

ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA
PLANTA GENERADORA DE NITRÓGENO DE LA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA

CLARA INÉS VÉLEZ ÁGAMEZ

JORGE DUARTE ANTOLÍNEZ



UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2010

ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA
PLANTA GENERADORA DE NITRÓGENO DE LA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA

CLARA INÉS VÉLEZ ÁGAMEZ

JORGE DUARTE ANTOLÍNEZ

MONOGRAFÍA DE GRADO

JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA
DIRECTOR

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2010

Nota de Aceptación

Firma de Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, 17 de abril de 2010

A DIOS, por todas las bendiciones.

A Mario, mi padre, a quien le debo todo lo que soy.

A Mario Alejandro, la luz de mis ojos y mi alegría.

A mis amigos, por su compañía, apoyo, y ternura.

A mi amor, quien me dio el impulso y la fortaleza para asumir este reto.

Clara Inés

A DIOS todopoderoso, a quien debo todo lo que soy.

A Ilse, mi madre, artífice de mis éxitos.

A la memoria de mi padre Rodolfo (Q.E.P.D.) por forjar mi espíritu.

A Sandra, mi esposa, ayuda y soporte en los momentos críticos, amor y comprensión todos los días.

A mis hijos Jorge Andrés y María José que con su inocencia y alegría nos permiten creer en un mejor mañana.

Jorge

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Raúl Restrepo Agudelo, coordinador de la especialización, por su valiosa orientación y respaldo durante el transcurso de la misma.

Al ingeniero Juan Carlos Mantilla Saavedra, director de la presente monografía, por su confianza, colaboración y valiosos aportes para su normal desarrollo.

A los señores encargados de la operación de la planta de Etileno II de la refinería de Barrancabermeja por su colaboración desinteresada y orientación durante cada una de las visitas que se programaron a dicha planta.

A todos los docentes de la Universidad Pontificia Bolivariana por sus enseñanzas, orientaciones y sabios consejos durante el desarrollo de la especialización.

Al monitor Álvaro Javier y a todos los compañeros y compañeras de la segunda cohorte de la especialización en Control e Instrumentación Industrial, por su colaboración, críticas y consejos oportunos que fueron de gran ayuda durante el transcurso de la misma.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. FASE DE ESTUDIO	22
1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	22
1.2. ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO	22
1.3. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LA PLANTA	23
1.3.1. Capacidad total	23
1.3.2. Producción de nitrógeno gaseoso	23
1.3.3. Producción de nitrógeno líquido	23
1.3.4. Producción simultánea de nitrógeno líquido y gaseoso	23
1.3.5. Capacidad de almacenamiento	23
1.4. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	24
1.4.1. Presión	24
1.4.2. Temperatura	24
1.4.3. Composición química	24
1.5. TECNOLOGÍAS DE SEPARACIÓN DE NITRÓGENO	24
1.5.1. Tecnología de membrana	25
1.5.2. Tecnología <i>PSA [Pressure Swing Adsorption]</i>	25
1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	26
1.6.1. Compresión	27

1.6.2. Filtración	28
1.6.3. Intercambiadores de calor	29
1.6.4. Destilación y producción final	29
2. ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA E INSTRUMENTACIÓN DEL PROCESO	
2.1. IDIOMA	30
2.2. SISTEMA DE MEDIDAS	30
2.3. CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y NORMAS APLICABLES	30
2.4. CRITERIOS DE DISEÑO	31
2.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	32
2.6. ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS	32
2.7. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA Y TIPOS DE SEÑAL	32
2.8. TRANSMISORES	33
2.9. ESCALAS DE INDICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS	34
2.10. ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN EXISTENTE	34
2.11. ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN PROPUESTA	36
2.12. LAZOS DE CONTROL A INTERVENIR	37
2.12.1. Identificación del instrumento	37
2.12.2. Simbología	37
2.13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	42
2.14. PRESUPUESTO	43
3. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO	44
CONCLUSIONES	46

RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	51

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición del aire	24
Tabla 2. Tecnologías en transmisores	33
Tabla 3. Escalas de indicación de la instrumentación	34
Tabla 4. Controladores / indicadores neumáticos	34
Tabla 5. Transmisores neumáticos y posicionadores para válvulas	35
Tabla 6. Simbología utilizada	37
Tabla 7. Cronograma de actividades	42
Tabla 8. Presupuesto	43

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de la planta	22
Figura 2. Vista general de la planta generadora de nitrógeno	23
Figura 3. Tecnología de membrana para separación de nitrógeno	25
Figura 4. Tecnología <i>PSA</i> para separación de nitrógeno	25
Figura 5. Diagrama de bloques del proceso	26
Figura 6. Área de compresores	27
Figura 7. Compresor de aire C-4105	27
Figura 8. Adsorbedores AD-4101A y AD4101B	28
Figura 9. Resistencia de regeneración X-4178	28
Figura 10. Caja fría X-4183	29
Figura 11. Reemplazo de transmisores de presión manométrica	36
Figura 12. Reemplazo de transmisores de presión diferencial	36
Figura 13. <i>P&ID</i> PIC-41613 -- FI-41603	38
Figura 14. <i>P&ID</i> FIC-41607	38
Figura 15. <i>P&ID</i> PIC-41621, PIC-41622, PIC-41623, PIC-41624	39
Figura 16. <i>P&ID</i> HIC-41602 -- HIC-41602	40
Figura 17. <i>P&ID</i> LIC-41601A, LIC-41601B	40
Figura 18. <i>P&ID</i> LI-41604 -- PDI-41634	41

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Identificación de instrumentos y simbología de planos según norma ISA 5.1.	52
Anexo 2. Tabla para selección de transmisor de presión manométrica marca foxboro modelo IGP10	58
Anexo 3. <i>Datasheet</i> de transmisor de presión manométrica marca Foxboro modelo IGP10	61
Anexo 4. Tabla para selección de transmisor de presión diferencial marca Foxboro modelo IDP10	64
Anexo 5. <i>Datasheet</i> de transmisor de presión diferencial marca Foxboro modelo IDP10	67
Anexo 6. <i>Datasheet</i> de posicionador electrónico para válvulas, marca Yamatake / Optimux modelo HPP 3000	70
Anexo 7. <i>P&ID</i> planta generadora de nitrógeno de la refinería de Barrancabermeja	74

GLOSARIO

ADSORBEDORES: Se define a los adsorbedores como equipos donde se realiza la captación de gases o vapores, contaminantes o reutilizables, mediante su adsorción física o separación en la interface de un sólido con determinadas propiedades, que lo caracterizan por ello como material adsorbente.

ADSORCIÓN: Es un proceso por el cual átomos, iones o moléculas son atrapadas o retenidas en la superficie de un material. Se diferencia de la absorción en que este es un proceso físico o químico en el cual átomos, moléculas o iones pasan de una primera fase a otra incorporándose al volumen de la segunda fase.

AFTERCOOLER: Es un intercambiador de calor aire/aire o un radiador aire/aire, está ubicado después del turbo. Según el concepto sólo se justificaría el término *aftercooler* cuando hablamos de compresores con turbos de descarga secuencial (no paralelos) con dos intercambiadores, entonces el primer "*cooler*" montado para enfriar el aire del primer turbo sería el *intercooler* [también cuando haya sólo un turbo y un enfriador], y el segundo "*cooler*" montado después del segundo turbo sería el *aftercooler*. Está localizado a la salida del compresor, reduce el calor producido por compresión y fricción de la carga de aire.

CAJA FRÍA: Equipo conformado por una serie de intercambiadores de calor ubicados en su interior y aislados térmicamente del exterior por medio de un material de relleno llamado perlita, con el objetivo de que los cambios de temperatura en el ambiente no afecten la temperatura del proceso en su interior.

COMPRESOR DE AIRE: Máquina para producir aire comprimido, con una presión mayor a la atmosférica, mediante la elevación de la presión del aire hasta el valor de trabajo deseado. El aire comprimido pasa de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

CRIOGENIA: Es el conjunto de técnicas utilizadas para enfriar un material a la temperatura de ebullición del nitrógeno o a temperaturas aún más bajas. La temperatura de ebullición del nitrógeno, es decir 77.36 °K (-195.79 °C) se alcanza sumergiendo a una muestra en nitrógeno líquido. El uso de helio líquido en lugar de nitrógeno permite alcanzar la temperatura de ebullición de éste, que es de 4.22 °K (-268.93 °C).

DCS [*DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM*]: Un Sistema de Control Distribuido, es un sistema de control concebido para adquirir grandes volúmenes de información, permitir su tratamiento en centros de supervisión y mando y la

actuación en tiempo real sobre el proceso a controlar. Dicho sistema recibe información de las variables del proceso tales como presión, flujo, nivel, temperatura por medio de equipos de medición instalados en campo, las procesa y genera señales de mando a actuadores, de manera que el proceso se desarrolle automáticamente según las directrices de optimización elegidas. Así mismo, almacena información recibida desde la planta y la presenta en un formato fácilmente comprensible.

DECARBONATACIÓN: Proceso mediante el cual se elimina el dióxido de carbono de cualquier solución, sustancia, etc.

INTERCAMBIADORES DE CALOR: Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor de un fluido a otro, sea que estos estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

Nm³/hr.: Metros cúbicos normales hora. Unidad de medición de caudal en el Sistema Inglés.

LICUEFACCIÓN [GASES]: O licuación, es el cambio de estado que ocurre cuando una sustancia pasa del estado gaseoso al líquido, por acción de la temperatura y el aumento de presión, llegando a una sobrepresión elevada.

LICUEFACTOR: Un licuefactor es un dispositivo diseñado para lograr un cambio de fase de una sustancia al estado líquido; generalmente se emplea cuando se produce el paso del estado gaseoso al líquido, conseguido elevando la presión y bajando la temperatura.

PERLITA: La perlita es un vidrio volcánico amorfo que tiene un contenido de agua relativamente alto. Es un mineral que aparece en la naturaleza, y tiene la propiedad poco común de expandirse muchísimo cuando se la calienta lo suficiente. Debido a su baja densidad y precio relativamente bajo, han aparecido muchas aplicaciones comerciales de la perlita; entre ellas son de nuestro interés el aislamiento térmico y aislamiento criogénico.

PSA [*PRESSURE SWING ADSORPTION*]: Tecnología utilizada para separar el nitrógeno del aire.

PUNTO DE ROCÍO [*DEW POINT*]. El punto de rocío o temperatura de rocío es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el

aire, produciendo rocío, neblina o, en caso de que la temperatura sea lo suficientemente baja, escarcha.

TAMIZ MOLECULAR [MOLECULAR SIEVE]: Un tamiz molecular es un material que contiene poros pequeños de un tamaño preciso y uniforme que se usa como agente adsorbente para gases y líquidos. Las moléculas que son lo suficientemente pequeñas para pasar a través de los poros son adsorbidas, mientras que las moléculas mayores no. A diferencia de un filtro, el proceso opera a nivel molecular.

TEMPORIZADOR [TIMER]: El temporizador (*timer*) como se use el término en electrónica, es un circuito electrónico, que una vez activado, produce un pulso de salida por un periodo predeterminado de tiempo y luego se apaga.

TURBINA: Una turbina de vapor es una turbomáquina motora, que transforma la energía de un flujo de vapor en energía mecánica a través de un intercambio de cantidad de movimiento entre el fluido de trabajo (entiéndase el vapor) y el eje, órgano principal de la turbina, que cuenta con palas o álabes los cuales tienen una forma particular para poder realizar el intercambio energético. En la turbina se transforma la energía interna del vapor en energía mecánica que, típicamente, es aprovechada por un generador para producir electricidad. En una turbina se pueden distinguir dos partes, el rotor y el estator. El rotor está formado por ruedas de álabes unidas al eje y que constituyen la parte móvil de la turbina. El estator también está formado por álabes, no unidos al eje sino a la carcasa de la turbina.

TURBOEXPANSORES: Los turboexpansores son turbo máquinas destinadas a disminuir la presión y la temperatura de los gases, aumentando su volumen para así poder licuarlos o condensarlos, aprovechando el trabajo producido para generar potencia. También se define como una máquina rotativa que trabaja sobre cojinetes de gas. Se usa para enfriar el aire y poder licuarlo a temperaturas muy bajas.

TURBOMÁQUINA: Una turbomáquina es una máquina cuyo elemento principal es un rotor a través del cual pasa un fluido de forma continua, cambiando éste su cantidad de movimiento por acción de la máquina, dándose así una transferencia de energía entre la máquina y el fluido, la cual puede ser en sentido máquina-fluido o fluido-máquina.

SCFM: Pies cúbicos estándar por minuto. Unidad de medición de caudal en el Sistema Métrico.

ZEOLITA: Las zeolitas son una familia de minerales aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos, que al deshidratarse desarrollan, en el cristal ideal, una estructura porosa con diámetros de poro mínimos de 3 a 10 angstroms.

Las zeolitas, debido a sus poros altamente cristalinos, se consideran un tamiz molecular, pues sus cavidades son de dimensiones moleculares, de modo que si un gas o un líquido están compuestos por dos tipos de moléculas, unas más grandes que las otras, y si disponemos de una zeolita cuyos poros o ventanas tengan un tamaño intermedio entre las moléculas pequeñas y las grandes, sólo las primeras entrarán en la zeolita, mientras que las segundas seguirán su camino. Así se habrán separado un componente de otro: la zeolita actúa como un tamiz de moléculas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar la ingeniería de básica para la actualización tecnológica de la planta productora de nitrógeno de la refinería de Barrancabermeja.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información técnica necesaria para conocer el detalle del proceso químico y operativo de la planta.
- Proponer la nueva instrumentación a ser instalada para lograr la operabilidad rentable de la planta y confiabilidad en el suministro de nitrógeno.
- Documentar la ingeniería básica del proyecto.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA PLANTA
GENERADORA DE NITRÓGENO DE LA REFINERÍA DE
BARRANCABERMEJA.

AUTORES: CLARA INÉS VÉLEZ ÁGAMEZ
JORGE DUARTE ANTOLÍNEZ

FACULTAD: ESP. EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

DIRECTOR: IE. JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

RESUMEN

La planta de nitrógeno se encuentra fuera de servicio aproximadamente hace 10 años, debido a un evento de falla en una turbina turboexpansora que no fue atendido oportunamente, recurriendo a comprar a empresas externas el nitrógeno. Con el paso del tiempo se deterioró la instrumentación asociada a la planta y se hizo inviable la recuperación tecnológica.

En la actualidad el costo por compra de nitrógeno ha superado los márgenes calculados, por lo cual se ha considerado nuevamente la recuperación y puesta en servicio de la planta.

La presente propuesta desarrollará un documento con los entregables de la ingeniería básica de la implementación de una actualización tecnológica de la planta generadora de nitrógeno de la U-4100 de la refinería de Ecopetrol. Dentro de dicha ingeniería se encuentra la descripción y caracterización del proceso, el estado de la instrumentación actual, el diseño y selección de la instrumentación, sistema de control y sistema SCADA de la planta, presentando la evaluación de viabilidad técnica y económica del proyecto.

ABSTRACT OF THE THESIS PROJECT

TITLE: TECHNOLOGICAL UPGRADE OF THE NITROGEN GENERATING PLANT IN THE REFINERY OF BARRANCABERMEJA.

***AUTHORS: CLARA INÉS VÉLEZ ÁGAMEZ
JORGE DUARTE ANTOLÍNEZ***

FACULTY: SP. CONTROL AND INDUSTRIAL AUTOMATION

DIRECTOR: SE. JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

ABSTRACT

The nitrogen plant has been outside of service approximately for the last 10 years, due to a flaw event in a turboexpansor turbine that was not assisted appropriately, appealing to buy the nitrogen to external companies. With the pass of the time, the instrumentation associated to the plant was deteriorated and the technological recovery is not possible.

Nowadays, the cost for nitrogen purchase has overcome the calculated margins; for this reason it has been considered the recovery and setting again in service of the plant.

The present proposal will develop a document with the deliverable basic engineering for the implementation of a technological upgrade of the nitrogen generating plant in the U-4100 of the refinery of Ecopetrol. Inside this document you will find is the description and characterization of the process, the state of the current instrumentation, the design and selection of the instrumentation, control system and SCADA system of the plant, presenting the evaluation of technical and economic viability for the project.

INTRODUCCIÓN

El presente informe desarrolla la metodología para el diseño de la actualización tecnológica de la planta generadora de nitrógeno de la unidad de Etileno II (U-4100) de la refinería de Barrancabermeja y tiene como fin entregar un informe que contenga las recomendaciones de ingeniería necesarias para fundamentar los cambios a realizarse en la instrumentación y así lograr la optimización de los lazos de control de los procesos en dicha planta.

En la actualidad, la tecnología propia de la instrumentación existente en la planta generadora de nitrógeno esta en un nivel inferior acorde con los nuevos estándares de la industria. No existe un sistema automatizado que maneje el proceso de generación de nitrógeno atendiendo a cada una de las variables de importancia a ser previstas para la obtención de un producto de alta pureza y bajo estándares de seguridad. El sistema actual es de tipo neumático con todas las ventajas y desventajas propias de esta tecnología y el control de la planta se hace de manera local.

Por lo anterior se propone el cambio de tecnología referente a la instrumentación de control de la planta por una tecnología que atienda a los últimos estándares que maneja la industria en la actualidad.

Con esta propuesta obtenemos grandes ventajas como son versatilidad y precisión ya que, al ser un sistema tecnológicamente mejorado, ocupa mucho menos volumen que el sistema neumático actual y por ser un sistema electrónico, sin partes móviles tiene mucha mayor confiabilidad y, adicionalmente, facilitan en gran medida las labores de mantenimiento y calibración futuras.

A grandes rasgos se trata de evaluar el estado actual de la instrumentación existente en la planta, que actualmente se encuentra fuera de servicio. Por lo anterior, las necesidades de nitrógeno deben ser cubiertas comprando a terceros este producto necesario en múltiples procesos de refinación y producción de hidrocarburos.

Esta monografía busca iniciar el proceso de recuperación de la producción de nitrógeno, lo que garantizaría el suministro de nitrógeno gaseoso y líquido para toda la refinería, reduciendo costos de insumos y con disponibilidad inmediata.

El alcance de la recomendación contempla los siguientes trabajos:

- Adecuación de nuevos sistemas de instrumentación y control.
- Selección de la instrumentación mas apropiada para cada uno de los procesos de la planta teniendo en cuenta parámetros de gran importancia como precisión, confiabilidad y seguridad.
- Estimación de los costos de las modificaciones planteadas.
- Dado que este documento es una propuesta de actualización tecnológica que recomendará el reemplazo de la instrumentación existente, no se realizarán cambios en los lazos de control; por lo tanto se respetará el plano P&ID existente.

1. FASE DE ESTUDIO

1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La planta generadora de nitrógeno hace parte de la unidad 4100, que es una planta generadora de Etileno de la refinería de Ecopetrol S.A. ubicada en el municipio de Barrancabermeja.



Figura 1. Ubicación geográfica de la planta [1]

1.2. ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO

Esta planta es una unidad en la cual la decarbonatación del aire es obtenida por medio de baterías de tamiz molecular en columnas de fraccionamiento. El frío necesario para la licuefacción del aire es generado por la expansión y vaporización del oxígeno por medio de una turbina turboexpansora.

La planta puede producir una porción de nitrógeno en forma líquida de tal manera que pueda ser almacenado para futuras demandas y puede ser producido independientemente de la demanda de nitrógeno gaseoso. [7]

1.3. CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LA PLANTA [7]

1.3.1. Capacidad total: $230 \text{ Nm}^3/\text{hr}$. [144.4 SCFM] $\pm 5\%$ de tolerancia.

1.3.2. Producción de nitrógeno gaseoso: Ajustable entre 0 y $230 \text{ Nm}^3/\text{hr}$. [144.4 SCFM]

1.3.3. Producción de nitrógeno líquido: 32 L/hr. de la caja fría al tanque $\pm 10\%$ de tolerancia menos $4 \text{ Nm}^3/\text{hr}$. [3 SCFM] por evaporación en el tanque.

1.3.4. Producción simultanea de nitrógeno líquido y gaseoso: En este caso se puede obtener una producción fija de 32 L/hr. [10.9 SCFM] de nitrógeno líquido más una producción ajustable entre 0 y $212.5 \text{ Nm}^3/\text{hr}$. [132.4 SCFM] de nitrógeno gaseoso.

1.3.5. Capacidad de Almacenamiento: Un tanque de 10.000 Litros [353.1 ft^3]



Figura 2. Vista general de la planta generadora de Nitrógeno Líquido [1]

1.4. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO. [7]

1.4.1. Presión: 100 PSI

1.4.2. Temperatura: Ambiente

1.4.3. Composición química:

- Nitrógeno: 99.999% en volumen
- CO ppm máximo: 2 ppm
- CO₂ ppm máximo: 2ppm.
- Oxígeno y gases nobles: Restante
- Agua: Punto de rocío por debajo de -154°F, -103°C.

1.5. TECNOLOGÍAS DE SEPARACIÓN DE NITRÓGENO

Componente	Símbolo químico	Proporción volumétrica [%]
Nitrógeno	N ₂	78,08
Oxígeno	O ₂	20,95
Argón	Ar	0,93
Dióxido de carbono	CO ₂	0,035
Hidrógeno	H ₂	5 · 10 ⁻³
Neón	Ne	1,82 · 10 ⁻³
Helio	He	5,2 · 10 ⁻⁴
Criptón	Kr	1,14 · 10 ⁻⁴
Xenón	Xe	8,7 · 10 ⁻⁶

Tabla 1. Composición del aire [17]

Como se puede apreciar en la tabla 1, el nitrógeno, en un 78.08%, es el componente mayoritario del aire que nos rodea y para su obtención se han desarrollado tecnologías que permiten separar mecánicamente moléculas de nitrógeno a partir del aire comprimido.

1.5.1. Tecnología de membrana.

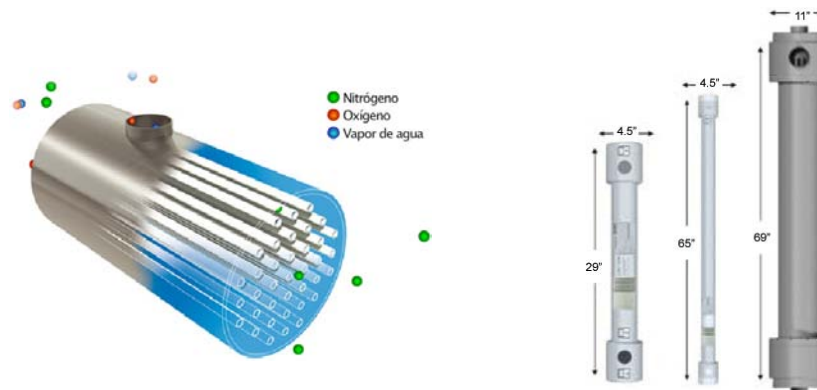


Figura 3. Tecnología de membrana para separación de nitrógeno [11] [15]

Consiste en un haz de fibras huecas fijado a ambos extremos dentro de un tubo de metal. El aire comprimido que entra en este módulo de membrana contiene principalmente oxígeno, nitrógeno, y pequeñas cantidades de otros gases como vapor de agua, helio y gases residuales.

El vapor de agua, el helio y el oxígeno pasan rápidamente a través de la pared de la membrana, dejando atrás el nitrógeno. [11]

1.5.2. Tecnología *PSA* [*Pressure Swing Adsorption*].

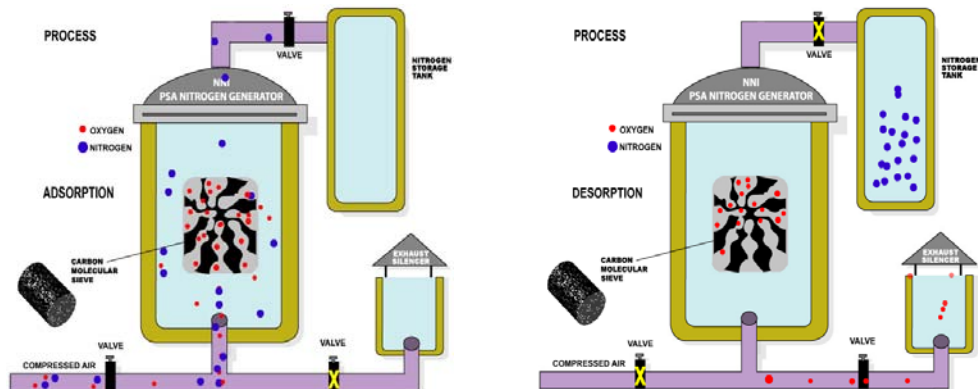


Figura 4. Tecnología *PSA* para separación de nitrógeno [15]

Se denomina tecnología de adsorción por cambio de presión (*PSA*), puesto que la presión en el proceso varía aproximadamente de 0 a 100 PSIG para adsorber oxígeno y luego cae de 100 a 0 PSIG para des-adsorber y ventear los gases sobrantes. [10]

Es uno de los métodos más populares para separar el nitrógeno de una mezcla de gases existentes en el aire y se basa en las características físicas de adsorción en tamices moleculares especialmente tratadas.

A fin de producir el nitrógeno y oxígeno de forma económica y con unos grados de pureza de hasta el 99,99% (nitrógeno) y 93% (oxígeno), las plantas PSA tan sólo requieren aire puro y seco. Este aire se comprime a hasta 100 PSIG, se limpia y a continuación se hace circular a través de unos recipientes con tamices moleculares, los cuales, dependiendo del tipo de gas requerido, están rellenos con tamices moleculares de carbono (CMS) o zeolita.

El suministro continuo de nitrógeno y/o oxígeno es posible conmutando la corriente de gas: mientras que un recipiente está en operación, el otro se regenera mediante una reducción de presión; los componentes de gas no deseados se liberan y se devuelven a la atmósfera. [17]

1.6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de generación de nitrógeno puede subdividirse en cuatro bloques principales: Compresión, Filtración, Intercambiadores de Calor y Destilación con producción final.

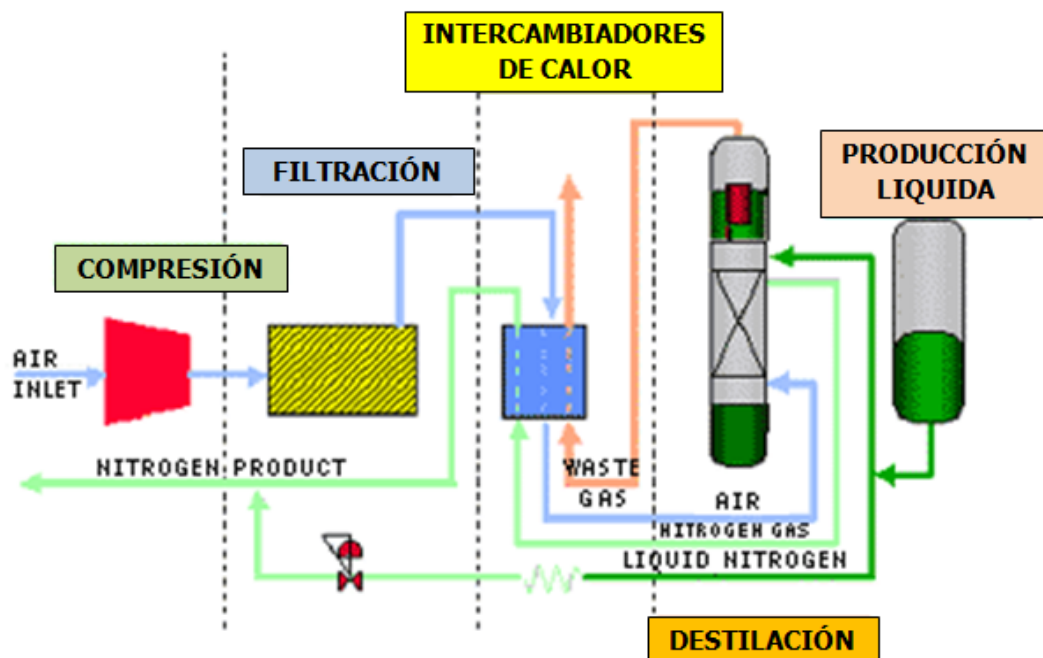


Figura 5. Diagrama de bloques del proceso [18]

1.6.1. Compresión. Es la etapa inicial del proceso en la cual el aire es succionado del medio ambiente y elevado a una presión aproximada de 120 PSI por medio de un compresor de aire.



Figura 6. Área de compresores [1]



Figura 7. Compresor de aire C-4105 [1]

1.6.2. Filtración. Una vez el aire ingresa a la planta, debe hacerse circular por una serie de filtros para eliminar las partículas y de allí, a través de dos adsorbedores, equipos llenos con tamiz molecular (*molecular sieve*), el cual se encarga de retirar del aire el dióxido de carbono, aceite y el agua antes de que este ingrese a la caja fría.



Figura 8. Adsorbedores AD-4101A y AD-4101B [1]

Estos adsorbedores trabajan alternadamente en ciclos de 12 horas. Mientras uno trabaja, el otro está en un ciclo de regeneración del tamiz, con ayuda de una resistencia de calentamiento.



Figura 9. Resistencia de Regeneración X-4178 [1]

1.6.3. Intercambiadores de Calor. Está compuesta por una serie de equipos encargados de bajar o subir la temperatura del aire según la necesidad del proceso. Así pues, logran temperaturas de -220°F en los intercambiadores principales y temperaturas de -270°F en el licuefactor.

1.6.4. Destilación y Producción final. Finalmente, el aire seco ingresa a la sección fría de la planta denominada “caja fría” donde se produce su separación por medio de una torre de fraccionamiento. La mezcla de aire ingresa al fondo de la torre y se realiza la separación, enviando el nitrógeno puro a su cima y el gas rico en oxígeno al fondo de la misma.

El nitrógeno gaseoso producido, es obtenido en la cima de la torre y es calentado a 41°F (5°C) en el intercambiador principal antes de enviarse por la tubería principal. El nitrógeno líquido es llevado al tanque de almacenamiento para posteriormente, según necesidad, ser evaporado y enviado por la tubería de proceso.



Figura 10. Caja Fría X-4183 [1]

2. ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA E INSTRUMENTACIÓN DEL PROCESO

2.1. IDIOMA

Excepto la documentación existente, todos los planos e informes del proyecto referentes a la ingeniería de instrumentación deben ser escritos en español. Las especificaciones y requisiciones que requieran procura internacional serán escritas en inglés. Las especificaciones y requisiciones que requieran procura local serán escritas en español.

2.2. SISTEMA DE MEDIDAS

Se debe utilizar en el diseño el sistema de medidas usual en ECOPETROL S.A., que comprende una parte en unidades métricas y parte en unidades inglesas.

Temperatura	°F
Presión	psig
Presión diferencial	psid
Presión de Vacío	psia, "H ₂ O
Peso	lb
Volumen líquidos	bbl, US Gal
Volumen gases	ft ³
Flujo líquidos	bbl/d, gpm, lb/h
Flujo gases	ft ³ /h, lb/h, SCFH, SCFM
Flujo vapor	lb/h
Potencia	HP, Watt
Longitud	ft, in
Vibración	mils
Tiempo	horas (h), minutos (m) y segundos (s)

2.3. CÓDIGOS, ESTÁNDARES Y NORMAS APLICABLES

El desarrollo, diseño, terminología y selección de la instrumentación de este proyecto deberá efectuarse de acuerdo con las últimas ediciones de las secciones aplicables a los códigos, estándares y normas establecidos.

ANSI *American National Standard Institute.*

API *American Petroleum Institute.*

ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers.</i>
ASTM	<i>American Society for testing and materials.</i>
ECOPETROL	Estándares de Ingeniería (Si aplica).
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers.</i>
ISA	<i>International Society of Automation – S5.1, S5.2, S5.3, S5.4, S20.</i>
NEC	<i>National Electrical Code.</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufactures Association.</i>
NFPA	<i>National Fire Protection Association.</i>
RETIE	Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas.

2.4. CRITERIOS DE DISEÑO

El sistema de control debe garantizar una baja concentración de oxígeno para el gas de nitrógeno puro producido y una presión constante de 100 PSI en la línea de producción.

Es de aclarar que la propuesta de actualización tecnológica está sujeta a cualquier modificación en la etapa de detalle teniendo en cuenta alguna mejora para su realización.

La interface entre la nueva instrumentación y el sistema de control de la planta, será también especificada y se hará la respectiva requisición de los servicios de ingeniería necesarios para su integración con el sistema de control y protección existentes.

Para el proyecto de actualización tecnológica de la planta generadora de nitrógeno, las señales provenientes de los instrumentos serán organizadas en una caja de conexiones ubicada en campo y desde allí por bandeja hacia un gabinete concentrador de señales ubicado en el cuarto de control, enlazándose finalmente con el sistema DCS instalado.

Todos los procedimientos empleados para la instalación de los equipos deberán ajustarse a lo establecido en las normas y prácticas destinadas para tal fin así como las recomendaciones que para tal efecto provean los fabricantes de cada uno de los equipos e instrumentos.

Todos los trabajos a realizarse deberán regirse a las normas de seguridad industrial y regulaciones específicas en coordinación con Ecopetrol y/o la interventoría.

2.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

La simbología de los instrumentos estará regida por el estándar ISA S5.1 “*Instrument symbols and identification*” [8] y con el documento guía para asignación de nombres en Ecopetrol.

Los instrumentos se proveerán de placas de identificación en láminas de acero inoxidable con la siguiente información:

- Identificación del instrumento [Tag No.].
- Rango de medida del instrumento.

2.6. ESPECIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS

Los instrumentos serán especificados en formatos basados en las formas de especificación de instrumentos del estándar ISA S20 “*Specification forms for process measurement and control instruments, primary elements and control valves*”. [9]

2.7. ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA Y TIPOS DE SEÑAL.

A excepción de los *switch* de alarmas y cortes los cuales se alimentarán a 110 Vac, toda la instrumentación requerirá alimentación eléctrica en corriente continua de 24 VDC desde una fuente confiable. No se aceptan baterías de Nickel-Cadmio.

Las señales de transmisión y control utilizados por los instrumentos y el respectivo sistema de control de la planta serán señales de salida analógicas de 4-20mA y/o con protocolo según requerimiento de integración digital con el sistema DCS de la planta. Para ello se debe contar con barreras de seguridad intrínseca del tipo activo, aisladas galvánicamente y suministrando la fuente de 24 VDC para los transmisores de dos hilos sobre el lazo de control.

También se tendrán señales de salida discretas mediante el uso de contactos secos en un circuito de 110 Vac.

2.8. TRANSMISORES

Los transmisores serán electrónicos “inteligentes” de la marca Foxboro con salida digital, compatibles con el sistema DCS de control a instalarse en la planta. El encerramiento será NEMA 4X y serán especificados con modulo LCD de visualización local. [5] [6]

TRANSMISOR	SEÑAL	PRECISIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
NEUMÁTICO	3 - 15 PSI	$\pm 0.5\%$	Rapidez Sencillo	Aire limpio No guardan información Distancias limitadas Mantenimiento caro Sensible a vibraciones
ELECTRÓNICO CONVENCIONAL	4 - 20mA C.C.	$\pm 0.5\%$	Rapidez	Sensible a vibraciones Deriva térmica
ELECTRÓNICO INTELIGENTE	4 - 20mA C.C.	$\pm 0.2\%$	Mayor precisión intercambiable Estable, Fiable Campo de medida mas amplio Bajo coste de mantenimiento	Lento [para variables rápidas puede presentar problemas]
ELECTRÓNICO INTELIGENTE SEÑAL DIGITAL	Digital	$\pm 0.1\%$	Mayor precisión Mas estabilidad, Fiable Auto diagnóstico Comunicación bidireccional Configuración remota Campo de medida mas amplio Bajo coste de mantenimiento	Falta normalización de las comunicaciones No intercambiable con otras marcas

Tabla 2. Tecnologías en transmisores [2]

En la tabla 2 se puede apreciar un comparativo de los diferentes tipos de tecnologías de instrumentación existentes, sus ventajas y desventajas.

Los transmisores se instalarán con *manifold Anderson Greenwood* de tres o dos válvulas, integrado con válvulas de bloqueo y purga en acero inoxidable 316. No se aceptarán arreglos de válvulas como *manifolds*.

La conexión estándar al proceso será en tubería de acero inoxidable de ½” NPTM.

La conexión estándar eléctrica será de ½” NPTF.

Se especificarán para ser montados en tubería de 2" exceptuando aquellos que sean instalados directamente en recipientes y equipos.

2.9. ESCALAS DE INDICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

La graduación de escalas de las variables de proceso a ser medidas por los instrumentos serán:

VARIABLE	TIPO DE ESCALA
FLUJO	Lectura directa - 0-100% de flujo
NIVEL	Lectura directa - 0-100% de nivel
PRESION	Lectura directa
TEMPERATURA	Lectura directa

Tabla 3. Escalas de indicación de la instrumentación [1]

2.10. ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN EXISTENTE

FIGURA	MARCA	TAG	MODELO	TIPO	SERIAL	RANGO
	Foxboro	PIC-41613	43AP-FA42C	Controlador Neumático	86545001A	0 - 6 PSI
	Foxboro	PIC-41621	43A	Controlador Neumático	2707678	0 - 200 PSI
	Foxboro	PIC-41622	43AP-FA42C	Controlador Neumático	86545002A	0 - 200 PSI
	Foxboro	PIC-41623	43AP-FA42C	Controlador Neumático	86545002B	0 - 200 PSI
	Foxboro	PIC-41624	43AP-FA42C	Controlador Neumático	86545003A	0 - 200 PSI
	Foxboro	HIC-41601	135T	Controlador Neumático	342145765	0- 100 %
	Foxboro	HIC-41602	135T	Controlador Neumático	342145783	0- 100 %
	Foxboro	FI-41607	135T	Controlador Neumático	342145791	0- 10 %
	Foxboro	LIC-41601A	135T	Controlador Neumático	342145703	0- 100 %
	Foxboro	LI-41604	135T	Controlador Neumático	342145766	0- 100 %
	Foxboro	PDI-41634	135T	Controlador Neumático	3421457065	0- 100 x 0.78"H ₂ O
	Foxboro	FI-41603	135T	Controlador Neumático		0- 10 x 0.78"H ₂ O

Tabla 4. Controladores / indicadores neumáticos. [1] [7]

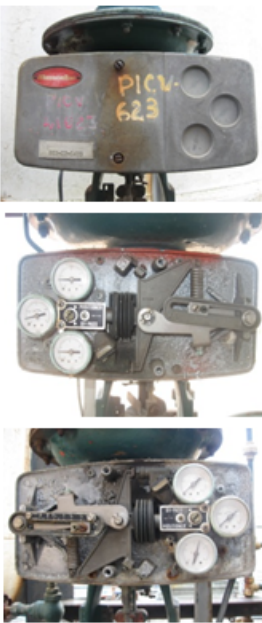
FIGURA	MARCA	TAG	MODELO	TIPO	SERIAL	RANGO
	Foxboro	PDT-41631	13A	Transmisor Neumático de Presión Diferencial	V693932D	0 - 78 "H ₂ O
	Foxboro	LT-41604	13A	Transmisor Neumático de Presión Diferencial	V693936D	0 - 98 "H ₂ O
	Foxboro	FT-41603	15A	Transmisor Neumático de Presión Diferencial	36545005A	0 - 8 "H ₂ O
	Foxboro	FT-41607	15A	Transmisor Neumático de Presión Diferencial	86545005B	0 - 20 "H ₂ O
	Foxboro	FT-41608	15A	Transmisor Neumático de Presión Diferencial	36545005C	0 - 20 "H ₂ O
	Foxboro	LT-41601A	15A	Transmisor Neumático de Presión Diferencial	36545009A	0 - 16 "H ₂ O
	Foxboro	LT-41601B	15A	Transmisor Neumático de Presión Diferencial	36545009B	1 - 16 "H ₂ O
	Masonellan	FICV-41607	7401-700	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	PICV-41613	7401-700	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	PICV-41621	7401-700	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	PICV-41622	7401-800	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	PICV-41623	7401-800	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	PICV-41624	7401-800	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	LICV-41601A	7400-800	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	LICV-41601B	7400-800	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	HICV-41601	7400-800	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI
	Masonellan	HICV-41602	7400-800	Posicionador Neumático	No tiene	3 - 15 PSI

Tabla 5. Transmisores neumáticos y posicionadores para válvulas. [1] [7]

Toda la instrumentación existente en la planta generadora de nitrógeno está plasmada en la tabla 4 y tabla 5. Como se puede apreciar, son del tipo neumático. Las características de esta tecnología de instrumentación están descritas en la tabla 2.

2.11. ANÁLISIS DE LA INSTRUMENTACIÓN PROPUESTA

Los transmisores de presión manométrica existentes son neumáticos, de la marca Foxboro modelo 43A y serán reemplazados por transmisores inteligentes de la marca Foxboro modelo IGP10. [5]

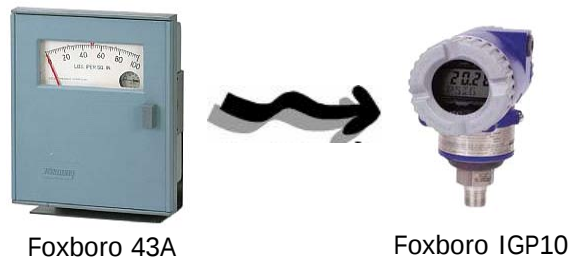


Figura 11. Reemplazo de transmisores de presión manométrica [1] [5]

Los transmisores de medición de flujo y nivel existentes son neumáticos, de la marca Foxboro modelo 13A, 15A y 135T y serán reemplazados por transmisores inteligentes de la marca Foxboro modelo IDP10. [5]

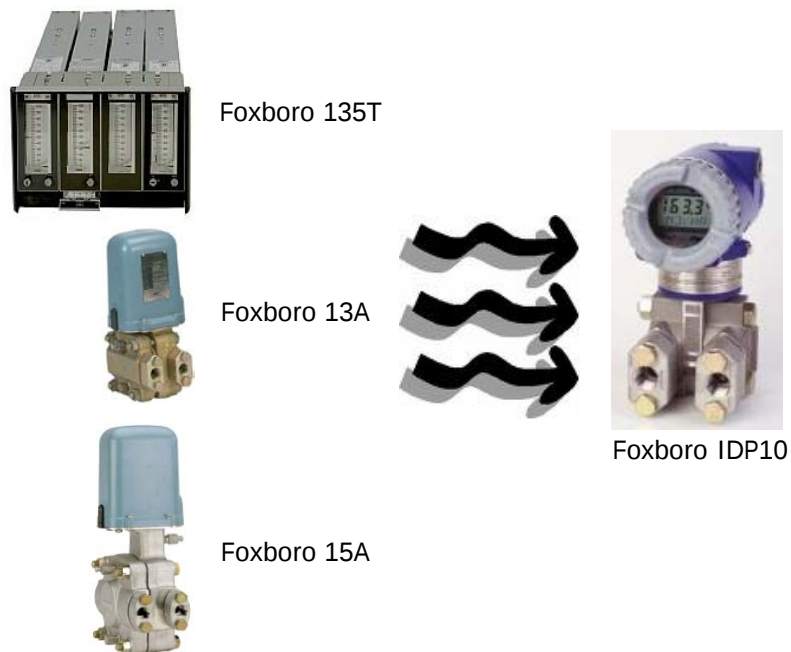


Figura 12. Reemplazo de transmisores de presión diferencial [1] [5]

2.12. LAZOS DE CONTROL A INTERVENIR

Tomando como referencia el *P&ID* de la planta generadora de nitrógeno suministrado por Ecopetrol, se digitaron apartes del mismo con el objetivo de dar una visión más clara de la ubicación de los lazos de control a ser intervenidos.

2.12.1. Identificación del Instrumento. Para efectos de visualización y comprensión, los lazos de control serán resaltados en líneas de color rojo y están identificados por combinaciones de letras y números bajo la norma ISA 5.1 de la siguiente forma: [9]

La primera letra define la variable de proceso a medir (F: flujo, L: nivel, P: presión)

Las siguientes letras me indican el tipo de instrumento (I: indicador, R: registro, T: transmisor, C: control). Pueden darse combinaciones de las mismas.

Luego encontraremos un número de dos cifras que me indica la unidad o planta de proceso a la que pertenece el instrumento (41 para nuestro caso, que es la asignación dada por Ecopetrol a la unidad Etileno II de la refinería de Barrancabermeja). Por facilidad de visualización y dibujo, este número no ha sido colocado para cada instrumento; sin embargo se hace una nota haciendo referencia al mismo en el P&ID.

El número final me indica el consecutivo del instrumento.

2.12.2. Simbología. Los símbolos que encontraremos en cada uno de los apartes del plano general P&ID se explican en la tabla 6.

SIMBOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN			
	INSTRUMENTO MONTADO EN CAMPO	INSTRUMENTO ACCESIBLE AL OPERADOR	VÁLVULA DE CONTROL
INSTRUMENTO DISCRETO			

Tabla 6. Simbología utilizada [9]

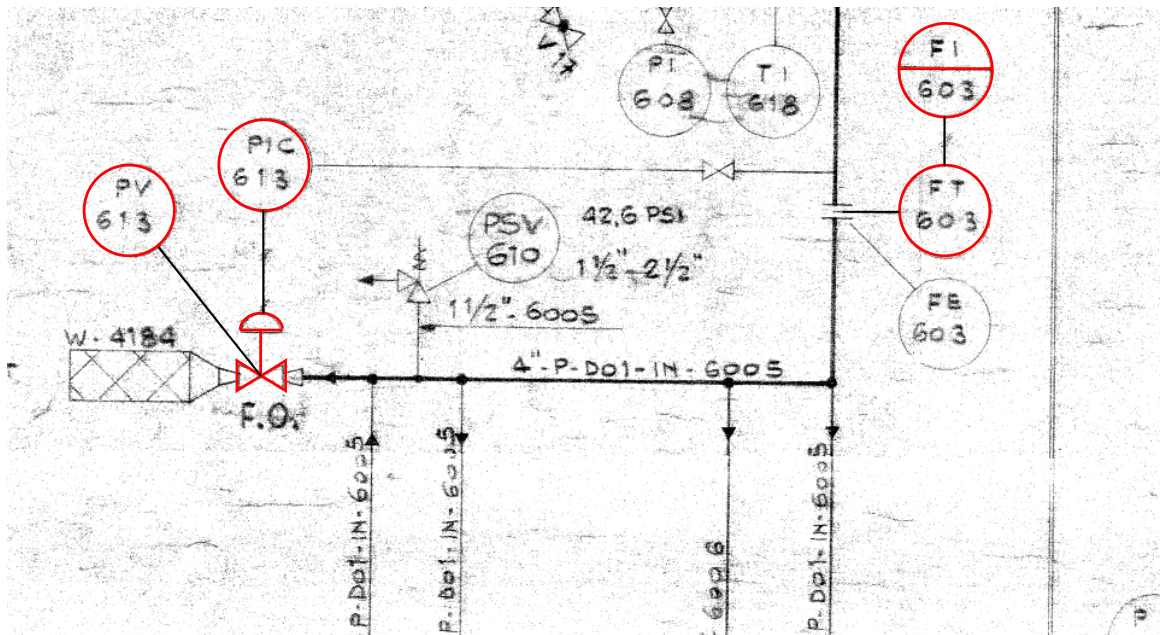


Figura 13. P&ID PIC-41613 -- FI-41603 [7]

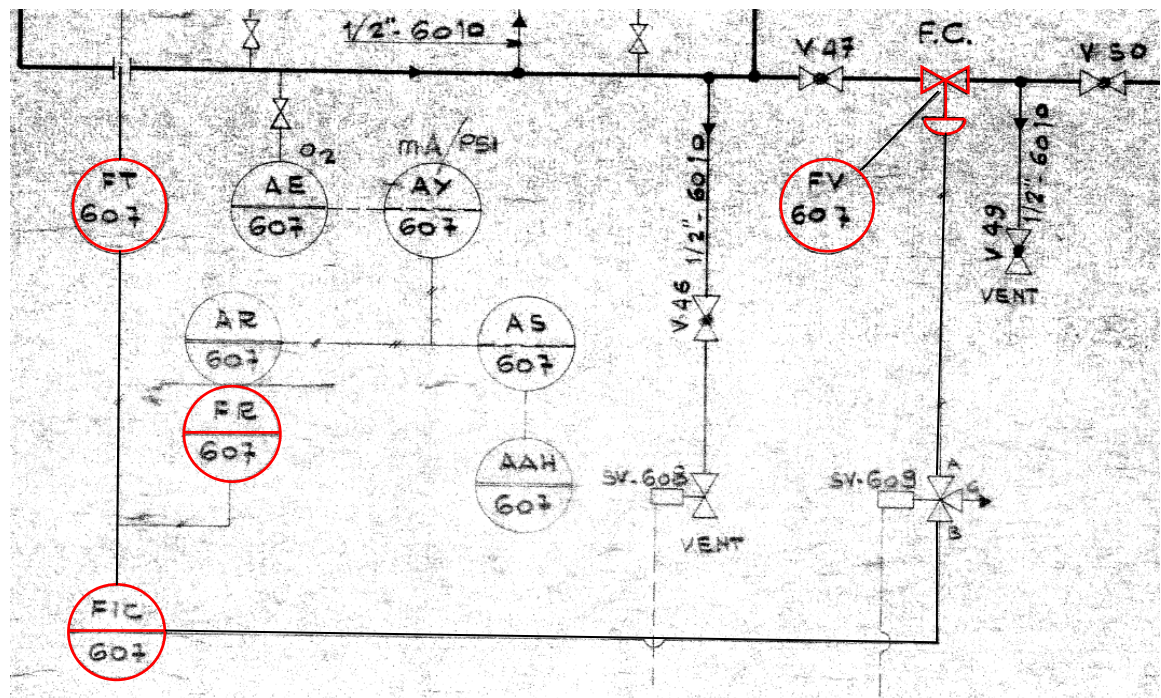


Figura 14. P&ID FIC-41607 [7]

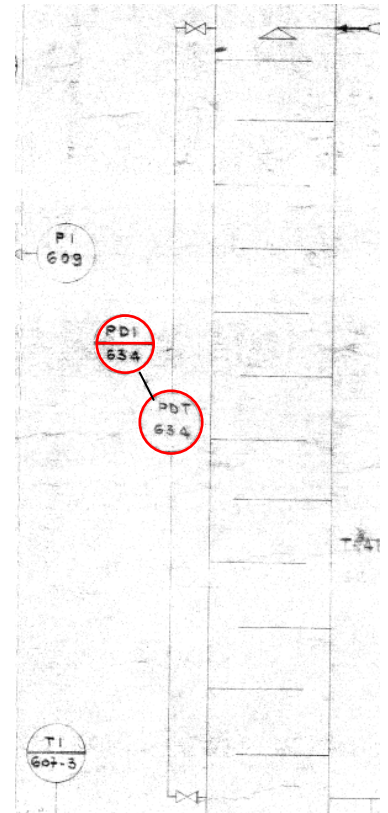
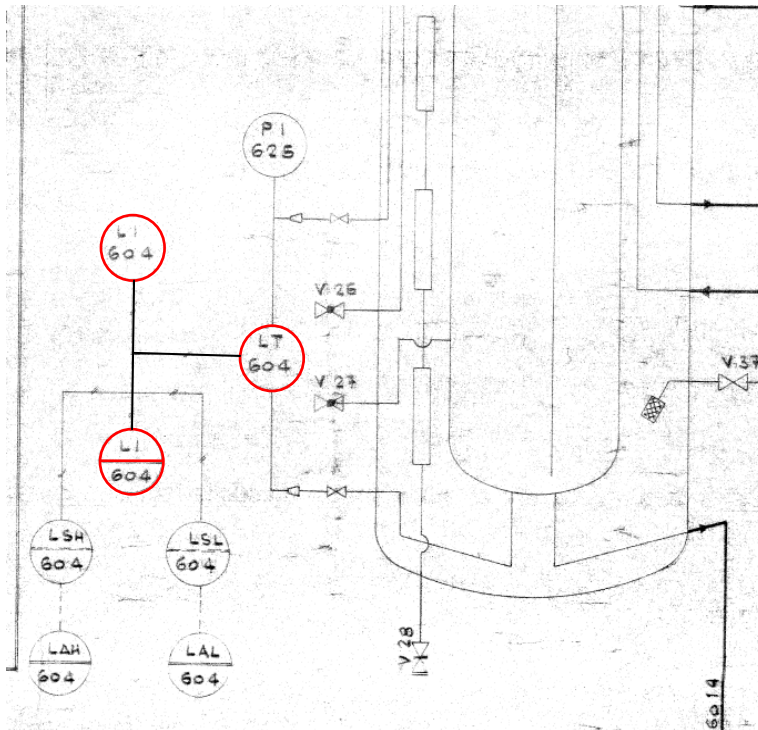


Figura 18. P&ID LI-41604 — PDI-41634 [7]

2.13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

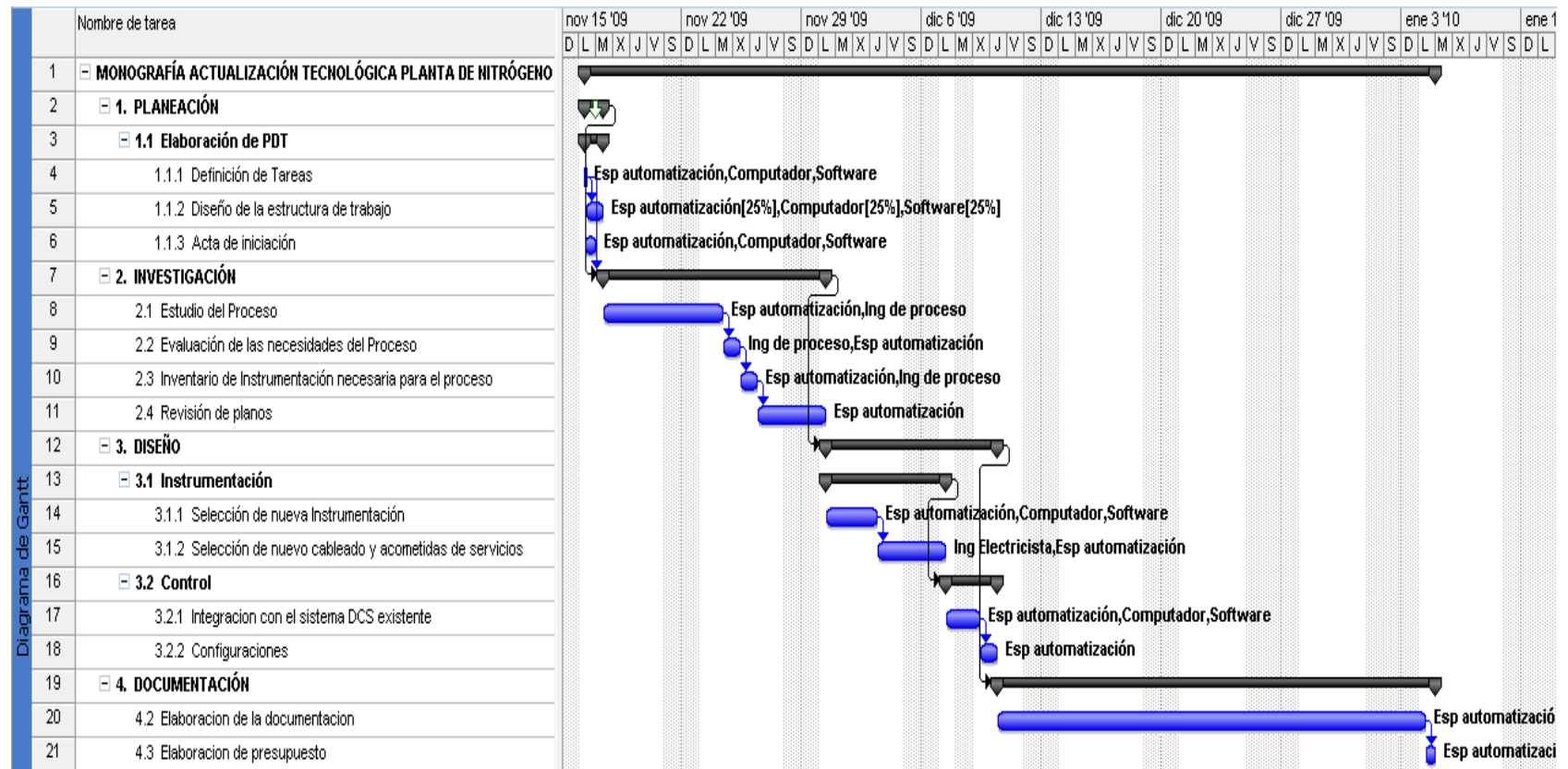


Tabla 7. Cronograma de actividades

2.14. PRESUPUESTO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
1	Suministro de equipos: instrumentación, prensacables, soporteria, marquillas, terminales.	\$87.400.000
2	Suministro caja de interconexión: caja de paso Nema 4-7X, borneras, prensacables, soporteria, borne de tierra, marquillas, terminales.	\$7.800.000
3	Suministro de tubing de conexión a proceso y suministro de aire: tubing acero inoxidable, tubing cobre, accesorios, soporteria, filtros, sellos.	\$5.580.000
4	Suministro de bandejas portacables: en aluminio, tipo fondo perforado de 300mm y 50 mm, soporteria, puentes de conexión a tierra.	\$21.400.000
5	Suministro de cable par sencillo: armado, con drenaje y apantallamiento, calibre 16 o 18.	\$12.700.000
6	Suministro de policable: armado, con drenaje individual y general, apantallamiento individual y general, 24 pares, calibre 16 o 18.	\$3.880.000
7	Herramienta, equipo y transporte.	\$7.200.000
8	Configuración DCS	\$8.600.000
9	Mano de obra	\$26.000.000
		\$180.560.000

Tabla 8. Presupuesto

El presupuesto que se presenta incluye únicamente los costos directos para ECOPETROL, en caso de efectuarlo a través de una empresa contratista es necesario incluir otros costos como la interventoría e interferencias de obra que puedan presentarse con actividades en la planta que contemplen afectación a la producción.

3. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO

Para determinar la viabilidad económica del proyecto de actualización tecnológica de la instrumentación de la planta generadora de nitrógeno, fue necesario realizar una recolección de información, suministrada por ingenieros y demás personal administrativo que labora o tiene relación con las plantas de generación de nitrógeno y con aquellos que son los usuarios finales de este producto.

El uso de nitrógeno se hace necesario en la instrumentación analítica ya que varios equipos de medición en línea tales como cromatógrafos y analizadores de oxígeno, entre otros, hacen uso constante de este gas consumiendo en promedio 10 cilindros de nitrógeno por semana.

Igualmente, algunas máquinas rotativas cuentan con sistemas de sello por gas aislando dichos compresores del exterior y para ello utilizan el nitrógeno.

Cuando se realizan paradas programadas de alguna unidad de la refinería, todos los equipos de almacenamiento y proceso tales como torres fraccionadoras, intercambiadores y tambores son descontaminados mediante el uso de un gas inerte que, para el caso, es el nitrógeno.

Desde el punto de vista económico, la actualización tecnológica de la planta generadora de nitrógeno completamente viable, argumento que se sustenta con el siguiente análisis económico.

• Consumo semanal de cilindros de nitrógeno	-	\$2.000.000
• Facturación mensual de una planta generadora privada	-	\$170.000.000
• Descuento por arriendo del terreno	-	\$10.000.000
Costo de Inversión para Implementación del Proyecto	-	\$180.560.000
Costo mensual del gas comprado a terceros	-	\$162.000.000

Haciendo un sencillo ejercicio matemático, podemos apreciar que la inversión del proyecto de actualización tecnológica de la instrumentación de la planta generadora de nitrógeno se puede recuperar luego de un mes.

En este análisis no se tienen en cuenta los costos por trabajos de mecánica de campo como mantenimiento y puesta a punto de las máquinas de compresión, así

como trabajos de metalistería consistente en la revisión de tambores, tuberías de proceso y aislamientos térmicos pues no están dentro del alcance de este informe.

CONCLUSIONES

Al finalizar el presente informe técnico, se proporciona un completo estudio de la planta generadora de nitrógeno de la unidad de etileno II de la refinería de Barrancabermeja, su funcionamiento, tecnologías existentes para separación de nitrógeno y se hace un detallado levantamiento de toda la instrumentación existente que ha de ser reemplazada.

Así mismo, este documento plasma una propuesta de actualización tecnológica viable económicamente y que responde a los últimos estándares que maneja la industria en la actualidad.

La instrumentación ha sido seleccionada teniendo en cuenta las aplicaciones particulares de cada sección del proceso, las normas de seguridad aplicables a la industria del petróleo y la tecnología existente en la planta.

El costo de un proyecto de implementación tecnológica que puede llegar a mejorar la competitividad y productividad de una organización, no debe ser visto como un gasto, sino como una inversión a mediano y largo plazo.

Las diferentes herramientas disponibles para el desarrollo de los procesos de ingeniería en el campo de la automatización, tales como diagramas P&ID, tablas de relación de lazos de control, inventarios de señales, *datasheets* ó *checklist* de instrumentos, permiten manejar un lenguaje estandarizado basado en normas internacionales, lo que facilita la comprensión, manejo de información y demás actividades propias de la instrumentación, control y automatización de un proceso.

Para disminuir los costos de la aplicación, las señales de este proyecto se incluirán en el DCS utilizando la reserva del proyecto de automatización de Etileno, así se evitan costos como la compra de las tarjetas I/O al DCS.

RECOMENDACIONES

Previo a la ejecución del proyecto de modernización tecnológica de la planta generadora de nitrógeno es necesario evaluar algunos aspectos que podrían ser considerados como obras complementarias:

Elaboración del listado de desmantelamiento. Teniendo en cuenta que la instalación de la nueva instrumentación será dentro de un sistema de seguridad intrínseca, es necesario desmantelar tubería conduit y cableado existente fuera de servicio, para liberar rutas para la instalación de bandejas portacables.

Revisión de las condiciones mecánicas de tuberías, tanques y demás recipientes contenedores de la planta, dado que el proyecto únicamente considera dentro del alcance la modernización tecnológica y cambio de la instrumentación, se requiere hacer mediciones de espesores de la tubería y recipientes de la planta. Es necesario programar la realización de una detallada inspección mecánica, para evaluar el estado de empaques, pernos, soldaduras, drenajes, filtros, etc. Adicionalmente se requiere la inspección de pinturas, recubrimientos y aislamiento térmico requerido para la correcta operación de la planta.

Para el cableado desde la caja de interconexión en la planta de nitrógeno hasta el concentrador de señales en cuarto de control, la única ruta disponible es un cárcamo con tapas de concreto que atraviesa el patio de la planta, es necesario incluir la instalación del policable dentro del proyecto de modernización de la planta de etileno, con esto nuestro proyecto no incluye los costos de la grúa y mano de obra para destapar y tapar el cárcamo.

Evaluación del sistema de puesta a tierra. Es necesario evaluar el sistema de puesta a tierra para la instrumentación y barreras IS del proyecto. La malla actual para el DCS y equipos asociados en el cuarto de control, no tiene la arquitectura requerida para garantizar la confiabilidad y correcto funcionamiento de los equipos de electrónicos a instalar.

Es necesario considerar la realización de adecuaciones de obra civil para la puesta en servicio nuevamente del llenadero de nitrógeno, para realizar despacho en carro tanques a las plantas que no están interconectadas al sistema de suministro

de la planta para toda la refinería, adicionalmente para el despacho en cilindros requerido por el Dpto. de mantenimiento de Instrumentos de la refinería.

BIBLIOGRAFÍA

[1] DUARTE ANTOLÍNEZ, Jorge Memorias Especialización en Control e Instrumentación Industrial. Segunda Cohorte. Facultad de Ingeniería Electrónica. UPB seccional Bucaramanga. Enero 2010.

[2] CREUS SOLE, Antonio. Instrumentación Industrial. 7 ed. Editorial Alfaomega – marcombo. ISBN 84-267-1361-5. Año 2006.

[3] Pussey Mitchell A D. Memorias del Curso – Sistemas de Control Distribuido DCS I/A Foxboro. Ecopetrol. Año 2009.

[4] RWD[®] *Energy Industry Training Solutions – Competence with Confidence*. Memorias del Curso – Fundamentos de Instrumentación Industrial. Universidad Corporativa – Ecopetrol ICP. Año 2009.

[5] Invensys[®] Foxboro. *e.IBTM electronic.InstructionBook. FoxDocTM documentation DVD*. 1997-2008. Document PL 009-005: IDP10-D, -F, -T: Digital d/p Cell[®] Transmitters and PL 009-006: IGP10-D, -F, -T Digital Gauge Pressure Transmitters. Año 1999.

[6] SITRANS P SIEMENS *Pressure Transmitters Documentation DVD*. 06/2008.

[7] RIVOIRA – TORINO - *Instruction manual pure Nitrogen plant Type BPNS/230-100* ecopetrol.

[8] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá : ICONTEC, 2002. 34 p. : il. (NTC 1486).

WEBGRAFÍA

[9] *International Society of Automation* - ISA. Normatividad y Estandarización. (<http://www.isa.org/>). 05-12-2009.

[10] Tecnologías de separación de nitrógeno (<http://www.nitromatic.com/tecnologia/>) 03-02-2010.

[11] Tecnología de membrana (<http://www.nitromatic.com/tecnologia/tecnologia-membrana/>) 03-03-2010.

- [12] Tecnología PSA. (<http://www.nitromatic.com/tecnologia/tecnologia-psa/>)
- [13] Diferencias entre tecnologías de separación de nitrógeno: membrana y PSA. (<http://www.southteksystems.com/pdf/psa.pdf>) 04-03-2010.
- [14] Tecnología de separación de nitrógeno PSA (http://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_swing_adsorption) 10-03-2010.
- [15] Tecnologías de separación de nitrógeno (<http://www.parker-nni.com/>) 10-03-2010.
- [16] Definicion de PSA (<http://nzic.org.nz/ChemProcesses/production/1D.pdf>) 24-03-2010.
- [17] Gases industriales; tan importantes como el agua y la energía eléctrica (http://www.messer.es/Productos_y_suministros/Plantas_On-Site/Plantas_on_site.pdf) 10-03-2010.
- [18] Planta generadora de nitrógeno (www.airliquide.cl/.../onsite/apsa/process_1.gif) 15-02-2010.

ANEXOS

**ANEXO 1. Identificación de instrumentos y simbología de
planos según Norma ISA 5.1**

Table 1 — Identification Letters

	FIRST-LETTER (4)		SUCCEEDING-LETTERS (3)		
	MEASURED OR INITIATING VARIABLE	MODIFIER	READOUT OR PASSIVE FUNCTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Analysis (5,19)		Alarm		
B	Burner, Combustion		User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
C	User's Choice (1)			Control (13)	
D	User's Choice (1)	Differential (4)			
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate	Ratio (Fraction) (4)			
G	User's Choice (1)		Glass, Viewing Device (9)		
H	Hand				High (7, 15, 16)
I	Current (Electrical)		Indicate (10)		
J	Power	Scan (7)			
K	Time, Time Schedule	Time Rate of Change (4, 21)		Control Station (22)	
L	Level		Light (11)		Low (7, 15, 16)
M	User's Choice (1)	Momentary (4)			Middle, Intermediate (7,15)
N	User's Choice (1)		User's Choice (1)	User's Choice (1)	User's Choice (1)
O	User's Choice (1)		Orifice, Restriction		
P	Pressure, Vacuum		Point (Test) Connection		
Q	Quantity	Integrate, Totalize (4)			
R	Radiation		Record (17)		
S	Speed, Frequency	Safety (8)		Switch (13)	
T	Temperature			Transmit (18)	
U	Multivariable (6)		Multifunction (12)	Multifunction (12)	Multifunction (12)
V	Vibration, Mechanical Analysis (19)			Valve, Damper, Louver (13)	
W	Weight, Force		Well		
X	Unclassified (2)	X Axis	Unclassified (2)	Unclassified (2)	Unclassified (2)
Y	Event, State or Presence (20)	Y Axis		Relay, Compute, Convert (13, 14, 18)	
Z	Position, Dimension	Z Axis		Driver, Actuator, Unclassified Final Control Element	

NOTE: Numbers in parentheses refer to specific explanatory notes in Section 5.1.

Table 2 — Typical Letter Combinations

First- Letters	Initiating or Measured Variable	Controllers			Readout Devices		Switches and Alarm Devices*			Transmitters		Solenoids, Relays, Computing Devices	Primary Element	Test Point	Well or Probe	Viewing Device, Glass	Safety Device	Final Element
		Recording	Indicating	Self- Actuated Control Valves	Recording	Indicating	High**	Low	Comb	Recording	Indicating	Blind						
A	Analysis	ARC	AIC	AC	AR	AI	ASH	ASL	ASHL	ART	AIT	AY	AE	AP	AW			AV
B	Burner/Combustion	BRC	BIC	BC	BR	BI	BSH	BSL	BSHL	BRT	BIT	BY	BE		BW	BG		BZ
C	User's Choice																	
D	User's Choice																	
E	Voltage	ERC	EIC	EC	ER	EI	ESH	ESL	ESHL	ERT	EIT	EY	EE					EZ
F	Flow Rate	FRC	FIC	FC	FR	FI	FSH	FSL	FSHL	FRT	FIT	FY	FE	FP		FG		FV
FQ	Flow Quantity	FQRC	FQIC		FQR	FQI	FQSH	FQSL				FQY	FQE					FQV
FF	Flow Ratio	FFRC	FFIC	FFC	FFR	FFI	FFSH	FFSL					FE					FFV
G	User's Choice																	
H	Hand		HIC	HC					HS									HV
I	Current	IRC	IIC		IR	II	ISH	ISL	ISHL	IRT	IIT	IY	IE					IZ
J	Power	JRC	JIC		JR	JI	JSH	JSL	JSHL	JRT	JIT	JY	JE					JV
K	Time	KRC	KIC	KC	KR	KI	KSH	KSL	KSHL	KRT	KIT	KY	KE					KV
L	Level	LRC	LIC	LC	LR	LI	LSH	LSL	LSHL	LRT	LIT	LY	LE		LW	LG		LV
M	User's Choice																	
N	User's Choice																	
O	User's Choice																	
P	Pressure/ Vacuum	PRC	PIC	PC	PR	PI	PSH	PSL	PSHL	PRT	PIT	PY	PE	PP			PSV, PSE	PV
PD	Pressure, Differential	PDR	PDIC	PDC	PDR	PDI	PDSH	PDSL		PDR	PDIT	PDY	PE	PP				PDV
Q	Quantity	QRC	QIC		QR	QI	QSH	QSL	QSHL	QRT	QIT	QY	QE					QZ
R	Radiation	RRC	RIC	RC	RR	RI	RSH	RSL	RSHL	RRT	RIT	RY	RE					RZ
S	Speed/Frequency	SRC	SIC	SC	SR	SI	SSH	SSL	SSL	SRT	SIT	SY	SE					SV
T	Temperature	TRC	TIC	TC	TR	TI	TSH	TSL	TSHL	TRT	TIT	TY	TE	TP				TV
TD	Temperature, Differential	TDR	TDIC	TDC	TDR	TDI	TDSH	TDSL		TDRT	TDIT	TDY	TE	TP				TDV
U	Multivariable				UR	UI	VSH	VSL	VSHL			UY	VE					UV
V	Vibration/Machinery Analysis				VR	VI				VRT	VIT	VY						VZ
W	Weight/Force	WRC	WIC	WC	WR	WI	WSH	WSL	WSHL	WRT	WIT	WY	WE					WZ
WD	Weight/Force, Differential	WDR	WDIC	WDC	WDR	WDI	WDSH	WDSL		WDRT	WDIT	WDY	WE					WDZ
X	Unclassified																	
Y	Event/State/Presence	ZRC	ZIC	YC	YR	YI	YSH	YSL		ZRT	ZIT	YY	YE					YZ
Z	Position/Dimension			ZC	ZR	ZI	ZSH	ZSL	ZSHL			ZY	ZE					ZV
ZD	Gauging/Deviation	ZDRC	ZDIC	ZDC	ZDR	ZDI	ZDSH	ZDSL		ZDRT	ZDIT	ZDY	ZDE					ZDV

Note: This table is not all-inclusive.

*A, alarm, the annunciating device, may be used in the same fashion as S, switch, the actuating device.

**The letters H and L may be omitted in the undefined case.

Other Possible Combinations:

FO	(Restriction Orifice)	PFR	(Ratio)
FRK, HIK	(Control Stations)	QKI	(Running Time Indicator)
FX	(Accessories)	QOI	(Indicating Counter)
TJR	(Scanning Recorder)	WKIC	(Rate-of-Weight-Loss Controller)
LLH	(Pilot Light)	HMS	(Hand Momentary Switch)

6.2 Instrument line symbols

ALL LINES TO BE FINE IN RELATION TO PROCESS PIPING LINES.

(1) INSTRUMENT SUPPLY * OR CONNECTION TO PROCESS	
(2) UNDEFINED SIGNAL	
(3) PNEUMATIC SIGNAL **	
(4) ELECTRIC SIGNAL	OR
(5) HYDRAULIC SIGNAL	
(6) CAPILLARY TUBE	
(7) ELECTROMAGNETIC OR SONIC SIGNAL *** (GUIDED)	
(8) ELECTROMAGNETIC OR SONIC SIGNAL *** (NOT GUIDED)	
(9) INTERNAL SYSTEM LINK (SOFTWARE OR DATA LINK)	
(10) MECHANICAL LINK	
<u>OPTIONAL BINARY (ON-OFF) SYMBOLS</u>	
(11) PNEUMATIC BINARY SIGNAL	
(12) ELECTRIC BINARY SIGNAL	OR

NOTE: 'OR' means user's choice. Consistency is recommended.

* The following abbreviations are suggested to denote the types of power supply. These designations may also be applied to purge fluid supplies.

AS - Air Supply	} Options	HS - Hydraulic Supply
IA - Instrument Air		NS - Nitrogen Supply
PA - Plant Air		SS - Steam Supply
ES - Electric Supply		WS - Water Supply
GS - Gas Supply		

The supply level may be added to the instrument supply line, e.g., AS-100, a 100-psig air supply; ES-24DC, a 24-volt direct current power supply.

** The pneumatic signal symbol applies to a signal using any gas as the signal medium. If a gas other than air is used, the gas may be identified by a note on the signal symbol or otherwise.

*** Electromagnetic phenomena include heat, radio waves, nuclear radiation, and light.

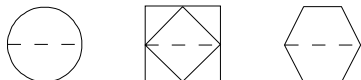
6.3 General instrument or function symbols

	PRIMARY LOCATION ***NORMALLY ACCESSIBLE TO OPERATOR	FIELD MOUNTED	AUXILIARY LOCATION ***NORMALLY ACCESSIBLE TO OPERATOR
DISCRETE INSTRUMENTS	1 * IP1** 	2 	3 
SHARED DISPLAY, SHARED CONTROL	4 	5 	6 
COMPUTER FUNCTION	7 	8 	9 
PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL	10 	11 	12 

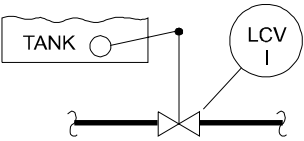
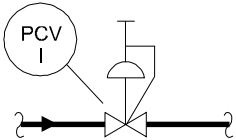
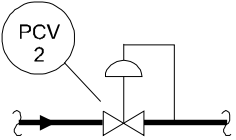
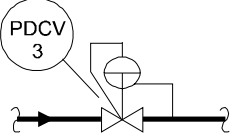
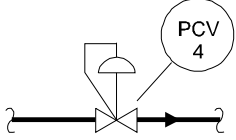
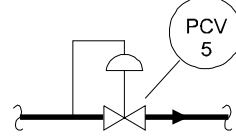
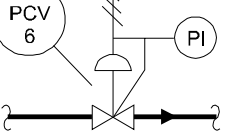
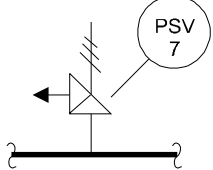
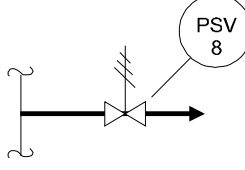
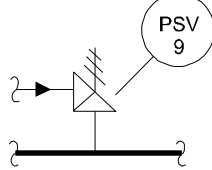
* Symbol size may vary according to the user's needs and the type of document. A suggested square and circle size for large diagrams is shown above. Consistency is recommended.

** Abbreviations of the user's choice such as IP1 (Instrument Panel #1), IC2 (Instrument Console #2), CC3 (Computer Console #3), etc., may be used when it is necessary to specify instrument or function location.

*** Normally inaccessible or behind-the-panel devices or functions may be depicted by using the same symbol but with dashed horizontal bars, i.e.



6.6 Symbols for self-actuated regulators, valves, and other devices (contd.)

LEVEL	1		2		3	
		LEVEL REGULATOR WITH MECHANICAL LINKAGE				
PRESSURE	1		2		3	
		PRESSURE-REDUCING REGULATOR, SELF-CONTAINED, WITH HANDWHEEL ADJUSTABLE SET POINT		PRESSURE-REDUCING REGULATOR WITH EXTERNAL PRESSURE TAP		DIFFERENTIAL-PRESSURE-REDUCING REGULATOR WITH INTERNAL AND EXTERNAL PRESSURE TAPS
	4		5		6	
		BACKPRESSURE REGULATOR, SELF-CONTAINED		BACKPRESSURE REGULATOR WITH EXTERNAL PRESSURE TAP		PRESSURE-REDUCING REGULATOR WITH INTEGRAL OUTLET PRESSURE RELIEF VALVE, AND OPTIONAL PRESSURE INDICATOR (TYPICAL AIR SET)
	7		8		9	
		PRESSURE RELIEF OR SAFETY VALVE, GENERAL SYMBOL		PRESSURE RELIEF OR SAFETY VALVE, STRAIGHT-THROUGH PATTERN, SPRING- OR WEIGHT-LOADED, OR WITH INTEGRAL PILOT		VACUUM RELIEF VALVE, GENERAL SYMBOL

**ANEXO 2. Tabla para selección de transmisor de presión
manométrica marca Foxboro modelo IGP10**

MODEL CODE

Description					Model
I/A Series, Electronic, Direct Connected Absolute Pressure Transmitter					IAP10
I/A Series, Electronic, Direct Connected Gauge Pressure Transmitter					IGP10
<u>Electronics Versions and Output Signal</u>					
Intelligent; Digital FoxCom and/or 4 to 20 mA dc, Configurable (Version –D)					–D
Intelligent; Digital FOUNDATION fieldbus (Version –F)					–F
Intelligent; Digital HART and 4 to 20 mA (Version –T)					–T
Electronic; 4 to 20 mA Analog Output, Explosionproof and Intrinsically Safe (Version –I)					–I
Electronic; 4 to 20 mA Analog Output, Explosionproof (Version –A)					–A
Electronic; 1 to 5 V dc Analog Output, Low Power (Version –V)					–V
None; Sensor Assembly with Process Connection Only (without Electronics Housing/Topworks)					–K
<u>Structure Code – Process Connection, Sensor, Fill Fluid</u>					
Process					
Connection	Sensor	Fill Fluid			
316L ss	Co-Ni-Cr	Silicone			20
316L ss	Co-Ni-Cr	Fluorinert			21
316L ss	316L ss	Silicone			22
316L ss	316L ss	Fluorinert			23
<u>Span Limits – Absolute or Gauge Pressure Units, as Applicable</u>					
MPa	psi	bar or kg/cm²	mmHg	inH₂O	
0.007 and 0.21	1 and 30	0.07 and 2.1	52 and 1550	28 and 840	C
0.07 and 2.1	10 and 300	0.7 and 21	–	–	D
0.7 and 21	100 and 3000	7 and 210	–	–	E
14 and 42	2000 and 6000	140 and 420 (Available with IGP10 Only)			F
<u>Conduit Connection and Housing Material</u>					
None, must be Selected with IAP10–K and IGP10–K					0
1/2 NPT, Aluminum Housing					1
PG 13.5 Aluminum Housing(a)					2
1/2 NPT, 316 ss Housing					3
PG 13.5, 316 ss Housing(a)					4
<u>Electrical Safety(a)</u>					
None, must be Selected with IAP10–K and IGP10–K					0
CENELEC Certified Intrinsically Safe, ia(b)					E
CSA Certified, ia, d, and n(b)					C
European Certified Nonsparking, Ex, N, IIC, Zone 2 (Not with Electronics Version "-A")					N
FM Approved, ia, d, and n(b)					F
SAA Certified, EEx, d, IIC					A
SAA Certified EEx, ia, IIC(b)					H
SAA Certified EEx, n, IIC					K
FOR OPTIONS, SEE OPTIONAL SELECTION CODES SECTION ON NEXT PAGE					

(a) Available with Electrical Safety Codes "E", "N", and "H" only.

(b) Intrinsically Safe Transmitter (ia) not applicable to "–A" or "–V" Electronics Versions.

MODEL CODE (Cont.)**Optional Selection Codes for IAP10 and IGP10(a)**

Description	Optional Suffix
<u>Mounting Bracket Set (Not available with IAP10-K or IGP10-K)</u>	
Painted Steel Bracket with Plated Steel Bolts	-M1
Stainless Steel Bracket with Stainless Steel Bolts	-M2
<u>Digital Indicator with Pushbuttons (Not available with IAP10-K or IGP10-K)</u>	
Digital Indicator, Pushbuttons, and Window Cover (Digital Versions -D, -F, and -T only)	-L1
Blind (Solid) Cover over Standard LCD Indicator (Analog Versions -A, -I, and -V only)	-L2
<u>Vent Screw and Block & Bleed Valve (Not available with -G Option)</u>	
Vent Screw in Process Connection	-V1
Block and Bleed Valve, Carbon Steel (Not available with IAP10-K or IGP10-K)	-V2
Block and Bleed Valve, 316 ss (Not available with IAP10-K or IGP10-K)	-V3
Block and Bleed Valve, 316 ss Body with Monel Trim (NACE Approved) (Not available with IAP10-K or IGP10-K)	-V4
<u>Conduit Thread Adapters (Not available with IAP10-K or IGP10-K)</u>	
Hawke-Type 1/2 NPT Cable Gland for use with Conduit Connection Codes 1 and 3(b)	-A1
Plastic PG 13.5 Connector for use with Conduit Connection Codes 2 and 4(c)	-A2
M20 Connector for use with Conduit Connection Codes 1 and 3(b)	-A3
Brass PG 13.5 Cable Gland (Trumpet-Shaped) for use with Conduit Connection Codes 2 and 4(c)	-A4
<u>Electronics Housing Features (Not available with IAP10-K or IGP10-K)</u>	
External Zero Adjustment	-Z1
Custody Transfer Lock and Seal	-Z2
External Zero Adjustment and Custody Transfer Lock and Seal	-Z3
<u>Custom Factory Configuration (Not available with IAP10-K or IGP10-K)</u>	
Digital Output (4 to 20 mA Default if not selected) – with Electronics Version -D only)	-C1
Full Factory Configuration (Requires Configuration Form to be filled out)	-C2
<u>Miscellaneous Optional Selections (More than One Option below may be Specified)</u>	
G 1/2 B Manometer Process Connection (Not Available with Option -V1 to -V4)	-G
R 1/2 Process Connection	-R
Without Instruction Book (Not available with IAP10-K or IGP10-K)	-K
Five Year Warranty (Not available with IAP10-K or IGP10-K)	-W
Supplemental Customer Tag (Not available with IAP10-K or IGP10-K)	-T
Examples: IAP10-T23C2E-A2GK; IGP10-D20D1F-L1C1Z1T; IGP10-K21F00-V1	

(a) Refer to PSS 2A-1Z9 E for option descriptions, and for additional optional features and accessories not listed in Model Code.

(b) Available with Electrical Certification Codes "E", "N", and "H" only.

(c) Available with Electrical Certification Codes "E" and "H" only.

**ANEXO 3. *Datasheet* de transmisor de presión manométrica
marca Foxboro modelo IGP10**

Model IGP10 Gauge Pressure Transmitter

Application Versatility
 Rugged Dependability
 Superior Performance
 Choice of Electronics Modules
 LCD Indicator / Pushbutton Configurator
 NEMA 4X / IP66 Protection
 CENELEC, CSA, FM and SAA Approval
 Choice of Electronics Modules

General Description

The Foxboro I/A Series transmitters are a complete family of differential pressure, gauge pressure, and absolute pressure transmitters. Remote seals and flanged versions are available.

IGP10 series intelligent two-wire pressure transmitters provide precise, reliable measurement of gauge pressure and transmit a proportional electrical signal, in either analogue or digital mode.

Functional Specifications

Output Signal and Configuration

Version	Output Options	Configure From
-A	Analogue 4-20 mA	Standard push buttons
-I	Analogue 4-20 mA	Standard push buttons
-T	HART/4-20 mA	HART 275 Communicator (Foxboro HT991) Windows Software (Foxboro PC20) Optional push buttons
-D	Digital FOXCOM or Analogue 4-20 mA	I/A Series Workstation Hand-Held Terminal (Foxboro HHT) Windows Software (Foxboro PC20) Optional push buttons

Span and Range Limits

Span Limit Code	Span Limits			Range Limits		
	kPa	psi	mbar	kPa	psi	mbar
C	7.0 and 210	1 and 30	70 and 2100	0 and 210	0 and 30	0 and 2100
	MPa	psi	bar or kg/cm ²	MPa	psi	bar or kg/cm ²
D	0.07 and 2.1	10 and 300	0.7 and 21	0 and 2.1	0 and 300	0 and 21
E	0.7 and 21	100 and 3000	7 and 210	0 and 21	0 and 3000	0 and 210

FOXBORO


IGP10 Gauge Pressure Transmitter

Electrical Classification

Various certifications are available, including EExia IIC Intrinsically Safe Zone 0, EExd IIC Flameproof Zone 1 and ExN Non Sparking Zone 2.

Maximum Static and Overrange Ratings

The maximum pressure which may be applied without causing damage to the transmitter are as follows.

Span Limit Code	Maximum Overrange Pressure Rating		
	MPa	psi	bar or kg/cm ²
C	0.31	45	3.15
D	3.1	450	31.5
E	31	4500	315

Supply Voltage - mA Output

11.5 to 42 VDC

Relative Humidity

0 to 100%

Sensor Body Temperature

Silicone Fill Fluid : -46 to +121°C

Fluorinert Fill Fluid : -29 to +121°C

Electronics Temperature

Without Indicator : -40 to +85°C

With Indicator : -20 to +82°C

LCD Indicator and Push Buttons

Standard for IGP10-A and IGP10-I, optional for IGP10-D and IGP10-T.

The indicator provides two lines; 5 numeric characters on the top line and 7 alphanumeric characters on the bottom line.

The pushbuttons allow for configuration of:

- adjustable damping
- forward or reverse output
- failsafe output (upscale or downscale)
- re-ranging without applying pressure (not -I)

Optional External Zero Adjustment

External zero adjustment makes it easier to zero the transmitter in the field, especially in hazardous locations.

Physical Specifications**Process Connection and Sensor Materials**

Standard process connection material is 316L Stainless Steel. Sensors are available in 316L Stainless Steel or Co-Ni-Cr.

Process Connections

The IGP10 pressure transmitter features a ½" NPT(M) process connection, with a ¼" NPT(F) internal thread.

Sensor Fill Fluids

Silicone Oil or Fluorinert.

Environmental Protection

The transmitter is dust-tight and weatherproof per IEC IP66 and provides the environmental and corrosion resistant protection of NEMA Type 4X.

Mounting Position

The transmitter may be mounted in any orientation. Any zero effect caused by the mounting position can be eliminated by re-zeroing.

Approximate Mass

IGP10 Pressure Transmitter - 1.5 kg

With LCD indicator - Add 0.2 kg

Performance Specifications**Accuracy**

Version	Configured Output Signal	Accuracy in % of Calib. Span
IGP10-D & IGP10-T	Digital 4-20 mA	±0.07 ±0.10
IGP10-I & IGP10-A	4-20 mA	±0.20

Includes Linearity, Hysteresis and Repeatability.

Not valid for small spans.

Stability

Long term drift is less than ±0.1% of upper range limit over a 12-month period.

Ambient Temperature Effect

Less than ±0.2% of upper range limit for a 55°C change.

Further Information

For more comprehensive specifications, please refer to the following Foxboro Product Specification Sheets:-

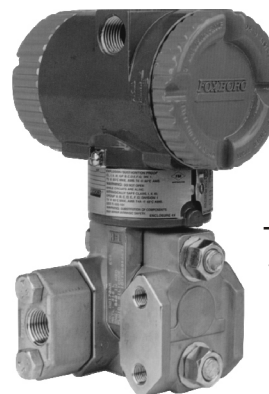
IDP10-A : PSS 2A-1C13C

IDP10-I : PSS 2A-1C13C

IDP10-T : PSS 2A-1C13B

IDP10-D : PSS 2A-1C13A

These are available from Thermocouple Instruments Ltd, on request.



I/A Series Gauge Pressure transmitters are also available in 'bracket-mounting' design (Model Code IGP20).

The direct mounting version can also be supplied for absolute pressure applications (Model Code IAP10).

FOXBORO
Thermocouple Instruments Limited

Pontygwindy Road, Caerphilly, CF83 2WJ, UK
 Tel: (+44) 029 20807400 Fax: (+44) 029 20807410
 Internet: <http://www.thermocouple.co.uk>
 E-mail: enquiries@thermocouple.co.uk

All Rights Reserved. © Copyright 2000 Thermocouple Instruments Ltd.
 Iss. 01

Thermocouple Instruments Ltd is an
 Authorised Distributor for Foxboro GB Ltd.

**ANEXO 4. Tabla para selección de transmisor de presión
diferencial marca Foxboro modelo IDP10**

MODEL CODE

Description				Model
I/A Series Electronic d/p Cell Transmitter				IDP10
<u>Electronics Versions and Output Signals</u>				
Intelligent; Digital FoxCom and/or 4 to 20 mA dc, Configurable (Version –D)				–D
Intelligent; Digital FOUNDATION fieldbus (Version –F)				–F
Intelligent; Digital HART and 4 to 20 mA (Version –T)				–T
Electronic; 4 to 20 mA Analog Output, Explosionproof and Intrinsically Safe (Version –I)				–I
Electronic; 4 to 20 mA Analog Output, Explosionproof (Version –A)				–A
Electronic; 1 to 5 V dc Analog Output, Low Power (Version –V)				–V
None; Sensor Assembly with Process Covers/Connectors Only (without Electronics Housing/Topworks)				–K
<u>Structure Code – Process Covers, Sensor Material, and Sensor Fill Fluids</u>				
Process Cover	Sensor Material	Fill Fluid		
Steel	Co-Ni-Cr	Silicone		10
Steel	Co-Ni-Cr	Fluorinert		11
Steel	316L ss	Silicone		12
Steel	316L ss	Fluorinert		13
Steel	Hastelloy C	Silicone		16
Steel	Hastelloy C	Fluorinert		17
316 ss	Co-Ni-Cr	Silicone		20
316 ss	Co-Ni-Cr	Fluorinert		21
316 ss	316L ss	Silicone		22
316 ss	316L ss	Fluorinert		23
316 ss	316L ss/Gold Plated	Silicone		2G
316 ss	Monel	Silicone		24
316 ss	Monel	Fluorinert		25
316 ss	Hastelloy C	Silicone		26
316 ss	Hastelloy C	Fluorinert		27
Monel	Monel	Silicone		34
Monel	Monel	Fluorinert		35
Hastelloy C	Hastelloy C	Silicone		46
Hastelloy C	Hastelloy C	Fluorinert		47
Hastelloy C	Tantalum	Silicone		48
Hastelloy C	Tantalum	Fluorinert		49
pvdF Insert	Tantalum	Silicone (used with Process Connector Type 7 below)		78
pvdF Insert	Tantalum	Fluorinert (used with Process Connector Type 7 below)		79
<u>Span Limits (Differential Pressure Units)</u>				
kPa	inH₂O	mbar	mmHg	
0.12 and 7.5	0.5 and 30	1.2 and 75	0.93 and 56	A
0.87 and 50	3.5 and 200	8.7 and 500	6.5 and 375	B
MPa	psi	bar or kg/cm²	mmHg	
0.007 and 0.21	1 and 30	0.07 and 2.1	52 and 1550	C
0.07 and 2.1	10 and 300	0.7 and 21	–	D
0.7 and 21	100 and 3000	7 and 210	– (Not with 78/79 above)	E
<u>Process Connector Type (Material Same as Process Cover Material)</u>				
None; Must be selected with IDP10–K				0
1/4 NPT (Not available in Hastelloy C Material)				1
1/2 NPT				2
Rc 1/4 (Not available in Hastelloy C Material)				3
Rc 1/2				4
1/2 Schedule 80 Welding Neck (Not Available in Hastelloy C Material)				6
None; pvdF Insert tapped for 1/2 NPT/Process Inlet located on Side of 316 ss Process Cover (Used with Structure Codes 78 and 79 only)				7
<u>Conduit Connection and Housing Material</u>				
None; Must be selected with IDP10–K				0
1/2 NPT, Aluminum Housing				1
PG 13.5, Aluminum Housing (Available with Electrical Safety Codes "D", "E", "N", and "H" only)				2
1/2 NPT, 316 ss Housing				3
PG 13.5, 316 ss Housing (Available with Electrical Safety Codes "D", "E", "N", and "H" only)				4
MODEL CODE CONTINUED ON NEXT PAGE				

MODEL CODE (Cont.)

Description (Cont.)	Model
<u>Electrical Safety(a)</u>	
None; Must be selected with IDP10–K	0
CENELEC Certified Intrinsically Safe, ia(a)	E
CENELEC Certified Flameproof, EEx, d, IIC, Zone 1	D
CSA Certified, ia, d, and n(a)	C
European Certified Nonsparking, Ex, N, IIC, Zone 2 (Not with Electronics Version "–A")	N
FM Approved, ia, d, and n(a)	F
SAA Certified EEx, d, IIC	A
SAA Certified, EEx, ia, IIC(a)	H
SAA Certified EEx, n, IIC	K
Optional Selections(b)	Optional Suffix
<u>Mounting Bracket Set (Not available with IDP10–K)</u>	
Painted Steel Bracket with Plated Steel Bolts	–M1
Stainless Steel Bracket with Stainless Steel Bolts	–M2
<u>Digital Indicator with Pushbuttons (Not available with IDP10–K)</u>	
Digital Indicator, Pushbuttons, and Window Cover (Digital Versions –D, –F, and –T only)	–L1
Blind (Solid) Cover over Standard LCD Indicator (Analog Versions –A, –I, and –V)	–L2
<u>DIN 19213 Construction used with Process Connector Code "0" and 316 ss Covers Only(c)</u>	
Single Ended Process Cover with M10, B7 Steel Bolting(f)	–D1
Double Ended Process Cover with M10, B7 Steel Bolting (Blind Kidney Flange on Back)(d,e,f)	–D2
Single Ended Process Cover with 7/16 in, B7 Steel Bolting(f)	–D3
Double Ended Process Cover with 7/16 in, B7 Steel Bolting (Blind Kidney Flange on Back)(d,e,f)	–D4
Single Ended Process Cover with 7/16 in, 316 ss Bolting(f)	–D5
Double Ended Process Cover with 7/16 in, 316 ss Bolting (Blind Kidney Flange on Back)(d,e,f)	–D6
Single Ended Process Cover with 7/16 in, 17-4 PH ss Bolting(f)	–D7
Double Ended Process Cover with 7/16 in, 17-4 PH ss Bolting (Blind Kidney Flange on Back)(d,e,f)	–D8
<u>Cleaning and Preparation (Not Available with Gold-Plated Sensor, Structure 2G)</u>	
Unit Degreased – for Silicone Filled Sensors Only (Not for Oxygen/Chlorine/Other Fluids that may react with Silicone)	–X1
Cleaned and Prepared for Oxygen Service – for Fluorinert Filled Sensors Only (Not Available with Carbon Steel Covers or with Silicone Filled Sensors)	–X2
Cleaned and Prepared for Chlorine Service – for Fluorinert Filled Sensors Only (Not Available with Carbon Steel Covers or with Silicone Filled Sensors)	–X3
<u>Bolting for Process Covers/Connectors – Not Available with DIN 19213 Construction</u>	
316 ss Bolts and Nuts (Pressure Derated)(c)	–B1
17-4 ss Bolts and Nuts	–B2
<u>Conduit Connectors (Not available with IDP10–K)</u>	
Hawke-Type 1/2 NPT Cable Gland for use with Conduit Connection Codes "1" and "3" (g)	–A1
Plastic PG 13.5 Cable Gland for use with Conduit Connection Codes "2" and "4"(h)	–A2
M20 Conduit Thread Adapter for use with Conduit Connection Codes "1" and "3"(g)	–A3
Brass PG 13.5 Cable Gland (Trumpet-Shaped) for use with Conduit Connection Codes "2" and "4"(h)	–A4
<u>Electronics Housing Features (Not available with IDP10–K)</u>	
External Zero Adjustment	–Z1
Custody Transfer Lock and Seal	–Z2
External Zero Adjustment and Custody Transfer Lock and Seal	–Z3
<u>Custom Factory Configuration (Not available with IDP10–K)</u>	
Digital Output (4 to 20 mA Default if not selected) – Available with "–D" Electronics only	–C1
Full Factory Configuration (Required Configuration Form to be filled out)	–C2
OPTIONAL SELECTION CODES CONTINUED ON NEXT PAGE	

(a) Intrinsically Safe Transmitters (ia) not applicable to "–A" or "–V" Electronic Versions.

(b) Refer to PSS 2A-1Z9 E for option descriptions, and for additional optional features not listed in Model Code.

(c) See applicable installation MI's for pressure deratings when certain DIN 19213 versions and 316 ss bolts/nuts are specified.

(d) Temperature limits derated to 0 and 60°C (32 and 140°F).

(e) Mounting Bracket Set option is not available.

(f) DIN 19213 Construction not available with process cover having pvdf insert, Structure Codes 78 and 79.

(g) Available with Electrical Safety Codes "E", "D", "N", and "H" only.

(h) Available with Electrical Safety Codes "E" and "H" only.

**ANEXO 5. *Datasheet* de transmisor de presión diferencial
marca Foxboro modelo IDP10**

Model IDP10 Differential Pressure Transmitter

Application Versatility
Rugged Dependability
Superior Performance
Choice of Electronics Modules
LCD Indicator / Pushbutton Configurator
NEMA 4X / IP66 Protection
CENELEC, CSA, FM and SAA Approval
Choice of Electronics Modules

General Description

The Foxboro I/A Series transmitters are a complete family of differential pressure, gauge pressure, and absolute pressure transmitters. Remote seals and flanged versions are available.

IDP10 series intelligent two-wire DP cell transmitters measure the difference between two pressures and transmit a proportional or square root (flow) electrical signal, in either analogue or digital mode.

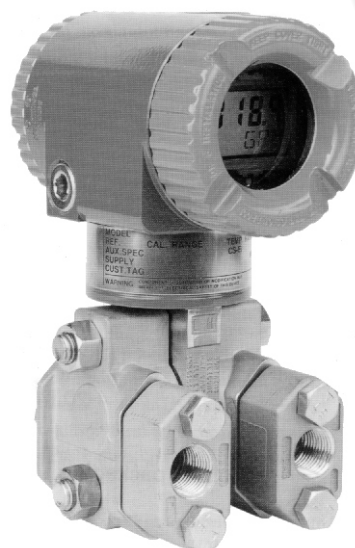
Functional Specifications

Output Signal and Configuration

Version	Output Options	Configure From
-A	Analogue 4-20 mA	Standard push buttons
-I	Analogue 4-20 mA	Standard push buttons
-T	HART/4-20 mA	HART 275 Communicator (Foxboro HT991) Windows Software (Foxboro PC20) Optional push buttons
-D	Digital FOXCOM or Analogue 4-20 mA	I/A Series Workstation Hand-Held Terminal (Foxboro HHT) Windows Software (Foxboro PC20) Optional push buttons

Span and Range Limits

Span Limit Code	Span Limits			Range Limits		
	kPa	inH ₂ O	mbar	kPa	inH ₂ O	mbar
A	0.12 and 7.5	0.5 and 30	1.2 and 75	-7.5 and +7.5	-30 and +30	-75 and +75
B	0.87 and 50	3.5 and 200	8.7 and 500	-50 and +50	-200 and +200	-500 and +500
C	7.0 and 210	28 and 840	70 and 2100	-210 and +210	-840 and +840	-2100 and +2100
	MPa	psi	bar or kg/cm ²	MPa	psi	bar or kg/cm ²
D	0.07 and 2.1	10 and 300	0.7 and 21	-0.21 and 2.1	-30 and +300	-2.1 and +21
E	0.7 and 21	100 and 3000	7 and 210	-0.21 and 21	-30 and +3000	-2.1 and +210

FOXBORO**IDP10 Differential Pressure Transmitter**

Maximum Static and Overrange Ratings

25 MPa, 3625 psi, 250 bar or kg/cm². (Either side may be higher pressure during overrange). Note that this value may be reduced when IDP10 is ordered with certain options.

Suppressed and Elevated Zero

Suppressed or elevated zero ranges are acceptable as long as the span and range limits are not exceeded.

Electrical Classification

Various certifications are available, including EExia IIC Intrinsically Safe Zone 0, EExd IIC Flameproof Zone 1 and ExN Non Sparking Zone 2.

Supply Voltage - mA Output

11.5 to 42 VDC

Relative Humidity

0 to 100%

Sensor Body Temperature

Silicone Fill Fluid : -46 to +121°C

Fluorinert Fill Fluid : -29 to +121°C

Electronics Temperature

Without Indicator : -40 to +85°C

With Indicator : -29 to +85°C

LCD Indicator and Push Buttons

Standard for IDP10-A and IDP10-I, optional for IDP10-D and IDP10-T.

The indicator provides two lines; 5 numeric characters on the top line and 7 alphanumeric characters on the bottom line.

The pushbuttons allow for configuration of:

- linear or square root output
- adjustable damping
- forward or reverse output
- failsafe output (upscale or downscale)
- re-ranging without applying pressure (not -I)

Optional External Zero Adjustment

External zero adjustment makes it easier to zero the transmitter in the field, especially in hazardous locations.

Physical Specifications**Process Cover and Sensor Materials**

A wide range of process cover/sensor material combinations is available.

Process cover materials include Carbon Steel, 316 S/S, Monel® and Hastelloy® C.

Sensor materials include Cobalt-Nickel-Chromium, 316L S/S, Gold Plated 316L S/S, Monel®, Hastelloy® C and Tantalum.

Process Cover Bolts and Nuts

ASTM A193 B7 and ASTM A194 2H bolts and nuts are standard. Options include NACE Class B7M, 17-4 PH S/S and 316 S/S.

Process Connections

A range of different process connections is available, including 1/4" NPT and 1/2" NPT

Sensor Fill Fluids

Silicone Oil or Fluorinert.

Environmental Protection

The transmitter is dust-tight and weatherproof per IEC IP66 and provides the environmental

and corrosion resistant protection of NEMA Type 4X.

Mounting Position

The transmitter may be mounted in any orientation. Any zero effect caused by the mounting position can be eliminated by re-zeroing.

Approximate Mass

Without process connectors - 3.5 kg

With process connectors - 4.2 kg

With LCD indicator - Add 0.2 kg

Performance Specifications**Accuracy**

Version	Configured Output Signal	Accuracy in % of Calib. Span
IDP10-D & IDP10-T	Digital Linear Digital Square Root 4-20 mA Linear 4-20 mA Square Root	±0.07 ±0.10 ±0.10 ±0.13
IDP10-I & IDP10-A	4-20 mA Linear 4-20 mA Square Root	±0.20 ±0.20

Includes Linearity, Hysteresis and Repeatability.

Not valid for small spans.

Stability

Long term drift is less than ±0.1% of upper range limit over a 12-month period.

Ambient Temperature Effect

Less than ±0.2% of upper range limit for a 55°C change.

Further Information

For more comprehensive specifications, please refer to the following Foxboro Product Specification Sheets:-

IDP10-A : PSS 2A-1C14C

IDP10-I : PSS 2A-1C14C

IDP10-T : PSS 2A-1C14B

IDP10-D : PSS 2A-1C14A

These are available from Thermocouple Instruments Ltd, on request.


Thermocouple Instruments Limited

Pontygwindy Road, Caerphilly, CF83 2WJ, UK
Tel: (+44) 029 20807400 Fax: (+44) 029 20807410
Internet: <http://www.thermocouple.co.uk>
E-mail: enquiries@thermocouple.co.uk

All Rights Reserved. © Copyright 2000 Thermocouple Instruments Ltd.
Iss. 01

Thermocouple Instruments Ltd is an
Authorised Distributor for Foxboro GB Ltd.

**ANEXO 6. *Datasheet* de posicionador electrónico para válvula
marca Yamatake / Optimux modelo HPP 3000**

SMART VALVE POSITIONER

Posicionador inteligente para válvulas con Protocolo de comunicación HART HPP3000 Series



Introducción

El HPP3000 modelo AVP3A2 es el más actual posicionador inteligente electro-neumático universal para válvulas de control basado en microprocesador de última generación con capacidad de análisis dinámico avanzado de la válvula.

El HPP3000 recibe una señal de corriente de DC de los dispositivos de control y a su vez controla válvulas neumáticas. En suma a esta función básica, el HPP3000 tiene capacidades de comunicación, programa de configuración automático, y funciones de autodiagnóstico que incrementaran en gran medida la productividad y eficiencia las operaciones de su planta.

La calibración, configuración y autodiagnósticos se pueden llevar a cabo usando un comunicador HART o el SFC260 de YAMATAKE, que son comunicadores de campo inteligentes.

Características

Fácil de usar

La función de **Auto-Setup** es un programa de configuración totalmente automático, el cual especifica el actuador y ajusta el cero y el span de la válvula. El programa puede ser encendido simplemente desde un switch externo de manera que los ajustes a la válvula se puedan llevar a cabo rápida y cuidadosamente en áreas peligrosas.

Diagnostico avanzado de válvula.

Los siguientes parámetros pueden ser monitoreados por un configurador HART o por el sistema de soporte de mantenimiento a válvulas de control **VALSTAFF**

- Stick-Slip (Monitoreo Deslizamiento del vástago)
- Total stroke (Carrera total)
- Travel Histogram (Histograma de carrera)
- Cycle count (Conteo de ciclos)

- Shut off count (Conteo de cierres)
- Máx. Travel speed. (Velocidad máxima de carrera)

Altamente confiable.

- **Positive seating (Asentamiento Positivo)**
La función "positive seating" cierra completamente la válvula si la señal de entrada llega a ser mas baja que la previamente establecida. Esto refuerza la capacidad de cierre total de las válvulas.
- **Autodiagnóstico**
Provee al usuario la habilidad de verificar el estado del posicionador en cualquier momento y alertar en caso de falla.

Modelo sencillo para múltiples especificaciones.

Los parámetros del HPP3000 pueden ser cambiados sin reemplazar ninguna parte. Un solo modelo puede ser modificado para soportar cualquier aplicación.

- **Rango de entrada (4-20 mA)**
Configurable para cualquier rango requerido o para rango dividido.
- **Características de Flujo**
Lineal (linear), igual porcentaje (eq%), apertura rápida (quick opening) o caracterización especial del usuario (custom user characteristics).
- **Tipo de actuador**
Para actuadores de doble o simple acción (Relevador inverso requerido opcional)

Comunicación HART

El configurador HART 275 puede ser usado para la calibración, configuración y autodiagnósticos.

Especificaciones funcionales

Actuador aplicable

- Actuador de doble o simple acción.
- Actuador de movimiento lineal y rotatorio.

Aprobaciones

JIS aprobación a prueba de fuego.

Ex d IIC T6 approval No C16388

FM aprobación a prueba de explosión

- A prueba de explosión (explosionProof) para clase I división 1 grupo A, B, C y D
- A prueba de polvos (Dust Ignition) para clase II división 1 grupo E, F y G
- Apto para clase III división 1
- A prueba de fuego (Flame proof) para clase I, zona 1, AEx d IIC T6 a temperatura ambiente menor a 80°C, Aprobación No.3021344, Instalación deberá cumplir con NEC

FM aprobación de seguridad intrínseca.

- Seguridad intrínseca. (Intrinsically safe) para clase I, II, III, división 1, grupo A, B, C, D, E, F y G, T4.
- Intrínsecamente seguro para clase I zona 0 AEx ia IIC T4
- Anti-incendiable (Nonincendive) para clase I división II, grupo A, B, C, D T5
- Apto para clase II, III división 2 grupo F, G T4 aprobación No. 3021344, las barreras deberán ser de los tipos reconocidos de FM y cumplir con las siguientes condiciones:
- Línea de señal de entrada: $12.02 \leq V_{max} \leq 30$ volts, I Máx. = 100 mA, P Max= 1 watt, Ci = 0.0 uF, Li = 0.22 mH, la instalación deberá cumplir con NEC.

ISSEP/ATEX aprobación a prueba de fuego

- II 2 G Eex d IIC T6 a $-20^{\circ}\text{C} < T_{\text{ambiente}} < +70^{\circ}\text{C}$, aprobación No. ISSEP 02 ATEX 056, IEC IP66

KEMA/ ATEX aprobación de seguridad intrínseca.

- II 1 GD Eex ia IIC T4 T135°C aprobación No. KEMA 00ATEX1111 X IEC IP66 las barreras deberán ser del tipo ATEX certificadas y cumplir con las siguientes condiciones: Circuito de entrada, terminales (+ - IN) $U_i=30$ Volts, $I_i=100$ mA (Resistividad limitada), $P_i=1$ watt, $C_i=33$ nF, $L_i=0.2$ mH, el circuito deberá ser considerado para conectarse a tierra desde un punto de vista seguro.

CSA aprobación a prueba de explosión

- A prueba de explosión para clase I división 1 grupo B, C y D
- A prueba de fuego para clase I zona 1 Ex d IIC T6
- A prueba de polvo para clase II y III división 1, grupo E, F y G tipo 4x aprobación No. 188352-2500004029, LR113752-6

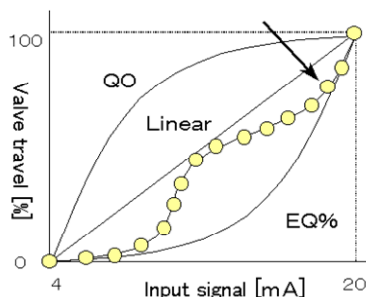
Entrada de señal de control

4-20 mA DC (Configurable para cualquier rango)

Resistencia de entrada 600 ohms Máx. / 20 mA DC

Características de salida

Lineal, igual porcentaje, apertura rápida
Caracterización de Usuario (16 puntos)
Salida neumática ajustable
(3-15 psi o 6-30 psi)
Ganancia ajustable



Rango de carrera del vástago

Angulo del nivelador de retroalimentación $\pm 4^{\circ}$ a $\pm 20^{\circ}$

Operación de By-Pass

Switch externo Auto/Manual (Para actuadores de simple acción solamente)

Presión de suministro de aire.

140 a 700 kPa (1.4 a 7.0 Kg/cm²)

Consumo de aire

4	L/min.(N)	Máximo	a	140	kPa	(1.4 kgf/cm ²)
5	L/min.(N)	Máximo	a	280	kPa	(2.8 kgf/cm ²)
6	L/min.(N)	Máximo	a	500	kPa	(5.0 kgf/cm ²)
10	L/min.(N)	Máximo	a	400	kPa	(4.0 kgf/cm ²) Para Actuadores de doble acción.

Máximo flujo de aire producido

110 L/min(N) Máximo a 140 kPa (1.4 kgf/cm²)

250 L/min(N) Máximo a 400 kPa (4.0 kgf/cm²) para actuadores de doble acción.

Presión de salida balanceada

$55 \pm 5\%$ para actuadores de doble acción únicamente.

Protección contra descargas eléctricas atmosféricas

Picos con valores de sobre voltaje: 12 kV

Picos con valores de sobre corriente: 1000 A

Protección contra polaridad inversa

Tolerancia a la Vibración

2G, 5 a 400 Hz

Límites de temperatura ambiente

-40°C a 80°C para modelo general

JIS A prueba de fuego (FlameProof) -40°C a 55°C

FM A Prueba de explosión (ExplosionProof) -40°C a 80°C

FM Seguridad Intrínseca (Intrinsically safe) -40°C a 80°C

ISSEP/ATEX A prueba de fuego (FlameProof) -40°C a 70°C

KEMA/ATEX Seguridad Intrínseca -40°C a 60°C

CSA A prueba de explosión (ExplosionProof) -40°C a 80°C

Límites de Humedad ambiente.

10% a 90% RH

Conformidad CE

Compatibilidad Electromagnética

EN61326 : 1997 (CE Marking)

Herramientas de configuración

Configurador HART modelo 375 (De acuerdo con la necesidad, por favor actualice los archivos "Device Descriptors" y el software).

Modelos SFC260 (Comunicador de campo inteligente SFC, versión de software 7.8 o más actual)

Especificaciones de desempeño

Exactitud

Para 8 mA $\leq$ span de señal de entrada < 16 mA ± 1 % FS (± 2.5 % con característica de salida del usuario)

Para 4 mA $\leq$ span de señal de entrada < 8 mA ± 1.5 % FS

Nota: Referencia a la tabla 3. Debido a que la exactitud varía dependiendo de la combinación de la carrera y el tamaño del actuador.

Histéresis de 0.3 % FS

Repetibilidad 0.4 % FS

Sensibilidad 0.025 % del Span

Especificaciones Físicas

Clasificación del gabinete

JIS C0920 Watertight, NEMA 4x, IEC 529 IP66

Acabado

Acrílico Horneado

Color

Gris

Material

Aluminio.

Peso:

Para actuador de simple acción.

Sin regulador de presión y filtro = 2.5 kg.

Con regulador de presión y filtro = 3.2 kg.

Para actuador de doble acción.

Sin regulador de presión y filtro = 2.8 kg.

Con regulador de presión y filtro = 3.5 kg.

Instalación

Conexiones de aire

Rc 1/4" o 1/4" NPT de rosca interna

Conexiones Eléctricas

G 1/2" o 1/2" NPT rosca interna

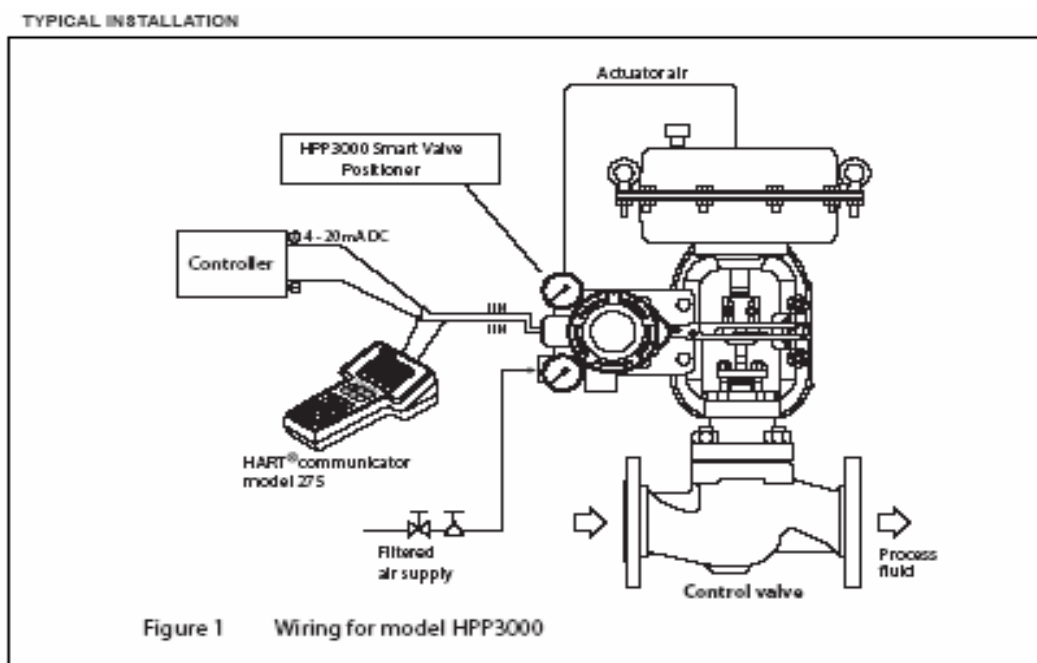
Condiciones de aire de suministro

- Partículas de diámetro máximo 3 micrones
- Lubricador de aceite: No permitido
- Punto de Rocío: 10°C debajo de la temperatura ambiente.

Montaje UNIVERSAL

El posicionador modelo AVP3A2 marca Optimux, puede ser instalado en una amplia gama de modelos, tamaños y marcas de actuadores, rotatorios o lineales, caracterizándolo como el mas versátil Posicionador para válvulas de control.

LOS ELECTROPOSICIONADORES HPP3000 SERIES HART® Smart Valve Positioner MARCA OPTIMUX CONTROLS SON MANUFACTURADOS POR YAMATAKE CORPORATION.



**ANEXO 7. *P&ID* planta generadora de nitrógeno de la
refinería de Barrancabermeja**