivos de funcionamiento mecánico tales como máquinas herramientas, motores, vehículos, sistemas de transporte de materiales, instalaciones de climatización y ventilación e instalaciones y equipos para transformación y utilización de la energía..

A lo largo de la Residencia Profesional se aplicaron algunas asignaturas del plan de estudio y que sobre todo ayudaron a la finalización del proyecto.

Bibliografía y referencias virtuales.

Protocolo operativo de medición. Propuesta para la actualización del RUT en materia de medición. Comité técnico 2014. CON-Gas. p 8

PEREZ Martha Ilce y CALDERÓN Zuly. Orientaciones prácticas para la elaboración exitosa de trabajos de grado en ingeniería, Primera Edición, Bucaramanga: División de publicaciones UIS, Agosto de 2011. 191 pág.

REGLAMENTO ÚNICO DE TRANSPORTE. Resolución CREG 071 de 1999. Página 27. Disponible en línea <http://cnogas.org.co>

ORTIZ, Juan Manuel. Diseño y operación de sistemas de medición de gas. Publicaciones Universidad Industrial de Santander, 2013.

Presentación encuentro de ingeniería interuniversitario [En línea]. Disponible en web <http://www.portaldeingenieria.com/>

Protocolo operativo de medición. Propuesta para la actualización del RUT en materia de medición. Comité técnico 2014. CON-Gas. p 15

Fontaine, Ernesto R. Evaluación Social de Proyectos. México, Ed. Pearson, 13.ª ed., 2008

Medidores tipo turbina. Tomado de página de internet http://www.promigas.com/wps/wcm/connect/web_content/Promigas_old/Boletin/Manual+del+transportador/Procedimientos+operacionales/Procedimientos+de+medici_oacute_n/Medidores+tipo+turbina

CORTES, Cesar. “Parámetros de diseño para estaciones de recibo y entrega de gas natural”. Monografía de especialización en Ingeniería del gas. Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga 2005.

Filtración del procesamiento del gas [En línea]. Disponible en web http://solutions.3m.com.mx/wps/portal/3M/es_MX/Oil-Gas_LA/3M-Oil-and-Gas/oil-and-gasSolutions/downstream-refining/downstream-oil-refining/downstream-natural-gas-processing

Anexos

Se anexan los planos para una mejor visualización.



1.- RECORRIDO DE
LA LINEA CFE-Model



2.-
SECCIONAMIENTO L



2.-
SECCIONAMIENTO L



3.-PLANO DE
DIAGRAMA DE CON.



4.- PLANO DE
DETALLE DE INTERC



5.- PLANOS
ARQUITECTONICOS



5.- PLANOS
ARQUITECTONICOS



5.- PLANOS
ARQUITECTONICOS



5.- PLANOS
ARQUITECTONICOS



6.- PLANOS
ESTRUCTURALES CIT



6.- PLANOS
ESTRUCTURALES CIT



6.- PLANOS
ESTRUCTURALES CIT



6.- PLANOS
ESTRUCTURALES CIT



7.- ELECTRICO
INSTALACION DEL R



8.- DIAGRAMA DE
TUBERIA E INSTRUM



8.- DIAGRAMA DE
TUBERIA E INSTRUM



9.- PLANO DE OBRA
MECANICA DE CITYC



10.- PLANO OBRA
MECANICA TRAMPA



10.- PLANO OBRA
MECANICA TRAMPA



11.- COLACIÓN DE
MANOMETROS-Moc



12.- CABLEADO DE
SISTEMA DE MEDICI



13.- plano de
colocación de poste



13.- plano de
colocación de poste



14.- PLANOS DE
DETALLE SCADA CFE



14.- PLANOS DE
DETALLE SCADA CFE



15.- PLANO DE
DETALLE DE CROMA