UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTAN:

CAMARGO HERRERA JOSÉ MANUEL
MORENO DÍAZ YESENIA

MÉXICO, D.F. 2014

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

D I R E C C I Ó N

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

Comunico a usted que al alumno(a) **Camargo Herrera José Manuel** con número de cuenta **404061566** de la carrera **Ingeniería Química,** se le ha fijado el día **14** del mes de **noviembre** de **2014** a las **16:00 horas** para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	M. en I. SALVADOR JACINTO GALLEGOS RAMALES
VOCAL	I.Q. IVÁN JOSÉ ZAVALZA RAMÍREZ*
SECRETARIO	M. en I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA
SUPLENTE	I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ
SUPLENTE	I.Q. JUAN ÁNGEL LUGO MALDONADO

El título de la tesis que se presenta es: **Propuesta de diseño del sistema de comunicación Foundation Fieldbus aplicado a la instrumentación de un tanque separador de crudo.**

Opción de Titulación: Tesis profesional

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 28 de octubre de 2014.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA DIRECCION

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

RECIBÍ:

OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Vo.Bo.

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

D I R E C C I Ó N

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

Comunico a usted que al alumno(a) **Moreno Díaz Yesenia** con número de cuenta **406096470** de la carrera **Ingeniería Química,** se le ha fijado el día **14** del mes de **noviembre** de **2014** a las **18:00** **horas** para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	M. en I. SALVADOR JACINTO GALLEGOS RAMALES
VOCAL	I.Q. IVÁN JOSÉ ZAVALZA RAMÍREZ*
SECRETARIO	M. en I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA
SUPLENTE	I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ
SUPLENTE	I.Q. JUAN ÁNGEL LUGO MALDONADO

El título de la tesis que se presenta es: **Propuesta de diseño del sistema de comunicación Foundation Fieldbus aplicado a la instrumentación de un tanque separador de crudo.**

Opción de Titulación: Tesis profesional

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 28 de octubre de 2014.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA DIRECCION

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

RECIBÍ:

OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Vo.Bo.

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.

AGRADECIMIENTOS MUTUOS

A NUESTRO DIRECTOR DE TESIS, I.Q Iván Zavalza Ramirez por darnos las pautas necesarias para hacer un trabajo digno y por compartirnos sus experiencias tanto profesionales como personales.

A LOS MIEMBROS DEL JURADO, M. en I. Salvador Gallegos, M. en I. Pablo Valero, I.Q. Delfino Galicia e I. Q. Juan Ángel Lugo, por tomarse el tiempo para revisar nuestro trabajo, y por los consejos brindados.

A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA (FESZ), por ser nuestra alma máter y darnos las herramientas necesarias para el desarrollo profesional.

AL INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLÉO (IMP), por darnos la oportunidad de desarrollarnos como profesionistas.

A LAS ESPECIALIDADES DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL Y DE TELECOMUNICACIONES DEL IMP, Ing. Gabriel Carreon Tejada, Ing. Erick Martinez, Ing. Gustavo Oliva, Ing. Leticia Gutierrez, Ing. Alejandro Trejo, Ing. Sergio Loera, Ing. Rogelio Lozano, Ing. Miguel Hernandez y demás compañeros de la especialidad por la motivación que siempre nos han brindado y por el apoyo, enseñanzas y consejos que en verdad son muy valiosos.

AL ING. RENÉ DE LA MORA MEDINA, por sus consejos, confianza y apoyo dentro y fuera de la carrera.

A NUESTROS AMIGOS, Pedro, Karina, Fernando, Elizabeth, Bernardo, Tania, Linda, Antonieta, Lizbeth, Carlos y a todos aquellos que han compartido algún momento de su vida y nos han regalado muchas alegrías, gracias por su amistad.

AGRADECIMIENTOS POR JOSÉ MANUEL CAMARGO HERRERA

A MIS PADRES, Guillermo Camargo Hernandez y Odilia Herrera Cuate por su amor, confianza y respeto; por mostrarme la lucha y la convicción para seguir adelante.

A MIS HERMANOS, Francisco, Guillermo y Gabriela por brindarme muchas alegrías apoyo y amor.

A PATRICIA JIMENEZ DE SAMPEDRO, por ser parte de mi vida, ser una excelente compañera, amiga y pareja, por brindarme su amor y cariño, por el apoyo durante la carrera, alentándome, dándome su confianza y ser mi inspiración a seguir adelante en todas mis metas.

A YESENIA MORENO, por su confianza y su gran amistad, por estar en las buenas y en las malas y por haber compartido éste proyecto tesis.

A MIS AMIGOS, Cristhia Estrada Villegas, Edwin Alcaraz Sánchez y Cynthia Chela, los mejores amigos que me alentaron y apoyaron para seguir en mis estudios, quienes me permitieron compartir a su lado grandes momentos, por su respeto y confianza.

AGRADECIMIENTOS POR YESENIA MORENO DÍAZ

A DIOS, Por haberme dado el regalo de la vida, por acompañarme y guiarme a lo largo de mi camino, por darme fortaleza en los momentos de debilidad, por rodearme de gente que me quiere y me apoya, por todo esto y mucho más gracias.

A MIS PADRES, Néstor Moreno y Agustina Díaz por darme su amor incondicional, por los valores inculcados, por apoyarme en las decisiones que he tomado, por brindarme una excelente educación y sobre todo por ser un ejemplo de vida para mis hermanos y para mí.

A MIS HERMANOS, Daniel y Carolina por ser mis cómplices de travesuras, por su confianza, y por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A MIS ABUELOS, TIOS(AS) Y PRIMOS(AS), por los consejos, por animarme, por confiar en mí, por el cariño y el apoyo que me han brindado.

A URIEL RIVERA, por tu apoyo incondicional, por creer en mí, por el cariño y la confianza que me brindas, y por formar parte importante de mi vida.

A MANUEL CAMARGO, por ser un excelente amigo y compañero de trabajo, por estar conmigo en los buenos y los malos momentos, por la paciencia, por confiar en mí y regalarme tu amistad.

A MIS AMIGOS, Isela, Jorge, Pedro, Karina, Fernando, Elizabeth, Bernardo, Oziel, Valery, Tania, Oscar, Julio, Gabriel, Linda, Antonieta, Lizbeth, Carlos y a todos aquellos que han compartido conmigo algún momento de su vida y me han regalado muchas alegrías, gracias por su amistad.

OBJETIVO GENERAL

Este trabajo pretende relacionar al Ingeniero químico y/o profesionistas involucrados en la instrumentación y control de procesos con el sistema de control Foundation Fieldbus usando un lazo de control que envía una señal del instrumento ubicado en campo (elemento primario) al sistema de control y regresando la señal al elemento final.

Presenta una visión de las características técnicas básicas de la tecnología a las que el operador podrá tener acceso, así como la información de los dispositivos por medio de la interfaz humano-maquina donde podrá visualizar los parámetros configurables como: puntos de ajuste, rangos, identificaciones y diagnósticos del instrumento asociado a la variable que se esté manipulando (flujo, nivel, presión, temperatura etc.).

OBJETIVOS PARTICULARES

El presente trabajo expondrá los conceptos técnicos básicos del sistema de control Foundation Fieldbus para familiarizar al ingeniero químico con dicha tecnología, es decir, se mostrarán definiciones de términos particulares, necesidades, requerimientos y beneficios que servirán para su especificación y diseño.

Se realizará una propuesta de diseño del sistema de comunicación Foundation Fieldbus aplicado a la transmisión de señales de un lazo de control en la instrumentación de un tanque separador de crudo, en el cual el ingeniero químico podrá observar algunos cambios y beneficios que han surgido con el paso del tiempo con respecto a otras tecnologías.

Finalmente se mostrará al ingeniero la elaboración de los documentos necesarios para la especificación y el diseño del sistema de comunicación Foundation Fieldbus, además a partir de la Ley de Ohm se elaborarán memorias de cálculo que comprueben el funcionamiento del lazo de control con la caída de tensión y con apoyo de un software dedicado se validará el diseño de los segmentos del sistema Foundation Fieldbus.

JUSTIFICACIÓN

Para el ingeniero químico es muy importante estar a la vanguardia y contar con un amplio conocimiento de los avances tecnológicos que surgen en el ambiente en el que se desenvuelve.

Tal es el caso de la evolución en los sistemas de comunicación y en particular la de los sistemas en la industria de la automatización y control que han mostrado un gran avance en las últimas décadas, se ha visto el uso de señales neumáticas, eléctricas, fibra óptica y actualmente buses de campo. Y aunque dichas señales se siguen usando, esto no quiere decir que en un futuro no lleguen a ser completamente sustituidas por los sistemas de comunicación Foundation Fieldbus.

Foundation Fieldbus es una tecnología innovadora, la cual ha dado paso al desplazamiento progresivo de instrumentos que utilizan sistemas analógicos 4-20 mA, mejorando la interconexión de dispositivos de campo y proceso con la interfaz humano-maquina.

Esta tesis describe conceptos técnicos básicos del sistema Foundation Fieldbus, por otra parte muestra una propuesta de diseño de aplicación en la instrumentación de un separador de crudo.

Consta de 4 capítulos:

El capítulo 1. Muestra los avances tecnológicos en cuestión de los sistemas de comunicación que hay, desde la trasmisión de señales de los instrumentos de campo hasta llegar al cuarto de control.

El capítulo 2. Hace referencia a la normatividad y a la clasificación de áreas de seguridad en un proceso industrial, en este caso en el área petrolera costa fuera.

El capítulo 3. En este se explican las características técnicas básicas de la tecnología Foundation Fieldbus.

El capítulo 4. Consta de algunas consideraciones que se deben tener en cuenta al momento del diseño de un segmento, se muestra un ejemplo de aplicación en un separador de crudo, además de la elaboración de algunos documentos necesarios para la especificación de la tecnología Foundation Fieldbus del área de instrumentación y control.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN……...1

CAPITULO 1. ANTECEDENTES……...…3

1.1 Fundamento Teórico: Lazos de control, control abierto y control cerrado……...6

1.2 Señales de comunicación: 4-20 mA, Hart, y Foundation Fieldbus……..11

CAPITULO 2. FUNDAMENTOS NORMATIVOS..……15

2.1 Normatividad aplicable: NOM, IEC, NEC, NRF, API..……...17

2.2 Clasificación de áreas…….18

2.2.1 Clase/División/Grupo……..19

2.2.2 Clase/Zona/Grupo……...22

2.3 Seguridad intrínseca……..…23

CAPITULO 3. FOUNDATION FIELDBUS CONCEPTOS TÉCNICOS…...…….27

3.1 ¿Qué es Fieldbus Foundation?.....30

3.2 ¿Qué es Foundation Fieldbus?.....31

3.2.1 Definición de Foundation Fieldbus……..31

3.2.2 Características de Foundation Fieldbus……31

3.2.3 Fieldbus vs Comunicación Convencional……..…48

3.3 Estructura de Segmento Foundation Fieldbus……...59

3.3.1 Estándares definidos por Foundation Fieldbus……..62

a) H1……...62
b) H2……..…62
c) HSE……62

3.3.2 Topologías convencionales…….……..62

a) Convencional……...63
b) Seguridad intrínseca (FISCO)……...65
c) Seguridad Intrínseca (High Energy Trunk)……..71
d) Seguridad Intrínseca (FNICO)……...74

CAPITULO 4. PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA FOUNDATION FIELDBUS………77

4.1 Planteamiento “Descripción de proceso del sistema de control”…….79

4.1.1 Funcionamiento de control de instrumentos en el tanque separador.80

4.2 Documentos entregables……82

4.2.1 Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI)…..……..82

4.2.2 Arquitectura……..84

4.2.3 Especificaciones de los instrumentos Foundation Fieldbus……....85

4.2.4 Base de datos de los instrumentos……..…87

4.2.5 Diagrama de instrumentación……...88

4.2.6 Diagrama de alambrado…….89

4.2.7 Planos de localización y conducción de señales……...90

4.2.8 Cédula de conductores……...91

4.3 Sistemas de control: tarjetas……..92

4.4 Memoria de cálculo…….94

CONCLUSIONES……..……...115

BIBLIOGRAFIA……..…119

ANEXOS……..…123

ANEXO 1. Diagrama de Tuberías e Instrumentos……125

a). Señal de comunicación Foundation Fieldbus…….127
b). Señal de comunicación 4-20 mA/HART……..129

ANEXO 2. Arquitectura de Control……..131

a). Señal de comunicación Foundation Fieldbus…….133
b). Señal de comunicación 4-20 mA/HART……..135

ANEXO 3. Especificaciones de los instrumentos con protocolo Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART……137

a). Transmisor de Presión……...139
b). Transmisor de Presión Diferencial (Nivel)……..140
c). Transmisor de Temperatura……..141
d). Transmisor de Flujo……142

ANEXO 4. Base de Datos de los Instrumentos usando Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART……143

ANEXO 5. Diagrama de Instrumentación……...147

a). Señal de comunicación Foundation Fieldbus……149
b). Señal de comunicación 4-20 mA/HART……..151

ANEXO 6. Diagrama de Alambrado……153

a). Señal de comunicación Foundation Fieldbus……155
b). Señal de comunicación 4-20 mA/HART……..157

ANEXO 7. Plano de Localización de Instrumentos y Conducción de Señales……159

ANEXO 8. Cédula de Conducción……...…163

a). Notas generales……..165
b). Protocolo de comunicación Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART……..166
c). Diferencias entre Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART……167

GLOSARIO……169

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. El ¿por qué? de un buen control…….6

Fig. 1.2. Componentes de un lazo de control abierto……....7

Fig. 1.3. Componentes de un lazo de control cerrado……8

Fig. 1.4. Diagrama de sistema de control de lazo cerrado manual…….....8

Fig. 1.5. Diagrama de sistema de control de lazo cerrado automático……9

Fig. 1.6. Señal analógica continua en función del tiempo……...…11

Fig. 1.7. Hart, una señal digital sobre una señal analógica……...…12

Fig. 1.8. Señal digital en función del tiempo……..13

Fig. 2.1. Clasificación de áreas peligrosas por División……...20

Fig. 2.2. Clasificación de áreas peligrosas por Zona……22

Fig. 3.1. Programa para un lazo típico…….……...37

Fig. 3.2. Programación de múltiples lazos……..38

Fig. 3.3. Topología de rama……..42

Fig. 3.4. Topología de árbol……..43

Fig. 3.5. Longitud total de un segmento……..45

Fig. 3.6. Distribución en un segmento……..…46

Fig. 3.7. Hardware que constituye un segmento……...47

Fig. 3.8. Configuración de fuente de alimentación para múltiples segmentos……..…60

Fig. 3.9. Topologías convencionales……...63

Fig. 3.10. Topología punto a punto……..63

Fig. 3.11. Topología con spurs……64

Fig. 3.12. Topología salto en cadena……..64

Fig. 3.13. Topología de árbol……65

Fig. 3.14. Topologías combinadas en un mismo segmento……65

Fig. 3.15. Modelo típico de FISCO……..68

Fig. 3.16. Modelo de FISCO con instrumentos en áreas seguras y peligrosas……..69

Fig. 3.17. Modelo FISCO con múltiples barreras……..70

Fig. 3.18. Modelo High Energy Trunk con Segments Protectors……...72

Fig. 3.19. Modelo High Energy Trunk con Field Barriers……73

Fig. 3.20. Modelo High Energy Trunk para cualquier aplicación……...74

Fig. 3.21. Topología con fuente de alimentación FNICO……76

Fig. 4.1. Esquema de tanque separador de crudo……81

Fig. 4.2. a). Señal Foundation Fieldbus……..83

Fig. 4.2. b). Señal 4-20 mA/HART. ……83

Fig. 4.3. Topologías típicas para arreglos Foundation Fieldbus……84

Fig. 4.4. Tipos de comunicación en Foundation Fieldbus……92

Fig. 4.5. Diferentes tecnologías en tarjetas Digitales para Foundation Fieldbus……93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Referencia de Normas involucradas en la Tesis “Propuesta de diseño del sistema de comunicación Foundation Fieldbus aplicado a la instrumentación de un tanque separador de crudo”……17

Tabla N° 2. Código de temperatura para materiales por el método de División…..…….20

Tabla N° 3. Nivel de ignición de las sustancias por Grupo……..21

Tabla N° 4. Código de temperatura para materiales por el método de División…..…….23

Tabla N° 5. Equivalencia de grupos de atmósferas peligrosas……..23

Tabla N° 6. Tipos de protección y aplicaciones…….…….25

Tabla N° 7. Bloques de funciones Foundation Fieldbus básicas……...41

Tabla N° 8. Bloques de funciones Foundation Fieldbus avanzadas……41

Tabla N° 9. Límites y valores típicos del segmento……..43

Tabla N° 10. Tipos de cable recomendables para FF……..44

Tabla N° 11. Metraje y número de dispositivos por segmento……...46

Tabla N° 12. Comparación de atributos HART vs Foundation Fieldbus……..58

Tabla N° 13. Caída de tención de las derivaciones……102

Tabla N° 14. Voltaje disponible en los dispositivos en campo……..108

Tabla N° 15. Voltaje disponible para cable 16 AWG……..113

Tabla N° 16. Voltaje disponible para cable 18 AWG..……113

Tabla N° 17. Voltaje disponible para cable 22 AWG……..113

ACRÓNIMOS

Acrónimo	Descripción
ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
ATEX	ATmosphères EXplosives
AWG	American Wire Gauge
CA/CD	Corriente Alterna/Corriente Directa
CC	Corriente Continua
CF	Capability File
DD	Device Descriptor
E/S	Entradas/Salidas
FF	Foundation Fiedbus
FIP	Factory Instrumentation Protocol
FISCO	Fieldbus Intrinsically Safe Concept
FNICO	Fieldbus Non-Incendive Concept
HART	Highway Addressable Remote Transducer
HFC	HART Comunication Foundation
HSE	High Speed Ethernet
I	Intensidad de corriente
IEC	International Electrotechnical Commission
ISA	Instrument Society of America
ISP	Interoperable Systems Project
ITK	Interoperability Test Kit
JB	Junction Box
KHz	Kilohertz
LAS	Link Active Scheduler
mA	miliamperios
NEC	Codigo Electrico Nacional
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NOM	Norma Oficial Mexicana
NRF	Normas de Referencia
P	Potencia
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLC	Controlador Logico Programable
PROFIBUS	Process Fieldbus
PTB	Physikalisch Technische Bundesanstalt
PVC	Policloruro de vinilo
SDMC	Sistema Digital de Monitoreo y Control
SPPE	Sistema de Paro Por Emergencia
V	Voltaje

INTRODUCCIÓN

La Ingeniería es el arte profesional de aplicar la ciencia a la conversión eficaz de los recursos naturales en beneficio del hombre.

Un ingeniero está calificado por su aptitud, entrenamiento, y experiencia para realizar funciones de la ingeniería.

El Ingeniero Químico está capacitado para incursionar en diversas áreas de la industria, tales como, la automotriz, la minera, la papelera, la textil, la farmacéutica, la alimenticia, la metalúrgica, la biotecnología, la investigación, la ambiental, la química, la petroquímica, la del gas y petróleo etc., sin embargo en su desarrollo profesional siempre será necesario mantenerse a la vanguardia en el desarrollo tecnológico, con el fin de proponer dentro de su ámbito laboral mejoras continuas.

Dentro de las actividades que el ingeniero realiza en la industria, se encuentra la instrumentación y control, la cual consiste en mantener dentro de un rango aceptable para el proceso todas las variables involucradas para el buen desarrollo del mismo.

Todos los procesos sea cual sea su naturaleza tienen como aspecto en común que necesitan del control de algunas variables de proceso, como: la presión, la temperatura, el flujo etc., y para ello requieren de un sistema de control el cual se adapte debidamente a las necesidades del proceso.

Anteriormente solo se contaba con sistemas de control manual en los cuales el operario era quien tomaba acción dentro del control de proceso. Para la década de los 60´s surgen los primeros sistemas de control automáticos, eran de tipo neumático los cuales usan un rango de presión de gas conducida en tubos, aproximadamente veinte años después se comenzaron a usar los sistemas de control eléctrico los cuales usan un rango de corriente eléctrica conducida en alambres.

La gradual complejidad con que los procesos se han ido desarrollando ha exigido el uso de instrumentación y sistemas de control más robustos los cuales nos ayuden a que la operación del proceso sea más segura y eficiente, que la calidad en los productos sea mayor, que se reduzca la emisión de residuos a la atmósfera, y además que reditué beneficios económicos.

Hoy en día contamos con instrumentación tipo inteligente como es el caso de la tecnología Foundation Fieldbus, un sistema de comunicación el cual permite monitorear y controlar cualquier variable de proceso, obteniendo como beneficios: la eficiencia en velocidad de respuesta, la capacidad de soportar varios dispositivos en un solo par de hilos, reducir costos de cableado, obtener autodiagnóstico de los dispositivos etc., lo cual elimina la necesidad de la mayoría de las revisiones de rutina y ayuda a detectar condiciones de falla antes de que provoquen un problema mayor.

Con este trabajo se pretende que el ingeniero químico involucrado con el control de procesos tenga conocimiento de las nuevas tendencias tecnológicas dentro de la instrumentación y control, además de conocer algunas características generales de dicha tecnología y pueda darse una idea de cómo aplicarla a un proceso.

CAPÍTULO 1

Antecedentes

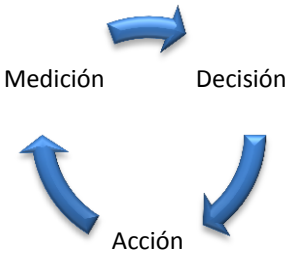
CAPITULO I.ANTECEDENTES

El buen control en los procesos depende del tiempo. Si las acciones de control no ocurren cuando deben la variabilidad resultante en el proceso puede incrementar el uso de energía y de materia prima, reducir el rendimiento y la cantidad de producto, así como la seguridad del proceso.

En los inicios de la era industrial, el control de los procesos se llevó a cabo mediante tanteos basados en la intuición y la experiencia acumulada. Sin embargo, la necesidad de aumentar la calidad en productos, evitar accidentes y reducir emisiones dañinas al ambiente han logrado que día con día los sistemas de control sean más eficientes y nuestro proceso sea de mucho mayor calidad.

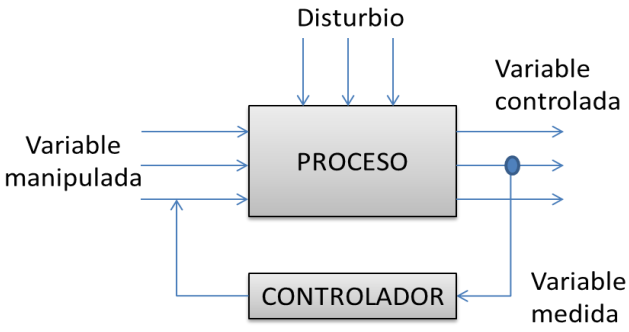
Empecemos por definir ¿qué es un **proceso industrial**? Un proceso industriales la parte de una planta industrial, en la cual se pretende modificar la materia o energía a otras formas de materia o energía.

Antes de poder transformar la materia o energía en alguna necesidad, es importante saber ¿cómo podemos llevar a cabo el proceso necesario? Para esto se debe **controlar el proceso**, en otras palabras, se deben realizar un conjunto de acciones en un patrón determinado que está basado en:



(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

En un control de procesos la regulación o manipulación de variables es de suma importancia para la obtención de un producto requerido.



(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Al tener el control de un proceso se estará tomando en cuenta:

a) Seguridad: Para preservar la integridad del personal y equipos bajo cualquier condición en la operación de los procesos.

b) Estabilidad: Mantener en condiciones seguras la operación de los procesos, para tener en forma continua la calidad de los productos.

c) Optimización: Asegurar al máximo los beneficios económicos en la operación de los procesos.

d) Protección ambiental: Reducir a su mínima expresión el impacto ecológico delos efluentes del proceso.

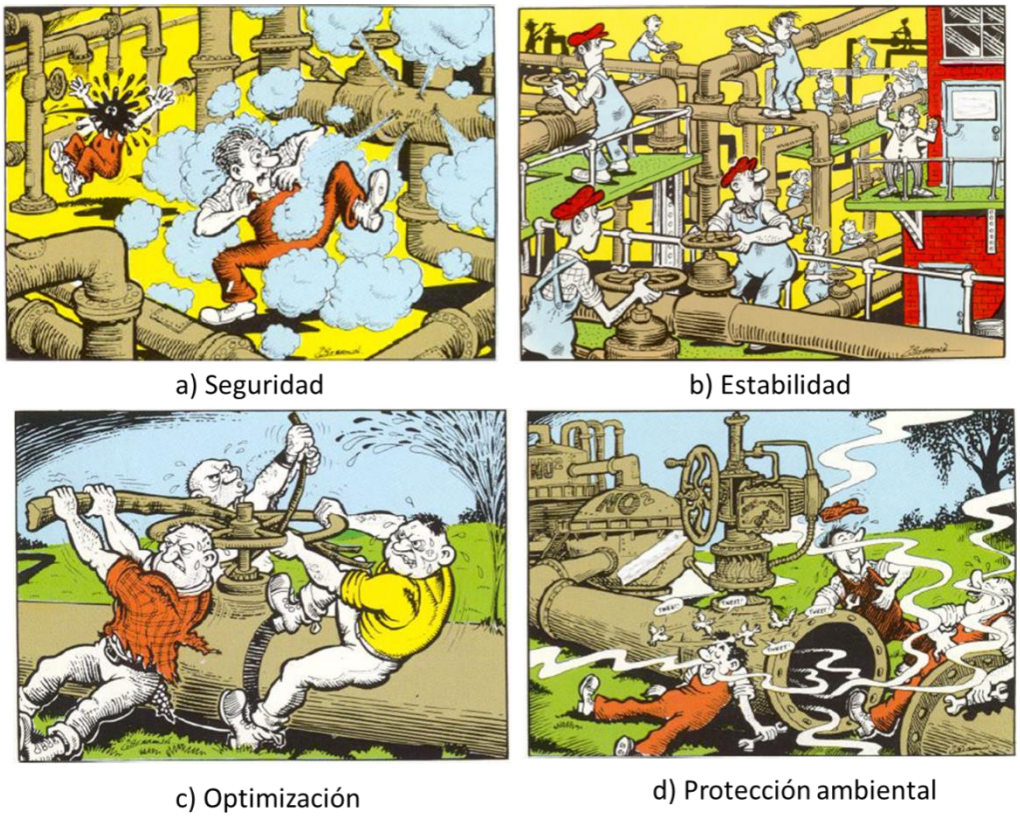


Fig. 1.1. El ¿por qué? de un buen control
(ISA-Curso de Intrumentación de procesos, 2008)

1.1. Fundamento Teórico: Lazos de control: control abierto, control cerrado

En un inicio la industria llevaba a cabo el control de un proceso mediante la intuición y la experiencia de las personas, conforme ha pasado el tiempo las exigencias aumentan, y se requiere de equipos especializados con una mayor exactitud.

El control automático es necesario en la actualidad, ya que mantiene un valor real en el rango de una cantidad o condición, comparándolo con el valor deseado. Para que el control automático funcione es necesario contar con el S*istema de Control* adecuado.

Un *Sistema de Control* es un conjunto racional y sistemático de equipos (sensores, actuadores, amplificadores, computadoras, algoritmos de control, etc.) e intervención humana (diseñadores y operadores de proceso) que permiten operar el sistema controlado con asistencia del sistema de control mismo.

Con la ayuda de un buen sistema de control podemos satisfacer 3 de los principales requerimientos dentro de un proceso, como son:

- Eliminar la influencia de perturbaciones externas
- Asegurar la estabilidad del proceso
- Optimizar el proceso

Al arreglo de instrumentos o funciones interconectados y relacionados de tal manera que las señales puedan medir, indicar o controlar las variables de proceso se le llama *Lazo de Control.*

Los sistemas de control se dividen en dos grandes grupos:

- De lazo abierto
- De lazo cerrado (Feed Back)

Lazo abierto: Son los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control, no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada, simplemente involucra la realización de un estimado de la forma o cantidad de acción necesaria para obtener un objetivo deseado, su base radica en la predicción. No se hace una comprobación para determinar si la acción correcta ha cumplido con el objetivo deseado.

Ante la presencia de disturbios, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se utiliza si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Estos sistemas no son de control realimentado. En la Fig. 1.2. Se muestran los componentes que contiene un lazo de control abierto.

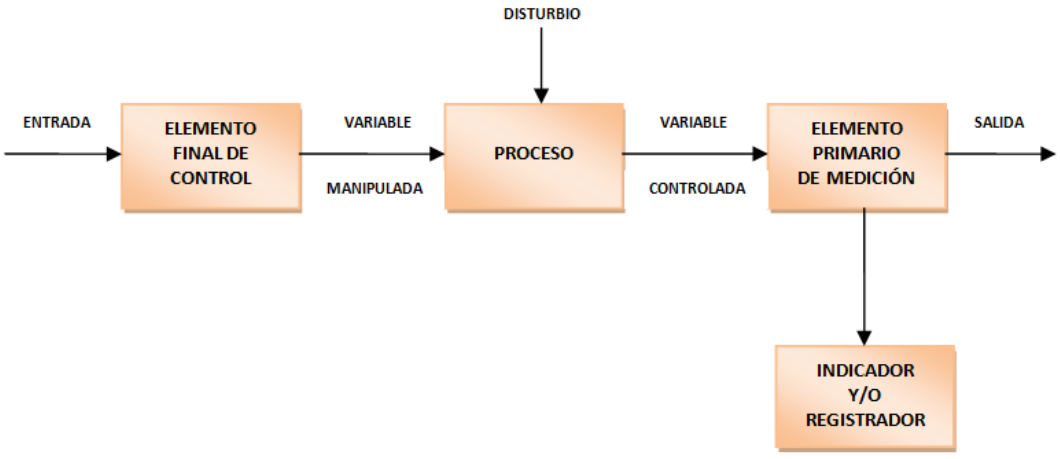


Fig. 1.2. Componentes de un lazo de control abierto.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Lazo cerradoEn este sistema la variable controlada se mide constantemente y se compara con el valor de referencia (Set Point). Si se produce desviación entre ambos valores se aplica una acción correctora al elemento final de control para retornar la variable controlada al valor deseado, lo que ayuda a la reducir el error en el sistema. En la Fig. 1.3 se muestra un sistema de control de lazo cerrado.

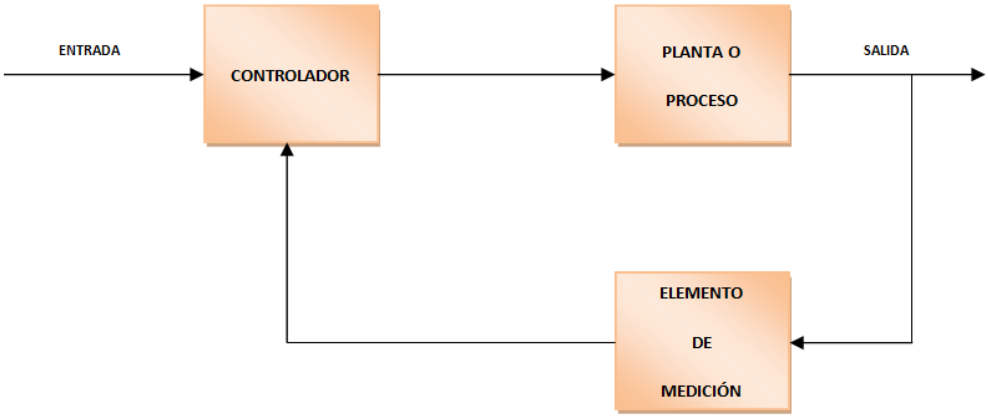


Fig. 1.3 Componentes de un lazo de control cerrado.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

La corrección de la variable controlada se puede hacer de forma Manual o Automática, en la forma manual interviene un ser humano como controlador lo que implica mayor posibilidades de que ocurra un error. En la Fig. 1.4 se puede apreciar el sistema de control de lazo cerrado operado de forma manual. En la actualidad aún se puede encontrar este tipo de control, pero definitivamente no se recomienda para procesos en los que existen variables críticas, las cuales requieren tiempos de acción inmediatos, aunque debemos tener en cuenta que aún en el sistema más simple, un control automático elimina cualquier error de operación.

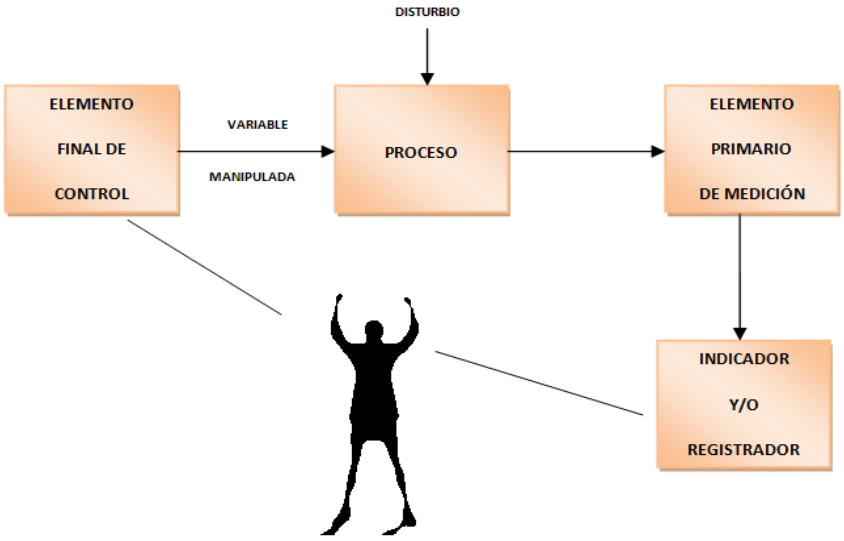
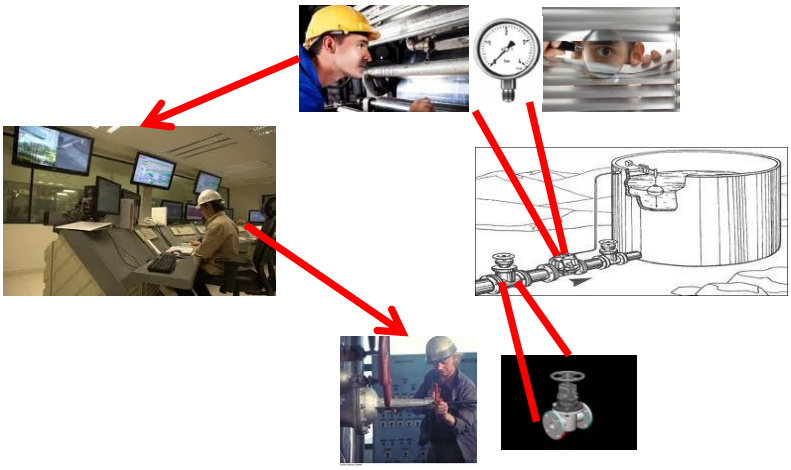


Fig. 1.4 Diagrama de sistema de control de lazo cerrado manual.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)



(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Por otro lado, si en lugar de tener a una persona controlando el proceso colocamos un detector automático lo que tendremos como resultado es un sistema de control de lazo cerrado automático (Fig. 1.5). El controlador cumple con dos tareas importantes:

a) Compara la variable medida con la de referencia o deseada (set-point) para determinar el error;

b) Estabiliza el funcionamiento dinámico del lazo de control mediante circuitos especiales para reducir o eliminar el error.

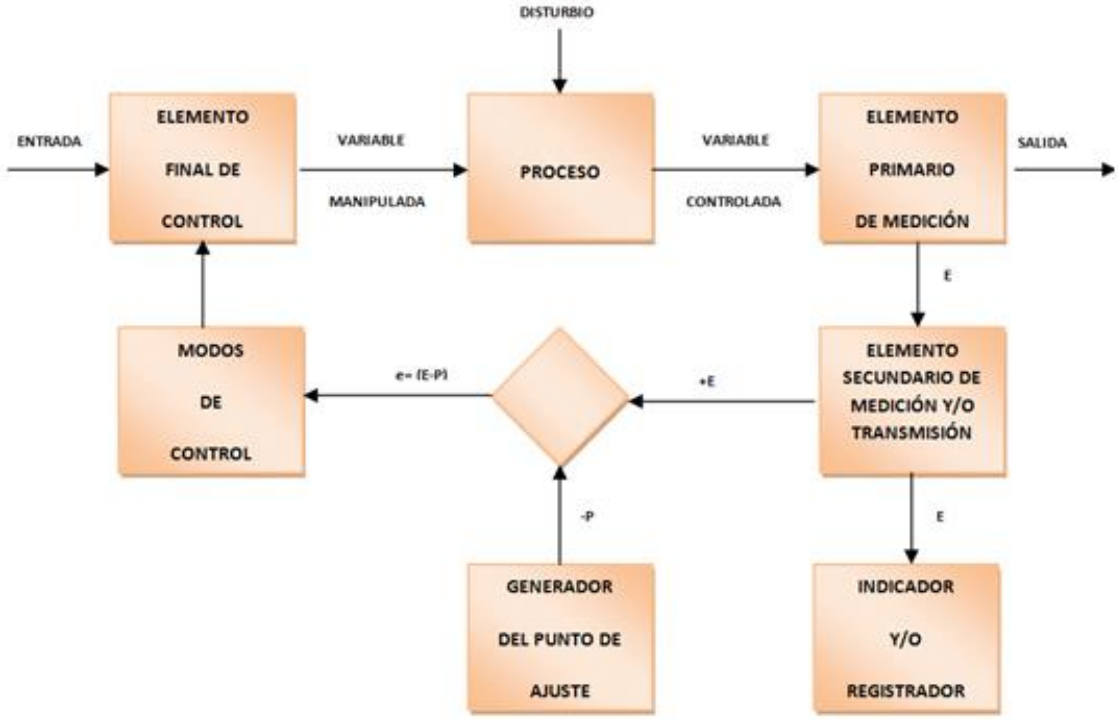


Fig. 1.5 Diagrama de sistema de control de lazo cerrado automático.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Los lazos de control automáticos manejan los siguientes conceptos básicos:

1. ***Elemento final de control:*** *Dispositivo que cambia el valor de la variable manipulada directamente de un lazo de control.*

2. ***Variable manipulada:*** *Es la variable de proceso, cuya magnitud es modificada y ajustada para disminuir el error y minimizar la diferencia entre el punto de ajuste y el valor de la variable controlada.*

3. ***Proceso:*** *Cualquier operación o secuencia de operaciones que involucre un cambio de estado, de energía, de composición, de dimensión de otra propiedad que puede definirse con respecto a un dato.*

4. ***Variable controlada:*** *Es una variable de proceso, la cual será medida y controlada en algún valor deseado (temperatura, presión, nivel, flujo) por medio de la manipulación de otra variable de proceso.*

5. ***Elemento primario de medición:*** *Parte de un instrumento o un lazo, que detecta el valor de una variable de proceso, o que asume un estado o salida predeterminada. El elemento primario puede estar separado o integrado con otro elemento funcional de un circuito, también se le conoce como detector o sensor.*

6. ***Elemento de transmisión:***Dispositivo que detecta el valor de una variable de proceso por medio de un elemento primario (o sensor) y que tiene una salida cuyo valor de estado estacionario varía sólo como una función predeterminada de la variable de proceso.

7. ***Punto de ajuste o set-point:***Es la entrada a un controlador que puede ser manualmente, automáticamente ajustada o programada para determinar el valor deseado de la variable controlada.

8. ***Error:***Es la diferencia algebraica entre la indicación actual y el valor verdadero de una magnitud medida.

9. ***Disturbio:***Cualquier cambio en el proceso que afecta adversamente la cantidad o variable controlada.

Comparación entre lazo cerrado y lazo abierto:

Las ventajas de tener una trayectoria de realimentación y, por lo tanto, un sistema en lazo cerrado en lugar de un sistema en lazo abierto son:

- Más exacto en la igualación de los valores real y requerido para la variable.
- Menos sensible a las perturbaciones.
- Menos sensible a cambios en las características de los componentes.
- La velocidad de respuesta se incrementa y, por lo tanto, el ancho de banda es mayor, es decir, el intervalo de frecuencias en los que el sistema responderá.

Las desventajas:

- Existe una gran posibilidad de inestabilidad.
- El sistema es más complejo y, por lo tanto, no sólo más caro, sino más propenso a descomposturas.

1.2. Señales de comunicación: 4-20 mA, Hart, y Foundation Fieldbus.

En los años 60, la instrumentación de procesos empezó a emplear señales de presión neumática de entre 3 y 5 lb/cm^2 para la monitorización y control de dispositivos. La situación fue evolucionando progresivamente, hasta que se introdujeron los procesadores digitales en los años 70. Poco tardo en producirse un verdadero boom, cuando empezó a utilizarse el sistema de 4 a 20 mA que comenzaría una autentica estandarización sobre la interconexión de los dispositivos de campo.

La señal analógica 4 a 20 mA es un tipo de señal generada electromagnéticamente y que es representable por una función continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Ver fig. 1.6.

Fig. 1.6 Señal analógica continua en función del tiempo.
(www.arqhys.com)

La forma más popular para transmitir señales en instrumentación industrial, aun hoy en día, es el de 4 a 20 mA. Esta es una señal estándar, que significa que la señal de corriente usada es proporcionalmente para representar señales de medidas o salidas (comandos). La conexión punto a punto permite realizar un mantenimiento y diagnóstico con recursos simples.

Típicamente, un valor de 4 miliamperios de corriente representa 0% de medida, y un valor de 20 miliamperios representa un 100% de la medida, y cualquier otro valor entre 4 y 20 miliamperios representa un porcentaje entre 0% y 100%.

Posteriormente a mediados de la década de 1980 la compañia Rosemount Inc. desarrolló el protocolo HART para su uso, con una amplia gama de instrumentos de medición inteligentes. Después de haber sido patentada, no pasó mucho tiempo para que el protocolo fuera publicado para el uso libre de cualquiera, y en 1990 se formó el Grupo de Usuarios de HART. En 1993, la marca registrada y todos los derechos en el protocolo fueron trasladados a la HART Communication Foundation (HCF). Actualmente el protocolo sigue siendo abierto y gratuito para uso de todos y sin regalías.

Lo que la comunicación digital ha permitido es el intercambio de mayor información de datos entre el instrumento de campo y el sistema de control. HART forma parte del concepto de la automatización, recibe y envía información digital a través de cables analógicos entre dispositivos inteligentes y el sistema de control o de monitoreo.

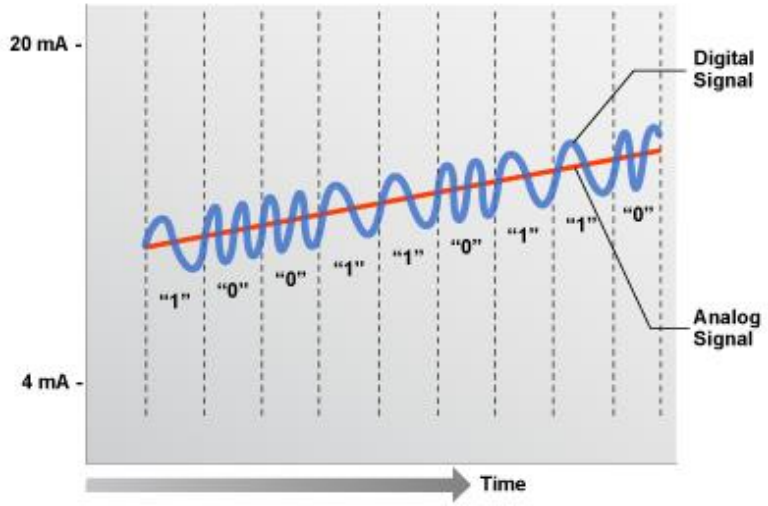


Fig. 1.7 Hart, una señal digital sobre una señal analógica.

(http://en.hartcomm.org/)

La señal Hart permite la comunicación bidireccional en campo, se comunica a 1200 bps sin interrumpir la señal 4 a 20 mA. Es un protocolo maestro /servidor, lo que significa que el dispositivo inteligente de campo (servidor) responde sólo cuando el maestro (centro de control) lo requiera.

La señal digital contiene información del dispositivo incluyendo el estado del dispositivo, diagnóstico, valores medidos o calculados adicionales. Proporciona dos canales de comunicación simultáneos, la señal analógica 4 a 20 mA y una seña digital:

- La señal 4 a 20 mA comunica el valor primario medido
- La información adicional de un dispositivo se comunica mediante una señal digital que superpone a la señal analógica.

Con el paso del tiempo las necesidades fueron cambiando, se requiere una mayor exactitud en los instrumentos, una mayor confiabilidad y una de las principales características es la información de datos que puedan otorgar y la rapidez con la que lo hagan, esto es posible con una señal digital verFig.1.8.

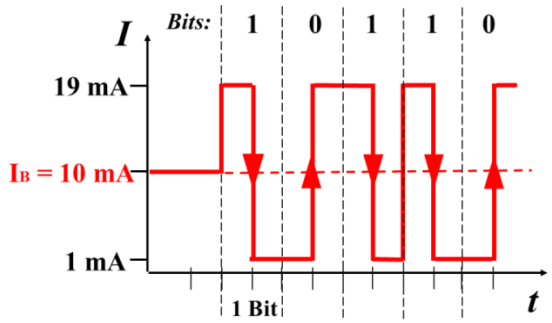


Fig. 1.8 Señal digital en función del tiempo.
(MTL Instruments)

En la mitad de la década de los 80, los resultados más prometedores para un progreso industrial en el sistema de comunicación fueron el “FIP” (Factory Instrumentation Protocol) por la parte francesa y “Profibus” (Process Fieldbus) por la parte alemana. Ambos sistemas fueron estandarizados a nivel nacional y fueron propuestos ante la IEC (International Electrotechnical Commission) para su estandarización internacional, por lo que fueron rechazados ya que las filosofías de los sistemas eran completamente diferentes.

En 1993 WorldFIP y Profibus PA sólo lograron estandarizar la definición de la capa física “IEC 61158-2”, pero seguían sin tener un avance significativo.

En 1994 WorldFIP y ISP (*Interoperable Systems Project*) se unieron para convertirse en *Fieldbus Foundation* (FF), teniendo como objetivo crear un único bus de campo internacional para entornos peligrosos.

Profibus PA por su parte siguió persiguiendo el mismo objetivo por su cuenta, teniendo sus raíces y su mayor comunidad de usuarios en Europa, por lo contrario a Foundation Fieldbus, sus usuarios y fabricantes están concentrados en América y Asia.

En una arquitectura de Fieldbus es importante tomar en cuenta la interconexión y la aplicación: la interconexión es la transmisión de los datos que van de un dispositivo a otro (por ejemplo un transmisor de campo a una caja de interconexión o al sistema digital de monitoreo de control “SDMC”). La aplicación se realiza mediante la estandarización garantizando la interoperabilidad entre los equipos, dando como resultado la función de automatización del sistema.

CAPÍTULO 2

Fundamentos Normativos

CAPITULO 2. FUNDAMENTOS NORMATIVOS

Para llevar a cabo un proceso industrial es necesario saber que reglamentos lo rigen, bajo que normas se puede realizar el proyecto, cuales son las áreas de riesgo y peligro de un proceso para poder darle una protección ambiental, de las personas y de los equipos industriales.

En la actualidad se requiere mayor seguridad y protección en los instrumentos, equipos, tuberías, cableados etc. debido a que se trabaja en los procesos con productos o materiales más inflamables o explosivos, teniendo en cuenta la magnitud que podría tener en caso de explosión o incendio, es necesario seleccionar áreas clasificadas para su protección.

Para este contenido se harán las referencias normativas correspondientes al tema de Foundation Fieldbus, normas que sean necesarias en la integración e instrumentación del proceso de un tanque de separación de crudo y se hará una breve explicación de cómo clasificar un área de riesgo o peligro.

2.1. Normatividad aplicable: NOM, IEC, NEC, NRF, API.

Los países con grandes industrias están interesados en poder homologar y/o acordar las normas técnicas aplicables para eliminar los mayores errores posibles llevando así a un proceso industrial seguro.

Las normas son medidas técnicas que garantizan los productos o servicios que se adquieren y ofrecen, cumpliendo con los parámetros requeridos para determinados procesos, con el fin de proteger la vida, la seguridad y el medio ambiente.

En la Tabla N° 1. se muestran algunas normas que se deben considerar para la especificación del protocolo Foundation Fieldbus.

NORMA	DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
NOM-001-SEDE (Norma Oficial de México)	Instalaciones Eléctricas	514-3. Clasificación de áreas
NRF-036-PEMEX-2010 (Norma de Referencia)	Clasificación de Áreas Peligrosas y Selección de Equipo Eléctrico	6. Definiciones. 8. Desarrollo.
NEC-500 (Codigo Electrico Nacional)	Clasificación de Áreas Peligrosas	500-2a. Técnicas de protección. 500-5a. Clase I División 1. 500-5b. Clase I División 2. 500-6a. Clase II División 1. 500-6b. Clase II División 2.
IEC-60079 (International Electrotechnical Commission)	Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas	Parte 10. Clasificación de áreas peligrosas. Parte 11.Seguridad Intrínseca.
API RP 500 (American Petroleum Institute)	Clasificación de Áreas Eléctricas	

Tabla N° 1. Referencia de Normas involucradas en la Tesis“Propuesta de diseño del sistema de comunicación Foundation Fieldbus aplicado a la instrumentación de un tanque separador de crudo”.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

2.2. Clasificación de áreas.

En una instalación industrial, la seguridad es de suma importancia, ya que en muchas instalaciones se encuentran presentes los materiales inflamables o bien, se encuentran dentro de un ambiente que pueda causar una explosión, como: materiales combustibles, líquidos, fibras, gases, polvos, esto da pie a quelas instalaciones que trabajen con estos tipos de materiales lo deberán hacer disminuyendo o eliminando la posibilidad de una ignición accidental o clasificando las áreas de peligro.

En Europa se toma como referencia la norma IEC-60079 y en la mayoría de los países de América la norma de referencia que rige es la NEC-500. En general cada país cuenta con sus propias normas nacionales, en el caso de nuestro país, México cuenta con la NOM-001-SEDE y la NRF-036-PEMEX-2010 (para la industria del petróleo), estas a su vez están basadas en las normas internacionales IEC y NEC.

2.2.1. Clase/División/Grupo

La clasificación de áreas peligrosas dependerá de la norma que se utilice y esto debe ser de acuerdo al país donde se vaya a constituir la instalación industrial. En el caso de México, para la industria del petróleo se siguen las normas NRF-036-PEMEX-2010 y NOM-001-SEDE.

Para poder comprender un poco más sobre el tema de la clasificación de áreas debemos conocer algunos términos:

Áreas Peligrosas: Área en cuya atmósfera hay o puede haber presencia de elementos combustibles o explosivos en cantidades que puedan originar explosión o fuego.

Área No Peligrosa: Área en la cual no se espera que se encuentre una atmósfera explosiva.

Peligro: Aquello que ocasiona un daño o mal.

Riesgo: Probabilidad de un daño.

En un área peligrosa se deben definir ciertas características:

- Clase (I, II, III); División (1 o 2); Grupo (A, B, C, D, E, F o G) y Temperatura

Clase: Indica los materiales inflamables.

Clase I: Pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Clase II: Están presentes polvos combustibles.

Clase III: Están presentes fibras o partículas volátiles fácilmente inflamables, y que no están normalmente suspendidas en el aire.

División: Indica la probabilidad de que el material se encuentre en concentraciones inflamables.

División 1: Probabilidad de que la atmósfera sea alta, existen concentraciones de material inflamable de manera continua, periódica o intermitente en condiciones normales de operación o que los materiales están presentes frecuentemente debido a fugas.

División 2: Áreas que pueden ser peligrosas bajo condiciones anormales o accidentales. Las concentraciones peligrosas son prevenidas normalmente por ventilación mecánica.

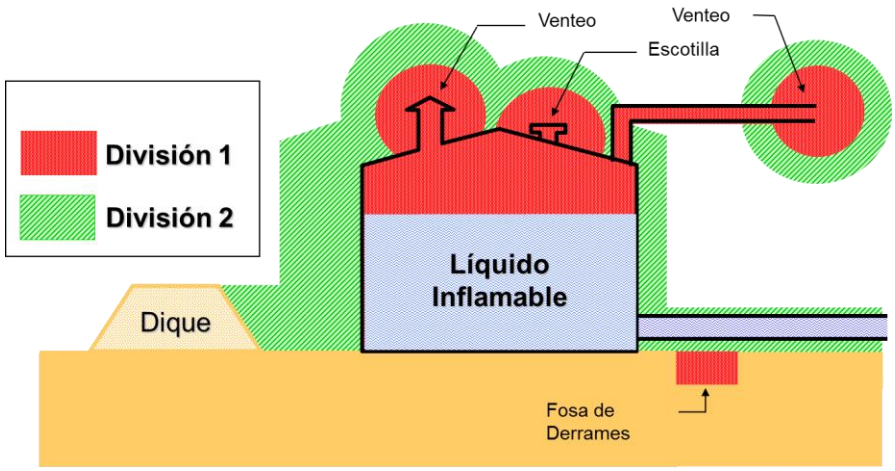


Fig. 2.1. Clasificación de áreas peligrosas por División.
(American Petroleum Institute API 500)

Grupo: Su clasificaciones sobre la naturaleza de la substancia peligrosa.

Para Clase I (Gases y Vapores).

- Grupo A: Acetileno
- Grupo B: Hidrógeno, butadieno, óxido de etileno, etc.
- Grupo C: Etileno, acetaldehído, monóxido de carbono, éter, etc.
- Grupo D: Gasolina propano, butano, metano, acetona, amoniaco, etc.

Para Clase II (Polvos combustibles).

- Grupo E: Polvos metálicos como aluminio y magnesio.
- Grupo F: Polvo carbón, coque y similares.
- Grupo G: Harinas, almidones o polvos de granos.

Para el tipo de material por el método de División, el código de temperatura se muestra en la Tabla N° 2.

Clave	Temp °C	Temp °F
T1	450	842
T2	300	572
T2A	280	536
T2B	260	500
T2C	230	446
T2D	215	419
T3	200	392
T3A	180	356
T3B	165	329
T3C	160	320
T4	135	275
T5	100	212
T6	85	185

Tabla N° 2. Código de temperatura para materiales por el método de División.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Grupo	Sustancia	Temp. De Autoignición	Punto de evaporación	Límites de explosividad	Densidad relativa
A	ACETILENO	305 °C	GAS	2.5-100 %Vol.	0.9
B	HIDROGENO	520 °C	GAS	4-75 %Vol.	0.1
C	ETANOL	363 °C	13 °C	3.3-19 % Vol.	1.6
E	METALES	300-500 °C			
F	CARBON	180 °C			

Tabla N° 3. Nivel de ignición de las sustancias por Grupo.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

2.2.2. Clase/Zona/Grupo

En el área peligrosa se deben definir las características de la siguiente manera:

- Clase (I, II, III); Zona (0, 1, 2); Grupo (I, II)y Temperatura

De la misma manera que se explican los conceptos de Clase para las normas americanas, aplicarán de igual manera los conceptos para las normas europeas, sin embargo en la parte de División se cambiara por Zonas y los Grupos solo se subdividirán en dos puntos.

Zona 0: Atmósfera de gas explosiva que está presente de forma permanente o por períodos largos o con frecuencia.

Zona 1: Atmósfera de gas explosiva que es probable que se produzca en el funcionamiento normal de vez en cuando.

Zona 2: Atmósfera de gas explosiva que no es probable que se produzcan durante el funcionamiento normal, pero, si ocurre, se mantendrá por un período corto.

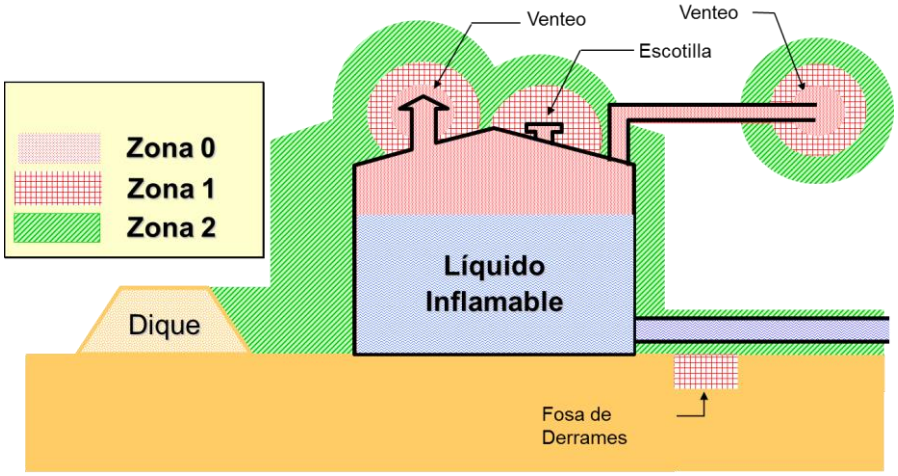


Fig. 2.2. Clasificación de áreas peligrosas por Zona.
(American Petroleum Institute API 505)

Grupo I: Se encuentra en una atmósfera que contiene una mezcla de gases predominando el metano.

Grupo II: Depende de su naturaleza de gas, se subdivide:

a) **Grupo IIC:** Atmósferas que contengan acetileno, hidrógeno, o gases o vapores explosivos o inflamables.

b) **Grupo IIB:** Atmósferas que contengan acetaldehído, etileno, o gases o vapores explosivos.

c) **Grupo IIA:** Atmósferas que contengan, acetona, amoniaco, alcohol etil, gasolina, metano, propano o gases o vapores inflamables o combustibles de peligrosidad equivalente.

Para el tipo de material por el método por Zona, el código de temperatura es:

Clave	Temp °C	Temp °F
T1	450	842°F
T2	300	572°F
T3	200	392°F
T4	135	275°F
T5	100	212°F
T6	85	185°F

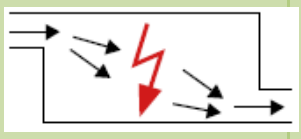
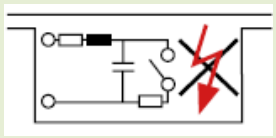
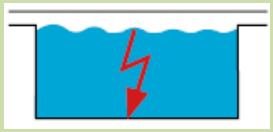
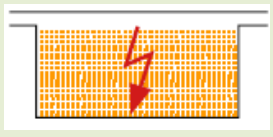
Tabla N° 4. Código de temperatura para materiales por el método de División.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Equivalencia de los grupos de atmósferas peligrosas	
Americanas	**Europeas**
Clase I, División 1 y 2 Grupo	***Clase I, Zonas 0,1 y 2 Grupo II***
Clase I, Grupos A y B	IIC
Clase I, Grupo C	IIB
Clase I, Grupo D	IIA

Tabla N° 5.Equivalencia de grupos de atmósferas peligrosas.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

2.3. Seguridad Intrínseca.

A fin de evitar los riesgos que pongan en peligro la vida humana, el ambiente y los equipos en una instalación industrial, los países han desarrollado métodos específicos de protección. Dependiendo de las características industriales será el tipo de protección. En la siguiente Tabla N° 6. se muestran los tipos de protección y describen su aplicación:

Forma de protección	Principio básico	Esquema	Aplicación
Seguridad aumentada **“Ex e”**	Se aplican medidas a fin de evitar con mayor grado de seguridad la posibilidad de que se registren temperaturas excesivamente elevadas y que se produzcan arcos y chispas en el interior y en las partes exteriores de aparatos eléctricos, que no las produce en sus operaciones normales.		Cajas de terminales y conexiones, módulos EX de cubiertas de cajas de control (de un tipo diferente de protección), motores de jaula de ardilla, luminarias.
Caja a prueba de flama **“Ex d”**	Tipo de protección en el que las partes, que pueden encender una atmósfera explosiva, son colocadas en una caja, la cual puede resistir la presión generada durante una detonación interna de una mezcla explosiva y que evita la propagación de la explosión a las atmósferas explosivas que rodean la caja.		Interruptores, equipo de control e indicación, tableros de control, motores, transformadores, accesorios de iluminación y otros componentes que producen chispas.
Presurización **“Ex p”**	Se evita el ingreso de una atmósfera circundante en la caja del aparato eléctrico manteniendo en el interior de la mencionada caja un gas protector (aire, gas inerte u otro gas apropiado) a una mayor presión que la de la atmósfera circundante.		Como las anteriores, pero en especial para equipo grande y salas de control.
Seguridad Intrínseca **“Ex i”**	Se evitan arcos, chispas y altas temperaturas a través de la restricción en la energía del circuito.		Equipo de control y medición.
Inmersión en aceite **“Ex o”**	El aparato eléctrico o parte de aparato eléctrico es sumergido en aceite de manera tal que una atmósfera explosiva, que puede generarse arriba del aceite o afuera de la caja protectora no pueda encenderse.		Transformadores (usado en el presente muy raras veces).
Relleno de polvo **“Ex q”**	La cubierta del aparato eléctrico está rellena de un material en estado de gránulos finos de modo que, en las previstas condiciones de operación, cualquier arco que se produzca dentro de la caja de un aparato eléctrico no encenderá la atmósfera circundante. Ninguna ignición será ocasionada por llamas o temperatura excesivamente elevada de las superficies de la caja.		Transformadores, condensadores, cintas calentadoras, cajas de conexión, ensambles electrónicos.

Encapsulación **“Ex m”**	Las partes que pueden encender una atmósfera explosiva, son encerradas dentro una resina, con resistencia efectiva a las influencias ambientales de modo que esta atmósfera explosiva no pueda ser encendida por chispas o calentamiento, que pudieran generarse dentro del encapsulado.		Sólo interruptores de baja capacidad, aparatos de control, equipo de indicación, sensores.

Tabla N° 6. Tipos de protección y aplicaciones.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Por afinidad a la tesis se hará énfasis mencionando el tipo de protección de seguridad intrínseca.

Seguridad intrínseca: metodología de proyecto que se aplica a la instrumentación para áreas con atmósferas inflamables.

La certificación de seguridad intrínseca que se le da a los instrumentos se diseña con el fin de que no puedan emitir niveles de energía que puedan provocar una ignición en los materiales inflamables.

La certificación se les da a todos los equipos que puedan generar una fuente potencial de explosión:

- Llamas.
- Radiación magnética.
- Fricción mecánica.
- Chispa eléctrica.
- Electricidad estática.
- Reacción química.
- Etc.

Los equipos con seguridad intrínseca se han llevado a cabo para cualquier entorno en el que pudiera haber vapor o gas explosivo, principalmente para los siguientes sectores industriales:

- Plataformas marinas y refinerías.
- Industria Petroquímica.
- Industria Farmacéutica.

Las directivas que regulan la certificación son:

- ATEX (Europa)

La Directiva 94/9/CE de la Unión Europea, comúnmente conocida como ATEX ("Atmospheres Explosibles", denominación en francés de "atmósferas explosivas"), es la normativa principal europea en materia de equipos y sistemas de protección para su uso en ambientes potencialmente explosivos. Su propósito es el de servir como directiva de armonización total, mediante el establecimiento de requisitos básicos de salud y seguridad, y sustituir la divergente legislación nacional y europea existente.
Desde el 1 de julio de 2003, esta directiva se convirtió en obligatoria para los equipos eléctricos y electrónicos destinados al uso en entornos sujetos a riesgo de explosión que se vendan en la UE.

- NEC (Estados Unidos)

El National Electrical Code (NEC) es la base de todos los códigos eléctricos en Estados Unidos. Los códigos NEC 500 y 505 cubren las clasificaciones y las marcas de productos relacionadas para áreas peligrosas. Las interpretaciones del código NEC 500, una normativa independiente, se emplean en todo el mundo (fuera de Europa). NEC 505 es similar a ATEX.

CAPÍTULO 3

Foundation Fieldbus Conceptos Técnicos

CAPITULO 3. FOUNDATION FIELDBUS CONCEPTOS TÉCNICOS

En los anteriores capítulos se ha expuesto de manera general una breve introducción de algunos temas necesarios que puedan apoyar al entendimiento para utilizar el protocolo de comunicación Foundation Fieldbus al hacer el control y llevar de la mejor manera la transmisión de señales de los instrumentos que van de campo al cuarto de control en las instalaciones industriales.

Hasta este punto es importante preguntarse:

- ¿Cómo elegir el mejor protocolo de comunicación?
- ¿Porque Foundation Fieldbus?
- ¿Qué beneficios obtengo?

La selección del protocolo dependerá de algunos aspectos:

- Si se está de lado de la ingeniería de diseño, el cliente es quien puede elegir el protocolo que más le convenga para llevar a cabo el control de sus señales de proceso.
- Si se tiene la posibilidad de poder elegir un protocolo de comunicación, lo recomendable es conocer el proceso que se está llevando a cabo, la ubicación de las instalaciones, las zonas para la protección de las áreas peligrosas de los equipos e instrumentos.

Cuando existen dispositivos automáticos interconectados entre sí en la transmisión de datos industriales, se dice que se trata de una red. Existen varios tipos de redes por ejemplo:

- Buses de campo
- Redes de Área Local (LAN)
- Redes de Área Extendida (WAN)

Los buses de campo son aquellos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, por esta razón la tesis se enfocará principalmente en los llamados buses de campo (Foundation Fieldbus).

Los buses de campo son un sistema de transmisión de datos que simplifica la instalación y operación de equipos que se utilizan en la industria para procesos de producción.

Además, el bus de campo permite reemplazar las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control a través del lazo de corriente de 4-20mA. Generalmente son redes digitales bidireccionales, las cuales trasmiten secuencialmente las variables por medio de un cable de comunicaciones llamado bus, donde se conectan dispositivos de campo como PLC´s, actuadores, sensores y equipos de supervisión.

Los buses de campo más utilizados en el área de control y automatización de procesos son:

- HART (Highway Addressable Remote Transducer)
- Profibus (Process Field Bus)
- Foundation Fieldbus (FF)

Otros protocolos que son ampliamente usados pero de menor alcance son:
Modbus y DeviceNet. Cabe mencionar, que no es objetivo de la tesis ahondar en la especificación técnica de todos los protocolos de comunicación, si no únicamente del protocolo Foundation Fieldbus.

(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

3.1. ¿Qué es Fieldbus Foundation?

Fieldbus Foundation (FF) se creó como una organización independiente y sin fines de lucro para desarrollar un bus de campo internacional, abierto e interoperable. Sus miembros incluyen 150 compañías y usuarios así como todos los principales proveedores de automatización de procesos en todo el mundo. La organización se basa en los siguientes principios:

- La tecnología de Foundation Fieldbus debe ser abierta y cualquier compañía puede disponer de ella.
- La tecnología de Foundation Fieldbus debe ser basada en el trabajo de la IEC (International Electrotechnical Commission) y de la ISA (International Society of Automation).
- Los miembros de Fieldbus Foundation apoyan a los comités nacionales e internacionales de estandarización y trabajan con ellos.

Uno de los principales métodos de organización y decisión son los consejos de usuarios finales, que repartidos por todo el mundo, revisan las actividades de la fundación y se aseguran de que las especificaciones cumplan las necesidades del mercado.

3.2. ¿Qué es Foundation Fieldbus?

3.2.1. Definición de Foundation Fieldbus (FF)

Es una arquitectura abierta para la integración total de la información. Se trata de un sistema de comunicaciones completamente digital, en serie y bidireccional. Actualmente están definidas dos versiones:

- H1 (31.25Kbps) Interconecta equipos de campo como sensores, actuadores y tarjetas de Entradas/Salidas (E/S). Proporciona comunicación y alimentación sobre cableado estándar en par torcido. En el mercado ocupa un lugar similar al de Profibus PA, el cual está mucho más extendido en Europa, H1 tiene su origen y su área de mayor distribución en América y Asia.
- HSE (100Mbps/1Gbps) Ethernet de alta velocidad provee integración de controladores de alta velocidad como PLC´s, redes H1, servidores de datos, y estaciones de trabajo. Actualmente no proporciona alimentación sobre el cable, aunque ya se está trabajando sobre este aspecto.

Foundation Fieldbus está diseñado para aplicaciones críticas donde es esencial la transferencia correcta de los datos. Además, al ser abierto, no es propiedad de ninguna compañía ni está controlado por el cuerpo regulador de ninguna nación, sino que depende directamente de las decisiones tomadas por sus propios usuarios a través de los consejos de usuarios finales.

3.2.2. Características de Foundation Fieldbus

Los instrumentos de campo analógicos y discretos convencionales usan cableado punto a punto: un par de hilos por dispositivo. También se limitan a llevar sólo un elemento de información (generalmente una variable de proceso o salida para control) sobre esos hilos.

Foundation Fieldbus es un bus digital, no tiene las limitaciones mencionadas en los protocolos convencionales, este sistema soportara hasta 32 dispositivos en un solo par de hilos (segmento) o más si se usan repetidores. En la práctica real, lo más típico es 4 a 16 dispositivos por segmento H1 después de considerar aspectos tales como la alimentación, modularidad del proceso y la velocidad de ejecución del lazo en otras palabras, dependerá de cómo se lleve el control y la importancia para cada sección del proceso.

Ese mismo par de hilos en Foundation Fieldbus pueden manejar múltiples variables provenientes de un dispositivo de campo por lo cual se les llama Instrumentos multivariables. Por ejemplo, un transmisor de temperatura podría comunicar las entradas de ocho sensores reduciendo los costos tanto de cableado como de instrumentos

Además, el flujo de información ahora puede ser en dos sentidos. Un controlador de válvula puede aceptar una salida de control proveniente de un sistema host u otra fuente y enviar la posición real de la válvula para un control más preciso.

Los dispositivos Foundation Fieldbus pueden dar un autodiagnóstico, y si la información que están enviando es buena, mala, o incierta. Esto elimina la necesidad de la mayoría de las revisiones de rutina y ayuda a detectar condiciones de falla antes de que provoquen un problema mayor.

Otra de las características de Foundation Fieldbus es que ofrece la opción de ejecutar algunos o todos los algoritmos de control en los dispositivos de campo en lugar de un sistema host central. Dependiendo de la aplicación, el control en campo puede proporcionar menores costos y mejor rendimiento mientras habilita el control automático para continuar incluso si hay una falla relacionada con un host.

INTEROPERABILIDAD

Los instrumentos Foundation Fieldbus son interoperables lo que significa que los dispositivos y el sistema host pueden trabajar juntos (no importando el fabricante) mientras proporcionan toda la funcionalidad de cada componente. Para saber si el instrumento es interoperable debe de portar un logotipo de aceptación de Fieldbus Foundation, lo que quiere decir que ya paso todas las pruebas rigurosas para demostrar que cumple con los requerimientos para interoperabilidad.

Para garantizar que los usuarios tengan una elección de productos Fieldbus, la fundación no permite que los dispositivos tengan la marca de verificación de interoperabilidad Foundation Fieldbus hasta que al menos dos productos del mismo tipo (de diferentes fabricantes) hayan pasado las pruebas.

(www.fieldbus.org)

Al igual que los dispositivos de campo, los sistemas host son sometidos a pruebas supervisadas por la fundación para demostrar que soportan características específicas de interoperabilidad. Las características que soporta un sistema host dado se listan en el sitio web de la fundación, pero los sistemas host no son registrados y no portan el logotipo de aceptación.

Cabe mencionar que interoperable no es lo mismo que intercambiable, intercambiable significa que se puede sustituir libremente un dispositivo por otro y obtener exactamente la misma funcionalidad. Interoperable, por otro lado, significa que diferentes dispositivos de diferentes fabricantes pueden trabajar juntos (pero dispositivos individuales pueden tener diferente funcionalidad).

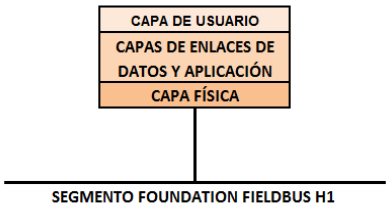
Por ejemplo, se puede tener dos transmisores de flujo de diferentes fabricantes. Un transmisor puede proporcionar sólo funcionalidad de entrada analógica, mientras que el otro transmisor también ofrece control PID y capacidades de diagnóstico personalizadas. No se puede reemplazar el transmisor más capaz con el menos capaz y seguir obteniendo la misma funcionalidad total. Pero ambos transmisores pueden trabajar juntos en el mismo segmento Fieldbus.

Uno de los aspectos más importantes de Foundation Fieldbus es su habilidad de obtener y entregar grandes cantidades de información, no solo variables de proceso y señales de control, sino también otros tipos de datos de los instrumentos y del proceso. Hace esto en forma consistente y confiable, mientras proporciona interoperabilidad entre los dispositivos de diferentes fabricantes y compatibilidad con el cableado existente.

MODELO DE LAS COMUNICACIONES

El modelo de las comunicaciones Foundation Fieldbus tiene tres partes:

- La capa física
- Las capas de enlace de datos y aplicación
- La capa de usuario



(http://es.slideshare.net/mobile/johpatri/field-bus-fundations)

La capa física y las capas de enlace de datos y aplicación componen la pirámide de las comunicaciones. La capa de usuario se asienta en la cima de la pirámide y permite interactuar con las otras capas y con otras aplicaciones en su sistema.

La primera capa funcional del modelo de comunicaciones Foundation Fieldbus es la capa física, que tienen que ver con la traducción de mensajes en señales físicas sobre el hilo y viceversa.

La capa física también proporciona la interfaz eléctrica común para todos los dispositivos. Los segmentos Foundation Fieldbus H1 requieren alimentación de 9-32 volts CD y aproximadamente 15-20 mA de corriente por dispositivo. Operan a una velocidad de comunicación de 31.25 kbps.

La capa física Foundation Fieldbus está definida por los estándares aprobados (IEC 61158-2 y ANSI/ISA 50.02, parte 2). Puede usarse en el cableado de campo existente sobre grandes distancias, soporta dispositivos de dos hilos y ofrece seguridad intrínseca como una opción. En pocas palabras, es ideal para un ambiente típico de automatización de procesos.

La segunda parte del modelo combina varias tecnologías que juntas controlan la transmisión de datos en el Fieldbus.

Las capas de enlace de datos y aplicación proporcionan una manera estándar de “empaquetar” los datos, así como de manejar el programa para la comunicación y ejecución del bloque de función; los bloques de función se describen a detalle en la página43 de este capítulo. Estas capas permiten el control del proceso mientras proporcionan estandarización e interoperabilidad.

La capa de usuario contiene bloques de recursos, bloques transductores y bloques de funciones que describen y ejecutan las capacidades del dispositivo tales como control y diagnósticos. Las descripciones de dispositivo permiten al sistema host interactuar con estos bloques sin programación personalizada y comprenderlos.

Haciendo una analogía, el camión de correos deja en el buzón una carta en un sobre, la cual contiene cierta información que al leerla se decodificara, así es como funciona la capa de Fieldbus, la capa física la parte dura que lleva la información seria el camión, y el buzón junto con el sobre serian la capa de enlace de datos y aplicación que es donde se guarda la información para hacerla llegar al usuario, entonces el usuario llega a la capa de enlace de datos donde hay una aplicación que en este caso sería la hoja donde está escrita la información y finalmente hay un usuario que lee esa información, así de sencillo es como funciona Fieldbus, llega por una capa física, la enlaza hacia una aplicación y la lee el usuario.

COMUNICACIONES PROGRAMADAS

Todos los dispositivos y bloques de funciones en el segmento Fieldbus ejecutan y comunican información de control del proceso en un ciclo regular repetitivo.

El tiempo para este tipo de comunicación está determinado por un programa maestro en el Link Active Scheduler (LAS o Programador Activo de Enlace), que es la función que reside en el sistema host o en uno de los dispositivos del segmento.

Estas comunicaciones programadas (también llamadas “cíclicas”) usan un método publisher/subscriber (publicador/suscriptor). Esto significa que los datos se envían en el bus o se “publican” una vez, y todos los demás dispositivos que necesitan los datos escuchan o se “suscriben” a la misma transmisión. Por lo tanto, un parámetro específico puede ser usado por tantos dispositivos o funciones diferentes como se requiera, sin incrementar el tráfico en el bus o afectar gravemente el rendimiento del control.

Estas comunicaciones también son determinísticas. Esto significa que siempre ocurren sobre un programa predeterminado, así que es seguro que la información se transmitirá y se recibirá precisamente cuando se necesita.

El resultado es la ejecución regular y precisa de la comunicación y control, lo que ayuda a reducir la variabilidad del proceso. Para lazos de control rápidos o críticos en el tiempo, el control en Foundation Fieldbus puede mejorar el rendimiento de la planta.

COMUNICACIONES NO PROGRAMADAS

Foundation Fieldbus soporta muchos tipos de información aparte de los datos de control de lazos de procesos. Estos otros tipos de información incluyen:

- Información de configuración enviada a dispositivos o a una base de datos central
- Datos de alarma, eventos y tendencias
- Información para los desplegados de los operadores
- Información de diagnóstico y de estado.

Esta información es importante, pero no tan crítica en el tiempo como la información de control de lazo. Si se transmite 1/8 de segundo antes en un ciclo de comunicación y 1/8 de segundo después en el siguiente ciclo, no hay impacto sobre el control del proceso u operación de la planta.

Tiempo flexible. Foundation Fieldbus le da a esta información una menor prioridad en el segmento que a las comunicaciones programadas relacionadas con el lazo de control. Sin embargo, se reserva cierta cantidad de tiempo en el ciclo de comunicación para estas comunicaciones no programadas (o "aciclicas") para garantizar que el segmento no se cargue tanto que no pueda llevar la información.

Durante este tiempo, un método Token-passing (paso de ficha) le da a cada dispositivo del segmento la oportunidad de transmitir mensajes hasta que termine o hasta que se agote el tiempo asignado.

ESTADO DE PARAMETRO

Foundation Fieldbus soporta una variedad de revisiones de redundancia de datos para evitar errores de bits. Dos características adicionales que ayudan a garantizar la fiabilidad de los datos son el reloj de aplicación y un estado asociado con cada parámetro.

Cada dispositivo está diseñado para revisar si hay problemas y etiquetar los datos que envía según el resultado de la revisión. Esta etiqueta de estado muestra si la calidad de los datos es **good** (buenos), **bad** (malos) o **uncertain** (inciertos).

(fieldbus 102 www.PlantWebUniversity.com)

Por ejemplo, una señal de estado **bad** (mal) podría iniciar una falla de dispositivo, tal como un sensor o transmisor de temperatura defectuoso.

Un estado **uncertain** (incierto) indica que la calidad de los datos es desconocida. Por ejemplo, la lectura de un transmisor de presión que sea 110% del límite superior del dispositivo puede ser exacta o inexacta porque el dispositivo se ha saturado a alto y la presión real es aún más alta.

RELOJ DE APLICACIÓN

Cada dispositivo de un segmento Foundation Fieldbus comparte el mismo tiempo. Una función de gestión del sistema llamada **application clock** (reloj de aplicación) emite periódicamente la hora ya sea en tiempo local, o en Tiempo Coordinado Universal a todos los dispositivos. Cada dispositivo usa un reloj interno para mantener la hora entre estas emisiones de sincronización.

Se asigna hora y fecha a las alarmas y eventos en el dispositivo donde ocurren y cuando ocurren, después se reciben en un historiador o registro de alarmas u otra aplicación de un sistema host.

Debido a este enfoque, Foundation Fieldbus proporciona precisión y resolución de tiempo superiores para actividades tales como registro de secuencias de eventos y análisis.

PROGRAMADOR ACTIVO DE ENLACE (LAS)

La función programador activo de enlace (LAS) mantiene el programa determinístico central para comunicación entre los dispositivos de un segmento. Mejora la fiabilidad general de comunicación al hacer que cada dispositivo transmita datos cíclicos cuando se le programa para que lo haga.

Los reintentos de mensaje también incrementan la fiabilidad de la comunicación. Si un dispositivo no responde al mensaje “compel data” (forzar datos) de LAS, por ejemplo, si una señal eléctrica momentánea en el dispositivo evita que este se comunique entonces la función LAS volverá a enviar el mensaje para forzar al dispositivo a publicar su información.

La función LAS reside en un dispositivo o componente del sistema host (tal como una tarjeta de interfaz H1) en el segmento. Si LAS falla, entonces un LAS de respaldo ubicado en otro dispositivo o componente del sistema host toma el control como el programado maestro.

Puede haber más de un LAS de respaldo en un segmento. Si el primer respaldo falla, el segundo respaldo toma el control, y así sucesivamente. Esto significa que Foundation Fieldbus está diseñado para una degradación natural, incrementando más la fiabilidad.

ASIGNACION DE DIRECCIÓN DE DISPOSITIVO

Como bus digital multipunto, Foundation Fieldbus lleva señales desde y hacia varios dispositivos sobre el mismo cable. Para identificar cual información está asociada con cual dispositivo, se asigna una dirección a cada dispositivo.

Dependiendo del protocolo de comunicación, se puede asignar las direcciones en varias maneras, desde dip switches o direccionamiento off-line (fuera de línea) a asignación automática online (en línea).

Los métodos tales como el uso de dip switches o direccionamiento online conllevan el riesgo de errores humanos, como asignar inadvertidamente una dirección a más de un dispositivo. Estos errores de direccionamiento pueden provocar errores de comunicación, o en casos extremos pueden evitar que el bus trabaje. Es por eso que Foundation Fieldbus no permite estos métodos de asignación de dirección.

El direccionamiento online ayuda a evitar problemas tales como dispositivos duplicados con la misma dirección, pero por sí sólo no garantiza que no haya errores de direccionamiento. Se puede evitar este riesgo si las direcciones se asignan automáticamente mediante una herramienta de configuración o un sistema host mientras que cada dispositivo está conectado al segmento.

SERVICIO DE ENCONTRAR ETIQUETA

Muchos protocolos de comunicación requieren que el usuario identifique los dispositivos y los parámetros, y que los vincule mediante asignación de dirección y/o registro. Esto puede ser un proceso difícil y propenso a error.

Foundation Fieldbus, por el contrario, es un bus basado en etiquetas. En lugar de requerir una dirección de registro o de hardware puede encontrar dispositivos o variables por etiqueta (tal como PIT-001).

Para encontrar una etiqueta específica, se envía una interrogación de búsqueda de etiqueta (find tag query) en el bus. A medida que cada dispositivo recibe la interrogación, busca en sí mismo la etiqueta solicitada. Cuando un dispositivo encuentra la etiqueta, regresa información de la ruta completa y todos los parámetros necesarios y descriptores asociados con la etiqueta. Luego, el host o la herramienta de mantenimiento pueden usar la ruta para tener acceso a los datos para la etiqueta. Esta característica también ayuda a evitar la duplicación de asignaciones de etiqueta.

PROGRAMACIÓN DE LAZO

El buen control de procesos depende del tiempo. Si las acciones de control no ocurren cuando deben, la variabilidad resultante en el proceso puede incrementar el uso de energía y de materia prima, reducir el rendimiento y reducir la calidad del producto.

Foundation Fieldbus resuelve este problema ejecutando el control sobre un programa determinístico, en tiempo real. La tecnología está diseñada para adaptarse al rango total de situaciones de control a las que se puede enfrentar.

PROGRAMACIÓN BÁSICA

En Foundation Fieldbus las comunicaciones relacionadas con el control y los bloques de funciones se ejecutan a intervalos definidos con precisión, y en el orden programado adecuado para obtener un control de procesos correcto.

El programa general se llama un **macrociclo**. Los macrociclos para todos los dispositivos de un segmento se programan con precisión y todos usan el mismo tiempo absoluto de inicio. Los bloques de funciones y las comunicaciones se ejecutan a offsets especificados con respecto a este tiempo absoluto.

La Fig. 3.1. muestra el programa para un lazo típico donde la función PID está en el controlador de la válvula (Dispositivo 2). Cada actividad ocurre a un desplazamiento definido con respecto al tiempo absoluto de inicio.

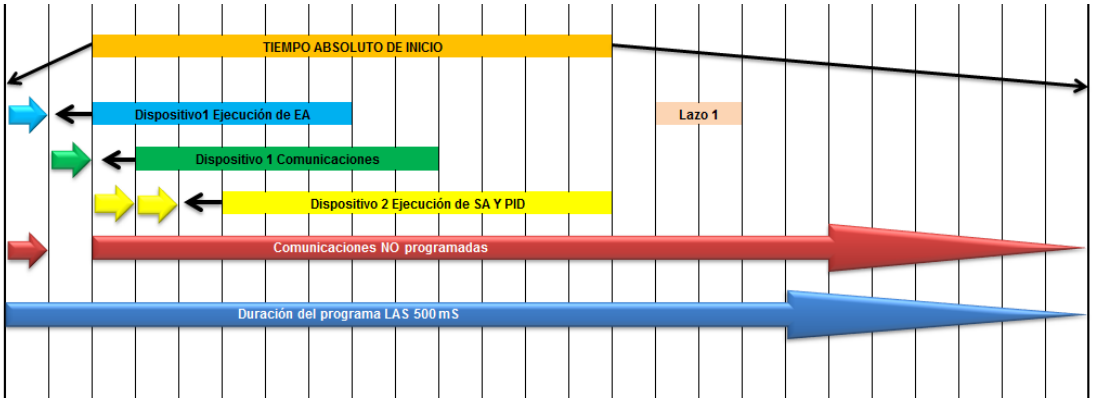


Fig. 3.1. Programa para un lazo típico.
(www.fieldbus.org)

Este ciclo se repite en un programa exacto en progreso. Los mensajes no programados (acíclicos) se pueden comunicar en cualquier momento en que no se estén enviando mensajes programados (cíclicos).

MULTIPLES LAZOS EN UN SEGMENTO

Como se muestra en la Fig. 3.2., se puede tener varios bloques de funciones ejecutándose al mismo tiempo en el mismo segmento, siempre y cuando estén en diferentes dispositivos y tengan tiempos de inicio diferentes. En el ejemplo se tienen tres lazos, con el PID en el mismo controlador de válvula.

Sin embargo, no se puede tener más de un dispositivo comunicándose en el bus al mismo tiempo. El programa del ejemplo evita que la comunicación se traslape. Esto se logra distribuyendo los tiempos de inicio de comunicación de los bloques de funciones de manera que un bloque no inicie hasta que el anterior haya terminado.

Por simplicidad, en la Fig.3.2. se muestran bloques ejecutándose en secuencia, sin traslape de procesamiento. En la realidad, múltiples bloques pueden ejecutarse al mismo tiempo siempre y cuando estén en diferentes dispositivos, y los datos se pueden comunicar tan pronto y se complete el procesamiento. Múltiples dispositivos no se pueden comunicar al mismo tiempo.

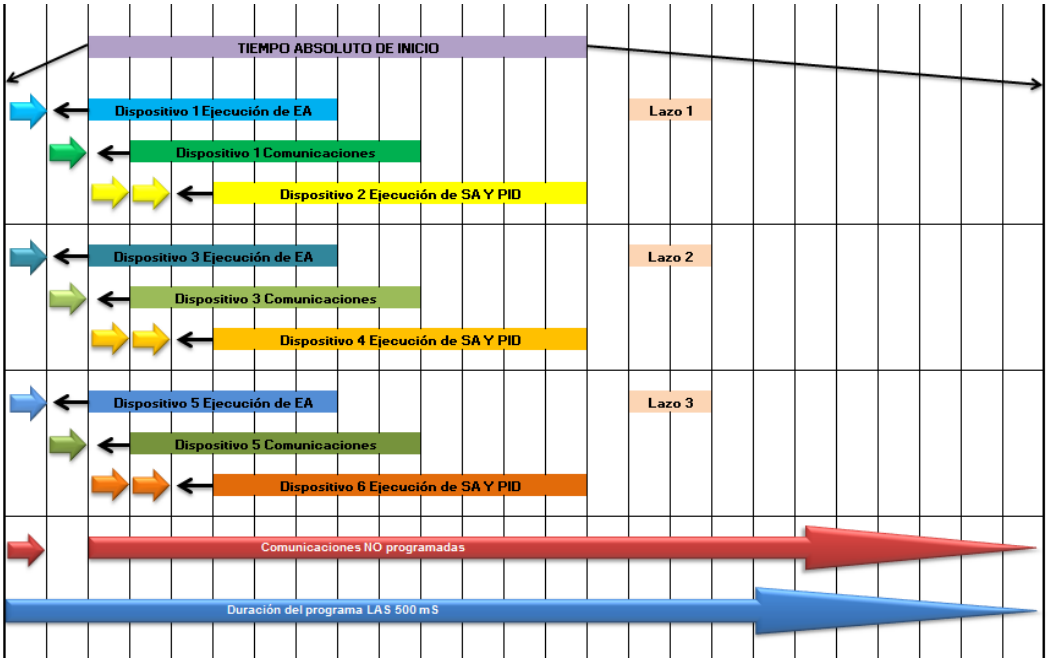
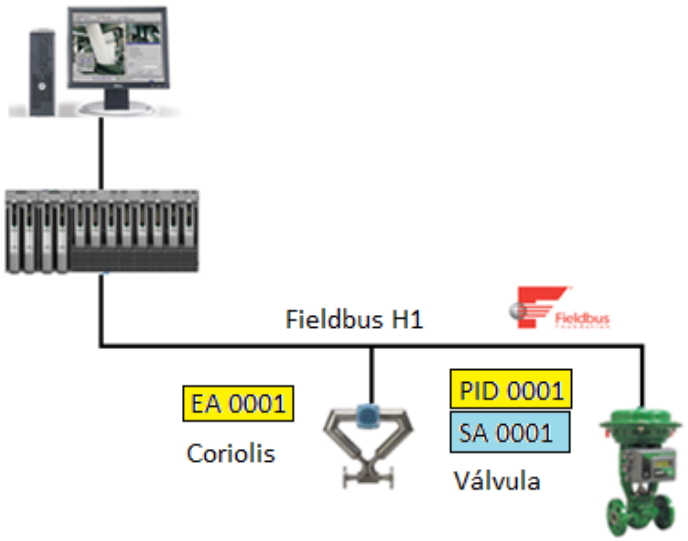


Fig. 3.2. Programación de múltiples lazos
(www.fieldbus.org)

BLOQUES DE FIELDBUS

Foundation Fieldbus en lugar de estar pensado como un medio de transmisión de datos como en los otros protocolos de comunicaciones, está diseñado para resolver aplicaciones de control de procesos.

La característica más importante de Foundation Fieldbus es que la estrategia de control se define mediante bloques funcionales, los mismos que tienen una representación directa en el hardware del sistema, es decir, funciones como entradas y salidas analógicas (AI y AO) o bloques PID pueden ser realizadas por el propio dispositivo de campo. Con esto, la estrategia de control se puede distribuir a través de los dispositivos ya que además de implementar bloques funcionales en sus microprocesadores, también pueden comunicarse de forma directa con otro dispositivo a través del bus.



(www.fieldbus.org)

La distribución del control en los dispositivos de campo puede reducir las necesidades del equipo controlador y de entrada/salida. Además, aumenta la fiabilidad del sistema ya que el control puede continuar aunque los sistemas centrales sufran una avería, siempre que el bus esté alimentado. Se definen tres tipos de bloques:

Bloques de recursos: (Resource Block) Cada dispositivo contiene un bloque de recursos, el cual especifica sus características como el nombre, fabricante, o número de serie. Además, sirve para configurar parámetros que afectan al dispositivo en su conjunto. El acceso a esta información adicional puede ser una de las características más importantes de Foundation Fieldbus porque puede permitir que se detecten problemas potenciales del dispositivo antes de que éstos afecten al proceso.

Durante la ejecución del proyecto, el bloque de recursos se usa para identificar un dispositivo, ponerle etiqueta y realizar las pruebas de funcionamiento y comunicación bajo condiciones simuladas (comisionamiento). Durante las operaciones continuas, los técnicos de mantenimiento lo usan para obtener información de estado y de configuración del dispositivo en general, y para correr algunos tipos de diagnósticos específicos al dispositivo.

Bloques transductores: (Transducer Block) Tiene que ver con las “partes internas” de un dispositivo. Permite configurar los sistemas de E/S de cada uno de los dispositivos. Es el enlace entre el mundo físico de los sensores y actuadores y el “mundo de datos” del control de procesos. Además, contiene información como la calibración o el tipo de sensor, materiales de construcción, y en muchos de los casos la condición operativa y el estado de los actuadores y sensores.

Se pueden tener varios bloques transductores en un solo dispositivo. Por ejemplo un bloque transductor puede trabajar sobre el sensor o actuador, otro puede trabajar con el display local, y un tercer bloque puede trabajar con diagnósticos.

Bloques de funciones: (Function Block) Proporcionan el comportamiento del sistema de control dentro del ambiente del Fieldbus. Establecen la estrategia de control, por lo tanto, realizan todas las operaciones del sistema como cálculos numéricos, efectúan el procesamiento de control necesario para el sistema y cumplen con la acción de adquirir un valor o accionar un actuador.

Incluso es posible, en muchos casos, correr un lazo de control completamente en los dispositivos de campo, sin involucrar al sistema host.

Un dispositivo simple puede tener sólo un bloque de funciones de entrada o salida los dispositivos más complejos pueden tener varios bloques de entrada y salida, así como bloques para supervisión y control.

Durante la ejecución del proyecto, los ingenieros de control usan los bloques de funciones para implementar la estrategia de control. Durante las operaciones continuas, los bloques de funciones proporcionan la información del control del proceso y las funciones que los operadores usan para correr la planta.

Una vez que se configuran los bloques, es necesario configurar el lazo de control mediante la creación de enlaces entre los parámetros de entrada y salida de los bloques funcionales. Estos enlaces pueden ser locales (si los bloques unidos están en el mismo dispositivo) o remotos (si cada bloque está en un dispositivo distinto), donde toda la información comunicada a través de ese enlace viajará por el bus desde un dispositivo a otro.

Fieldbus Foundation ha definido conjuntos estándar de bloques de funciones básicos y avanzados. Los fabricantes deciden cuales de estos bloques estándar y no estándar serán soportados en cada dispositivo de campo. A lo que se recomienda investigar el tipo de información que proporcionan los bloques de los proveedores.

Foundation Fieldbus al ser un protocolo abierto permite que cualquier fabricante pueda ofrecer dispositivos compatibles que funcionen correctamente con elementos de otros fabricantes. Para que el cliente final pueda estar seguro de la interoperabilidad de un dispositivo, FF ofrece una serie de programas de certificación para que los fabricantes puedan comprobar sus productos y garantizar su calidad.

Los bloques funcionales permiten configurar y programar todas las funciones que se pueden realizar en un sistema Foundation Fieldbus, por lo cual el diseño de todo sistema es homogéneo. Además poseen un diseño consistente orientado a bloques, que permite la distribución de las funciones a través de dispositivos de múltiples fabricantes de una forma perfectamente integrada.

Los dispositivos Foundation Fieldbus comparten además un sentido del tiempo común mediante la ejecución sincronizada de cada bloque funcional con los demás independientemente de los retardos por interconexiones.

Para asegurar que las herramientas de diseño puedan ser genéricas y permitir su adaptación a los nuevos dispositivos que salen al mercado, cada dispositivo se suministra con su descripción completa en dos tipos de archivos, con los cuales cualquier sistema de control o herramienta de diseño estándar puede configurar y comunicarse con un dispositivo. Estos archivos son:

Capability File (CF): Describe en el sistema de control los recursos con los que cuenta el dispositivo, como un número de bloques funcionales y sus tipos.

Device Description (DD): Describe las entradas, salidas y funciones de cada bloque funcional contenido en un dispositivo.

Bloques de Funciones Continuas Especificadas		
Analogic Input	AI	Lee entrada analógica
Analogic Output	AO	Envía salida analógica
Bias Gain	B	Escalamiento
Control Selector	CS	Selector de control
Manual Loader	ML	Control manual
PID Control	PID	Control PID
PD Control	PD	Control PD solamente
Ratio Control	RA	Control de relación
Bloques de Funciones Discretas Especificadas Básicas		
Discrete Input	DI	Lee entrada discreta
Discrete Output	DO	Envía salida discreta

Tabla N° 7. Bloques de funciones Foundation Fieldbus básicas. (Ian Verhappen, Foundation Fieldbus)

Bloques de Funciones Continuas Especificadas Avanzadas	
Complex AO	Proporciona interlocks
Splitter	Salida 1 en 3 + lógica – para rango dividido
Selector	Salida 4 en 1 (mín., máx., med., prom.)
Setpoint Generator	Generador SP para aplicaciones Batch
Characterizer	Tiene interpolación y rastreo
Integrator	Pulso o Caudal Integrado + reset
Calc_A	1131-C inst. 50 pasos – Analógicos
Lead/Lag	Compensación Dinámica
Dead Time	Retardo para control prealimentado analógico
Analog Alarm	Proporciona respuesta de alarma
Bloques de Funciones Discretas Especificadas Avanzadas	
Digital HMI	Entrada de operador - referencia por tag.
Pulse Input	Pulsos de pase a integrador
Timer	Cuenta ascendente/descendente, debounce
Digital Alarm	Proporciona respuesta de alarma
Step Control	Control SP usando actuadores discretos
Calc_D	1131-C inst.-50 pasos-discretos
Complex DO	Proporciona Interlocks
Device	Dispositivos simples de 2 ó 3 estados (bombas)
Dead Time	Retardo para control prealimentado analógico
Analog Alarm	Proporciona respuesta de alarma

Tabla N° 8. Bloques de funciones Foundation Fieldbus avanzadas.
(Ian Verhappen, Foundation Fieldbus)

FUNDAMENTOS DE CABLEADO DE RED

Muchos aspectos de una red Foundation Fieldbus son similares a una red de control tradicional analógica. Se requiere cableado, alimentación, dispositivos de campo, tarjetas E/S, y posiblemente barreras de seguridad intrínseca. Adicional a lo mencionado anteriormente, hay algunos nuevos componentes, tales como terminadores. Y hay diferencia en la manera en que se juntan todas las piezas.

El cableado no es muy costoso, si se está conectando un solo par de instrumentos a una distancia de pocos metros. Pero si agregamos unos mil metros de cable para conectar cientos o miles de dispositivos individuales en una planta, entonces ya es un gasto considerablemente mayor. Especialmente cuando incluye la mano de obra requerida para instalar el cableado, así como conductos y canaletas para cable. Sin mencionar la documentación de cada hilo y conexión.

Estos son los conceptos que reducen los costos con Foundation Fieldbus:

- La comunicación digital permite que varios dispositivos compartan el mismo cableado, reduciendo significativamente la cantidad de cableado requerido.
- Foundation Fieldbus H1 puede trabajar en cableado estándar de planta, así que se puede usar incluso los hilos que ya están disponibles.
- Si se necesita agregar cableado, ya sea para nueva construcción o para aumentar la capacidad, el cableado disponible y las opciones de cableado facilitan el trabajo y hacen que los resultados sean más confiables.

Las instalaciones Foundation Fieldbus usan un solo cable en par torcido, también llamado **bus** o **trunk**, para conectar múltiples dispositivos. El cable, los dispositivos conectados y los componentes de soporte componen un **segmento**.

Los dispositivos se conectan al segmento Fieldbus individualmente o en grupos. Si se conectan a través de **spurs** (derivaciones) individuales que se ramifiquen desde el trunk principal, el resultado se llama topología de rama, ver Fig. 3.3.

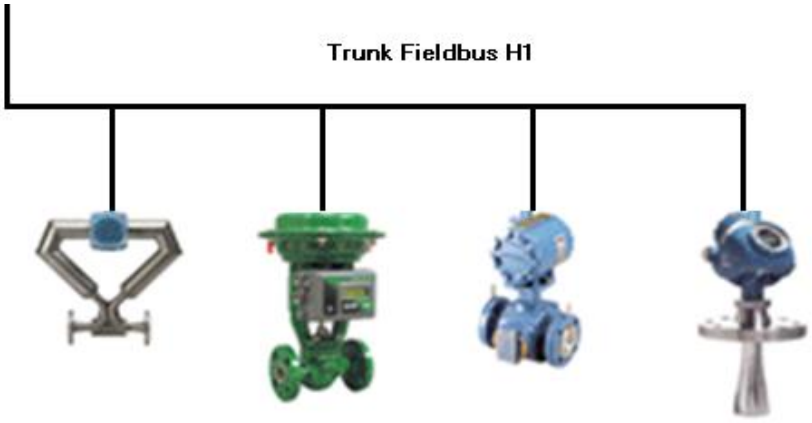


Fig. 3.3. Topología de rama.
(www.fielbus.org)

Un bus con derivaciones conectadas al trunk en grupos se llama esquema de árbol. Ver Fig. 3.4.

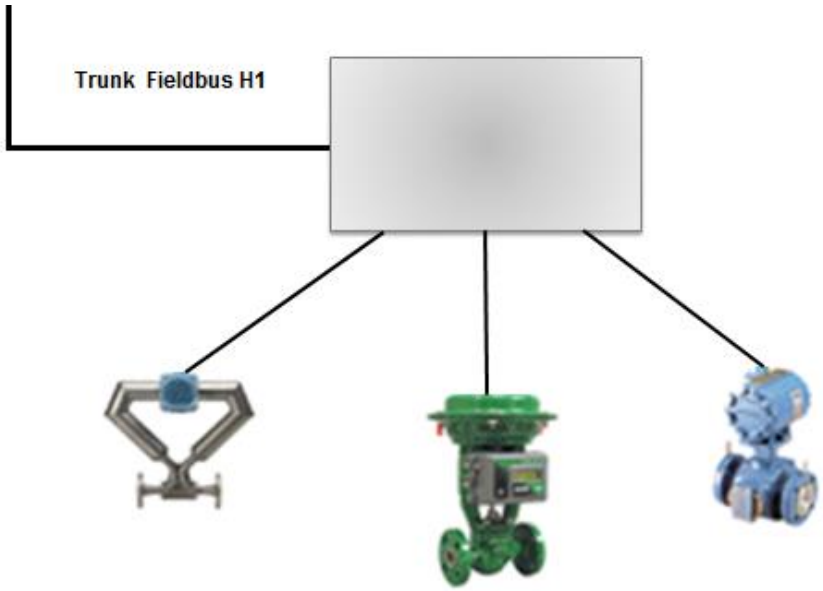


Fig. 3.4. Topología de árbol.
(www.fielbus.org)

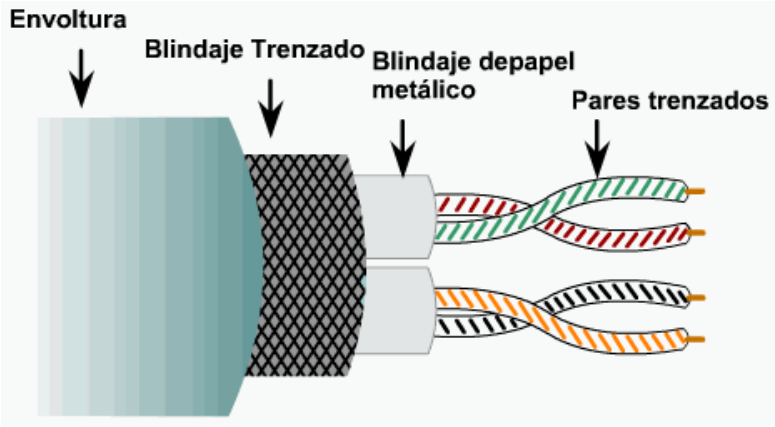
Un solo segmento puede tener tanto ramas como árboles, siempre y cuando se sigan algunas reglas para la longitud total del segmento, longitud de puntos, número total de dispositivos y demanda de corriente del segmento. Ver Tabla N° 9.

Límites clave del segmento	**Valores típicos**
Máximo 32 dispositivos por segmento sin un repetidor. Máximo 240 dispositivos por segmento con un repetidor.	4 a 16 dispositivos por segmento.
Cada dispositivo debe tomar cuando menos 8mA del segmento.	Consumo de corriente de 15 a 25 mA para un dispositivo de dos hilos. 8.5 mA para un dispositivo de 4 hilos. 400 mA, límite típico de segmento.
Rango de voltaje 9-32 Vcd.	24 Vcd.

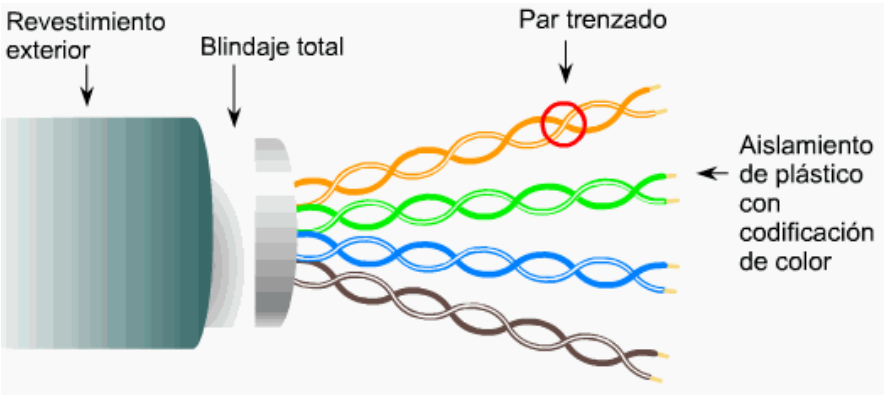
Tabla N° 9. Límites y valores típicos del segmento.
(fieldbus 301 www.PlantWebUniversity.com)

TIPOS DE CABLE Y LONGITUD DE SEGMENTO

La longitud de un segmento Fieldbus total depende del tipo de cable que se esté usando. Por ejemplo, la máxima longitud de cable es de 1900 metros si se usa cable de instrumentos típico, par trenzado blindado individualmente. La máxima longitud se reduce a 200 metros si se está usando sólo dos hilos no torcidos y sin blindar.



(http://hardwaremanual.wordpress.com/b-cables)



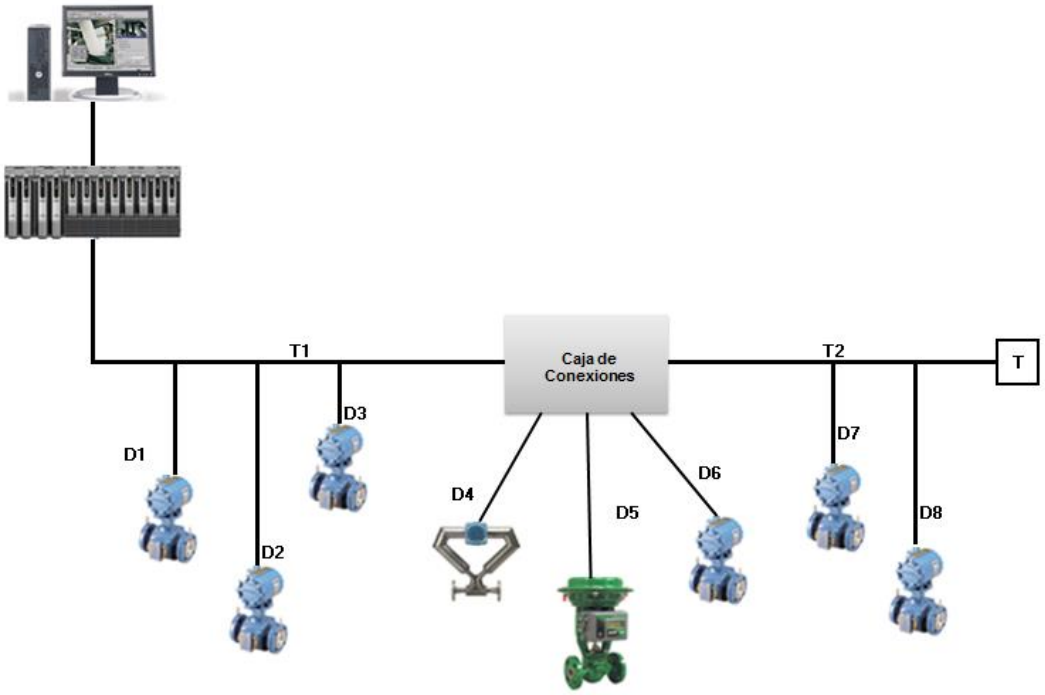
(http://hardwaremanual.wordpress.com/b-cables)

La Tabla N° 10. Proporciona ejemplos de tipos de cable y longitudes de segmento permitidos.

Tipo	Descripción	Calibre	Longitud Máxima
A	Par torcido blindado individualmente	#18 AWG ($0.8\ mm^2$)	1900 m
B	Par torcido múltiple con blindaje general	#22 AWG ($0.32\ mm^2$)	1200 m
C	Par torcido múltiple sin blindaje	#26 AWG ($0.13\ mm^2$)	400 m
D	Dos hilos no torcidos y sin blindaje	#16 AWG ($1.25\ mm^2$)	200 m

Tabla N° 10. Tipos de cable recomendables para Foundation Fieldbus.
(www.fieldbus.org)

La longitud total del segmento se determina sumando la longitud de todas las secciones del segmento. La longitud total del segmento debe estar dentro del valor máximo permitido para el (los) tipo(s) de cable usado, ver Fig.3.5.



D1+D2+D3+D4+D5+D6+D7+D8+T1+T2< 1900 metros para cable de tipo A

Fig. 3.5. Longitud total de un segmento.
(www.fielbus.org)

La longitud total del segmento es la suma de las longitudes de todas las derivaciones, más la longitud de los cables principales, o trunks. Para cable tipo A, el total debe ser menor de 1900 m.

COMBINACIÓN DE TIPOS DE CABLE EN UN SEGMENTO

Se puede usar diferentes tipos de cables en el mismo segmento Foundation Fieldbus, siempre y cuando siga las reglas sobre cuánto cable de cada tipo puede coexistir en el segmento.

Para encontrar la longitud máxima de cada tipo de cable de un segmento, primero se debe calcular la siguiente relación para cada cable:

$$\frac{\text{Longitud de cable individual}}{\text{Máx. Longitud para el tipo de cable}}$$

Luego sume las relaciones para todos los cables individuales del segmento. Si la suma de las relaciones es menor que 1.0 (ó 100%), las combinaciones de cable y las longitudes son aceptables.

Por ejemplo Un segmento tiene 720 metros de tipo de cable A en par torcido y blindado y 135 metros de cable tipo D sin blindar y que no está en par torcido. ¿Es aceptable esta combinación?

$\frac{720\text{ m A}}{1900\text{ m máx.}} = 0.378$	$\frac{135\text{ m D}}{200\text{ m máx.}} = 0.675$
0.378 + 0.675 = 1.053 ó 105.3%	

La suma de 1.053 ó 105.3% es mayor que 1 ó 100%. Entonces esta combinación de cable NO es aceptable.

LONGITUD DEL SPUR

La longitud máxima del spur (derivación) depende de:

- El número total de dispositivos en la derivación, y
- El número total de dispositivos en el segmento

Ver Tabla N° 11.

Dispositivos totales del segmento	**Dispositivos por derivación**		
	1	2	3
1-12	120 m	90 m	60 m
13-14	90 m	60 m	30 m
15-18	60 m	30 m	1 m

Tabla N° 11. Metraje y número de dispositivos por segmento.
(www.fieldbus.org)

Es de notar que una derivación puede tener hasta tres dispositivos.
Por ejemplo, en la Fig. 3.6. se muestra un segmento con un total de 8 dispositivos.

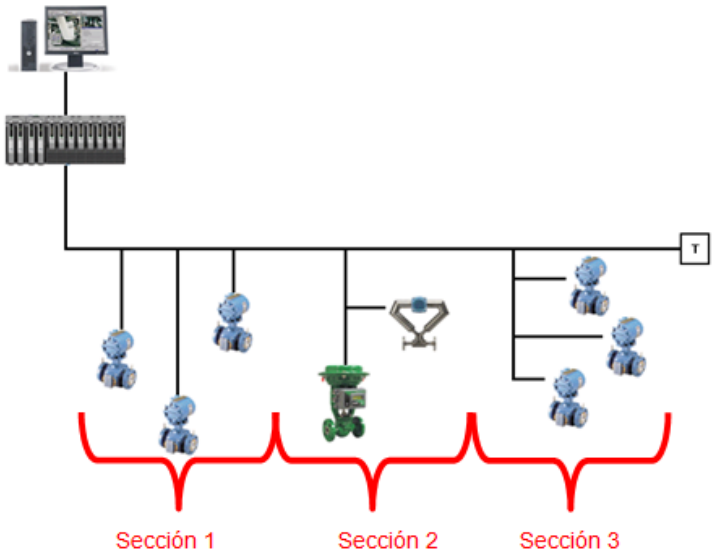


Fig. 3.6. Distribución en un segmento.
(www.fielbus.org)

Leyendo la fila “1-12” de la tabla N° 11, eso significa que las derivaciones con un dispositivo pueden ser de 120 metros cada una, la derivación con dos dispositivos puede ser de 90 metros, y la derivación con tres dispositivos puede ser de 60 metros.

Entonces:

En la sección 1: se muestran tres dispositivos conectados individualmente, siguiendo la regla, la distancia máxima que se puede usar para cada uno es de 120m esto da como resultado 120m x 3 = 360m.

En la sección 2: la derivación con dos dispositivos será de 90m para cada uno, dando como resultado 90m x 2 = 180m.

En la sección 3: en la derivación de los tres componentes se permite 60m por cada dispositivo, 60m x 3 = 180m.

Tomando en cuenta que no se puede rebasar los 1900m de la longitud total del segmento tendremos de la primera sección 360m, de la segunda sección 180m y de la tercera sección 180m. Por lo tanto:

360 + 180 + 180 = 720m

720m es lo que se tiene en la conexión de los 8 dispositivos por lo que quedan 1180m para hacer la conexión del segmento.

Algunos proveedores ofrecen herramientas de diseño de segmento automatizadas que toman en cuenta todas estas reglas. Estas herramientas hacen que el diseño del segmento Foundation Fieldbus sea rápido y fácil.

HARDWARE DE SEGMENTO

Un segmento Foundation Fieldbus típico consta de hardware tanto requerido como dependiente de la aplicación, ver Fig. 3.7.

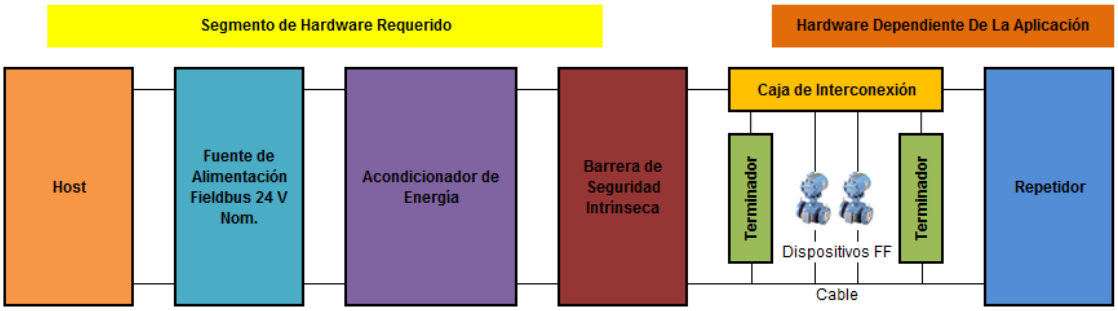


Fig. 3.7. Hardware que constituye un segmento.
(www.fieldbus.org)

Los dispositivos Fieldbus son nodos inteligentes de la red, los cuales proporcionan detección, actuación del proceso e información de diagnóstico. En este sentido el sistema host (generalmente un sistema de control tal como un DCS, PLC o PC) es un tipo de dispositivo Fieldbus.

El resto del hardware de la Fieldbus enlaza y soporta estos dispositivos.

- La **fuente de alimentación** Fieldbus normalmente es una unidad de 24 volts redundante que proporciona alimentación para múltiples segmentos Fieldbus.

- El **acondicionador de alimentación** Fieldbus proporciona aislamiento de comunicación entre múltiples segmentos que se conectan a una fuente de alimentación común.

- Las **barreras de seguridad intrínseca** proporcionan alimentación intrínsecamente segura para uno a seis dispositivos Fieldbus.

- Los **terminadores** ayudan a proporcionar una señal de comunicación de alta calidad y prevenir reflexión de señal en el bus.

- Los **conectores** y **cajas de conexiones** proporcionan lugares para terminar al cableado de campo en el segmento.

- Un **repetidor** aísla eléctricamente una parte de un segmento con respecto a otra. También proporciona comunicación a mayor distancia y puede incrementar el número total de dispositivos en el segmento.

En el punto 3.3 se ahondará más sobre los componentes del segmento.

Los estándares de ingeniería ayudan a garantizar que todos hagan las cosas no solo en la misma manera, sino en la mejor manera para el éxito del proyecto. Eso es importante especialmente cuando se usan nuevas tecnologías, como Foundation Fieldbus, con las que no todos están familiarizados.

La ingeniería de un proyecto Fieldbus no es más difícil que el uso de la tecnología tradicional, y en muchas áreas es mucho más fácil. Los principios son los mismos, desde especificaciones ambientales, consideraciones de áreas peligrosas, hasta tipos de cableado. Lo que más va a cambiar son los estándares relacionados con los dispositivos de campo, los cuales ahora son capaces de mucho más que sus ancestros analógicos.

En el siguiente punto se abordarán algunas de las diferencias entre la tecnología tradicional y la Tecnología Foundation Fieldbus.

3.2.3. Fieldbus vs Comunicación Convencional

Tanto HART como Foundation Fieldbus aportan beneficios significativos a la industria. Los protocolos resultantes tienen diferentes capacidades que deben ser tomarse en cuenta a la hora de elegir trabajar con algún protocolo.

LOS OBJETIVOS DE DISEÑO DE HART

Cuando los dispositivos se volvieron inteligentes, se optimizó la forma de calibrar, dar mantenimiento a los dispositivos, y comunicar la variable de proceso. El protocolo HART fue desarrollado para mejorar el proceso de trabajo para estas actividades. La gran ventaja que tuvo para ser adoptada en el mercado, fue que la señal analógica de 4-20 mA utilizada para monitoreo y control fue preservada. Aunque esta solución no aborda los problemas con 4-20 mA, que mantenga la compatibilidad con toda la infraestructura del sistema de control instalado en el campo. HART puede proporcionar la variable(s) de proceso digital, pero señal de 4-20 mA se sigue utilizando para proporcionar la variable de proceso en la mayoría de los casos.

HART es un bus híbrido diseñado para el mantenimiento y otras funciones del dispositivo, manteniendo la compatibilidad con la enorme base de datos de host analógicos instalada. Continúa mejorando para proporcionar más y más información. Se han desarrollado mejoras técnicas como multiplexores y adaptadores analógicos HART el acceso a la información digital en los sistemas que no soportan las comunicaciones digitales HART.

LOS OBJETIVOS DE DISEÑO DE FOUNDATION FIELDBUS

Foundation Fieldbus fue diseñado para soportar todas las capacidades de configuración y mantenimiento de HART y mucho más. Fue diseñado para ser una red completamente digital de control de proceso capaz de funcionar como un sistema de control. Es determinístico, trabaja en tiempo real, abarca las alarmas y alertas, proporciona los bloques de función utilizados para el control regulatorio básico y avanzado, la secuencia y la lógica asociada con el mismo protocolo. Se requiere una mensajería más robusta y poder de procesamiento.

Además. Foundation Fieldbus fue diseñado para soportar la configuración, calibración, diagnóstico, y actividades de mantenimiento relacionadas con los dispositivos y la estrategia de control.

Foundation Fieldbus está diseñado para ser un sistema de control distribuido en un bus. Se puede aplicar como una solución para los problemas que van desde la adquisición de un simple bus multipunto hasta la de un sistema de control completo. Es capaz de realizar en tiempo real el control normativo básico y avanzado determinista, así como el procesamiento discreto. Los instrumentos y válvulas en el bus son capaces de realizar este control.

Dado que los usuarios hacen uso de igual manera de ambos sistemas, más adelante se ahondará en los atributos de HART y Foundation Fieldbus.

Para determinar qué protocolo es apropiado a cada situación los atributos deseados deben ser identificados para evaluar la funcionalidad de usuario de HART y Foundation Fieldbus. Hay que tener en cuenta que los diferentes atributos serán enfocados a los diferentes usuarios, por lo que hay que seleccionar y clasificar los atributos en orden de importancia a cada proceso.

LA INTEGRACIÓN DEL PROTOCOLO DIGITAL CON HOSTS DE CONTROL 4-20 mA / HART

HART

Los antiguos hosts que no podían acceder a la información HART no se integraron directamente con el protocolo HART. Se puede conectar una computadora de mano para acceder y utilizar la información digital HART sin interferir con la señal de 4-20 mA.

Los nuevos hosts de control son capaces de utilizar o transmitir, hasta cierto punto, la información HART a un sistema de gestión de activos. Muchos de los nuevos hosts de control pueden utilizar la variable de proceso HART digital; sin embargo, la variable del proceso digital se utiliza muy poco para el control de lazo cerrado. La mayoría de las veces los hosts analógicos se pueden actualizar para acceder a la información digital HART por las actualizaciones de hardware y software.

La mayoría de los hosts de control más modernos pueden acceder a las variables de proceso HART y al estado. Información de gestión de activos se pasa a través de la arquitectura de control a un host de gestión de activos. Si un anfitrión más antiguo no es capaz de usar o transmitir la información HART a un sistema de gestión de activos, se pueden utilizar los multiplexores.

Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus y 4-20 mA no pueden existir en el mismo par de cables. Se deben adicionar tarjetas de entradas/salidas Foundation Fieldbus al host 4-20 mA existente, o utilizar un convertidor de protocolo que transforme la señal Foundation Fieldbus a otro protocolo soportado por el host. Casi cualquier modem de host de control tiene entradas/salidas Foundation Fieldbus. Casi todos los hosts soportan MODBUS, de modo que Foundation Fieldbus se pueden utilizar con diversos hosts de control antiguos. Sin embargo, para la adición de Foundation Fieldbus se requiere ya sea entradas / salidas, o una interfaz con un protocolo compatible con el host de control antiguo. La compatibilidad de Foundation Fieldbus con el host de control 4-20 mA es "Aceptable".

COMPATIBILIDAD CON CABLES DE CONTROL EXISTENTES

HART

Es una señal digital 0.8-1 mA superpuesta a la señal analógica, es 100% compatible con los cables de control existentes. Ya sea cable existente, o el alambre de calidad estándar de instrumentos.

Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus, es una señal con una corriente diferencial de 800 mV existes en el cable, es 100 por ciento compatible con los cables de control existentes y no se superpone a cualquier otra señal. Muchos piensan que se necesita de cable especial, pero esto no es cierto. El alambre especial o el cable pueden traer ventajas de instalación, pero no es necesario.

LA COMPATIBILIDAD DEL CONOCIMIENTO BÁSICO EXISTENTE CON LAS PRÁCTICAS DE TRABAJO

Para obtener el mayor beneficio de cualquiera de los protocolos se requiere de importantes cambios de prácticas de trabajo y nuevos conocimientos en la planta. Por ejemplo, el pasar del mantenimiento preventivo al proactivo aporta significantes beneficios tanto para la operación como para el mantenimiento. Se puede mejorar la disponibilidad, la seguridad, la eficiencia, el cuidado del medio ambiente y reducir los desechos y el retrabajo.

HART

La mayoría de las prácticas de trabajo para instrumentos actuales se estructuran en torno a HART, requiere menos cambios de prácticas de trabajo y nuevos conocimientos. Si se utiliza 4-20 mA para el control y la información HART para la configuración del dispositivo y el mantenimiento básico, no es necesario cambiar las prácticas de trabajo. Cuando se desea cambiar de prácticas de trabajo para reducir costos, mejorar el rendimiento, u obtener otros beneficios, estos cambios se pueden hacer de manera progresiva. Esto le da un período de adaptación que puede ser útil. La clave para obtener un mayor beneficio es cambiar las prácticas de trabajo para aprovechar al máximo de la información digital para mejorar el rendimiento de la planta. El resultado es que HART permite que los cambios de prácticas de trabajo sean graduales.

Foundation Fieldbus

Si se tiene una planta existente, Foundation Fieldbus requiere cambios en las prácticas de trabajo. Si se tiene una planta nueva, la capacitación y la implementación de prácticas de trabajo Foundation Fieldbus sería el mejor camino a seguir. Dado que la adaptación se da desde un inicio, la instalación es más rápida y más eficiente en comparación a 4-20 mA. En ambos casos ya sea como en una planta existente o como en una nueva se verá beneficiada en la reducción de costos y en la obtención de información del protocolo de comunicación.

Foundation Fieldbus también requiere nuevos conocimientos. Para obtener todos los beneficios de su instalación, son necesarios cambios tempranos de las prácticas de trabajo en el ciclo del proyecto. Si esto no se hace, la ejecución del proyecto puede ser frenada, y los beneficios disponibles solo se realizarán parcialmente.

ROBUSTEZ EN LA COMUNICACIÓN

La robustez en la comunicación se define como la capacidad de la señal de comunicación para enviar y recibir información de manera oportuna, en ambientes hostiles, con la capacidad de detectar errores, o información errónea. La información llega a su destino a tiempo y es exacta.

HART

Los dos componentes que la comunicación HART debe de cubrir son, la robustez de la señal de 4-20 mA (señal que la mayoría de los dispositivos HART utilizan para comunicar la variable de proceso) y la robustez de la señal HART digital utilizada para la configuración de las variables de proceso.

La señal de 4-20 mA se considera robusta, pero esto puede ser un error. Ya que la señal es enviada y recibida de forma continua, proporciona una excelente respuesta para el control de proceso. Las señales de 4-20 mA tienen problemas para detectar que la información es errónea o cuando existen errores de comunicación cuando esta se llevan a cabo. Si la señal se encuentra entre los 4-20 mA, se toma como válida. Cuestiones tales como la tierra, los lazos a tierra, y la interferencia de fuentes de corriente eléctrica o magnética intensas pueden imponer una desviación indetectable en la señal de 4-20 mA. Ya que toda la señal de control es 16 mA totales, la desviación de la corriente de tan sólo 1 mA representa un error de más de seis por ciento en la variable de proceso recibida por el host de control. Además, las fallas en la escala de los dispositivos son generalmente indetectables, y si una variable de proceso está significativamente por encima o por debajo del rango calibrado del dispositivo, con la señal analógica saturada el operador no tiene idea del valor actual la variable de proceso. A menudo la variable de proceso actual está dentro del rango del transmisor y estaría disponible en un protocolo digital.

Para lograr una buena robustez, se debe tener especial cuidado al instalar, el enrutamiento, la alimentación, la puesta a tierra, y para terminar el cableado en 4-20 mA. La reputación de robustez se debe a que la detección de errores es limitada y la mayoría de los problemas no son detectados. Mediante el uso de buenas prácticas de instalación y el cableado de grado instrumento.

La programación de la comunicación, los reintentos de mensajes, y la determinación del estado de funcionamiento del enlace de comunicaciones está integrado en el host, no en el protocolo HART. Esto requiere conocer las capacidades de comunicación del host con el fin de evaluar la solidez de las comunicaciones, ya que no se especifica o administra por el protocolo HART. HART se basa en la robustez de la señal analógica, aumentada por la información digital si se ha configurado.

Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus utiliza una señal diferencial igual a la demanda de corriente del dispositivo, típicamente 15 mA de punto a punto, a una frecuencia de 31,25 kbps. Foundation Fieldbus tiene actualizaciones rápidas para un buen control del proceso, y por lo tanto, eléctricamente la señal de comunicación Foundation Fieldbus es robusta.

La señal de Foundation Fieldbus es determinista, es un protocolo de igual a igual con dispositivos individuales que se comunican la información de control sobre un programa muy preciso sin necesidad de un host para iniciar las comunicaciones. Las comunicaciones programadas para un dispositivo dado pueden ser tan frecuentes como cada 62,5 ms, pero en la mayoría de los casos la programación real es cada 500 ms.

Si un mensaje no es recibido por uno de los suscriptores de los datos, Foundation Fieldbus tiene capacidad de reenviar los mensajes y el reenvío de mensajes tiene lugar durante el mismo ciclo de comunicaciones que el mensaje original.

De esta manera, incluso si los mensajes individuales se pierden, las comunicaciones se llevan a cabo en la fecha prevista. En Foundation Fieldbus están disponibles los reenvíos de mensajes, así como las estadísticas de comunicaciones, que ayudan a los usuarios a evaluar si un segmento Fieldbus está teniendo dificultades en la comunicación, y con frecuencia se pueden aislar los problemas a un nodo específico. Si los segmentos

Fieldbus están experimentando un importante número de reenvíos de mensaje no limitado a un solo dispositivo, los cables de señal analógica que trabajan en la misma área deben revisarse para detectar errores de señal. Estos y otros atributos de Foundation Fieldbus hacen que la comunicación sea robusta.

CAPACIDAD MULTIVARIABLE

Existen dispositivos multivariable, tanto para HART como para Foundation Fieldbus y ambos pueden comunicar múltiples variables a través del protocolo de comunicaciones, pero no evalúan la capacidad de los dispositivos individuales. Los dos factores que hay que contemplar cuando se considera la capacidad multivariable son la provisión de alimentación y la capacidad de comunicar múltiples variables a través del protocolo de comunicaciones. Hay que tener en cuenta que tanto Foundation Fieldbus como HART soportan dispositivos de 4 hilos, por lo que el suministro máximo de energía es grande, sin embargo, como la mayoría de los dispositivos son de 2 hilos, éste es el suministro de energía con el cual se hará la consideración:

HART

Debido a los avances en la electrónica de baja energía, una gran cantidad de funciones están disponibles en el presupuesto de energía 3.6 mA y los voltajes mínimos especificados disponibles en un dispositivo HART. Sin embargo, el suministro de energía plantea un límite en el número de sensores, la velocidad del sensor, y la capacidad de cálculo.

Con una sola señal de 4-20 mA disponibles, la mayoría de los dispositivos HART informan de una sola variable de proceso al sistema principal de control. Hay dispositivos que tienen múltiples variables digitalmente desde un dispositivo HART y entregan las variables a un host a través de múltiples canales analógicos de 4-20 mA. Dado que se requieren dispositivos de hardware adicionales y múltiples conjuntos de cableado, esto es costoso.

La alternativa consiste en comunicar múltiples variables de forma digital, lo cual es posible ya que HART soporta el envío de múltiples variables con un único comando. HART soporta hasta cuatro variables de proceso por dispositivo. La mayoría de los servidores de control no utilizan las variables digitales para el control.

Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus tiene dos ventajas para los dispositivos de múltiples variables: suministro de energía grande y el apoyo de un gran número de variables de proceso en un solo dispositivo. Foundation Fieldbus permite un suministro de corriente superior a 20 mA aunque la mayoría de los dispositivos utilizan menos, los de 10 a 15 mA son comunes. Esto deja un suministro de energía mayor para la alimentación de sensores múltiples, o la realización de cálculos.

Foundation Fieldbus puede soportar un gran número de variables de proceso en un solo dispositivo. Por ejemplo, los transmisores de temperatura de ocho puntos son comunes. Foundation Fieldbus tiene bloques de entrada y salida, que se utilizan para comunicar las variables del proceso. Un solo bloque de entrada o de salida puede tener una o múltiples variables de proceso, en función del tipo de bloque de entrada / salida.

Todas las variables de proceso en bloques de entrada / salida pueden estar vinculadas a una estrategia de control. Hay algunas consideraciones de implementación. Cada bloque de entrada / salida tiene una relación de comunicación con los bloques que utilizan las variables, si ese bloque se encuentra en un dispositivo diferente o en el host, esto se llama relación de comunicación virtual. La tarjeta de host H1 puede tener un número limitado de relaciones de comunicación virtual que puede soportar, lo que limita el número total de variables de proceso en un segmento.

CONTROL DE VÍA DE SEÑAL DIGITAL

El uso de una señal digital para el control es considerable por dos razones. En primer lugar, no hay conversión analógica desde el dispositivo a los cables de señal, y luego a partir de los cables de señal al servidor, lo que aumenta la exactitud de la variable de proceso. En segundo lugar, la información adicional, como la robustez, la variabilidad y el estado tiene comunicación con las variables de proceso para proporcionar un mayor control.

HART

La mayor parte del control que usa las variables de proceso de los dispositivos HART se realiza utilizando la señal de 4-20 mA. Si el usuario desea realizar el control utilizando más de una variable de proceso desde un dispositivo, se deben utilizar las variables digitales. HART proporciona una variable de proceso digital con la suficiente frecuencia para permitir el control de la mayoría de los lazos en una planta típica. El control casi nunca se hace usando la señal HART digital, ya que se proporciona la señal analógica para el control.

HART es un protocolo de pregunta y respuesta, donde el host debe solicitar la información cada vez que la requiera, velocidad máxima para la información de estado es de 1-2 mensajes por segundo. El modo ráfaga, donde el dispositivo transmite continuamente la variable de proceso, aporta la velocidad máxima y la velocidad de actualización de estado en alrededor de 2-3 por segundo. Sin embargo, en el modo de ráfaga no se tiene comunicación que no sean los parámetros y el estado en el mensaje seleccionado.

Si tanto el transmisor y la válvula son HART y se utilizan comunicaciones digitales, el lazo más rápido y práctico para HART es de dos segundos. Si el dispositivo no responde a la solicitud de información del host puede haber un retraso de un segundo antes de que se haga otro intento.

En muchas puestas en práctica del host, un solo módem HART es compartido por varios canales de entradas/salidas analógicas. Esto reduce el rendimiento de los mensajes digitales en cualquier punto, a menos que el módem HART esté bloqueado en ese punto, lo que significa que la información digital HART no está disponible en otros puntos. Para resolver este problema, muchos hosts tienen dos o más módems HART en una tarjeta de entrada / salida analógica por lo que si un módem está bloqueado en un punto, el otro módem puede ser compartido por el resto de los puntos. El resultado es que la frecuencia de los mensajes HART desde un dispositivo puede ser variable y menor de lo previsto.

Foundation Fieldbus

Todas las variables del proceso de los dispositivos Foundation Fieldbus son digitales. Además, las alarmas del estado de las variables de proceso, y otra información es comunicada junto con la variable de proceso en un programa muy preciso a uno o más dispositivos o al host, que pueden requerir la información.

Foundation Fieldbus es compatible con el control del dispositivo de campo. Al contar con las variables del proceso y los bloques que las utilizan en el mismo dispositivo, el control puede ser ejecutado sin la necesidad de comunicar una variable de proceso específica fuera del dispositivo en el que se origina.

Foundation Fieldbus está diseñado para el control digital y lo hace mucho mejor que cualquier otro protocolo.

CONTROL Y CAPACIDAD DE CÁLCULO

Capacidad de cálculo incluye los recursos disponibles en el dispositivo para realizar cálculos, y el soporte del protocolo proporciona la comunicación de la información externa.

HART

En general, la memoria y el microprocesador tienen recursos disponibles para el control o el cálculo limitado. HART puede pasar cualquiera de los cuatro valores a un host y estos pueden ser valores calculados.

Cálculos sofisticados que van desde el flujo másico, para diagnóstico de válvulas se han aplicado para el suministro de energía. Además, los diagnósticos sofisticados incluyendo el monitoreo estadístico de procesos se han implementado en los dispositivos HART.

Generalmente el control en campo no se hace utilizando el protocolo HART, como las comunicaciones punto a punto entre los dispositivos, como un transmisor y la válvula, no es compatible. Comunicación y control se realizan generalmente a través de un host. El control en campo no es aplicable para HART.

Foundation Fieldbus

El protocolo Foundation Fieldbus está diseñado para apoyar el control y calcular la capacidad del dispositivo. Los dispositivos Fieldbus generalmente tienen un suministro de energía más grande, más memoria y capacidad del microprocesador, que es compatible tanto con el control como con el cálculo.

Fundación Fieldbus tiene bloques de funciones interoperables para el control y cálculos, además de apoyar las comunicaciones punto a punto entre los dispositivos, por lo que el control y los cálculos pueden utilizar la información de otros dispositivos. La comunicación punto a punto soporta transmisores que hablan directamente a las válvulas, permitiendo el control lazo cerrado sin la intervención de un host.

La combinación de mayores recursos de los dispositivos, módulos de función interoperables y comunicación punto a punto hace que Fieldbus sea mucho más adecuado para el control y el cálculo.

CONTROL EN CAMPO

La disponibilidad para el control del proceso es una función de la fiabilidad de todos los componentes individuales en el lazo. Los componentes de un lazo basado en el host incluyen el instrumento(s), el cableado, la alimentación al campo, tarjeta de entrada de host, la energía, controlador, tarjeta de salida, la señal al elemento de control, y el elemento final.

HART

La confiabilidad de los componentes individuales, y el uso apropiado de la redundancia de los componentes, especialmente los componentes compartidos, se han combinado para crear una confiabilidad alta para la arquitectura de automatización. Según los estándares tradicionales, la disponibilidad de control de procesos utilizando HART está en crecimiento.

Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus requiere un menor número de componentes en el lazo de control de procesos. Si se utiliza el control en el campo, las tarjetas de entrada del sistema host, el sistema central, los controladores, las comunicaciones, y las tarjetas de salida del sistema host no están involucradas en el control de lazo cerrado. Un análisis típico del tiempo medio entre fallos de control en el equipo host y el control en campo demuestra que el control en el campo tiene un tiempo medio entre fallos del doble de tiempo del control en el host.

Un excelente beneficio en Fieldbus son los diagnósticos con los que cuentan los dispositivos en campo, obteniendo como resultado un mejor control ya que lo hace de forma proactiva, predictiva, preventiva y correctiva.

ALARMAS Y ALERTAS

Las alarmas están asociados ya sea con el control de procesos o monitoreo del proceso. Las alertas se asocian con el dispositivo o el mantenimiento o el rendimiento del equipo.

HART

No proporciona alarmas de proceso. El diseño está en una variable de proceso que se emite al host las entradas / salidas apropiadas y los bloques de funciones en el host proporcionan alarmas de proceso, por lo que la capacidad de alarma en HART no es aplicable. Debido a que la intención del diseño del protocolo HART es que el control se realiza en el host, el protocolo HART actualmente no soporta algunas de las funciones tales como reloj de tiempo real.

Esto significa que el tiempo de programación no es proporcionado por los dispositivos HART, pero es proporcionada por el host, aplicado en el orden en que se procesa el punto de entrada / salida específica. Para las alarmas que están separadas en el tiempo por varios ciclos de ejecución del circuito de control, el usuario puede determinar el orden en que se produjeron las alarmas. Para las alarmas que están muy juntas, la secuencia exacta y en las que no se pueden determinar en tiempo.

La capacidad de alarma HART puede informar de las condiciones de diagnóstico, o las condiciones medioambientales del dispositivo que está experimentando a través del protocolo HART digital. Por ejemplo, la presión más alta, o la temperatura, un dispositivo ha experimentado, o el fracaso de conectar, el ensuciamiento, sensor o la electrónica. Algunos fabricantes de los dispositivos han implementado la posibilidad de aproximar el tiempo mediante el seguimiento de tiempo transcurrido desde que un evento de alerta generada se llevó a cabo, pero el mayor inconveniente es que es difícil de sincronizar el tiempo transcurrido.

La capacidad de alarma HART es principalmente una función del host, y es "NO APLICABLE". HART avisa si la capacidad es extensa, sin embargo, la falta de programación en la precisión del tiempo y sincronización de tiempo limita posteriormente al análisis de alerta. Algunos proveedores adicionan el host de control para la capacidad de alerta HART en la interfaz del operador.

Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus está diseñado para el control en el campo dentro de los dispositivos individuales en el segmento. Las entradas / salidas y bloques de función se procesan en los dispositivos, y son apoyados por alarmas de proceso. Una ventaja de Foundation Fieldbus es que cada dispositivo es un nodo de procesamiento independiente y puede procesar alarmas y alertas Independiente de otros dispositivos. Cada dispositivo tiene un reloj de tiempo real que se sincroniza con otros segmentos. El proceso de alarmas y programación de tiempo pueden ser muy precisa, y desde la marca de tiempo de la alarma se comunica al host junto con la condición de alarma, más tarde el análisis de la secuencia de las alarmas no se ve alterada por el orden de exploración del host o frecuencia de las actualizaciones.

Foundation Fieldbus soporta alertas de la misma manera que soporta alarmas. La programación del tiempo en alertas o condiciones de diagnóstico es por dispositivo individual, y tanto la alerta y el tiempo están a disposición del host para el procesamiento de diagnóstico.

EL ACCESO Y USO DE LA INFORMACIÓN DE DIAGNÓSTICO

El acceso y uso significa la información de diagnóstico está disponible tanto para un control y un host de administración de activos en tiempo y forma, y puede ser utilizado por la automatización para ajustar el control de procesos. También examinará los programas de hardware o aplicaciones adicionales que sean necesarias para obtener la información desde el host. El uso considera si la información se puede utilizar para la gestión de activos, para su uso en efectuar el control del proceso, y para el análisis con información de control. Esta sección no evalúa el valor de los diagnósticos individuales, sólo se evalúa la capacidad de los protocolos para entregar y hacer uso de la información.

HART

La información del diagnóstico en general se pasa a través de, o alrededor de, el host de control a otra aplicación, como un host de administración de activos. También se puede pasar por alto el host de control por completo, como los multiplexores o tecnología wireless dirigida a un host de administración de activos. Generalmente, la información de

diagnóstico se envía desde un host de administración de activos para el operador por medio de una interfaz de usuario de host de control.

HART puede ofrecer una gran cantidad de información de diagnóstico más útil para la administración de activos. Los beneficios de los diagnósticos entregados a través del protocolo HART pueden ser grandes, aunque el acceso no es frecuente o automático.

Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus tiene un mejor acceso a la información de diagnóstico, y puede ser utilizado en más formas. Los dispositivos de forma proactiva marcan el tiempo y anuncian las condiciones del diagnóstico presentándolas de manera que no se pierda el diagnóstico aun cuando no se solicita la información. El usuario sabe cuándo ocurre una condición, que es reportada cuando ocurre la condición y no más tarde o cuando la información de diagnóstico es solicitada por el host. La información del diagnóstico es una marca de tiempo y se puede sincronizar con la información del proceso de análisis.

La información de diagnóstico se puede utilizar para modificar la acción de la estrategia de control. Por ejemplo, si en una variable de proceso el diagnostico muestra que es incierto, entonces la estrategia de control puede utilizar el último valor correcto conocido y alertar al operador, o, si una bomba necesita ser reajustada, la información se puede utilizar para aumentar la contrapresión o cambiar la velocidad de la bomba. Esta capacidad permite a los diagnósticos de Foundation Fieldbus utilizarse de forma proactiva para mejorar tanto el rendimiento del proceso y la confiabilidad de los activos y de la vida útil de los dispositivos.

En la Tabla N° 12 se muestran de forma muy general algunas diferencias entre los protocolos de comunicación que hay entre HART y Fieldbus.

ATRIBUTO	HART	Foundation
Integración del protocolo digital con el protocolo 4-20 mA del Host	Bueno	Bueno
Compatibilidad con cables de control existentes	Bueno	Excelente
Compatibilidad con los conocimientos y las prácticas de trabajo existentes.	Bueno	Bueno
Comunicaciones Robustas	Bueno	Excelente
Capacidad multivariable	Suficiente	Excelente
Control de señal digital	Suficiente	Excelente
Capacidad de control	No aplica	Excelente
Capacidad de cálculo	Bueno	Excelente
Control en campo	No aplica	Excelente
Alarmas	No aplica	Excelente
Alertas	Bueno	Excelente
Capacidad para acceder y entregar información de diagnóstico	Bueno	Excelente

Tabla N° 12. Comparación de atributos HART vs Foundation Fieldbus.
(Emerson, White Paper: Functional comparison of HART and Foundation Fieldbus)

OTRAS CONSIDERACIONES

En general, HART requiere menos cambios en las prácticas de trabajo y menos conocimiento nuevo que Foundation Fieldbus. Sin embargo, Foundation Fieldbus ofrecerá más oportunidades de cambio para mejorar las prácticas de trabajo y el rendimiento de la planta.

Ambos protocolos ofrecen potencial de mejora que la mayoría de las plantas no se están aprovechando el día de hoy.

Habrá muchos casos en los que HART o Foundation Fieldbus se ajusten a la necesidad del usuario para resolver un problema específico o haciendo una mejora específica.

Muchas plantas tienen tanto HART y Foundation Fieldbus en la misma planta. No es necesariamente una situación de todo o nada. A veces, la mejor solución es una combinación de ambos.

RESUMEN

Los protocolos HART y Fieldbus Foundation continúan haciendo mejoras con nueva funcionalidad, formas nuevas e innovadoras para desarrollar y ofrecer más valor. Ambos protocolos actualmente ofrecen más beneficios a las plantas que se están utilizando.

HART ofrece mejor compatibilidad con un host analógico, capacidad para limitar a la hora de gestionar las prácticas de trabajo y conocer los cambios. Foundation Fieldbus ofrece mayor funcionalidad para el control en el bus, una mayor integración con el host de control, y más información y capacidad de procesamiento.

Como conclusión. Hay diferentes maneras de evaluar los protocolos que puedan conducir a opiniones diferentes, lo importante es que en la selección para la aplicación de un protocolo debe estar pensado en base a las necesidades del usuario considerando lo que se quiere obtener al final del proyecto.

3.3. Estructura de Segmento Foundation Fieldbus

Los segmentos Fieldbus constan de los siguientes componentes:

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La alimentación es una de las áreas en las que Fieldbus es muy similar a las redes analógicas convencionales.

En general la alimentación Foundation Fieldbus:

- Se comparte a través de muchos dispositivos y segmentos.
- A menudo es redundante.
- Se interconecta a través de un multiplexor de alimentación separado o a través de multiplexores integrados con las fuentes.
- Se lista como alimentación flotante de 9-32 volts (24 volts es más común).

La mayoría de las fuentes de alimentación analógicas existentes trabajan con Foundation Fieldbus y son muy adecuadas. En algunas plantas usan una UPS o respaldo de batería como una de las fuentes de alimentación. La Fig. 3.8. muestra un ejemplo para configuración de fuente de alimentación para múltiples segmentos.

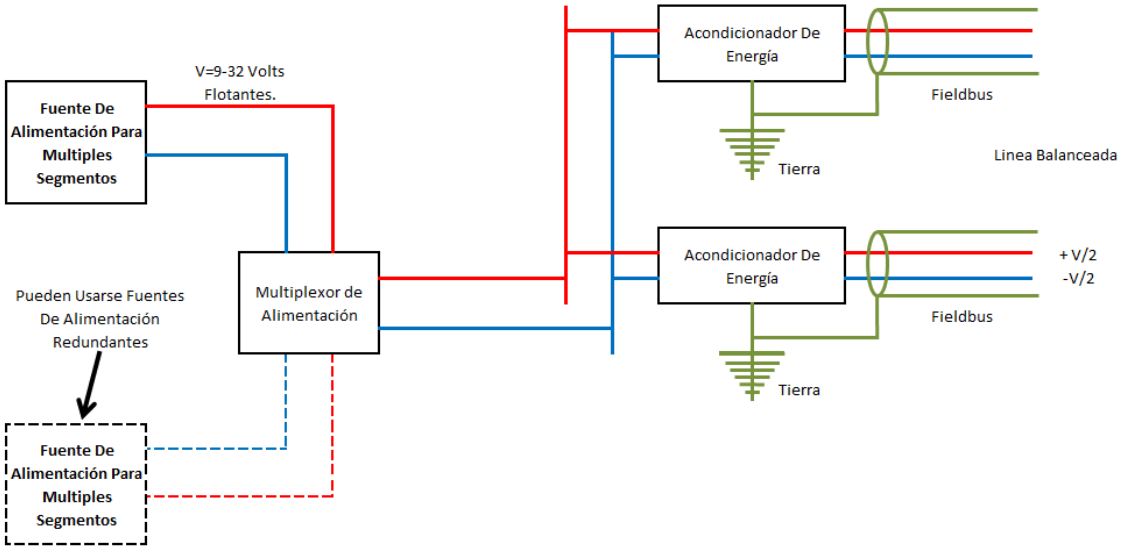


Fig. 3.8. Configuración de fuente de alimentación para múltiples segmentos.
(www.fieldbus.org)

Hay que asegurarse que el voltaje del punto más alejado de los segmentos alimentados sea cuando menos de 9 VCD cuando las baterías estén a su voltaje de operación más bajo esperado.

Para garantizar esto, se requiere mayor voltaje en la fuente de alimentación. Algunas plantas tienen baterías flotantes de respaldo en un bus de 24 vcd. Estas baterías toman el control si se pierden las fuentes de alimentación de corriente alterna o corriente directa (CA/CD). Se recomienda un margen de varios volts.

ACONDICIONADORES DE ALIMENTACIÓN

Es muy importante que la comunicación en un segmento no cruce a otros segmentos a través de las fuentes de alimentación. Los acondicionadores de alimentación evitan este "cross-talk" entre múltiples segmentos que usen la misma fuente de alimentación.

El acondicionamiento de alimentación limita la alimentación máxima del segmento. Un valor típico de 400 mA. Si un dispositivo típico toma 15-20 mA, un acondicionador de alimentación podría alimentar unos 20 dispositivos y todavía tendría alguna capacidad de reserva.

Los acondicionadores de alimentación también limitan en corriente al segmento, para que la puesta a tierra de un segmento no afecte a los otros segmentos conectados a la misma fuente de alimentación.

TERMINADORES

Los terminadores son simples circuitos de resistencia-capacitor que se usan para evitar problemas como reflexión de señal desde el extremo de los hilos. Se instalan en pares, con un terminador tan cerca como sea práctico a cada extremo de un segmento Fieldbus.

Los acondicionadores de alimentación incluyen frecuentemente un terminador, eliminando la necesidad de un terminador externo del segmento. Sin embargo, generalmente los terminadores NO se construyen o instalan en los dispositivos de campo. Eso es porque se podría dejar el segmento sin la terminación adecuada si se quita de servicio el dispositivo que contiene el terminador.

Lo más práctico es poner un terminador en la caja de conexiones más cercana al extremo alejado de un segmento. Aun cuando hay dispositivos individuales más alejados, por lo general la caja de conexiones está suficientemente cerca al extremo del segmento para que el terminador funcione adecuadamente.

REPETIDORES

Los repetidores son componentes opcionales para extender la longitud de un segmento Fieldbus o para incrementar el número de dispositivos en un segmento. Proporcionan alimentación y una señal de comunicación limpia para las partes extendidas del segmento.

Un segmento puede tener cuatro repetidores dividiendo el segmento en cinco partes. Eléctricamente, cada parte actúa como un segmento separado, pero los dispositivos se pueden comunicar entre sí como si estuvieran en el mismo segmento, incluso si hay hasta dos repetidores entre los dispositivos.

Aunque un segmento Fieldbus puede tener hasta 32 dispositivos sin repetidores, los segmentos H1 normalmente no tienen más de 12-16 dispositivos aun cuando se usan repetidores.

BARRERAS DE SEGURIDAD INTRÍNSECA

Foundation Fieldbus fue diseñado para soportar seguridad intrínseca, y esto con más flexibilidad y al menor costo que la seguridad intrínseca analógica tradicional.

En el mundo analógico, cada entrada y salida tiene una barrera de seguridad dedicada. Pero en el mundo Fieldbus, con su cable que soporta múltiples dispositivos, una barrera de seguridad puede servir para varios dispositivos. Eso es un gran ahorro en costos instalación.

Dependiendo de las necesidades, se puede tener la opción de poner varias barreras de seguridad en un solo segmento Fieldbus. También se pueden tener puntos tanto intrínsecamente seguros como convencionales en el mismo segmento.

Aunque se puede volver a usar el cableado analógico existente en una red Fieldbus, No se deben usar barreras analógicas existentes para Foundation Fieldbus. Las barreras existentes no están certificadas para Foundation Fieldbus y no funcionarán en esta aplicación.

3.3.1. Estándares Definidos por Foundation Fieldbus

a) H1

El protocolo H1 está basado en el estándar IEC 61158 y el estándar ISA S50.02; la información se transfiere utilizando codificación Manchester a una velocidad de 31.25Kbps.

La tensión mínima aceptable en el bus para que los dispositivos alimentados a través del mismo puedan funcionar correctamente es de 9V. La fuente de alimentación se conecta al bus en paralelo igual que cualquier otro dispositivo. Además, para no interferir con las señales de datos enviadas, debe contener un filtro que bloquee la frecuencia de 31.25Kbps y sus armónicos.

Mediante cajas de interconexión se pueden conseguir topologías como árboles, estrellas o combinaciones con la utilización de varios tipos de cable dependiendo la longitud máxima del segmento.

b) H2

En las primeras etapas del desarrollo de Foundation Fieldbus se consideró el desarrollo de una versión ligada aún al campo pero de una velocidad intermedia entre H1 y HSE. Dicha versión se denominaría H2 y tendría una velocidad intermedia entre 1Mbps y 2.5Mbps. Sin embargo, debido a la gran popularidad que consiguieron las soluciones basadas en Ethernet a aplicaciones industriales, se optó por desechar H2 siendo absorbida por HSE, por lo que actualmente H2 y HSE se consideran sinónimos.

c) HSE

Se basa en tecnología Ethernet, por lo tanto hay versiones de HSE a 100Mbps y 1 Gbps, tanto para par trenzado como para fibra óptica. Los componentes necesarios son de uso común. Por esta razón, para la construcción de una red se pueden utilizar dispositivos comerciales como hubs o switches de oficina.

La estructura lógica de una red HSE está pensada para ser combinada sin solución de continuidad de redes H1, y por lo tanto los protocolos involucrados y los métodos de funcionamiento son muy similares en ambas

3.3.2. Topologías Convencionales

En esta sección se ilustraran algunas de las posibles topologías que se pueden usar y se expondrán algunas de las características de cada una. En la Fig. 3.9. se muestran cuatro topologías:

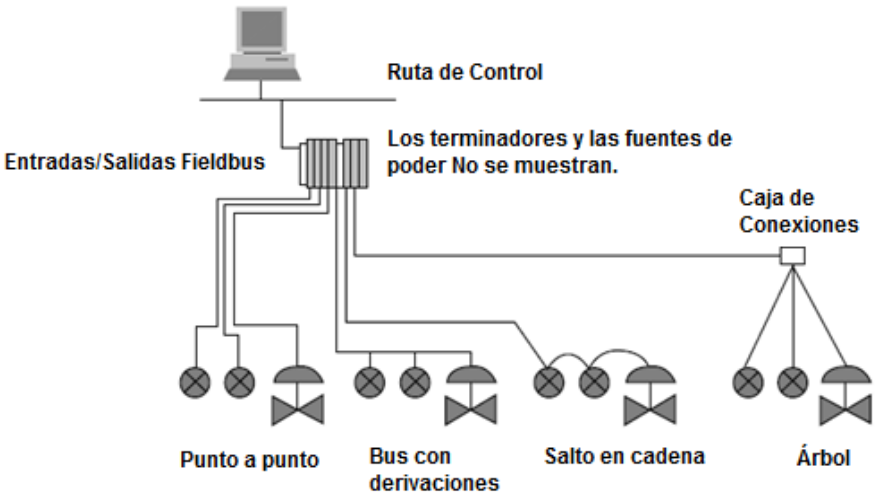


Fig. 3.9. Topologías convencionales.
(www.fieldbus.org)

a) Convencionales

TOPOLOGIA PUNTO A PUNTO

Esta topología se compone de un segmento que tiene solo dos dispositivos. El segmento puede estar completamente en el campo, o esto puede ser un dispositivo de campo conectado a un sistema host. Probablemente esta configuración no se utiliza a menudo, ya que solo se puede tener una medición o un control por segmento (como en 4-20 mA). Como resultado de esto, no se aprovecha la ventaja de la capacidad multidispositivo por segmento. Esta topología se ilustra en la Fig. 3.10.

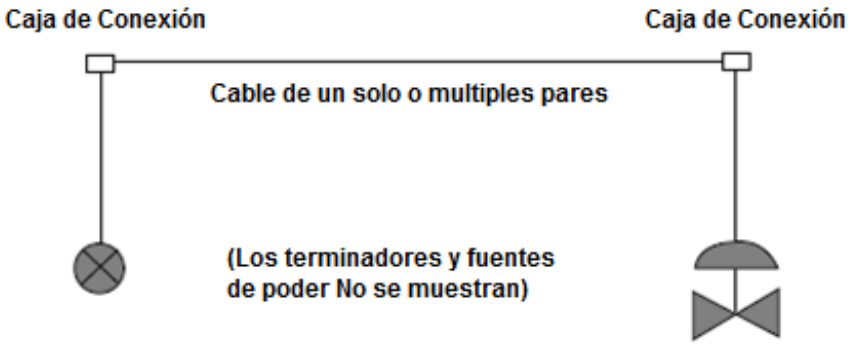


Fig. 3.10. Topología punto a punto.
(www.fieldbus.org)

TOPOLOGIA BUS CON SPURS (DERIVACIONES)

Con esta topología, los dispositivos Fieldbus están conectados a un segmento a través de una sección de cable llamado *spur*. Un spur puede variar en distancia desde 1 m hasta 120 m. Un spur que mide menos de 1 m de distancia es considerado un *splice*.
Esta topología se ilustra en la Fig. 3.11.

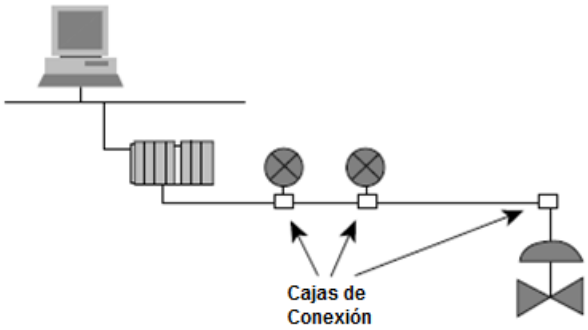


Fig. 3.11. Topología con spurs.
(www.fieldbus.org)

DAISY-CHAIN (SALTO EN CADENA)

Con esta topología, el cable Fieldbus se enruta de dispositivo a dispositivo en el segmento, y es interconectado a los terminales de cada dispositivo Fieldbus. Las instalaciones que utilizan esta topología deben utilizar conectores o prácticas de cableado de tal manera que sea posible desconectar un solo dispositivo sin interrumpir la continuidad de todo el segmento. Esta topología se ilustra en la Fig. 3.12.

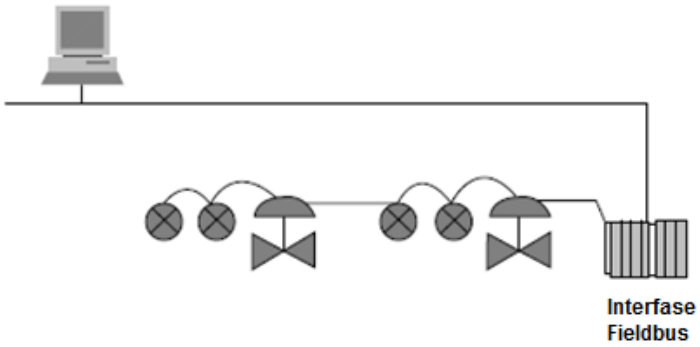


Fig.3.12. Topología Salto en cadena.
(www.fieldbus.org)

TOPOLOGIA DE ARBOL

Con esta topología, los dispositivos en un único segmento Fieldbus son conectados individualmente con un par de cables en una caja de conexiones, terminador, panel Marshall o tarjeta de E/S común. Esta topología se ilustra en la Fig. 3.13.

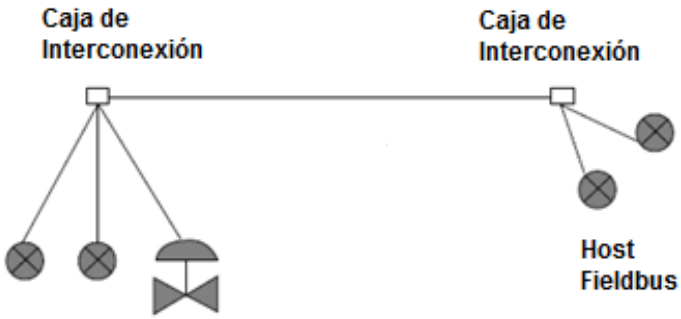


Fig. 3.13. Topología de árbol.
(www.fieldbus.org)

TOPOLOGIA COMBINADA

Esta combinación debe seguir todas las reglas de la longitud máxima de segmento Fieldbus, incluyendo la longitud de los spurs en el cálculo de la longitud total.

En la Fig. 3.14. se muestra un ejemplo de lo que podría ser una topología combinada.

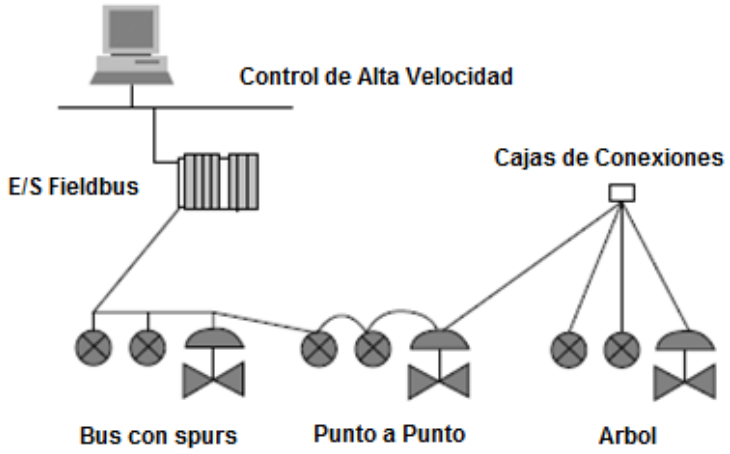


Fig. 3.14. Topologías combinadas en un mismo segmento.
(www.fieldbus.org)

b) Seguridad Intrínseca (FISCO)

En el mundo analógico, la seguridad intrínseca se basa en prácticas bien conocidas.

- Cada entrada y salida tiene una barrera dedicada.
- Los puntos de seguridad intrínseca y los convencionales están en cables separados.

En el mundo Fieldbus, la seguridad intrínseca trae algunas nuevas prácticas y nuevas ventajas.

- Varios dispositivos pueden estar en una sola barrera, y varias barreras pueden estar en un solo segmento de Fieldbus.

- Los puntos de seguridad intrínseca y los puntos convencionales pueden coexistir en el mismo segmento.

- Fieldbus con seguridad intrínseca puede ser más flexible y más rentable.

Los dispositivos y barreras para las zonas de seguridad intrínseca están diseñados para que la energía liberada por una falla eléctrica no sea la suficiente como para provocar la ignición. El punto de ignición es una función de la potencia, determinada por el voltaje y la corriente.

$$P = V * I$$

Donde:

P = Potencia (watts)
V = Voltaje (volts)
I = Corriente (Amperios)

Así como la tensión de segmento, la elección de las barreras, y la cantidad de dispositivos en cada barrera, la corriente que se permite en un segmento de seguridad intrínseca depende no sólo del tipo de atmósfera peligrosa en la que se encuentran los dispositivos, sino también del modelo de seguridad intrínseca que se utilice.

Para buses de campo, existen dos modelos:

- El modelo Entity asume los parámetros eléctricos que representan las características del alambre que están concentradas en el punto de fallo.

En este modelo, el alambre se considera una fuente de energía almacenada. Este enfoque conservador conduce a una corriente de 83 mA permitido en el cable de corriente continua máxima y una tensión máxima de 18.4 V.

Este modelo es muy conocido y reconocido en todo el mundo.

- El concepto de seguridad intrínseca de Fieldbus o modelo FISCO considera los parámetros de cableado eléctrico que distribuirán a lo largo de toda su longitud. Esto reduce la energía disponible en un fallo, lo que resulta en una corriente máxima de 110 mA. Este modelo permite más dispositivos en un par de hilos en un área peligrosa.

FISCO no es un estándar mundial. Es, sin embargo una norma Europea y parte de las especificaciones de Foundation Fieldbus.

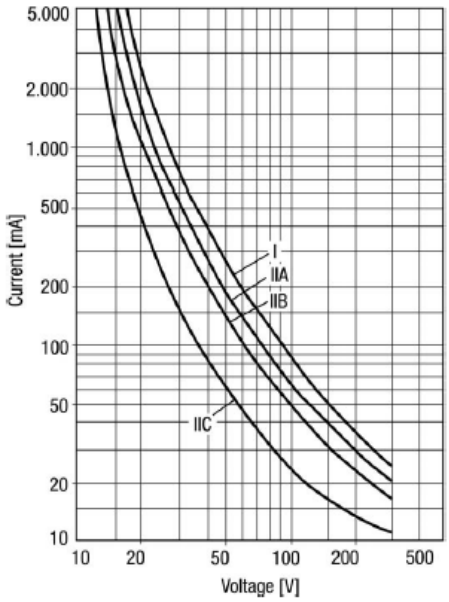
FISCO fue desarrollado por el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) en Alemania, y se basa en experimentos realizados por el PTB con el fin de encontrar una solución para

proporcionar más potencia en un bus de campo en una ubicación peligrosa. En 2002 se publicó la norma IEC 60079-27, que describe el modelo FISCO.

Las barreras de seguridad intrínseca están certificadas sobre la base de un modelo u otro. Los dispositivos de campo pueden ser certificados para ambos.

A pesar de las diferencias entre los dos modelos, los conceptos básicos para el diseño de un segmento intrínsecamente seguro son similares.

Cada tipo de atmosfera requiere un cierto mínimo de potencia para la ignición. La trama de los puntos de tensión y corriente que proporcionan ese poder se llama CURVA DE IGNICION.



(Foundation Fieldbus Application Guide AG-163)

Cuando la tensión aumenta, la cantidad máxima de corriente necesaria para la ignición disminuye. Y a la inversa cuando la tensión disminuye, la cantidad máxima de corriente necesaria para la ignición aumenta.

En un segmento en el que se utiliza el modelo FISCO, la corriente máxima permitida es de 110 mA en un entorno Clase IIC. Esto significa que el consumo de corriente total de todos los dispositivos es de 110 mA. Para un entorno Clase IIB la corriente máxima permitida es 250 mA. Para mayor referencia ver el capítulo 2.2.1 donde se define la clasificación de áreas peligrosas.

Para calcular el número de dispositivos que puede soportar una sola barrera, se suma la corriente individual que consume cada dispositivo, cada dispositivo tiene un consumo de corriente potencialmente diferente.

Por ejemplo si tenemos 6 dispositivos y el consumo de corriente es de 16 mA (6 x 16 = 96) bien se pueden soportar con una sola barrera en un área Clase IIC. Si se tiene un área Clase IIB podríamos tener hasta 15 dispositivos en una solo barrera (16 x 15 = 240).

En la Fig.3.15. se muestra una topología típica del modelo FISCO, se tiene una sola barrera la cual está conectada entre el acondicionador de potencia y los dispositivos de campo, y se tienen también dos terminadores, uno en el área segura y otro en el área no segura.

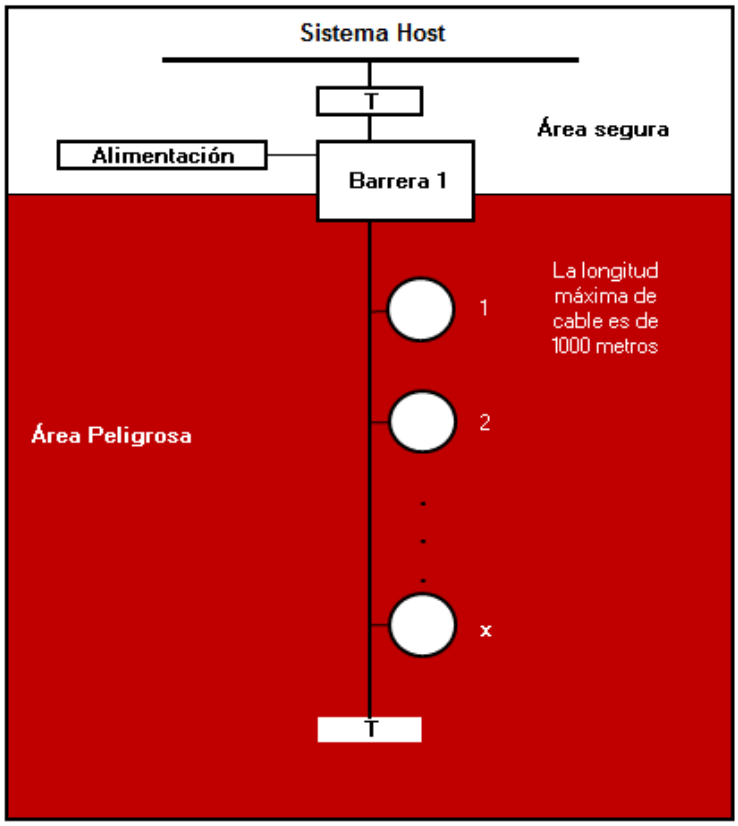


Fig. 3.15. Modelo típico de FISCO.
(fieldbus 203 www.PlantWebUniversity.com)

Puede haber ocasiones en las que es conveniente disponer de ambas áreas (seguras y peligrosas) en un mismo segmento, ver Fig. 3.16. Esto no representa ningún problema, siempre y cuando se sigan las siguientes reglas:

- Si se tienen dispositivos en el área segura y x en el área peligrosa. El número máximo de dispositivos en el segmento debe ser menor o igual a 32 o 16, dependiendo el tipo de dispositivos que se utilicen.

- La cantidad dispositivos en el área peligrosa deben ser igual o menor al número total de dispositivos con un consumo de energía combinado de 110 mA o menos (Recordar la curva de ignición) con barreras de seguridad FISCO.

- Si se desea tener más dispositivos en la zona peligrosa, se pueden utilizar múltiples segmentos, múltiples barreras en un segmento o dispositivos con menor consumo de energía.

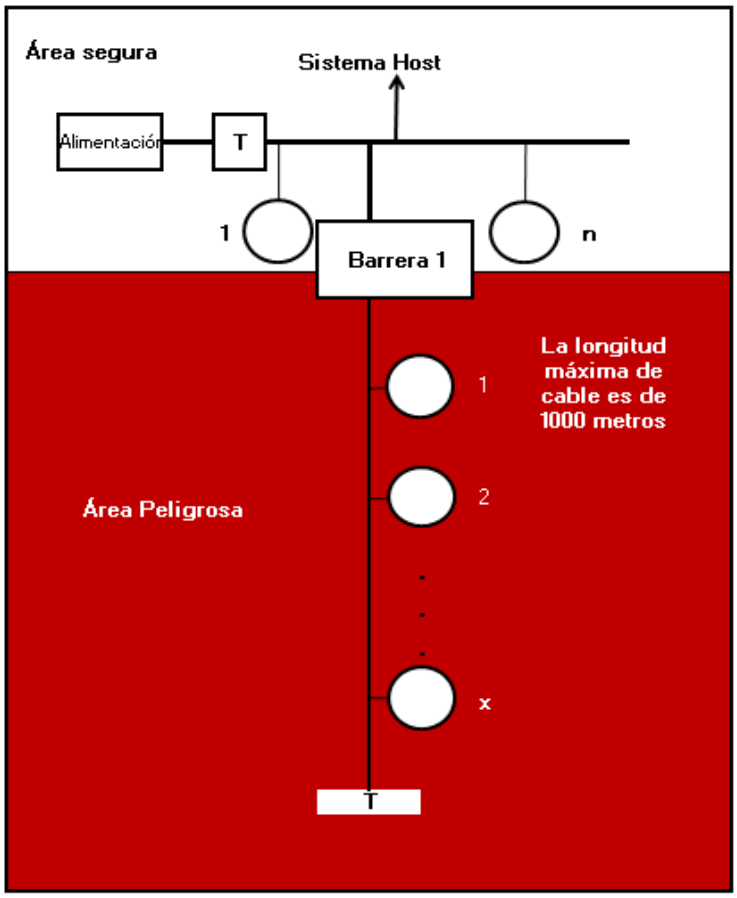


Fig. 3.16. Modelo de FISCO con instrumentos en áreas seguras y peligrosas.
(fieldbus 203 www.PlantWebUniversity.com)

Como Foundation Fieldbus es un bus multipunto, puede haber múltiples barreras en un segmento, cada estación separada. Sin embargo, si hay más de dos barreras en un solo segmento, se debe utilizar barreras de aislamiento galvánico.

Las barreras de aislamiento galvánico estándar tienden a distorsionar la señal de Fieldbus. Si se utilizan más de dos barreras, es recomendable utilizar barreras de tipo repetidor. La barrera de repetidor corrige la señal de vuelta a su forma original.

La Fig. 3.17. muestra un ejemplo de topología con múltiples barreras, utilizando barreras tipo repetidor para un segmento Fieldbus.

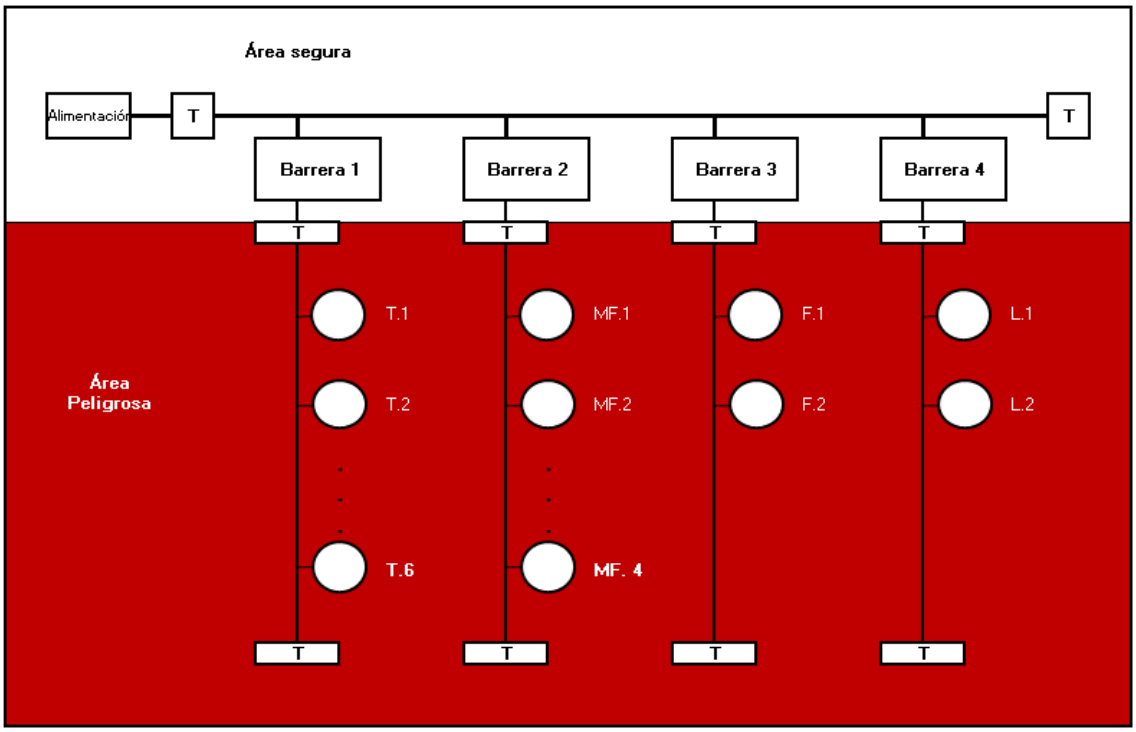


Fig. 3.17. Modelo FISCO con múltiples barreras.
(fieldbus 203 www.PlantWebUniversity.com)

En el ejemplo, el proceso requiere seis mediciones de temperatura, un lazo de flujo másico, un lazo de flujo de líquido y un lazo de nivel. Como se puede observar en la figura, hay diez terminadores, dos en cada barrera de la zona peligrosa y dos en la zona segura. Esto debido a que las barreras galvánicas de la parte del segmento del área segura y cada derivación en el área peligrosa, se consideran segmentos eléctricos separados. Cada segmento eléctrico debe tener un terminador en cada extremo.

Cada una de las cuatro barreras también actúa como un repetidor. En la actualidad existe un límite de cuatro barreras de repetidores por segmento.

Aunque es una configuración aceptable, no es muy rentable.

El consumo máximo de corriente para un segmento depende en parte del tipo de capa física de cada dispositivo. La Fieldbus Foundation clasifica a los dispositivos dependiendo de si son autoalimentados o con alimentación externa, y si su consumo de corriente es constante o variable:

El consumo máximo de corriente para un segmento completo es igual al consumo total de corriente para todos los dispositivos en el segmento que tienen un consumo de corriente constante, más el consumo de corriente de transmisión para el dispositivo con el mayor consumo de corriente incrementando durante la transmisión.

Además de los consumos de corriente para los dispositivos instalados, se pueden considerar dentro del segmento cargas temporales. Estas cargas añadidas incluyen el consumo de corriente de los analizadores de bus o de herramientas de configuración y mantenimiento.

Estos dispositivos adicionales tienden a tener su propio poder, pero la seguridad intrínseca requiere que estos dispositivos no inyecten energía al bus. Para asegurar que esto suceda, cualquier aparato debe consumir un mínimo de 8 mA del segmento durante la comunicación. Es aconsejable dejar 10 mA extra de corriente disponible para permitir la conexión de dispositivos temporales.

c) Seguridad Intrínseca (High Energy Trunk)

Además de FISCO, existe una alternativa que se proporciona toda la potencia que se necesita para cargar completamente un segmento Fieldbus, incluso en área peligrosa.

En los últimos años, la tecnología de bus de campo se ha adoptado rápidamente en muchos procesos industriales.

Sin embargo, los usuarios finales habían quedado insatisfechos con las soluciones tradicionales para Fieldbus en aplicaciones localizadas en áreas peligrosas porque no podían disfrutar de los mismos beneficios en términos de potencia, la longitud del cable y el número de dispositivos en los segmentos en comparación con las aplicaciones generales, debido a la limitación de la energía en el troncal.

Un nuevo método para resolver aplicaciones de Fieldbus en la zona de peligro se basa en el concepto "High Energy Trunk". En contraste con los conceptos FISCO / FNICO, el concepto High Energy Trunk no limita la energía en el cable principal del bus de campo a los niveles de seguridad intrínseca o a prueba de fuego, más bien la energía en las conexiones del spur se limita a los instrumentos.

Esto permite a los usuarios finales obtener el número máximo de dispositivos en un segmento, al mismo tiempo de lograr longitudes máximas de cable. Dependiendo de la aplicación, la protección (limitación de energía) se realiza en el campo, o en el interior de la caja de conexiones.

Como se describió anteriormente, los usuarios de Fieldbus no suelen realizar tareas de mantenimiento en vivo en un cable principal de Fieldbus, debido al alto riesgo de perder todo un segmento debido a un corto circuito en el cable principal. Al no limitar la energía en el trunk, el concepto High Energy Trunk ofrece las mismas ventajas que se observan en las aplicaciones de uso general en aplicaciones para lugares peligrosos. Los valores típicos de una solución para High Energy Trunk son de 30V a 500mA. Y productos como Fieldbus Barrier y los Fieldbus Segment Protectors hacen que sea fácil de aplicar el concepto High Energy Trunk incluso en los entornos más peligrosos.

Una Fieldbus Barrier, por ejemplo, se puede utilizar en aplicaciones para la Clase I, División 1. Proporciona seguridad intrínseca, por cortocircuito para proteger las conexiones de los spurs para instrumentos basados en Entity o FISCO. Las conexiones High Energy Trunk de las Fieldbus Barrier están aisladas galvánicamente para las conexiones de spurs intrínsecamente seguros.

Los Fieldbus Segments Protectors pueden ser usados para propósitos generales así como para aplicaciones Clase I, División 2. Proporcionan cortocircuito, salidas de energía limitada (a prueba de fuego). Cuando se utiliza una aplicación División 2 a prueba de fuego se puede conectar ya sea un aparato cableado en campo a prueba de fuego o dispositivos clasificados como intrínsecamente seguros, lo que permite al usuario final conectar/desconectar instrumentos en corriente viva. (Fig. 3.18.)

Tanto las Fieldbus Barriers como los Fieldbus Segment Protectors están típicamente montados en un área de la División 2 donde las conexiones del High Energy Trunk se pueden realizar siguiendo el método de cableado División 2. (Fig. 3.19.)

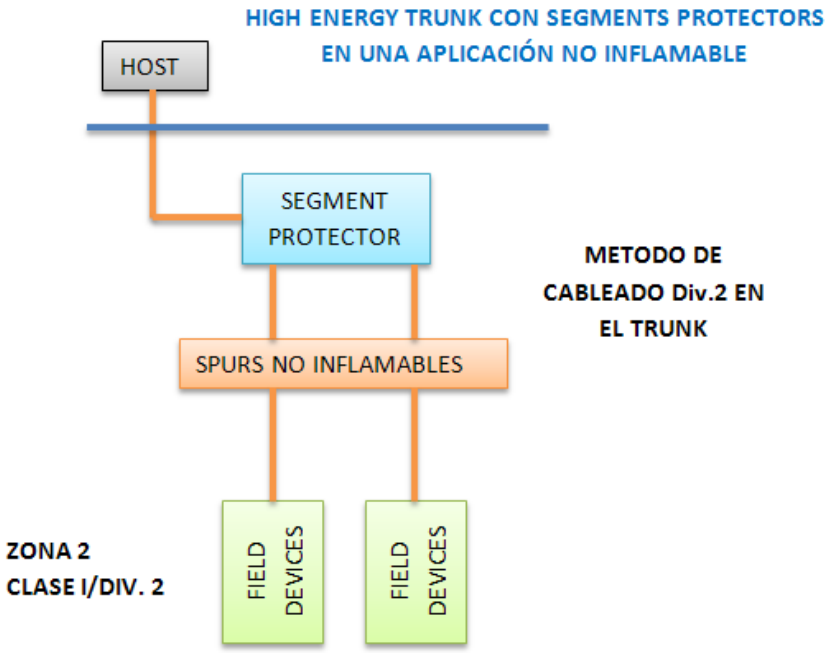


Fig.3.18. Modelo High Energy Trunk con Segments Protectors.
(www.FieldConnex.info)

Las Fieldbus Barriers y los Segment Protectors mueven la limitación de energía fuera del gabinete del cuarto de control y en el campo mediante la combinación de las características de cajas de conexión protegidas contra cortos circuitos, o con una barrera integrada. Esto permite a los usuarios distribuir completamente sus equipos Fieldbus alrededor de la planta, aprovechando al máximo la tecnología Fieldbus. Otro de los beneficios del concepto High Energy Trunk es que le da al usuario final la libertad de elegir cualquier tipo instrumento Entity, FISCO o FNICO.

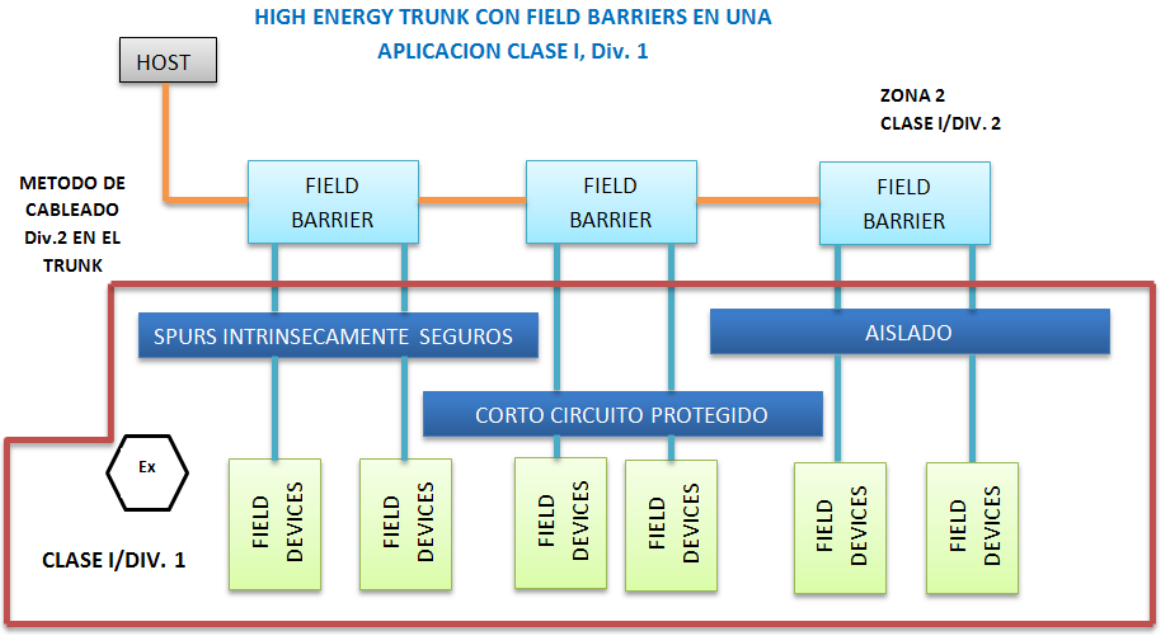


Fig.3.19. Modelo High Energy Trunk con Field Barriers.
(www.FieldConnex.info)

Además de las Fieldbus Barriers y los Segments protectors, una nueva generación de acondicionadores de potencia Fieldbus con redundancia incorporada y diagnósticos de la capa física en línea estarán disponibles.

Estos acondicionadores de energía "inteligentes" fueron solicitados por algunos de los primeros usuarios de Fieldbus que se dieron cuenta de la importancia de tener acceso a la capa física del bus.

Por ejemplo, con estas nuevas características los usuarios finales serán capaces de monitorear en línea y detectar:

- Los niveles de ruido en un segmento
- Tensión y los niveles actuales
- Las fallas a tierra

Esto le dará a los usuarios una imagen mucho mejor de lo que realmente está sucediendo en un determinado segmento, las 24 hrs los 7 días de la semana. La información de diagnóstico de la capa física también es muy útil que comience durante, la puesta en servicio y para resolución de problemas. Los usuarios podrán saber si las condiciones de la capa física del bus de campo están cambiando con el tiempo y pueden tomar acción antes de que falle un segmento.

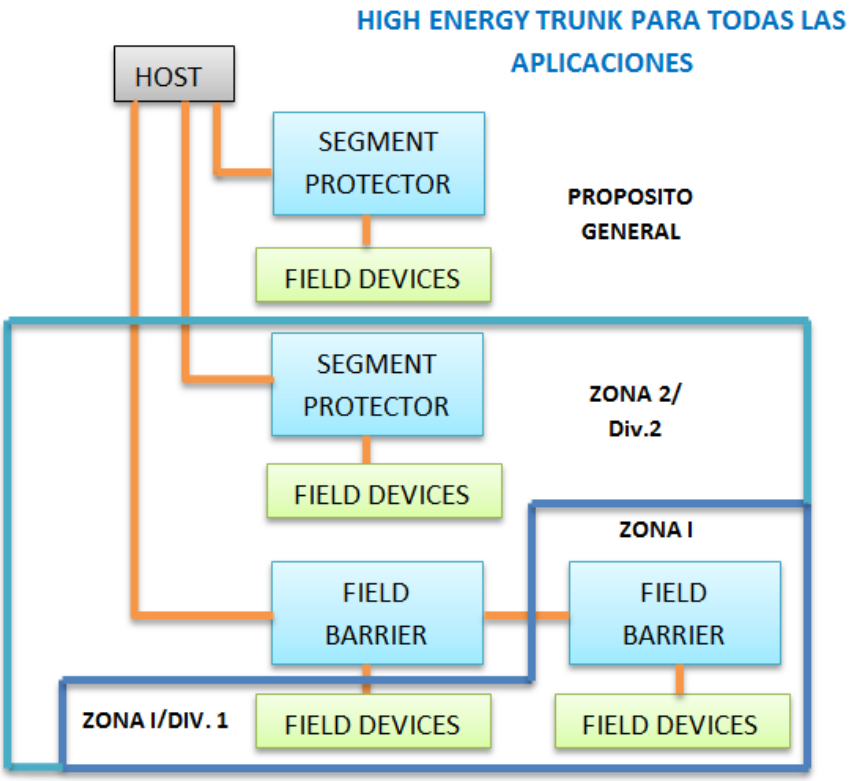


Fig.3.20. Modelo High Energy Trunk para cualquier aplicación.
(www.FieldConnex.info)

En conclusión el concepto High Energy Trunk permite a los usuarios de la tecnología Fieldbus el diseño de sus segmentos libres de cualquier restricción de energía (Fig. 3.20.). De hecho, las únicas limitaciones son el sistema de control o la especificación de bus de campo en sí. Por último, los ingenieros pueden disfrutar de los mismos beneficios en términos de poder, la longitud del cable y el número de dispositivos por segmento de aplicaciones en lugares peligrosos como lo hacen, en aplicaciones de uso general.

d) Seguridad Intrínseca (FNICO)

Muchas plantas que utilizan Foundation Fieldbus se instalan en Clase I, División 2 (Zona 2) en áreas peligrosas. Los diseñadores deben elegir un método de protección que mejor se adapte a la aplicación. Algunas ventajas y desventajas implican costo, la facilidad de mantenimiento del y la disponibilidad de productos. Uno de los métodos de protección muy útil es que es "NO INFLAMABLE".

El método "No inflamable" permite hacer mantenimiento al sistema mientras está encendido, sin necesidad de un permiso de trabajo en caliente. Esto es posible mediante la limitación de la energía en el segmento a un nivel que no cause una explosión, y se lleva a cabo de dos maneras. Puede ser que todo el segmento sea no inflamable, o solo una porción del segmento sea no inflamable.

Desafortunadamente, el término "no inflamable" significa diferentes cosas para diferentes personas que pueden llevar a causar confusión. Lo que es común entre las dos definiciones es que el dispositivo no inflamable (sistema) no causará la ignición en condiciones normales de funcionamiento. La diferencia está en la definición de las "condiciones de funcionamiento normales". En un caso, significa que el sistema no debe ser perturbado (o dar mantenimiento), ya que contiene niveles inflamables de potencia que no cause un arco, chispa, o punto caliente siempre y cuando se deje operar como fue diseñado e instalado. Esto se denomina más correctamente un sistema "sin formación de arco eléctrico". En el otro caso, el sistema es "energía limitada" y no tiene la energía suficiente para causar una ignición de un arco, chispa o punto caliente. Cuando lo permiten los códigos eléctricos locales (no en Canadá), se puede dar mantenimiento a los sistemas limitados de energía aún energizados.

En Estados Unidos, el Código Eléctrico Nacional (NEC) define el término "cableado de campo no incendiario", que es el equivalente de "energía limitada" - es decir, que se puede dar mantenimiento mientras están energizados.

En Canadá y Europa, las marcas de “no formación de arco eléctrico” y “energía limitada” son "Ex nA" y "Ex nL" respectivamente.

FNICO significa "Fieldbus Non-Incendive Concept” (Concepto Fieldbus No Inflamable) y está basado en FISCO que es "Fieldbus Intrinsically Safety Concept” (Concepto Fieldbus Intrínsecamente Seguro). Ambos están cubiertos por la norma IEC 60079-27:2005. FISCO se basa en el trabajo elaborado por el PTB en Alemania, que mostro que los requisitos IS (seguridad intrínseca) para los sistemas Fieldbus pueden ser más flexibles y sin comprometer la seguridad. Esto permite tener más de corriente y energía en los cables Fieldbus, siempre y cuando los segmentos cumplan con algunos requisitos tales como tener 2 terminadores y las limitaciones de longitud tanto en los segmentos como en los spurs.

Un segmento Fieldbus utilizando una fuente de alimentación Fieldbus FNICO estaría limitado de energía en toda su longitud (trunk y spurs). Todo el segmento sería capaz de ser mantenido mientras está encendido sin correr el riesgo de un incendio.

"Trabajo en Vivo" es un término que se utiliza para indicar que al sistema se le está dando mantenimiento, mientras que está energizado. Los Trabajos en Vivo sólo se realizan en los sistemas que son de energía limitada y sólo cuando lo permiten los códigos locales de electricidad (el Código Eléctrico Canadiense no permite trabajos en vivo).

Incluso cuando se permiten trabajos en vivo, hay que hacerlo con cuidado. La mayoría de los desastres se producen durante la operación de mantenimiento. Para una mayor seguridad de trabajo en vivo se debe realizar con cuidado y en forma limitada (sin mantenimiento mayor).

En el caso del uso de fuentes de alimentación FNICO, todo el segmento tiene energía limitada y puede ser trabajado en vivo si es necesario. Este es el más conveniente y sencillo, pero tiene algunas limitaciones.

En la Fig. 3.21. se muestra un ejemplo los sistemas que utilizan una fuente de alimentación FNICO. El voltaje y la corriente son limitados por la fuente de alimentación FNICO a un nivel seguro para Div.2 (Zona 2). Tanto el trunk y los spurs pueden ser trabajados mientras están energizados y sin riesgo de ignición. Dependiendo de la fuente de alimentación FNICO que se elija, la corriente está limitada a 320 mA para el grupo de gas C (IIB) o 180mA para grupos de gas AB (CII). El voltaje se limita normalmente a menos de 15VCD. Así que la limitante en todos los segmentos de energía limitada va a ser la longitud del cable y el número de dispositivos. Además, la fuente de alimentación FNICO es el punto único de fallo y no hay fuentes de alimentación redundantes.

Fig. 3.21 Topología con fuente de alimentación FNICO.
(www.FieldConnex.info)

Como se dijo anteriormente, uno de los beneficios de FNICO es diseño simple. Este diseño incluye un host, la fuente de alimentación (en este caso FNICO), cable, dos terminadores (generalmente incorporadas en el suministro y en el bloque de cableado), Bloques de cableado, y los dispositivos Fieldbus. La siguiente lista muestra los requisitos específicos:

- Fuente de poder FNICO
- Cable

  *Resistencia del lazo 15-150 ohms / km
  *Inductancia del lazo 0,4-1 mH / km
  *Capacitancia 45-200 nF / km
  *La longitud Máxima de spurs 60m
  *La longitud máxima total del cable 1km (CII), a 5 km (IIB)

- Bloques de cableado
- Dispositivos Fieldbus

Aunque se enumerar varios parámetros para el cable, estos no son restrictivos. Casi cualquier cable de bus de campo será suficiente. Así, la creación de un segmento FNICO se reduce solo a escoger los componentes adecuados.

CAPÍTULO 4

Propuesta de Aplicación Foundation Fieldbus

CAPITULO 4. PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA FOUNDATION FIELDBUS.

4.1. Planteamiento. “Descripción del proceso del sistema de control”.

En el inicio de un proyecto se deberá especificar el alcance que tendrá dicho trabajo. Para el caso en particular de la tesis y del presente capítulo se definen los requerimientos siguientes:

- Instrumentar de manera básica un tanque separador de crudo.
- Las señales de la instrumentación de campo de proceso que se integra al tanque separador de crudo será del tipo inteligente en protocolo Foundation Fieldbus H1.

En la conducción eléctrica:

- Todos los accesorios a utilizarse para la conducción e interconexión de instrumentos, en donde así se requiera, deben ser de aluminio libre de cobre con recubrimiento exterior de PVC e interior de uretano, adecuados para operar en un área Clase I, División 1 Grupos " C y D".
- Para señales en protocolo Foundation Fieldbus H1 se debe usar conductor tipo “A” certificado para este tipo de aplicaciones, de cobre suave estañado compuesto por un par torcido calibre 18 AWG (naranja-azul), con aislamiento de PVC, tensión máxima de operación 300 V y 105 °C de temperatura máxima, impedancia de 100 Ohms @ 31.25 KHz, 100% blindaje de cinta mayar aluminizada e hilo de drene con recubrimiento exterior de PVC color azul claro resistente a la propagación de incendios.
- El cableado de la instrumentación de paro por emergencia y de la instrumentación de proceso en protocolo Foundation Fieldbus debe ser del tipo multiconductor en cable armado, el cual será conducido preferentemente por medio de charola de fibra de vidrio.
- La conducción eléctrica de la instrumentación de Foundation Fieldbus se llevará hasta una caja de interconexión en campo.

Tipos de instrumentación:

- Los instrumentos eléctricos y/o electrónicos deben ser a prueba chorro de agua y adecuados para ambiente húmedo y salino con aprobación para ser usados en áreas Clase I, División 1, Grupos C y D.
- La instrumentación en general debe tener un acabado apropiado para resistir un ambiente húmedo y salino.
- Los transmisores deben ser del tipo inteligente con indicación local de la variable de proceso (en unidades métricas), con señal de salida digital en protocolo Foundation Fieldbus H1, con alimentación eléctrica a 9-32 VCD.

- Los materiales de los instrumentos que estén en contacto con el fluido de proceso (servicio amargo) deben cumplir con el estándar ISO 15156/NACE MR-01-75, última edición.

- Las válvulas de control deben contar con actuadores del tipo neumático con posicionador electro-neumático con señal de entrada en protocolo Foundation Fieldbus H1 y debe proporcionar una señal de salida neumática la cual podrá ser de 3-15 psig o bien, del rango de presión que necesite el actuador para ser operado, debe ser a prueba de intemperie y humedad NEMA 4X.

- Para la medición de flujo de condensados se empleará medidor del tipo Coriolis con señal de salida digital en protocolo Foundation Fieldbus H1.

- Posicionador electro-neumático debe tener un sistema de transmisión a dos hilos en forma digital en protocolo de comunicación Foundation Fieldbus H1, de acuerdo con la IEC-61158 y debe proporcionar una señal de salida neumática de 3-15 psig.

Caja de interconexión.

- La caja de interconexión para señalización de proceso de 406mm X 356mm X 152mm de acero inoxidable 316 a prueba de intemperie y humedad NEMA 4X con dos acometidas en la parte inferior una de 1" y otra de ¾", para la fijación de la caja se debe prevenir el par galvánico con la soportería, mediante el uso de recubrimientos adecuados o materiales que eviten este efecto; en su interior debe contar con los siguientes accesorios: Las señales en Foundation Fieldbus H1 (transmisor de nivel, transmisor de presión diferencial, transmisor de temperatura) deben conectarse a dos (2) block de conexiones para Fieldbus de cuatro (4) puertos para conductores 12-24 AWG caja de policarbonato, temperatura de operación de -45 a 70°C con LED´s indicadores y protección para corto circuito integrada, dos terminadores para segmentos Fieldbus, caja de policarbonato, temperatura de operación de -40 a 70°C, tanto el block de conexiones como el terminador deben contar con aprobación para seguridad intrínseca áreas Clase I, División 1, Grupos C y D y ser adecuados para funcionar bajo el concepto FISCO de acuerdo con la IEC-60079-27 en código de color azul claro, incluye topes terminales de 10 mm de ancho.

4.1.1. Funcionamiento de control de instrumentos en el tanque separador.

Para llevar a cabo el ejemplo de aplicación, se realizará el estudio de control en el proceso con instrumentación que lleve señal protocolizada*"Foundation Fieldbus"*.

Se toma como referencia un tanque separador en el cual se realiza una separación de gas/aceite/agua.

Se considera un tanque con flujo longitudinal horizontal, donde las entradas y salidas del flujo están al extremo unas de las otras.

Funcionamiento del tanque separador:

1.- Controla el impulso de entrada de la mezcla del crudo.
2.- Extracción de vapor eliminando las trazas de líquido.

3.- Retención del líquido (agua amarga).
4.- Controla las salidas del agua y aceite de manera independiente.

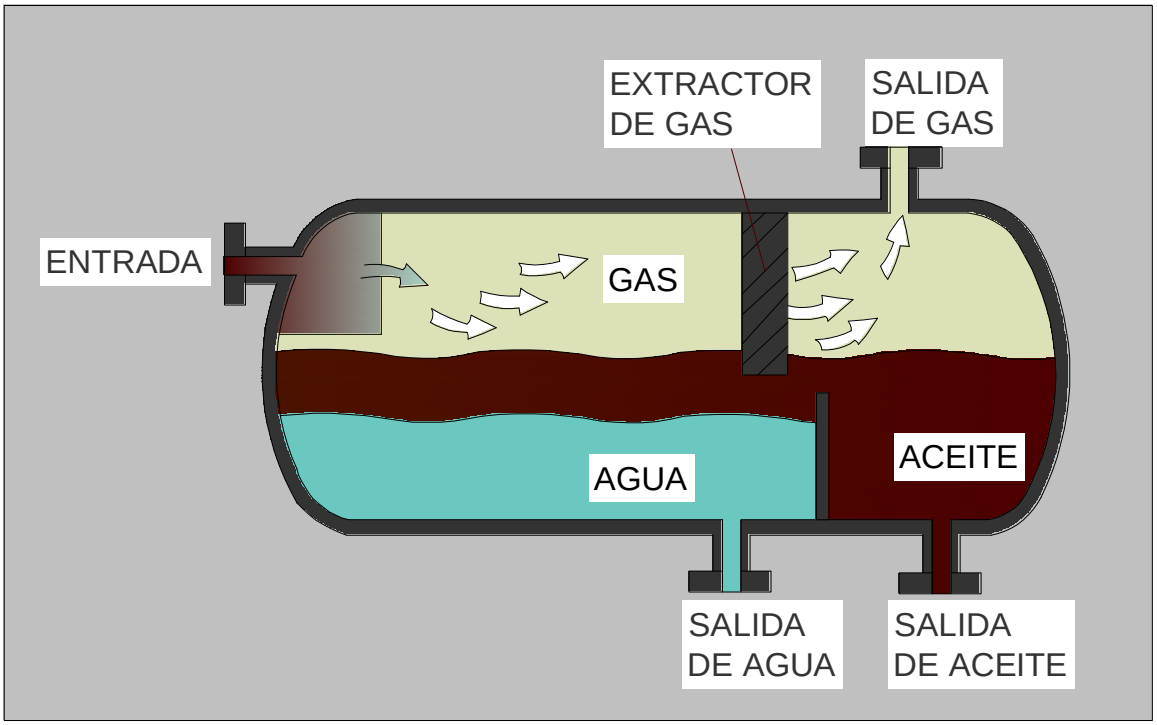


Fig. 4.1. Esquema de tanque separador de crudo.
(Camargo J. Herrera y Moreno Yesenia)

a) **Salida del gas.** Debe ser monitoreada por la presión en el interior del recipiente. PIT-0001, tendrá una señal protocolizada Foundation Fieldbus, con una alimentación de 9-32 VCD. El transmisor debe contar con aprobación para seguridad intrínseca en áreas peligrosas Clase I, División 1 y Grupos C y D, para operar bajo el concepto FISCO de acuerdo con la IEC-60079-27.

b) **Salida del agua amarga.** Al considerar una salida de agua amarga en la sección de interface del separador en la parte inferior del tanque, está será controlada y monitoreada por un transmisor de nivel LIT-0002 llevando una señal Foundation Fieldbus, con una alimentación de 9-32 VCD, un LIC-0002 mandando la señal al convertidor neumático LY-0002 y accionando a las válvulas de control LV-0002A/B. El transmisor debe contar con aprobación para seguridad intrínseca en áreas peligrosas Clase I, División 1 y Grupos C y D, para operar bajo el concepto FISCO de acuerdo con la IEC-60079-27.

c) **Entrada de la mezcla y salida de aceite.** En la sección de aceite se controla mediante un transmisor de nivel LIT-0001, el controlador LIC-0001, posicionadores LY-0001A/B, válvulas controladoras: a la entrada LV-0001A/B y a la salida LV-0001C/D. El transmisor LIT-0001 tendrá una señal protocolizada Foundation Fieldbus, con una alimentación de 9-32 VCD.

El transmisor debe contar con aprobación para seguridad intrínseca en áreas peligrosas Clase I, División 1 y Grupos C y D, para operar bajo el concepto FISCO de acuerdo con la IEC-60079-27. Los posicionadores LY-0001A/B deben contar con aprobación para seguridad intrínseca en áreas peligrosas Clase I, División 1 y Grupos C y D, para operar bajo el concepto FISCO de acuerdo con la IEC-60079-27.

d) **Medición de Flujo.** La salida del agua amarga se manda a Límite de Batería, se deberá poner un medidor de flujo en la tubería de proceso para analizar el caudal que pasa por dicha tubería. El transmisor FIT-0001 tendrá una señal protocolizada Foundation Fieldbus, con una alimentación de 9-32 VCD. El transmisor debe contar con aprobación para seguridad intrínseca en áreas peligrosas Clase I, División 1 y Grupos C y D, para operar bajo el concepto FISCO de acuerdo con la IEC-60079-27.

4.2. Documentos entregables.

Una vez que se saben cuáles son los requerimientos, cual es el proceso y las necesidades del cliente para que influyan dentro de un proyecto, las diferentes áreas que se encuentren involucradas en una institución trabajaran los documentos de cada especialidad para conformar todo el trabajo.

No es alcance de la tesis profundizar en los entregables que realizan otras especialidades, el alcance de esta tesis mostrará las diferencias entre los documentos elaborados para la tecnología Foundation Fieldbus y los documentos elaborados para la tecnología HART, de la especialidad de instrumentación y control.

4.2.1. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI).

Citando a Leticia S. Victoria en la tesis “Desarrollo de la Ingeniería de Instrumentación para Proyectos de Instalaciones Marinas” 1992. Los diagramas de tubería e instrumentación, son representación gráfica de todos los datos necesarios para el desarrollo de la ingeniería de detalle de una planta de proceso. Trata de ilustrar el interior y exterior de los equipos, las válvulas y accesorios con los símbolos convencionales apegándose a las normas internacionales, se muestra toda instrumentación incluyendo su simbología y las señales requeridas para tener un buen control. (pág. 38)

Ya que el DTI es un documento básico con el cual algunas de las diferentes disciplinas parten de este documento para la elaboración de sus especificaciones, en el caso del área de “instrumentación y control no será la excepción. En el DTI se muestran los tipos señales de control que se están llevando en los instrumentos dentro del proceso, y como es el caso de la tesis mostrar los documentos de forma básica en el cual se involucre la señal Foundation Fieldbus, se comenzará por mostrar éste documento entregable.

Aplicación:

Se contempla un separador de crudo FA-0001, el cual tendrá:

- Entrada de mezcla gas/aceite/agua, que tiene un transmisor de nivel en el tanque LIT-0001 mandando una señal a las válvulas de control LV-0001A/B que se encuentran en la línea entrada.

- Salida de gas en la parte superior del tanque, que es monitoreada por un transmisor de presión PIT-0001.

- Salida de agua en la parte inferior del tanque, en la línea de descarga cuenta con un sistema de medición tipo másico FIT-0001 y en el tanque un transmisor de nivel LIT-0002 que manda una señal a las válvulas de control LV-0002A/B que se encuentran en la línea de descarga.

- Salida de aceite en la parte inferior del tanque, con el mismo transmisor de nivel LIT-0001 manda la señal a las válvulas de control LV-0001C/D que se encuentran en la línea de descarga del aceite.

Se puede ver el Diagrama de Tubería e Instrumentos en el Anexo 1 Fig. a) Señal "*Foundation Fieldbus*", y como comparación se muestra el mismo DTI pero con señal de 4-20 mA/HART para el control de procesos Fig. b).

Observaciones:

Basado en ANSI/ISA-5.1-2009 (pag.46) existen varias formas de representar simbólicamente las señales de comunicación dependiendo el tipo de señal que se vaya a utilizar en el control del proceso.

Como se muestra en el Anexo 1. a) y b), en los DTI´s la representación simbólica tanto como para Foundation Fieldbus como para 4-20mA/HART es diferente. Ejemplo:

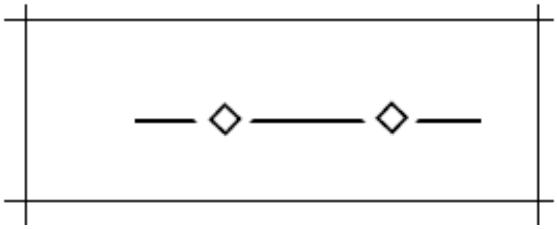


Fig. 4.2. a). Señal Foundation Fieldbus
(ANSI/ISA-5.1-2009 Instrumentation Symbols and Identification)

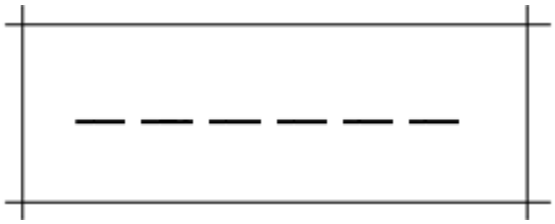


Fig. 4.2. b). Señal 4-20mA/HART
(ANSI/ISA-5.1-2009 Instrumentation Symbols and Identification)

En términos generales, en un DTI la única información necesaria para saber qué tipo de señal se está utilizando es la simbología con la que se está plasmando en dicho documento.

4.2.2. Arquitectura.

La arquitectura es el diseño y organización de todos los equipos que están conformando el Sistema Digital de Monitoreo y Control (SDMC) y el sistema de paro por emergencia (SPPE), mostrando así, los tipos de señales que se están utilizando en el proceso, la comunicación que se lleva desde el centro principal de operación del complejo y el cuarto de control, pasando por las tarjetas de comunicación y finalizando hasta los equipos o instrumentos que se encuentren en el campo de proceso.

El diseño de la arquitectura se puede realizar utilizando las diferentes topologías existentes y recomendadas por el *"Sistem Engineering Guidelines"* emitida por la organización Fieldbus Foundation, se muestra en la Fig.4.3. el ejemplo de los arreglos que se pueden utilizar:

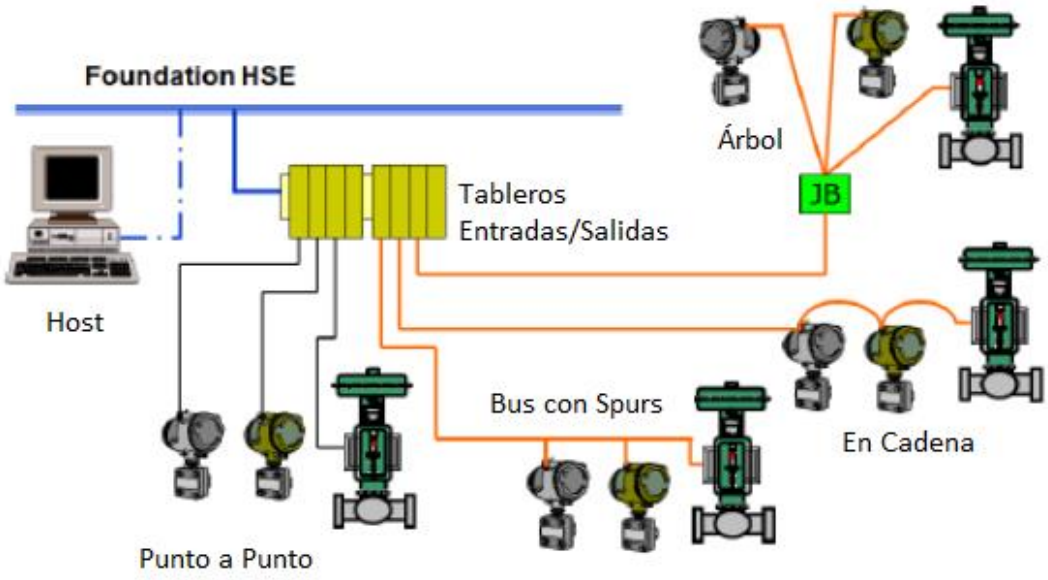


Fig. 4.3. Topologías típicas para arreglos Foundation Fieldbus.
(www.fieldbus.org)

Aplicación:

Se muestra en la arquitectura una forma de representación de la señal protocolizada Foundation Fieldbus, llevada desde el cuarto de control hasta los instrumentos que se encuentran en campo de proceso.

La representación de la arquitectura dependerá de la ingeniería que la esté llevando a cabo, y de acuerdo a las necesidades del proceso.

La representación del esquema de arquitectura se puede ver en el Anexo 2. Fig. a) Arquitectura con el tipo de señal Foundation Fieldbus, Fig. b) Arquitectura con señal 4-20 mA/HART.

La representación del sistema de control de paro por emergencia es sólo representativo, no es parte de la tesis involucrarse en el tema.

Observaciones:

Para el caso a tratar en esta tesis se eligió la topología de árbol como se muestra en el Anexo 2. El arreglo se puede seleccionar dependiendo de las necesidades de control que se vaya a realizar en el proceso.

En la arquitectura también se muestran los tipos de señales en el control de instrumentos que se están utilizando, si son para el SDMC o SPPE y las redes por las que son transmitidas a una estación de operación, un gabinete y accesorios adicionales (impresoras) que se encuentran en el cuarto de control.

En comparación con el sistema 4-20 mA/HART solo se puede apreciar en diferencia con el arreglo de Fieldbus el tipo de señal con el que se está llevando el control de los instrumentos, es decir, en una arquitectura la distribución de los instrumentos dependerá de las personas que lleven a cabo dicho documento ya que la apreciación o las necesidades son diferentes en cada proyecto.

El arreglo en la distribución de los instrumentos ya sea de forma directa desde el cuarto de control hasta el instrumento o pasando por una caja de interconexión se debe contemplar que las distancias entre el dispositivo y el cuarto de control son las requeridas para garantizar el buen funcionamiento para su control, es decir, debe cumplir con los lineamientos necesarios para las instalaciones Foundation Fieldbus. Para garantizar el funcionamiento se pueden elaborar algunas memorias de cálculo en cuestión a las distancias, caída de tensión en el arreglo del instrumento, esto garantiza que el suministro de energía será el adecuado. Otra forma de comprobar el funcionamiento puede hacer por medio de programas (software) que se encuentran libres en internet y que se usan para hacer los arreglos para Foundation Fieldbus. Algunas empresas que tienen software son:

- Pepperl+Fuchs: Segment Checker.
- MTL: Fieldbus Segment Calculator.
- EMERSON: Segment Design Tool.
- YOKOGAWA: Excel Spreadsheet, “FFSegCheck”.

En el punto 4.4. Memoria de Cálculo, se muestra un ejemplo de cómo corroborar que el arreglo que se propuesto cumple con las necesidades requeridas.

4.2.3. Especificaciones de los instrumentos Foundation Fieldbus.

Citando a Leticia S. Victoria “Tesis” 1992. Las hojas de especificaciones de instrumentos, constituyen el medio a través del cual se comunica a los diversos proveedores, las características que deben cumplir los instrumentos que han de ser utilizados en la planta de proceso. De ahí su importancia para lograr exactitud en la compra de acuerdo a las necesidades particulares del proyecto. (Pág. 271)

La especificación de los instrumentos deberá ser de forma independiente a la variable que se quiera medir o controlar, ejemplo: flujo, nivel, presión, temperatura, analizadores, etc.

Los requerimientos mínimos de una especificación deben ser:

- Identificación del instrumento o instrumentos.
- Servicio (el flujo que se maneja, de donde proviene o a donde va).
- Condiciones de operación (Flujo, presión, temperatura etc.)
- Tipo del elemento sensor.
- Tipo de señal de entrada.
- Material del cuerpo del instrumento.
- Material de elementos en contacto con el fluido.
- Modelo y marca del instrumento etc.
- Parámetros básicos del protocolo de comunicación.

Aplicación:

Para las especificaciones que involucra ésta tesis, se mostraran cuatro variables (Flujo, Nivel, Presión y Temperatura) con la finalidad de representar y resaltar dentro del documento el tipo de transmisión de señal requerido para la medición o control de un proceso.

En el Anexo 3 se puede observar la representación de los documentos resaltando el bus de campo *"Foundation Fieldbus"* como se muestran en las siguientes figuras: a) Transmisor de Presión, b) Transmisor de Presión Diferencial (Nivel), c) Transmisor de Temperatura y d) Transmisor de Flujo, en los cuales se muestran también las especificaciones en el caso de 4-20 mA/HART.

Observaciones:

Dependiendo de la especificación que se esté realizando para cada una de las variables, serán los puntos a resaltar para cada hoja de datos siguiendo los lineamientos que marca la norma ISA-TR20.00.01.

Cada instrumento tendrá sus propias especificaciones y requerimientos, su identificación y ubicación, esto es si se encuentran en tubería o en algún equipo. Los tipos de instrumentos requieren la selección de algunos materiales, clasificación de área y/o accesorios para su protección.

En una especificación hay algunos requerimientos que pueden adicionarse para ayudar en la particularización de algunos puntos como es el caso de la selección del protocolo de comunicación que se está llevando a cabo. Para el tema de tesis se hace notar algunos puntos en diferencia entre Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART.

Como se ha visto en el capítulo 3 en un arreglo para Fieldbus se pueden programar los instrumentos con el LAS (Programador Activo de Enlace) como protección a falla del Host, no es necesario que se programen en todos los instrumentos, en éstas especificaciones sólo se solicitará para la hoja de datos del transmisor de presión.

Otros puntos de especificación como mínimos requeridos pueden ser:

- Bloques funcionales del dispositivo.
- Tipo instanciable.
- Pruebas ITK.
- Función de diagnóstico.
- Suministro de energía.

Estos son algunos puntos que pueden ayudar en la especificación del protocolo de Fieldbus, para mayor detalle en la especificación pueden visitar la página http://www.fieldbus.org

Para la especificación de 4-20 mA/HART solo será necesario indicar el tipo de señal que se está seleccionando y el suministro de energía.

4.2.4. Base de Datos de los instrumentos.

La base de datos es una extensión al índice de instrumentos ya que su representación debe ser de forma ordenada para poder tener un mejor control de los instrumentos, en donde el documento debe de representar lo siguiente:

- Identificación del instrumento o instrumentos.
- Servicio (el flujo que se maneja, de donde proviene o a donde va).
- Tipo de señal de entrada.
- Alarmas.
- Punto de ajuste (set-point).
- Observaciones etc.

Aplicación:

En la base de datos se mostraran los instrumentos que llevarán la señal de comunicación. Éste documento junto con los "Diagramas de Alambrado" y "Diagramas de Instrumentación" facilitan el conteo y corroboración de tarjetas H1 que se utilizarán para el sistema de monitoreo y control en el proceso para el bus de campo *"Foundation Fieldbus".*

En el Anexo 4 se representan los instrumentos indicando el tipo de señal *"Foundation Fieldbus"*. En éste anexo se representación de igual manera para la señal de comunicación 4-20 mA/HART.

Observaciones:

La información que se obtiene de la base de datos y que es de importancia para el conteo de señales se realiza por medio de un cruce de información con los diagramas de alambrado y los diagramas de control.

En éste documento se puede observar los tipos de señal que está llevando el instrumento y si son señales de entrada o salida, es decir:

- En caso de ser una señal Fieldbus, deberá indicar que llega a una tarjeta H1.
- En caso de ser una señal analógica, deberá indicar si son de entrada o salida.

4.2.5. Diagrama de instrumentación.

Por definición. El diagrama de instrumentación también conocido como diagrama de lazo, es el documento de ingeniería que tiene como finalidad desglosar y definir la secuencia en que están interconectados los instrumentos que forman un circuito de control, de tal forma que refleja la lógica de la función que desarrollan. Todos los componentes que integran cada lazo de control, son representados indicando su localización, número de identificación y todas las conexiones eléctricas y de tubería asociadas. Leticia S. Victoria "Tesis" 1992. (pág. 38)

Aplicación:

En la representación de éste documento, se muestran los instrumentos que están realizando una medición o un control ya sea en el tanque separador de crudo FA-0001 o en las líneas de entrada o salida del tanque.

En la emisión de los diagramas de instrumentación se pueden ver las diferentes maneras de representar el tiempo de señal que se manda desde el instrumento hasta una caja de interconexión o hasta el cuarto de control, para el caso de la tesis la representación del tipo de señal se puede observar en Anexo 5 para "*Foundation Fieldbus*" Fig. a) y 4-20 mA/HART Fig. b).

Observaciones:

En los diagramas de instrumentación del Anexo 2 se observan las diferencias entre FF y 4-20 mA/HART.

Para identificar un diagrama de instrumentación Fieldbus es necesario observar las características del cableado, si están llegando a una caja de interconexión o están conectados directamente al cuarto de control. Los cables se representarán por medio de colores, para la corriente positiva es color naranja y para la corriente negativa es color azul. Otra característica del cableado es el tamaño del calibre. La Fundación ha recomendado que para FF sea de 2x18 AWG por lo que no necesariamente se tendrá que trabajar con el calibre mencionado, como se ha dicho en capítulos anteriores Fieldbus pude ser funcional para otro tamaño de calibre, esto dependerá de las necesidades del proceso.

En el diagrama de Fieldbus se pueden ver las necesidades con las que deben cumplir los arreglos de Foundation Fieldbus. En el cuarto de control en un gabinete de SDMC se encuentran las tarjetas H1, las fuentes de alimentación y los terminadores. El segmento es el cableado que va desde el cuarto de control hasta una caja de interconexión o instrumentos que se encuentren en campo.

Para un arreglo de 4-20 mA/HART la identificación del cableado también será en colores, rojo para la corriente positiva y negro para la corriente negativa, el tamaño del calibre será de 2x16 AWG.

En un arreglo de 4-20 mA/HART también pueden llevarse el cableado a una caja de interconexión pero a diferencia de Fieldbus ya no se llevará la señal al cuarto de control por un solo cable, sino que, la salida de cables serán la misma cantidad que las que entraron a dicha caja. La caja de interconexión dependerá del arreglo y las necesidades que se requieran para el control del proceso.

4.2.6. Diagrama de alambrado.

A diferencia de los diagramas de instrumentación, no es necesaria la representación de la ubicación de los instrumentos. El tipo de alambrado puede ser de manera directa, es decir, desde el instrumento que se encuentra en campo hasta el cuarto de control o desde el instrumento ubicado en campo a una caja de interconexión localizada en el área de proceso y desde este punto hasta el cuarto de control.

La selección del tipo de alambrado dependerá de la ingeniería que se lleve a cabo tomando en cuenta el costo que implique la instalación, la facilidad que involucre la reparación o mantenimiento de alguna sección durante el proceso.

Por definición, para ejecutar el envío de las señales de variables de proceso, desde los instrumentos localizados en campo hasta el cuarto de control, así como para realizar la trasmisión desde éste hacia los elementos finales de control, se requiere instalar generalmente dos conductores para cada instrumento, que tiene la función de servir como medio para la trasmisión de dichas señales, los trabajos de instalación de estos conductores reciben el nombre de “Alambrado”. Leticia S. Victoria “Tesis” 1992. (Pág. 255)

El plano de ingeniería en el que se detalla la interconexión de los conductores asociados a los instrumentos hacia el cuarto de control, reciben el nombre de “Diagramas de Alambrado. Leticia S. Victoria “Tesis” 1992. (pág. 256)

Aplicación:

La conexión de los instrumentos tanto de monitoreo como de control que se encuentran en campo llevarán señal “*Foundation Fieldbus*”, pasando por una caja de interconexión JB-FF-01 que están conectados respectivamente con el MBlock No. 1 o MBlock No. 2, la caja de interconexión está ubicada en el área de proceso. Desde éste mismo punto se manda la señal hasta el cuarto de control.

En el cuarto de control está ubicado un gabinete el cual contiene las tarjetas H1 a las que llegan las señales de los instrumentos que se encuentran en campo.

En el Anexo 6 se muestra el Diagrama de Alambrado el tipo de señal y el tipo de tarjetas requeridas para el sistema “*Foundation Fieldbus*” Fig. a). Como referencia se hace la misma representación para el sistema 4-20 mA/HART Fig. b).

Observaciones:

En caso de sólo requerir la representación de la conexión de un instrumento al cuarto de control se llevará a cabo un diagrama de alambrado.

Como se ha mencionado no es necesario plasmar la ubicación de los instrumentos, para el caso de los diagramas de alambrado es necesario exponer las necesidades y requerimientos para poder identificarlos como diagramas de alambrado Fieldbus o 4-20 mA/HART.

Las características del cableado y los requerimientos serán los mismos que en un diagrama de instrumentación, como son: el tamaño del calibre 2x18 AWG por recomendación de la Fundación, la identificación del cableado para la corriente positiva es color naranja y para la corriente negativa es color azul.

Sin ser tan detallado el diagrama proporciona la información necesaria para la contabilización de tarjetas de señales de comunicación.

4.2.7. Plano de Localización de Instrumentos y Conducción de Señales.

La transmisión de señales es de suma importancia, debido a que por medio de ellas se hace un monitoreo o un control que son realizados por la instrumentación dentro de cualquier proceso.

Sin embargo antes de hablar de la conducción de señales se deben localizar los instrumentos, en otras palabras, es necesario ubicar en un plano en donde serán colocados los instrumentos que harán el trabajo de monitoreo o de control de una línea o un equipo.

El uso de un plano de localización de instrumentos es mostrar el sistema de transmisión de señales que se esté contemplando para el proceso, el cual deberá de ser especificado en documentos como: Bases de Usuario, Bases de Diseño, Descripción del Proceso etc. En la representación de los planos depende del tipo de señal y se pueden clasificar de la siguiente manera:

a) Planos de localización de instrumentos neumáticos.
b) Planos de localización de instrumentos eléctricos.

Haciendo énfasis en los planos de localización de instrumentos eléctricos, servirán en la comprensión y la representación del tipo de señal bus de campo *"Foundation Fieldbus".* De acuerdo con Leticia S. Victoria "Tesis" 1992. El documento de ingeniería contiene la ubicación de todos los instrumentos que envían alguna señal eléctrica al cuarto de control, como es el caso de transmisores e interruptores (de flujo, presión, temperatura, nivel) o que reciben de éste una señal eléctrica, tal como válvulas solenoides, posicionadores electroneumáticos, convertidores etc. En él también se representa la ruta de conducción de señales, desde cada instrumento ubicado en las áreas de proceso hasta el cuarto de control, indicándose también la ubicación de las cajas de interconexión, tubos conduit, número de conductores que contienen y calibres de éstos. (Pág. 197)

Aplicación:

En éste documento el tipo de señal que están llevando los instrumentos y que se muestra, es un bus de campo "*Foundation Fieldbus"*.

Lo que se pretende exponer en la localización de los instrumentos es como por medio de un solo cable par trenzado se puede llevar la conducción de señales de varios instrumentos, y en comparación con otro tipo de señal tendrá que ser de manera independiente de cada equipo.

El plano de localización de instrumentos y la conducción eléctrica se muestra en el Anexo 7. Fig. a) Señal "*Foundation Fieldbus"*. Para la señal 4-20 mA/HART no se representara el plano de conducción, se hará el ejemplo considerando el mismo trayecto que la señal de Fieldbus.

4.2.8. Cédula de conducción.

Citando a Leticia S. Victoria "Tesis" 1992. La cédula de conductores es un documento de ingeniería, en el que se indica para cada uno de los lazos de control de que consta un proyecto, muestra la longitud de los conductores necesarios para efectuar la interconexión de los instrumentos electrónicos localizado en campo hasta el cuarto de control, indicándose también las características particulares requeridas para cada aplicación específica, tales como: tipo de conductor, calibre, voltaje de operación, uso de blindaje, etc. Asimismo se indica la longitud y diámetro de tubo conduit necesario para la instalación de los circuitos de control. (Pag.209)

Aplicación:

En el documento entregable se representan los equipos haciendo una propuesta de las longitudes del instrumento que esta ubicados en campo hasta una caja de interconexión o el cuarto de control como mera ejemplificación que lleva a la comparación entre los dos tipos de señales (Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART).

La representación de la cédula de conductores se puede ver en el Anexo 8. Fig. a) Notas generales de los cables que se usan dentro del proyecto. b) Cédula de conductores Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART. c) Comparación de entre ambos tipos de señales.

Observaciones:

En la cédula de conducción se obtiene información de la cantidad de circuitos que se están manejando en el proceso, marcando la ruta entre el dispositivo a una caja de interconexión y/o el dispositivo al cuarto de control.

Se marcaran las diferencias entre el tipo de señal que se está llevando a cabo ya sea para Fieldbus como para HART.

- El tipo de calibre, para Fieldbus es 2x18 AWG, para HART es 2x16 AWG.
- La distancia entre dispositivos a una caja de interconexión o al cuarto de control.
- Certificación del cableado dependiendo la selección del tipo de protocolo de comunicación que se esté utilizando.

4.3. Sistemas de control: tarjetas

La característica física principal en el sistema de control esta derivado en la reducción del cableado debido a que en un solo cable se pueden llevar varios instrumentos, esto en consecuencia tiene un ahorro de espació en el cuarto de control ya que se usan menos tarjetas de entradas y salidas (E/S) y existe un ahorro en los tiempos de instalación para el operario.

Foundation Fieldbus utiliza dos tipos de comunicación:

- H1
- HSE (High Speed Ethernet)

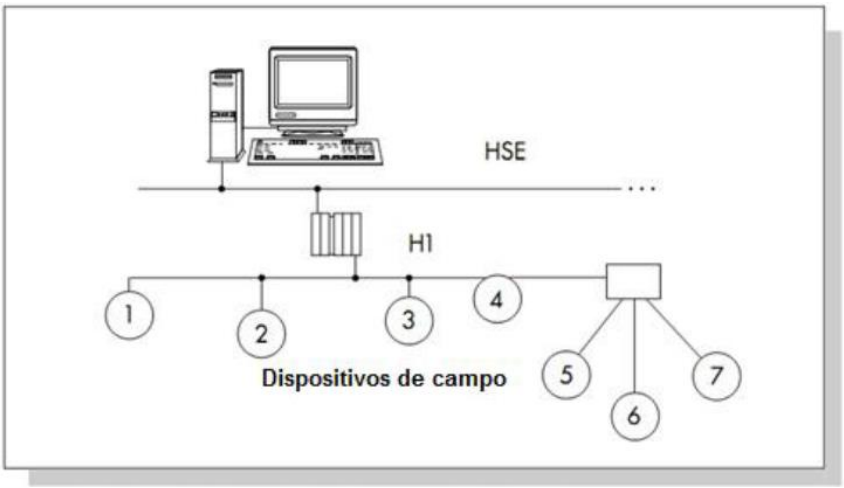


Fig. 4.4 Tipos de comunicación en Foundation Fieldbus.
(www.fieldbus.org)

Algunas características con las que debe cumplir H1 para la transmisión de datos:

- ✓ Se utiliza para la conexión de los dispositivos en campo.
- ✓ Velocidad de transmisión de 31,25Kbit/s.
- ✓ Alimentación de 9-32 VDC.
- ✓ Soporta una conexión de hasta 32 dispositivos dependiendo de algunas consideraciones de diseño.
- ✓ Distancia de transmisión de 1900 m.
- ✓ Por el mismo par trenzado se alimenta y transmite información.
- ✓ La transmisión de datos es digital, serial y bidireccional.

Características con las que debe cumplir HSE:

- ✓ Hay dos tipos en la transmisión de datos, 100BASE-T, que utiliza cables par trenzado y 100BASE-F que utiliza fibra óptica.
- ✓ La velocidad de transmisión es de 100 Mbit/s.

Las características de las tarjetas se pueden analizar dependiendo del tipo de tecnología que se requiera utilizar en un proceso industrial y deberá checarse con diferentes proveedores para su mejor funcionamiento.

Fig. 4.5Diferentes tecnologías en Tarjetas Digitales para Foundation Fieldbus.
(www.fieldbus.org)

Para la especificación de las tarjetas H1 se deben de tomar en cuenta algunas características como son:

El número de canales o puertos de la tarjeta, comúnmente son 1 o 2 dependiendo del fabricante, el número de dispositivos de campo generalmente se pueden tener hasta 16 instrumentos por puerto, lo que quiere decir que podemos llegar a tener hasta 32 dispositivos por tarjeta, se debe de tener en cuenta el número de bloques de función FF, la cantidad de corriente disponible en el segmento por tarjeta, la alimentación del circuito de campo por tarjeta, se deben de tener en cuenta los estándares como la **IEC 61158**Comunicaciones de datos digitales para la medición y control de buses de campo para su uso en sistemas de control industrial, otro de los aspectos a considerar son los contaminantes en el aire y para esto se debe tener en cuenta la **ISA-S71.04-1985** Contaminantes en el aire Clase G3, de igual manera se tiene q tomar en cuenta la clasificación de áreas CNELEC Zona 2 IIC T4 Área Peligrosa o Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D.

Especificación para tarjeta H1, 2 canales, FOUNDATION FIELDBUS	
Número de canales	2
Número de dispositivos de campo	16 por puerto
Número de bloques de función FF	64 por tarjeta
Rango nominal de señal (span)	Fieldbus Foundation, IEC 61158-2
Corriente local del bus por tarjeta (12 VCD Nominales)	Típicamente 400 mA, Máximo 600 mA
Alimentación del circuito de campo por tarjeta	Se alimenta de forma externa
Estándares	IEC 61158
Contaminantes en el aire	* ISA-S71.04-1985 Contaminantes en el aire Clase G3
Áreas peligrosas 1) Interfaces E/S 2) Circuitos de campo	CENELEC Zona 2 IIC T4 Áreas peligrosas o Clases I, División 2, Grupos A, B, C, D

(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

4.4. Memoria de Cálculo.

Los datos para los cálculos que se muestran a continuación son tomados de los documentos generados en ésta tesis y que se pueden apreciar en los ANEXOS (1 al 8).

Una red Foundation Fieldbus consiste de la longitud total del par de alambres, del trunk y de los spurs. La longitud total del par de alambres es la suma del cable del trunk y de todos los spurs, donde la longitud del bus cargado con el número máximo de instrumentos no debe tener más de 1900m.

$$\boldsymbol{D}1 + \boldsymbol{D}2 + \boldsymbol{D}3 + \boldsymbol{D}4 + \cdots + \boldsymbol{D}n + \boldsymbol{T} < 1900$$

D = LONGITUD DE LA DERIVACIÓN O SPUR EN **m.**
T = LONGITUD DEL TRUNK EN **m.**

SEGMENTO 1

$$\mathbf{37 + 33 + 32 + 32 + 60 = 194} < 1900$$

SEGMENTO 2

$$\mathbf{24 + 21 + 15 + 19 + 60 = 139} < 1900$$

Una vez comprobado que el segmento no excede la longitud máxima, también se debe considerar las limitaciones físicas del cableado descritas anteriormente, que son orientaciones generales basadas en las limitaciones de tensión.

Para el cálculo de la caída de tensión se hará uso de la ley de Ohm.

$$\boldsymbol{E} = \boldsymbol{R} * \boldsymbol{I}$$

E = CAIDA DE TENSIÓN ADMISIBLE EN **V**.
I = INTENSIDAD DE CORRIENTE EN **mA**.
R= RESISTENCIA DE CABLE EN **Ω**.

Para éste caso en específico, en el que la instalación es de tipo árbol, la tensión disponible en cada dispositivo del segmento debe calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{VD = VPS - (} \sum \boldsymbol{ID} \mathbf{* 2 * RT * LT + ID * 2 * RS * LS)\ X\ 10\ -6 > VMIN}$$

VD = TENSIÓN DISPONIBLE EN EL DISPOSITIVO DE CAMPO EN **V**.
VPS = TENSIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN EN **V**.
∑ID = CONSUMO DE CORRIENTE TOTAL DE TODOS LOS DISPOSITIVOS DE CAMPO EN **mA**.
RT = RESISTENCIA DEL CABLE DEL TRUNK EN **Ω/km**.
LT = LONGITUD DEL CABLE DEL TRUNK EN **m**.
ID = CORRIENTE CONSUMIDA POR EL DISPOSITIVO DE CAMPO EN **mA**.
RS = RESISTENCIA DEL CABLE DEL SPUR EN **Ω/km**.
LS = LONGITUD DEL CABLE DEL SPUR EN **m**.

Para el cálculo de la caída de tensión se considerarán 3 cables de diferentes calibres:

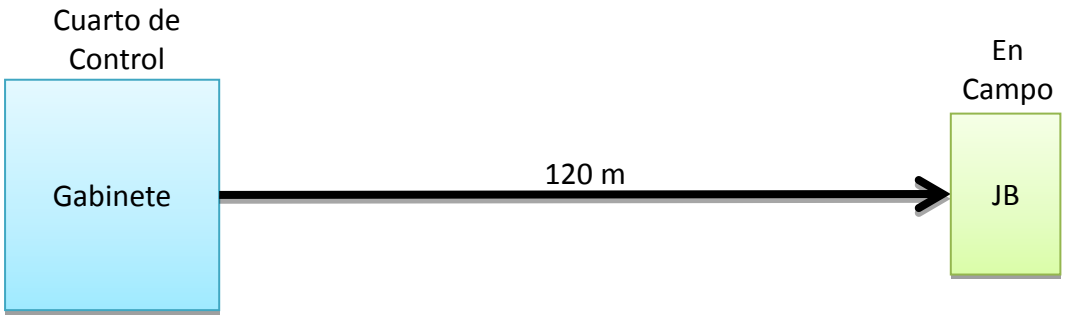
CABLE CALIBRE AWG	ÁREA DEL CABLE	RESISTENCIA Ω/km
16	1.25 mm^2	40
18	0.82 mm^2	44
22	0.32 mm^2	112

(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

- **NOTA: Hay que tener en cuenta que todas las consideraciones están basadas para un dispositivo típico con un consumo de corriente promedio de 20 mA, en la práctica estos valores pueden variar dependiendo del modelo y la marca del dispositivo y del modelo y marca del cableado.**

PRIMER CASO

Tomando la sección que va del cuarto de control a la JB-FF-0001. Haciendo las siguientes consideraciones:



120 m = Distancia del gabinete en el cuarto de control a la caja de conexionesJB-FF-0001.

Fuente de poder FISCO de 12 - 24 V CC.
Consumo de corriente de la caja de conexiones JB-FF-0001 20 mA.
Para un cable de calibre **16 AWG** con resistencia de 40 Ω/km.
Según la NEC la caída de tensión máxima permisible es de 2%

Si

$$20\ \text{mA} = 0.020\text{A}$$
$$120\ m = 0.120\ km$$

Entonces

$$0.120\ km * 40\ \frac{\Omega}{km} = 4.8\Omega$$

Por lo tanto la caída de tensión del trunk es de:

$$\boldsymbol{E = R * I}$$
$$\boldsymbol{E = 4.8\Omega * 0.020A}$$
$$\boldsymbol{E = 0.096\ V}$$

Si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\frac{\boldsymbol{0.096\ V}}{\boldsymbol{12\ V}} = \boldsymbol{0.008}$$

$$\boldsymbol{0.008 * 100\% = 0.8\%}$$

Que es el porcentaje de tensión que el trunk estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.
Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\frac{\boldsymbol{0.096\ V}}{\boldsymbol{24\ V}} = \boldsymbol{0.004}$$

$$\boldsymbol{0.004 * 100\% = 0.4\%}$$

Que es el porcentaje de tensión que el trunk estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

SEGUNDO CASO

120 m = Distancia del gabinete en el cuarto de control a la caja de conexiones JB-FF-0001

Fuente de poder FISCO de 12 - 24 V CC.
Consumo de corriente de la caja de conexiones JB-FF-0001 20 mA.
Para un cable de calibre **18 AWG** con resistencia de 44 Ω/km.
Según la NEC la caída de tensión máxima permisible es de 2%

Si

$$\boldsymbol{20\ mA = 0.02\ A}$$
$$\boldsymbol{120\ m = 0.120\ km}$$

Entonces

$$\boldsymbol{0.120\ km * 44\ \frac{\Omega}{km} = 5.28\Omega}$$

Por lo tanto la caída de tensión del trunk es de:

$$\boldsymbol{E = R * I}$$
$$\boldsymbol{E = 5.28\Omega * 0.020\ A}$$
$$\boldsymbol{E = 0.1056\ V}$$

Si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\frac{\mathbf{0.1056\ V}}{\mathbf{12\ V}} = \mathbf{0.008}$$

$$\mathbf{0.0088} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.88}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que el trunk estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\frac{\mathbf{0.1056\ V}}{\mathbf{24\ V}} = \mathbf{0.0044}$$

$$\mathbf{0.0044} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.44}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que el trunk estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

TERCER CASO

120 m = Distancia del gabinete en el cuarto de control a la caja de conexiones JB-FF-0001

Fuente de poder FISCO de 12 - 24 V CC.
Consumo de corriente de la caja de conexiones JB-FF-0001 20 mA.
Para un cable de calibre **22 AWG** con resistencia de 112 Ω/km.
Según la NEC la caída de tensión máxima permisible es de 2%

Si

$$\mathbf{20\ mA = 0.020A}$$
$$\mathbf{120}\ \boldsymbol{m} = \mathbf{0.120}\ \boldsymbol{km}$$

Entonces

$$\mathbf{0.120}\ \boldsymbol{km} * \mathbf{112}\ \frac{\Omega}{\boldsymbol{km}} = \mathbf{13.44}\Omega$$

Por lo tanto la caída de tensión del trunk es de:

$$\boldsymbol{E} = \boldsymbol{R} * \boldsymbol{I}$$
$$\boldsymbol{E} = \mathbf{13.44}\Omega * \mathbf{0.020}\boldsymbol{A}$$
$$\boldsymbol{E} = \mathbf{0.2688}\ \boldsymbol{V}$$

Si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\frac{\mathbf{0.2688\ V}}{\mathbf{12\ V}} = \mathbf{0.0224}$$

$$\mathbf{0.0224} * \mathbf{100}\% = \mathbf{2.24}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que el trunk estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\frac{\mathbf{0.2688\ V}}{\mathbf{24\ V}} = \mathbf{0.0112}$$

$$\mathbf{0.0112} * \mathbf{100}\% = \mathbf{1.12}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que el trunk estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

CAIDA DE TENSIÓN

Para el cálculo de la ciada de tensión en las derivaciones de la caja de conexiones a los instrumentos se considera lo siguiente:

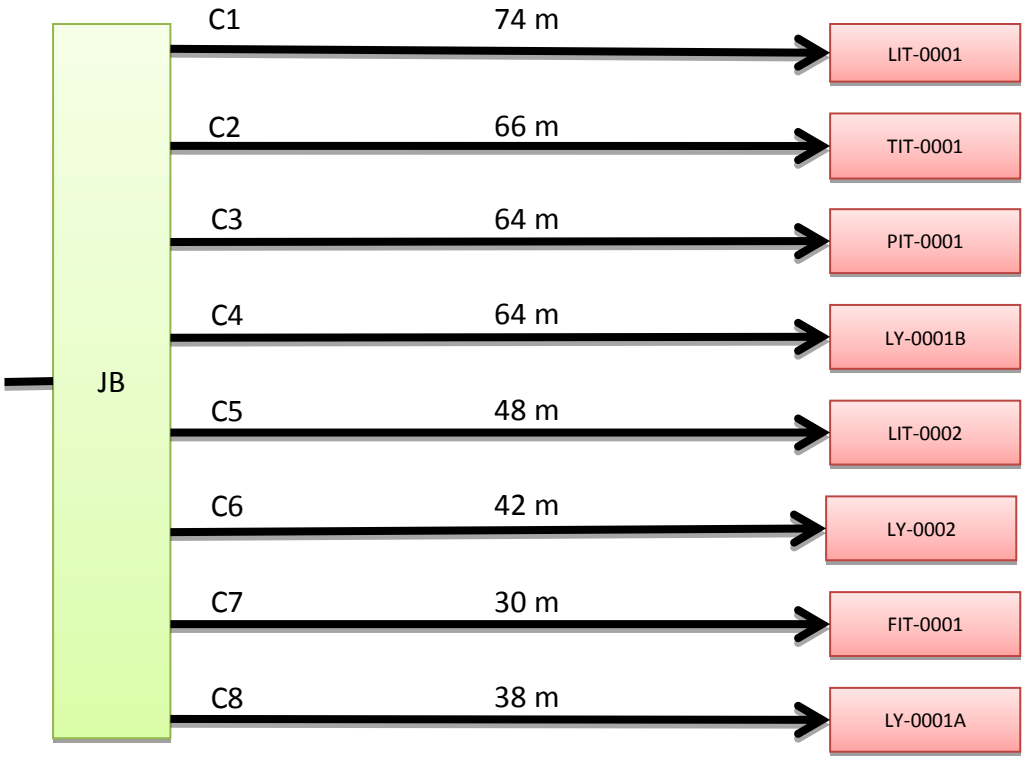
CASO 1

Longitud de las derivaciones

DERIVACIÓN	LONGITUD	DERIVACIÓN	LONGITUD
C1	74m	C5	48m
C2	66m	C6	42m
C3	64m	C7	30m
C4	64m	C8	38m

(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Consumo de corriente del dispositivo 20 mA



Cable de calibre **16 AWG** con resistencia de 40 Ω/km.
Voltaje de suministro 12 - 24 V
Según la NEC la caída de tensión máxima permisible es de 2%

Para **C1** la longitud de la derivación es de 74m

Si

$$\mathbf{20\ mA = 0.02\ A}$$
$$\boldsymbol{74\ m = 0.074\ km}$$

Entonces

$$\boldsymbol{0.074\ km * 40\ \frac{\Omega}{km} = 2.96\Omega}$$

Por lo tanto la caída de tensión de la derivación C1 es de:

$$\boldsymbol{E = R * I}$$
$$\boldsymbol{E = 2.96\ \Omega * 0.02A}$$
$$\boldsymbol{E = 0.0592\ V}$$

Si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\boldsymbol{\frac{0.0592\ V}{12\ V} = 0.0049}$$

$$\boldsymbol{0.0049 * 100\% = 0.49\%}$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C1 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\boldsymbol{\frac{0.0592\ V}{24\ V} = 0.0024}$$

$$\boldsymbol{0.0024 * 100\% = 0.24\%}$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C1 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

Para C2 la longitud de la derivación es de 66m, si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos que el porcentaje de la caída de tensión en este caso es:

$$\boldsymbol{0.0044 * 100\% = 0.44\%}$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C2 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0022} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.22}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C2 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

Para C3 y C4 la longitud de la derivación es de 64m, si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0042} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.42}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C3 y C4 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0021} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.21}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C3 y C4 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

Para C5 la longitud de la derivación es de 48m, si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0032} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.32}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C5 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0016} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.16}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C5 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

Para C6 la longitud de la derivación es de 42m, si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0028} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.28}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C6 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0014} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.14}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C6 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

Para C7 la longitud de la derivación es de 30m, si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0020} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.20}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C7 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0010} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.10}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C7 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

Para C8 la longitud de la derivación es de 32 m, si se toma en cuenta los 12 Volts mínimos de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0021} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.21}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C8 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 12 V.

Suponiendo que se alimentan los 24 V que es el máximo de alimentación de una fuente de poder FISCO tenemos

$$\mathbf{0.0010} * \mathbf{100}\% = \mathbf{0.10}\%$$

Que es el porcentaje de tensión que la derivación C8 estaría consumiendo de la fuente de poder con un suministro de 24 V.

NOTA: Los cálculos para la caída de tensión del Caso 2 (Calibre 18) y Caso 3 (Calibre 22) son similares al caso 1, en la Tabla N° 13 se muestran los resultados.

En la Tabla N° 13 se concentran los porcentajes de caída de tensión para todos los casos.

% DE CAIDA DE TENSIÓN						
	16 AWG		18 AWG		22 AWG	
	12 V	24 V	12 V	24 V	12 V	24 V
T	0.8	0.4	0.88	0.44	**2.4**	1.12
C1	0.49	0.24	0.54	0.27	1.38	0.69
C2	0.44	0.22	0.48	0.24	1.23	0.61
C3	0.42	0.21	0.46	0.23	1.19	0.59
C4	0.42	0.21	0.46	0.23	1.19	0.59
C5	0.32	0.16	0.35	0.17	0.89	0.44
C6	0.28	0.14	0.28	0.14	0.78	0.39
C7	0.20	0.10	0.22	0.11	0.56	0.28
C8	0.21	0.10	0.23	0.11	0.59	0.29
TOTAL	**3.58**	**1.77**	**3.92**	**1.95**	**10.21**	**5**

Tabla. N° 13.Caida de tensión de las derivaciones.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Observaciones:

Como se muestra en la tabla de resultados, mientras el calibre del cable aumenta (16 AWG>18 AWG>22 AWG) el porcentaje de caída de tención será menor, la caída de tensión también dependerá de la distancia que se requiera en el instrumento.

Otro punto a observar en la tabla es que, a menor distancia entre el cuarto de control y el dispositivo en campo la caída de tensión será menor, por lo tanto no se requerirá un mayor consumo de energía.

Como se puede observar los 3 calibres de cable cumplen con la condición según la NEC del 2% de caída de tensión, cuando el voltaje de suministro es de 24 V, sin embargo en el caso de que la fuente de poder no pudiera garantizar el suministro de 24 V por alguna degradación que con el tiempo pueda sufrir, y que solo pudiera alimentar 12 V el cable calibre 22 AWG rebasa el porcentaje de caída de tensión, por lo tanto no es recomendable usarlo, ya que se puede ver disminuido el rendimiento en la transmisión de datos. Por otra parte, los cables de calibre 16 y 18 AWG presentan caídas de tensión similares, lo cual hace indistinto su uso, pero si tomamos en cuenta que el calibre 16 es de mayor área, el costo de este cable es más elevado comparado con el de calibre 18AWG. De esta manera podemos decir que para este caso en particular el conductor idóneo es el cable calibre 18 AWG.

VOLTAJE DISPONIBLE

Para el cálculo del voltaje disponible en los instrumentos de campo se considera lo siguiente:

Longitud de las derivaciones

DERIVACIÓN	LONGITUD	DERIVACIÓN	LONGITUD
C1	37m	C5	24m
C2	33m	C6	21m
C3	32m	C7	15m
C4	32m	C8	19m

(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Cable Calibre	16 AWG	18 AWG	22 AWG
Resistencia	40 Ω/km	44 Ω/km	112 Ω/km
Voltaje de suministro	12-24 V		
Distancia del Trunk	60 m		
Voltaje mínimo del instrumento	9 V		
Corriente consumida por el dispositivo	20 mA		
Consumo de corriente total de TODOS los dispositivos	Para 8 dispositivos 160 mA		

(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

- **NOTA: Hay que tener en cuenta que todas las consideraciones están basadas para un dispositivo típico con un consumo de corriente promedio de 20 mA, en la práctica estos valores pueden variar dependiendo del modelo y la marca del dispositivo y del modelo y marca del cableado.**

CASO 1

Para derivación **C1**
Cable calibre **16 AWG**

$$VD = VPS - (\sum ID * 2 * RT * LT + ID * 2 * RS * LS) \text{ X } 10\text{ -6} > VMIN$$

Para el voltaje de suministro mínimo:

$$VD = 12\text{ V} - (160\text{mA} * 2 * 40\ \Omega/\text{km} * 60\text{ m} + 20\text{ mA} * 2 * 40\ \Omega/\text{km} * 37\text{ m}) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - (768000 + 59200) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - (827200) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - 0.8272\text{ V} > 9\text{ V}$$

$$VD = 11.1728\text{ V} > 9\text{ V}$$

Para el voltaje de suministro máximo:

$$VD = 24\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 37\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (768000 + 59200\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (827200)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - 0.8272\ V > 9\ V$$

$$VD = 23.1728\ V > 9\ V$$

Para derivación**C2**
Cable calibre 16 AWG

$$VD = VPS - (\sum ID * 2 * RT * LT + ID * 2 * RS * LS\ )\ X\ 10\text{-}6 > VMIN$$

Para el voltaje de suministro mínimo:

$$VD = 12\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 33\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - (768000 + 52800\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - (820800)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - 0.8208\ V > 9\ V$$

$$VD = 11.1792\ V > 9\ V$$

Para el voltaje de suministro máximo:

$$VD = 24\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 33\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (768000 + 52800\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (820800)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - 0.8208\ V > 9\ V$$

$$VD = 23.1792\ V > 9\ V$$

Para derivación**C3** y **C4**
Cable calibre 16 AWG

$$VD = VPS - (\sum ID * 2 * RT * LT + ID * 2 * RS * LS\ )\ X\ 10\text{-}6 > VMIN$$

Para el voltaje de suministro mínimo:

$$VD = 12\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 32\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - (768000 + 51200\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - (819200)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - 0.8192\ V > 9\ V$$

$$VD = 11.1808\ V > 9\ V$$

Para el voltaje de suministro máximo:

$$VD = 24\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 32\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (768000 + 51200\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (819200)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - 0.8192\ V > 9\ V$$

$$VD = 23.1808\ V > 9\ V$$

Para derivación**C5**
Cable calibre 16 AWG

$$VD = VPS - (\sum ID * 2 * RT * LT + ID * 2 * RS * LS\ )\ X\ 10\text{-}6 > VMIN$$

Para el voltaje de suministro mínimo:

$$VD = 12\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 24\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - (768000 + 38400\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - (806400)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - 0.8064\ V > 9\ V$$

$$VD = 11.1936\ V > 9\ V$$

Para el voltaje de suministro máximo:

$$VD = 24\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 24\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (768000 + 38400\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (806400)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - 0.8064\ V > 9\ V$$

$$VD = 23.1936\ V > 9\ V$$

Para derivación**C6**
Cable calibre 16 AWG

$$VD = VPS - (\sum ID * 2 * RT * LT + ID * 2 * RS * LS) \text{ X } 10\text{ -6} > VMIN$$

Para el voltaje de suministro mínimo:

$$VD = 12\text{ V} - (160\text{mA} * 2 * 40\ \Omega/\text{km} * 60\text{ m} + 20\text{ mA} * 2 * 40\ \Omega/\text{km} * 21\text{ m}) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - (768000 + 33600) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - (801600) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - 0.8016\text{ V} > 9\text{ V}$$

$$VD = 11.1984\text{ V} > 9\text{ V}$$

Para el voltaje de suministro máximo:

$$VD = 24\text{ V} - (160\text{mA} * 2 * 40\ \Omega/\text{km} * 60\text{ m} + 20\text{ mA} * 2 * 40\ \Omega/\text{km} * 21\text{ m}) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 24\text{ V} - (768000 + 33600) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$
$$VD = 24\text{ V} - (801600) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 24\text{ V} - 0.8016\text{ V} > 9\text{ V}$$

$$VD = 23.1984\text{ V} > 9\text{ V}$$

Para derivación**C7**
Cable calibre 16 AWG

$$VD = VPS - (\sum ID * 2 * RT * LT + ID * 2 * RS * LS) \text{ X } 10\text{ -6} > VMIN$$

Para el voltaje de suministro mínimo:

$$VD = 12\text{ V} - (160\text{mA} * 2 * 40\ \Omega/\text{km} * 60\text{ m} + 20\text{ mA} * 2 * 40\ \Omega/\text{km} * 15\text{ m}) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - (768000 + 24000) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - (792000) \text{ X } 10\text{ -6} > 9\text{ V}$$

$$VD = 12\text{ V} - 0.7920\text{ V} > 9\text{ V}$$

$$VD = 11.2080\text{ V} > 9\text{ V}$$

Para el voltaje de suministro máximo:

$$VD = 24\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 15\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (768000 + 24000\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (792000)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - 0.7920\ V > 9\ V$$

$$VD = 23.2080\ V > 9\ V$$

Para derivación**C8**
Cable calibre 16 AWG

$$VD = VPS - (\sum ID * 2 * RT * LT + ID * 2 * RS * LS\ )\ X\ 10\text{-}6 > VMIN$$

Para el voltaje de suministro mínimo:

$$VD = 12\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 19\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - (768000 + 30400)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - (798400)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 12\ V - 0.7984\ V > 9\ V$$

$$VD = 11.2016\ V > 9\ V$$

Para el voltaje de suministro máximo:

$$VD = 24\ V - (160mA * 2 * 40\ \Omega/km * 60\ m + 20\ mA * 2 * 40\ \Omega/km * 19\ m\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (768000 + 30400\ )\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - (798400)\ X\ 10\text{-}6 > 9\ V$$

$$VD = 24\ V - 0.7984\ V > 9\ V$$

$$VD = 23.2016\ V > 9\ V$$

NOTA: Los cálculos para el voltaje disponible del Caso 2 (Calibre 18) y Caso 3 (Calibre 22) son similares al caso 1, en la Tabla N° 14 se muestran los resultados.

En la Tabla N° 14 se concentran los voltajes disponibles para los dispositivos en campo, considerando los diferentes calibres de cable.

VOLTAJE DISPONIBLE EN DISPOSITIVO EN CAMPO							
		16 AWG		18 AWG		22 AWG	
	metros	12 V	24 V	12 V	24 V	12 V	24 V
C1	**37**	11.1728	23.1728	11.0901	23.0901	9.6838	21.6838
C2	**36**	11.1792	23.1792	11.0971	23.0971	9.7017	21.7017
C3	**32**	11.1808	23.1808	11.0988	23.0988	9.7062	21.7062
C4	**32**	11.1808	23.1808	11.0988	23.0988	9.7062	21.7062
C5	**24**	11.1936	23.1936	11.1129	23.1130	9.7420	21.7420
C6	**21**	11.1984	23.1984	11.1182	23.1183	9.7555	21.7555
C7	**15**	11.2080	23.2080	11.1288	23.1288	9.7824	21.7824
C8	**19**	11.2016	23.2016	11.1217	23.1217	9.7644	21.7644

Tabla N°14.Voltaje disponible en los dispositivos en campo.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Observaciones:

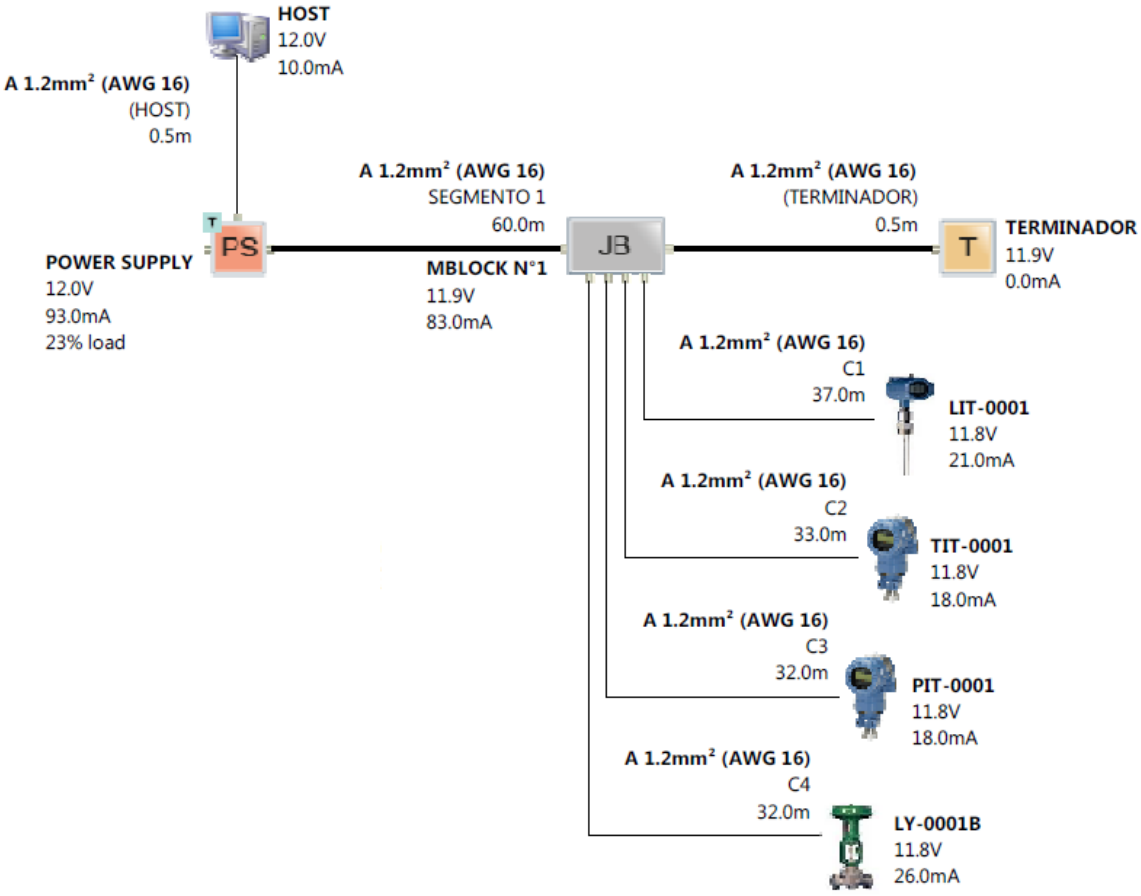
En la teoría el suministro de energía debe ser entre 9-32 V como es solicitado en las especificaciones de los instrumentos, se ha considerado un consumo de 9-24 V para garantizar el funcionamiento adecuado para el instrumento bajo el concepto FISCO. Con los cálculos y el software podemos observar que el consumo para cada dispositivo no está por debajo de los 9 V y no excede los 24 V, es decir, se está cumpliendo con lo requerido para que el instrumento pueda recibir la energía necesaria.

VALIDACIÓN DE VOLTAJE DISPONIBLE POR MEDIO DEL SOFTWARE DE DISEÑO DE SEGMENTOS

El software de diseño de segmentos es un simulador en el cual se modela la red Foundation Fieldbus de acuerdo a la topología y las condiciones presentes en el caso de estudio, para este trabajo se consideraron los calibres 16, 18 y 22 AWG y un voltaje de suministro de 12 y 24 V., las distancias de los segmentos y las derivaciones a los instrumentos.

Para validar los cálculos elaborados anteriormente, se hizo uso del software para diseño de segmentos SEGMENT CHECKER de uso libre (referido en la bibliografía), con esta herramienta se obtuvo el valor del voltaje disponible para los instrumentos de campo. A continuación se muestra el ejemplo del CASO 1 utilizando cable 16 AWG.

CASO 1 CABLE CALIBRE **16 AWG**SEGMENTO 1.



(Software segment checker)

Project Parameters

Segment Type	= Foundation Fieldbus: Zone1/Div1, all Ex i
Cable Type	= A 0.8mm² (AWG 18)
Ambient temperature	= 21°C
Default Field Device current	= 10mA
Default Spur length	= 0.5m
Handheld current	= 10mA
Short Circuit check	= On
Handheld Trunk check	= On
Handheld Spur check	= On
Handheld Host check	= On
Diagnosis Device check	= On
Leakage sensor input current	= 1.1mA
Leakage sensor diagnosis current	= 4.7mA

Checker Results

Checker Summary	
Topology Check	success
Power Distribution Check	success
Short Circuit Check	skipped
Handheld Communication Check	success
Handheld Host Check	success
Handheld Spur Check	success
Handheld Trunk Check	success
Diagnosis Device Checker	skipped

Cables	
A 1.2mm² (AWG 16)	195.0m

Connection List

Cable Parameters: POWER SUPPLY-HOST

Cable Type	= A 1.2mm² (AWG 16)
Cross Wire Section	= 1.2mm²
Wire Resistance	= 28Ohm/km
Wire Length	= 0.5m
Temp. Coefficient	= 0.00391/K

Cable Parameters: POWER SUPPLY-MBLOCK N°1

Cable Type	= A 1.2mm² (AWG 16)
Cross Wire Section	= 1.2mm²
Wire Resistance	= 28Ohm/km
Wire Length	= 60.0m
Temp. Coefficient	= 0.00391/K

Cable Parameters: MBLOCK N°1-LY-0001B

Cable Type	= A 1.2mm² (AWG 16)
Cross Wire Section	= 1.2mm²
Wire Resistance	= 28Ohm/km
Wire Length	= 32.0m
Temp. Coefficient	= 0.00391/K

Cable Parameters: MBLOCK N°1-PIT-0001

Cable Type	= A 1.2mm² (AWG 16)
Cross Wire Section	= 1.2mm²
Wire Resistance	= 28Ohm/km
Wire Length	= 32.0m
Temp. Coefficient	= 0.00391/K

Cable Parameters: MBLOCK N°1-TIT-0001

Cable Type	= A 1.2mm² (AWG 16)
Cross Wire Section	= 1.2mm²
Wire Resistance	= 28Ohm/km
Wire Length	= 33.0m
Temp. Coefficient	= 0.00391/K

Cable Parameters: MBLOCK N°1-LIT-0001

Cable Type	= A 1.2mm² (AWG 16)
Cross Wire Section	= 1.2mm²
Wire Resistance	= 28Ohm/km
Wire Length	= 37.0m
Temp. Coefficient	= 0.00391/K

Cable Parameters: MBLOCK N°1-TERMINADOR

Cable Type	= A 1.2mm² (AWG 16)
Cross Wire Section	= 1.2mm²
Wire Resistance	= 28Ohm/km
Wire Length	= 0.5m
Temp. Coefficient	= 0.00391/K

Power Distribution Check					
	Current [mA]		Voltage [V]		
Tag	must	is	must	is	Result
HOST	10.0	10.0	9.000	12.000	success
POWER SUPPLY	83.0	93.0	9.163	12.000	success
POWER SUPPLY:Output	83.0	83.0	9.163	12.000	
POWER SUPPLY:Master Con.	10.0	10.0	9.000	12.000	
MBLOCK N°1	83.0	83.0	9.023	11.860	success
MBLOCK N°1:Output	0.0	0.0	0.000	11.860	
MBLOCK N°1:Spur 1	26.0	26.0	9.023	11.860	
MBLOCK N°1:Spur 2	18.0	18.0	9.016	11.860	
MBLOCK N°1:Spur 3	18.0	18.0	9.017	11.860	
MBLOCK N°1:Spur 4	21.0	21.0	9.022	11.860	
LY-0001B	26.0	26.0	9.000	11.837	success
PIT-0001	18.0	18.0	9.000	11.844	success
TIT-0001	18.0	18.0	9.000	11.843	success
LIT-0001	21.0	21.0	9.000	11.838	success
TERMINADOR	0.0	0.0	0.000	11.860	success

NOTA: Los cálculos de la validación del voltaje disponible para los Casos 2 (Calibre 18 AWG) y 3 (Calibre 22 AWG) son similares al Caso 1, en las Tablas N° 15, 16 y 17 se muestran los resultados de cada uno de los cálculos.

A continuación se muestran las tablas comparativas entre los resultados obtenidos con los cálculos elaborados a partir de la Ley de Ohm y los resultados obtenidos con el software.

CALIBRE 16 AWG				
	12 V		24 V	
	CÁLCULO	SOFTWARE	CÁLCULO	SOFTWARE
C1	11.172	11.838	23.172	23.838
C2	11.179	11.843	23.179	23.843
C3	11.180	11.844	23.180	23.844
C4	11.180	11.837	23.180	23.837
C5	11.193	11.841	23.193	23.841
C6	11.198	11.840	23.198	23.840
C7	11.208	11.849	23.208	23.849
C8	11.201	11.841	23.201	23.841

Tabla N°15.Voltaje disponible para cable 16 AWG.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

CALIBRE 18 AWG				
	12 V		24 V	
	CÁLCULO	SOFTWARE	CÁLCULO	SOFTWARE
C1	11.090	11.746	23.090	23.746
C2	11.097	11.754	23.097	23.754
C3	11.098	11.755	23.098	23.755
C4	11.098	11.743	23.098	23.743
C5	11.113	11.750	23.113	23.750
C6	11.118	11.748	23.118	23.748
C7	11.128	11.763	23.128	23.763
C8	11.121	11.750	23.121	23.750

Tabla N°16.Voltaje disponible para cable 18 AWG.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

CALIBRE 22 AWG				
	12 V		24 V	
	CÁLCULO	SOFTWARE	CÁLCULO	SOFTWARE
C1	9.683	11.353	21.683	23.353
C2	9.701	11.373	21.701	23.373
C3	9.706	11.375	21.706	23.375
C4	9.706	11.347	21.706	23.347
C5	9.742	11.363	21.742	23.363
C6	9.755	11.358	21.755	23.358
C7	9.782	11.398	21.782	23.398
C8	9.764	11.364	21.764	23.364

Tabla N°17.Voltaje disponible para cable 22 AWG.
(Camargo J. Manuel y Moreno Yesenia)

Observaciones:

Como se puede observar en las Tablas N° 15, 16 y 17, los valores obtenidos tanto por medio de la ecuación de la Ley de Ohm como con ayuda del software son muy similares, las diferencias existentes se deben a que en el software se hacen consideraciones muy específicas de diferentes tipos como, la marca de los instrumentos de campo, las condiciones climatológicas, entre otros, por lo tanto podemos decir que los resultados obtenidos por las formulas basadas en la ley de Ohm son válidos y pueden ser usados para el cálculo del voltaje disponible en campo.

El uso de softwares de uso libre para el diseño de segmentos son una gran herramienta que contribuyen para elaborar un buen arreglo en la distribución de los instrumentos, para garantizar el buen funcionamiento del lazo de control, es decir, que cumpla con los lineamientos necesarios para las instalaciones Foundation Fieldbus.

Finalmente se puede decir que para la propuesta de diseño del sistema de comunicación Foundation Fieldbus aplicado a la transmisión de señales de un lazo de control en la instrumentación de un tanque separador de crudo bajo el concepto FISCO, trabajando con una topología de árbol, con una fuente de poder de 24 VCD y garantizando que al instrumento más alejado del cuarto de control se le alimenten como mínimo 9 VCD y que el porcentaje de la caída de tensión no sea mayor a 2 %, concluimos que el conductor idóneo para este sistema es cable tipo A calibre 18 AWG.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Con éste trabajo se logró difundir el conocimiento básico necesario para intregrar al ingeniero químico con la tecnología del tipo bus de campo y con esto entienda, comprenda, diseñe y sea capaz de especificar un sistema de comunicación Foundation Fieldbus.

Para dar una idea de éste sistema se dio una breve introducción a los lazos de control, los tipos y los componentes de los mismos, una vez expuesto los temas se pude observar la evolución tecnológica de la transmisión de señales, pasando por las señales neumáticas, las señales eléctricas, la señal protocolizada 4-20 mA HART y el bus de campo internacional Foundation Fieldbus, que es un protocolo de comunicación digital, bidireccional, multivariable, con autodiagnóstico e interoperable lo que posibilita la conexión de instrumentos de campo de diversas marcas en el sistema de control y con estaciones de operación.

En el ámbito de ingeniería para cualquier diseño, construcción y/o instalación debe haber criterios, reglamentos, guías o normas que ayuden para llevar a cabo dicha actividad, las cuales garantizan el cumplimiento de los parámetros requeridos para determinados procesos, con el fin de proteger la vida, la seguridad y el medio ambiente.

Se dieron a conocer los conceptos técnicos que dan lugar al sistema de control Foundation Fieldbus, definiendo términos tales como: buses de campo, lazos de control, segmentos, spur o derivaciones, terminadores, entre otros conceptos, de igual manera se abordaron los requerimientos del sistema, como las diversas topologías que pueden ser aplicadas: de árbol, en cadena, bus con spurs, el tipo de cable para alimentar los instrumentos y transmitir las señales, las distancias máximas de los segmentos. También se describe el hardware necesario para conformar un segmento, como el host, las fuentes de alimentación, los terminadores, las cajas de conexiones, los repetidores y las barreras de seguridad intrínseca.

Una vez cumplido el objetivo de familiarizar al ingeniero con las características técnicas del sistema Foundation Fieldbus, se realizó un ejemplo de aplicación con una propuesta de diseño del sistema de comunicación para la transmisión de las señales de un lazo de control de un tanque separador de crudo, dentro de éstas se consideraron: señales de nivel en el tanque para su control por medio de válvulas de control, de presión para monitoreo, de medición de flujo y de temperatura. Para éste sistema se consideró una topología de árbol, y la instrumentación especificada fue con aprobación para seguridad intrínseca área Clase I, División 1, Grupos C y D adecuado para funcionar bajo el concepto FISCO.

Dentro del ejemplo de aplicación se realizaron memorias de cálculo basados en la ley de Ohm, se calculó la caída de tensión y el voltaje disponible desde el cuarto de control hasta cada uno de los instrumentos de campo como fue demostrado en los temas anteriores, logrando así, garantizar el correcto funcionamiento y la transmisión de datos del proceso al sistema. Para validar dichos cálculos también se utilizó el apoyo de un software dedicado al diseño de segmentos del sistema Foundation Fieldbus, para este caso se utilizó el programa “Segment Checker” referido en la bibliografía. Se compararon los resultados entre si validando la propuesta de diseño de Foundation Fieldbus.

Para mostrar algunos de los beneficios que se pueden obtener al utilizar la tecnología Foundation Fieldbus se hizo una comparación general con las características del sistema de comunicación 4-20 mA HART demostrando que el bus de campo ofrece más oportunidades de cambio para mejorar las prácticas de trabajo y el rendimiento de la planta.

Con todo esto se puede concluir que se ha cumplido con todos y cada uno de los objetivos planteados al inicio de este trabajo.

Recomendación:

Hay que tener en cuenta que ningún protocolo de comunicación es mejor o peor que otro, la elección dependerá de las necesidades, características, normativas y del proceso que se vaya a aplicar.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- Enríquez Harper, G. (1985). *El ABC de las instalaciones eléctricasindustriales (*1ra. ed.). México: Limusa.
- Richter, H. (1984). *Manual práctico de instalaciones eléctricas: domésticas, de granjas e industrias (*4ta ed.): Cecsa.
- Verhappen, I. & Pereira, A. (s. f.). *Foundation Fieldbus (*2da. ed.): ISA / EMERSON Process Management.
- Victoria Hurtado, L. S. (1992). *Desarrollo de la ingeniería de instrumentación para proyectos de insatalaciones marinas.* (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Normas

- Instrument Society of America. *(2009*). *Instrumentation Symbols and Identification*. ANSI/ISA-5.1.
- International Electrotechnical Commission. *(2010*). *Industrial communication networks. Fieldbus specification.* IEC-61158.
- Codigo Electrico Nacional. *Clasificación de Áreas Peligrosas.* NEC-500.
- Norma Oficial Mexicana. (2012). *Instalaciones Eléctricas. Clasificación de áreas.* NOM-001-SEDE.
- Norma de Referencia. *(2010*). *Clasificación de Áreas Peligrosas y Selección de Equipo Eléctrico*. NRF-036-PEMEX.
- Norma de Referencia. *(2012*). *Protocolos de comunicación en sistemas digitales de monitoreo y control*. NRF-046-PEMEX.

Guías de aplicación

- Fieldbus Foundation. (1996). *Wiring and Installation 31.25 kbit/s, Voltaje, Mode, Wire Medium: Aplication Guide, Foundation Fieldbus*. Austin, Texas. AG-140.
- Fieldbus Foundation. (2004). *31.25 kbit/s Intrinsically Safe Systems Aplication Guide, Foundation Fieldbus.* Austin, Texas. AG-163.
- Fieldbus Foundation. (2012). *Foundation Fieldbus System Engineering Guidelines, Foundation Fieldbus*. Austin, Texas. AG-181.

Sitios Web

- EMERSON Process Managment (2002). *Escuela de Ingeniería: Foundation Fieldbus*. Recuperado de www.plantwebuniversity.com
- EMERSON Process Managment (2005). *Escuela de Ingeniería. Safety instrumented systems.* Recuperado de www.plantwebuniversity.com
- Fieldbus Foundation (2006). *FOUNDATION™ Technology*. Recuperado de http://www.fieldbus.org/
- MTL (2009). *Herramienta para Fieldbus (Software).* Recuperado de http://www.mtl-inst.com/products/cat/fieldbus_software_tools
- Pepperl+Fuchs (2012).Herramienta para el diseño de redes Fieldbus (Software). Disponible en:http://www.segmentchecker.com

ANEXOS

ANEXO 1

Diagrama de Tuberías e Instrumentos

ANEXO 1.- Diagrama de Tuberías e Instrumentos

a) DTI Señal de comunicación Foundation Fieldbus

SEÑALES DE INSTRUMENTOS

- NEUMATICA
- 4-20 mA/HART
- FOUNDATION FIELDBUS

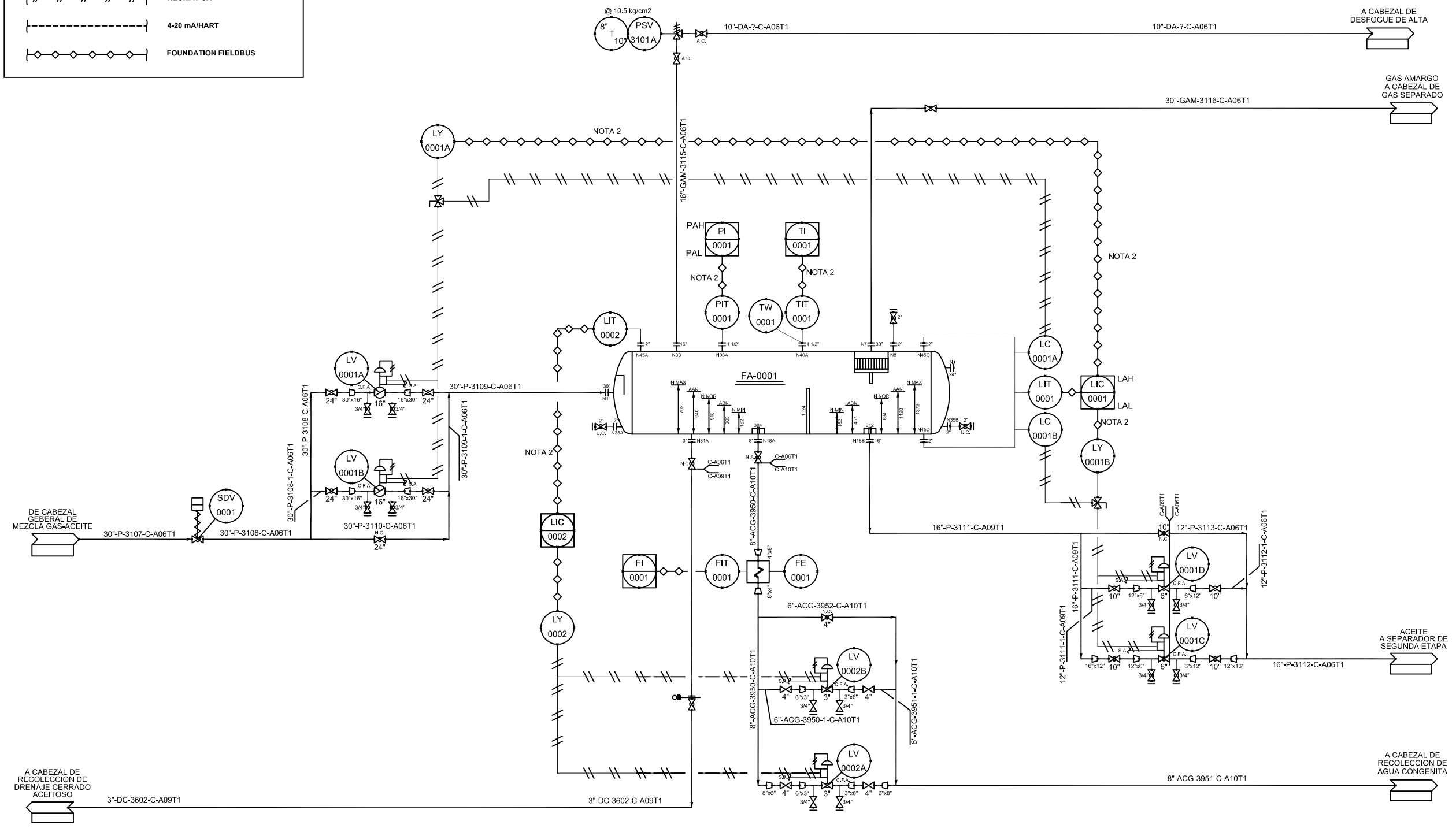
FA-0001

SEPARADOR DE PRIMERA ETAPA

D.I = 3658 mm, L_{TT} = 17069 mm

1.- TODOS LOS TRANSMISORES DEBERÁN DE SER DEL TIPO INTELIGENTE CON INDICACION LOCAL.

2.- SEÑAL PROTOCOLIZADA FOUNDATION FIELDBUS



CP	FECHA	REVISIONES				
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014		

NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA

APROBADO POR

SUPERVISOR DEL PROYECTO

SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO :

PROYECTO No: T. 082014

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC. : S / E: ACOT. : mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

SISTEMA DE SEPARACIÓN (FOUNDATION FIELDBUS)

LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-001

REV. D

b) DTI Señal de comunicación 4-20 mA/HART

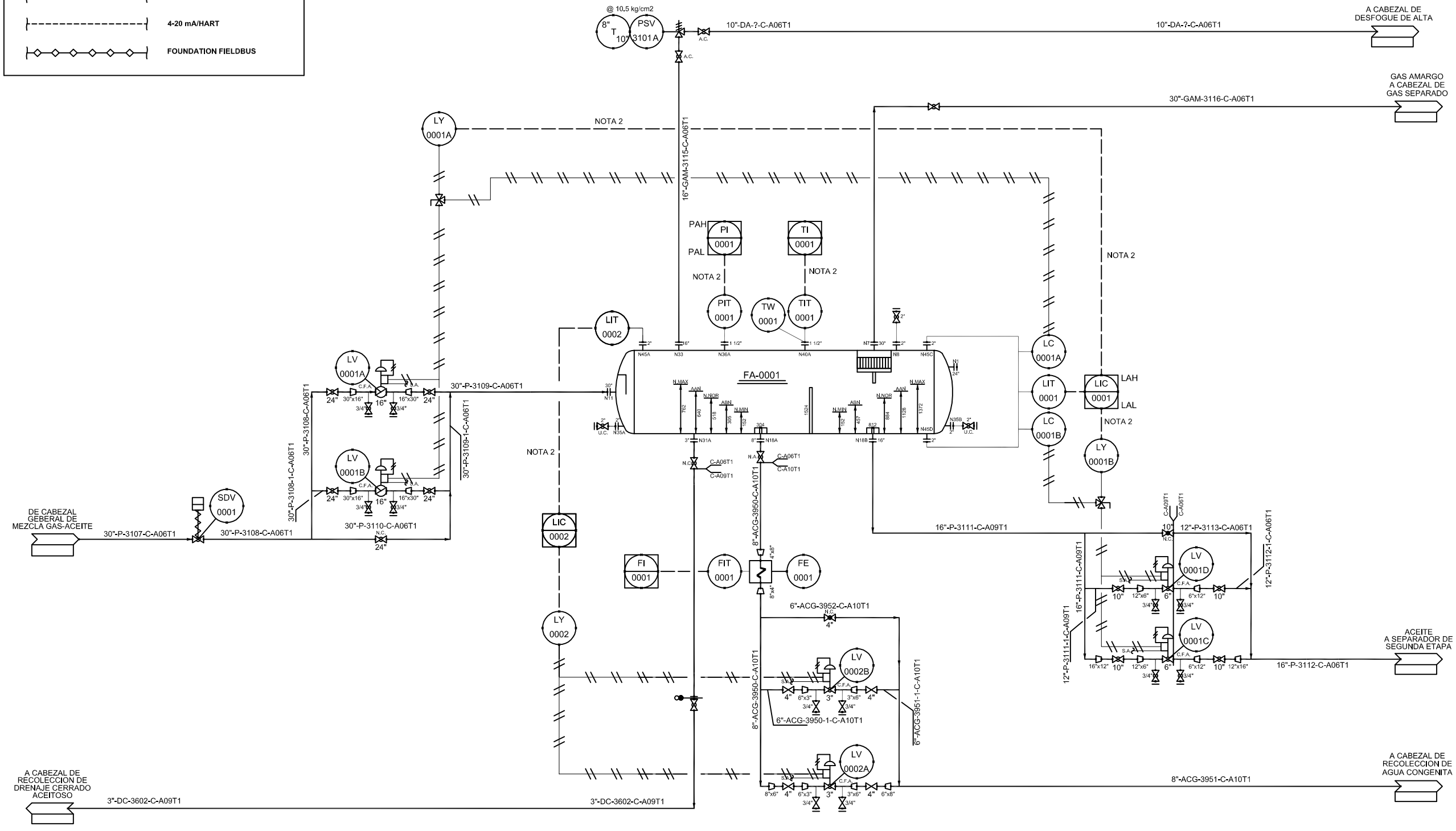
SEÑALES DE INSTRUMENTOS

- NEUMATICA
- 4-20 mA/HART
- FOUNDATION FIELDBUS

FA-0001
SEPARADOR DE PRIMERA ETAPA
D.I. = 3658 mm, L_{TT} = 17069 mm

1.- TODOS LOS TRANSMISORES DEBERÁN DE SER DEL TIPO INTELIGENTE CON INDICACIÓN LOCAL.

2.- SEÑAL PROTOCOLIZADA 4-20 HART.



CP	FECHA	REVISIONES						NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.				
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014						SUPERVISOR DEL PROYECTO
										SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO :

PROYECTO No: T. 082014

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC. : S / E: ACOT. : mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

SISTEMA DE SEPARACIÓN (4-20mA/HART)

LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-001

REV. D

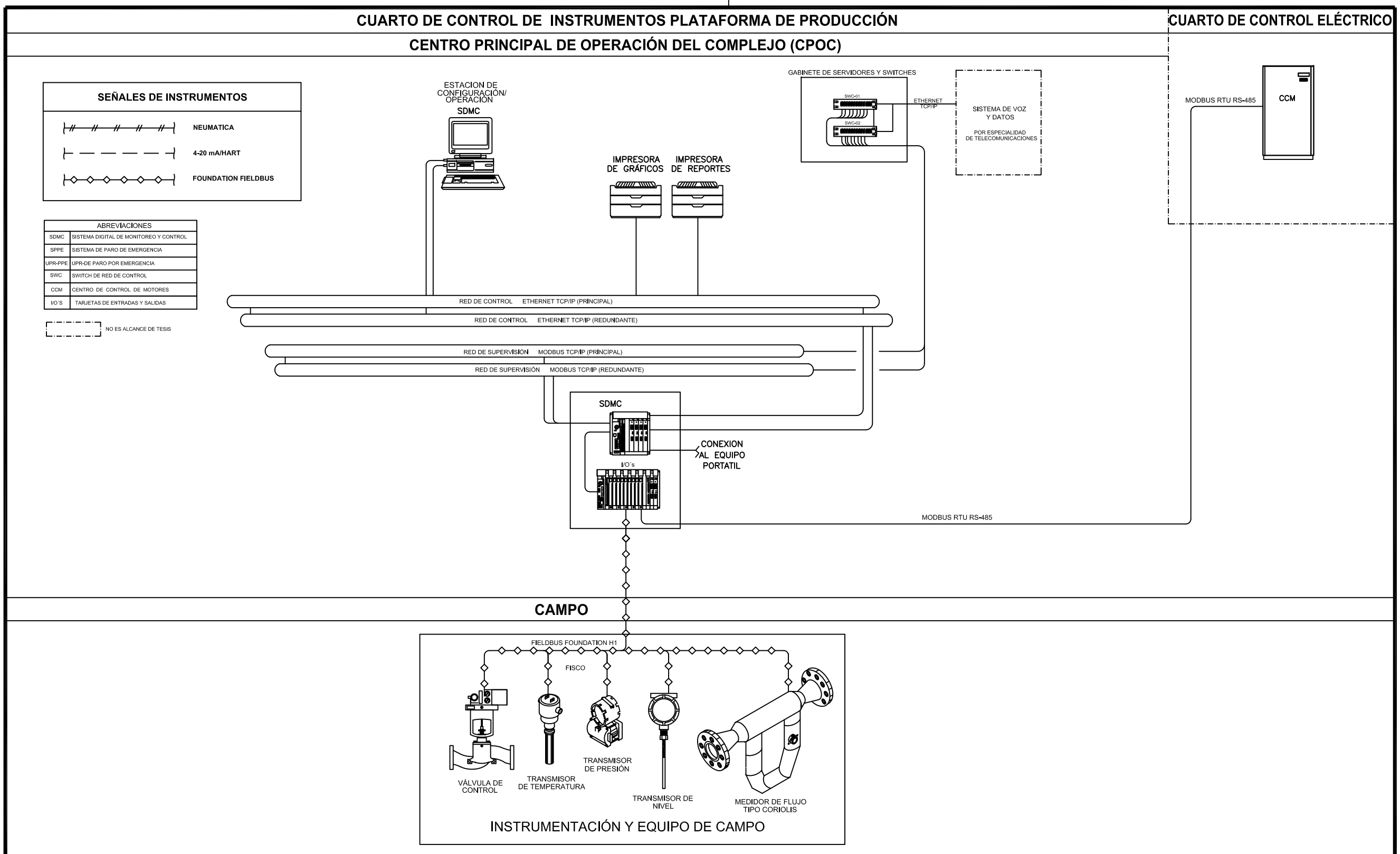
P.I.0000.08 2000

ANEXO 2

Arquitectura de Control

ANEXO 2.- Arquitectura de Control

a) Señal de comunicación Foundation Fieldbus



CP	FECHA	REVISIONES				
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014		

NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA
2014-FES-Z-001	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN

APROBADO POR: SUPERVISOR DEL PROYECTO; SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO :

PROYECTO No: T. 082014

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC.: S / E: ACOT.: mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

ESQUEMA DE ARQUITECTURA (Foundation Fieldbus)

LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-002

REV. D

P.1.0000.06 2000

b) Señal de comunicación 4-20mA / Hart

CUARTO DE CONTROL DE INSTRUMENTOS PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN

CENTRO PRINCIPAL DE OPERACIÓN DEL COMPLEJO (CPOC)

CUARTO DE CONTROL ELÉCTRICO

SEÑALES DE INSTRUMENTOS

- NEUMATICA
- 4-20 mA/HART
- FOUNDATION FIELDBUS

ABREVIACIONES	
SDMC	SISTEMA DIGITAL DE MONITOREO Y CONTROL
SPPE	SISTEMA DE PARO DE EMERGENCIA
UPR-PPE	UPR-DE PARO POR EMERGENCIA
SWC	SWITCH DE RED DE CONTROL
CCM	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES
I/O´S	TARJETAS DE ENTRADAS Y SALIDAS

NO ES ALCANCE DE TESIS

ESTACION DE CONFIGURACIÓN/ OPERACION SDMC

IMPRESORA DE GRÁFICOS

IMPRESORA DE REPORTES

GABINETE DE SERVIDORES Y SWITCHES

SWC-01

SWC-02

ETHERNET TCP/IP

SISTEMA DE VOZ Y DATOS

POR ESPECIALIDAD DE TELECOMUNICACIONES

MODBUS RTU RS-485

CCM

RED DE CONTROL ETHERNET TCP/IP (PRINCIPAL)

RED DE CONTROL ETHERNET TCP/IP (REDUNDANTE)

RED DE SUPERVISIÓN MODBUS TCP/IP (PRINCIPAL)

RED DE SUPERVISIÓN MODBUS TCP/IP (REDUNDANTE)

SDMC

I/O´s

CONEXION AL EQUIPO PORTATIL

MODBUS RTU RS-485

CAMPO

4-20 mA + HART

VÁLVULA DE CONTROL

TRANSMISOR DE TEMPERATURA

TRANSMISOR DE PRESIÓN

TRANSMISOR DE NIVEL

MEDIDOR DE FLUJO TIPO CORIOLIS

INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPO DE CAMPO

CP	FECHA	REVISIONES				
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014		

NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA
2014-FES-Z-001	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN

APROBADO POR

SUPERVISOR DEL PROYECTO

SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO :

PROYECTO No: T. 082014

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC. : S / E: ACOT. : mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

ESQUEMA DE ARQUITECTURA (4-20mA/HART)

LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-002

REV. D

P.1.0000.06 2000

ANEXO 3

Especificaciones de los Instrumentos con protocolo Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART

ANEXO 3. Especificaciones de los instrumentos con protocolo Foundation Fieldbus y 4-20mA/HART.
a) Transmisor de Presión

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

HOJA DE DATOS

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

AV-HD-FES-Z-01-001

PROY. No.: T.082014
ELABORÓ: JMCH / YMD | FECHA: 2014 | REV. No. D | HOJA: 1 DE: 1

TRANSMISORES DE PRESIÓN

GENERAL	1	**No TAG.**		**PIT-0001**			**PIT-0001**			
	2	**Servicio**		**SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001**			**SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001**			
	3	No DTI:	Número de Línea	Z-001		FA-001	Z-001		FA-001	
	4	Clasificación de Áreas Peligrosas		Clase I, División 1 y Grupos C y D		NOTA 1	Clase I, División 1, Grupos C y D			
	5	Indice de Protección. Código IP		IP66			IP66			
CONDICIONES DE PROCESO	6	Fluido	Estado	Gas Amargo		Gas	Gas Amargo		Gas	
	7	Presión Máxima	Presión Normal	8.5 kg/cm²g		8.5 kg/cm²g	8.5 kg/cm²g		8.5 kg/cm²g	
	8	Temperatura Máxima	Temperatura Normal	50 °C		27.1 °C	50 °C		27.1 °C	
	9									
TRANSMISOR	10	Tipo Señal de Salida		**Foundation Fieldbus H1**			**4-20mA/HART**			
	11	Capa Física		Compatible con IEC61158						
	12	Capa de Enlace de Datos	Velocidad de comunicación	Compatible con IEC61158		31.25 Kbps				
	13	Rango Instrumento		0	14	kg/cm²	0	14	kg/cm²	
	14	Rango Calibración		0	14	kg/cm²	0	14	kg/cm²	
	15	Precisión	Suministro Energía	± 0.075% del span o mejor		9-32 VCD	± 0.075% del span o mejor		24 VDC	
	16	Elevación	Supresión	Requerida		Requerida	Requerida		Requerida	
	17	Conexión a Proceso	Conexión Conduit	1/2" NPT		1/2" NPT	1/2" NPT		1/2" NPT	
	18	Caja	Recubrimiento	NEMA 4X		Epóxico	NEMA 4X		Epóxico	
ELEMENTO SENSOR	19	Tipo Elemento	Material Elemento	Diafragma		Hastelloy C	Diafragma		Hastelloy C	
	20	Medida (Indicador /Abs/ Vacio/etc)		PRESIÓN MANÓMETRICA			PRESIÓN MANÓMETRICA			
	21	Material Cuerpo	Bridas Adaptadoras	Aluminio		Ac. Inoxidable 316	Aluminio		Ac. Inoxidable 316	
	22	Tornillos	Sello	Ac. Inoxidable 316		Requerido	Ac. Inoxidable 316		Requerido	
	23	Fluido de Sello		Silicón						
	24	Límite Temp. Mínima	Límite Temp. Máxima	-40 °C		85 °C	-40 °C		85 °C	
	25	Límite Presión Máx.	Límite Presión Mín	NOTA 2			NOTA 2			
SELLO DIAFRAGMA	26	Tipo de Sello	Conexión Proceso	No requerido			No requerido			
	27	Rating Temperatura								
	28	Material Diafragma								
	29	Material de la Armadura								
	30	Fluido de Sello								
	31	Material Capilar	Longitud Capliar							
	32	Material de Brida Inferior	Material de Brida Superior							
	33	Conección Dren	Conexión al Instrum.							
MANIFOLD	34	Tipo	Material	No requerido			No requerido			
	35	Empaque	Tornillos							
	36	Conexión Proceso								
	37	Placa de Identificación								
ACCESORIOS	38	Display Integrado		Requerido de LCD			Requerido de LCD			
	39	Escala		En unidades de ingenieria			En unidades de ingenieria			
	40	Funcionalidad Escalable		Requerida			No requerido			
	41	Montaje		Acces. p/yugo 2"			Acces. p/yugo 2"			
	42	Placa de Identificación		De Ac. Inoxidable 316 remachada			De Ac. Inoxidable 316 remachada			
	43	Certificación NACE en partes humedas		ISO 15156/NACE MR-01-75			ISO 15156/NACE MR-01-75			
	44	Accesorio especial		L.A.S. requerido						
	45	Bloques de funciones del dispositivo		☐ Bloque de recurso	☐ Bloque de recurso	☐ Bloque transductor				
	46	Tipo Instanciable		Bloque PID						
	51	Pruebas ITK		Requeridas						
	52	Marca Transmisor		POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA			
DATOS DE FABRICANTE	53	Modelo Transmisor		POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA			
	54	Marca Manifold		No requerido			No requerido			
	55	Modelo Manifold		No requerido			No requerido			
	56	Marca Sello		No requerido			No requerido			
	57	Modelo Sello		No requerido			No requerido			

NOTAS

1. EL TRANSMISOR DEBE CON APROBACIÓN PARA SEGURIDAD INTRÍNSECA EN ÁREAS PELIGROSAS CLASE I, DIVISIÓN 1 Y GRUPOS C Y D.
2. EL ELEMENTO DE PRESIÓN DEBE RESISTIR UN SOBRE RANGO DE 1.5 VECES DE LA ESCALA TOTAL SIN DAÑO PERMANENTE.

REV	FECHA	REVISIÓN	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA			
			ELABORÓ Iniciales	REVISÓ Iniciales	VERIFICÓ Iniciales	JEFE DE PROYECTOS Iniciales
D	2014	APROBADO PARA DISEÑO	JMCH / YMD	IJZR	IJZR	IJZR

b) Transmisor de Presión Diferencial (Nivel)

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

HOJA DE DATOS

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

AV-HD-FES-Z-02-001

PROY. No.: T.082014
ELABORÓ: JMCH / YMD FECHA: 2014 REV. No. D HOJA: 1 DE: 1

TRANSMISORES DE PRESIÓN DIFERENCIAL (Nivel)

GENERAL	1	No TAG.			LIT-0001				LIT-0001			
	2	Servicio			ACEITE DEL SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001				ACEITE DEL SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001			
	3	No DTI:	Número de Línea		Z-001		FA-0001		Z-001		FA-0001	
	4	Clasificación de Áreas Peligrosas	Protección. Código IP		Clase I, División 1, Grupos C y D	(NOTA 1)	IP66		Clase I, División 1, Grupos C y D		IP66	
CONDICIONES DE PROCESO	5	Fluído	Inferior	Superior	Aceite		Gas Amargo		Aceite		Gas Amargo	
	6	Estado	Inferior	Superior	Líquido		Gas		Líquido		Gas	
	7	Gravedad Específica	Inferior	Superior	0.815		0.7081		0.815		0.7081	
	8	Viscosidad del líquido										
	9	Densidad del líquido			50.96 lb/ft³				50.96 lb/ft³			
	10	Presión	Normal	Máxima	8.5 kg/cm²g		8.5 kg/cm²g		8.5 kg/cm²g		8.5 kg/cm²g	
	11	Temperatura	Normal	Máxima	27.1 °C		50 °C		27.1 °C		50 °C	
	12											
	13											
TRANSMISOR	14	Tipo Señal de Salida			Foundation Fieldbus H1				4-20 mA-HART			
	15	Capa Física			Compatible con IEC61158							
	16	Capa de Enlace de Datos	Velocidad de comunicación		Compatible con IEC61158		31.25 Kbps					
	17	Rango Instrumento			0	50	in H2O		0	50	in H2O	
	18	Rango Calibración			0	50	in H2O		0	50	in H2O	
	19	Precisión	Suministro Energía		± 0.075% del span		9-32 VCD		± 0.075% del span o mejor		24 VDC	
	20	Elevación	Supresión		Requerida		Requerida		Requerida		Requerida	
	21	Conexión a Proceso	Conexión Conduit		1/2" NPT		1/2" NPT		1/2" NPT		1/2" NPT	
	22	Caja	Recubrimiento		NEMA 4X		Epóxico		NEMA 4X		Epóxico	
ELEMENTO SENSOR	23	Tipo Elemento	Material Elemento		Diafragma		Ac. Inoxidable 316		Diafragma		Ac. Inoxidable 316	
	24	Tipo de Medición			PRESIÓN DIFERENCIAL (Nivel)				PRESIÓN DIFERENCIAL (Nivel)			
	25	Material Cuerpo	Bridas Adaptadoras		Aluminio		Ac. Inoxidable 316		Aluminio		Ac. Inoxidable 316	
	26	Tornillos	Sello		Ac. Inoxidable 316		Requerido		Ac. Inoxidable 316		Requerido	
	27	Fluido de Sello			Silicón				Silicón			
	28	Límite Temp. Mínima	Límite Temp. Máxima		-40 °C		85 °C		-40 °C		85 °C	
	29	Límite Presión Máx.	Límite Presión Mín		NOTA 2				NOTA 2			
	30	Certificación NACE en partes humedas			ISO 15156/NACE MR-01-75				ISO 15156/NACE MR-01-75			
SELLO DIAFRAGMA	31	Tipo de Sello	Conexión Proceso		Diafragma		2" ANSI Clase 150 RF		Diafragma		2" ANSI Clase 150 RF	
	32	Rating Temperatura			0 A 315 °C				0 a 315 °C			
	33	Material Diafragma	Material de la Armadura		Hastelloy C		Ac. Inoxidable 316		Hastelloy C		Ac. Inoxidable 316	
	34	Fluido de Sello			Silicón				Silicón			
	35	Material Capilar	Longitud Capliar		Ac. Inoxidable 316		20 ft				20 ft	
	36	Material de Brida Inferior	Material de Brida Superior		Hastelloy C		Ac. Inoxidable 316		Hastelloy C		Ac. Inoxidable 316	
	37	Conección Dren	Conexión al Instrumento		1/4" NPT		1/2" NPT		1/4" NPT		1/2" NPT	
MANIFOLD	38	Tipo	Material		No requerido				No requerido			
	39	Empaque	Tornillos									
	40	Conexión Proceso										
ACCESORIOS	41	Display Integrado			Requerido de LCD				Requerido de LCD			
	42	Escala			En unidades de ingenieria				En unidades de ingenieria			
	43	Funcionalidad Escalable			Requerida				No requerida			
	44	Montaje			Acces. p/yugo 2"				Acces. p/yugo 2"			
	45	Placa de Identificación			De Ac. Inoxidable 316 remachada				De Ac. Inoxidable 316 remachada			
	46	Otra Certificación			No aplica				No aplica			
	47	Accesorio especial			No requerido							
	48	Bloques de funciones del dispositivo			☐ Bloque de recurso ☐ Bloque de recurso ☐ Bloque transductor							
	49	Tipo Instanciable			Bloque PID							
	50	Pruebas ITK			Requeridas							
	51	Función de diagnóstico			[X] Líneas de impulso bloqueadas		[X] Monitoreo de proceso estático		Requerida			
DATOS DE FABRICANTE	52	Marca Transmisor	Modelo Transmisor		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA	
	53	Marca Manifold	Modelo Manifold		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA	
	54	Marca Sello	Modelo Sello		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA		POR CONTRATISTA	

NOTAS

1. PARA SEGURIDAD INTRÍNSECA.
2. EL ELEMENTO DE PRESIÓN DEBE RESISTIR UN SOBRE RANGO DE 1.5 VECES DE LA ESCALA TOTAL SIN DAÑO PERMANENTE.

REV	FECHA	REVISIÓN	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA			
			ELABORÓ Iniciales	REVISÓ Iniciales	VERIFICÓ Iniciales	JEFE DE PROYECTOS Iniciales
D	2014	APROBADO PARA DISEÑO	JMCH / YMD	IJZR	IJZR	IJZR

c) Transmisor de Temperatura

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

HOJA DE DATOS

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

AV-HD-FES-Z-03-001

PROY. No.: T.082014
ELABORÓ: JMCH / YMD FECHA: 2014 REV. No. D HOJA: 1 DE: 1

TRANSMISORES DE TEMPERATURA

GENERAL	1	**No TAG.**		**TIT-0001**			**TIT-0001**		
	2	**Servicio**		**SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001**			**SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001**		
	3	No DTI:	Número de Línea	Z-001	FA-0001		Z-001	FA-0001	
	4	Clasificación de Áreas Peligrosas		Clase I, División 1 y Grupos C y D	(NOTA 1)		Clase I, División 1 y Grupos C y D		
	5	Indice de Protección. Código IP		IP66			IP66		
CONDICIONES DE PROCESO	6	Fluido	Estado	Aceite	Líquido		Aceite	Líquido	
	7	Presión Máxima	Presión Normal	8.5 kg/cm²g	8.5 kg/cm²g		8.5 kg/cm²g	8.5 kg/cm²g	
	8	Temperatura Máxima	Temperatura Normal	50 °C	27.1 °C		50 °C	27.1 °C	
	9								
TRANSMISOR	10	Tipo Señal de Salida		**Foundation Fieldbus H1**			**4-20mA/HART**		
	11	Capa Física		Compatible con IEC61158					
	12	Capa de Enlace de Datos	Velocidad de comunicación	Compatible con IEC61158	31.25 Kbps				
	13	Rango Instrumento		0	100	°C	0	100	°C
	14	Rango Calibración		0	100	°C	0	100	°C
	15	Precisión	Suministro Energía	±0.1% del span o mejor	9-32 VCD		±0.1% del span o mejor	24 VDC	
	16	Elevación	Supresión	Requerida	Requerida		Requerida	Requerida	
	17	Aisladores Internos	Conexión Conduit	Requeridos, tipo óxido de magnesio	1/2" NPT		Requeridos, tipo óxido de magnesio	1/2" NPT	
	18	Caja	Recubrimiento	NEMA 4X	Epóxico		NEMA 4X	Epóxico	
ELEMENTO SENSOR	19	Tipo de Sensor	Material Sensor	RTD	Pt 100 Ohms		RTD	Pt 100 Ohms	
	20	Conex. a Termopozo	No. De Hilos	1/2" NPT	3 hilos		1/2" NPT	3 hilos	
	21	Tipo de Ensamble		Nota 2			Nota 2		
	22	Material Cabeza de conexión		Aluminio			Aluminio		
	23	Conexión Eléctrica		Por Fabricante			Por Fabricante		
	24	Tipo Cable Conex.	Longitud Cable	Estándar Fabricante	7.3 m		Estándar Fabricante	7.3 m	
	25	Niple y Unión	Material Niple y unión	Requeridos	Ac. Inoxidable 316		Requeridos	Ac. Inoxidable 316	
	26								
TERMOPOZO	27	No TAG. Termopozo	Tipo	**TW-0001**	Cónico		**TW-0001**	Cónico	
	28	Material		Hastelloy C			Hastelloy C		
	29	Construcción		Maquinado de Barra			Maquinado de Barra		
	30	Conexión al sensor		1/2" NPTF			1/2" NPTF		
	31	Conexión a Proceso		1 1/2" ANSI Clase 150 RF			1 1/2" ANSI Clase 150 RF		
	32	Long. de Inserción "U"		16 1/2"			16 1/2"		
	33	Extensión		No requerida			No requerida		
	34								
ACCESORIOS	35	Display Integrado		Requerido de LCD			Requerido de LCD		
	3	Escala		En unidades de ingenieria			En unidades de ingenieria		
	6	Funcionalidad Escalable		Requerida			Requerida		
	37	Montaje		Acces. p/yugo 2"			Acces. p/yugo 2"		
	38	Placa de Identificación		De Ac. Inoxidable 316 remachada			De Ac. Inoxidable 316 remachada		
	39	Certificación NACE en partes humedas		ISO 15156/NACE MR-01-75			ISO 15156/NACE MR-01-75		
	40	Accesorio especial		No requerido					
	41	Bloques de funciones del dispositivo		☐ Bloque de recurso	☐ Bloque de recurso	☐ Bloque transductor			
	42	Tipo Instanciable		Bloque PID					
	43	Pruebas ITK		Requeridas					
	44	Función de diagnóstico		X Líneas de impulso bloqueadas	X Monitoreo de proceso estático		Requerida		
	45								
DATOS DE FABRICANTE	46	Marca Transmisor		POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA		
	47	Modelo Transmisor		POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA		
	48	Marca Sensor		POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA		
	49	Modelo Sensor		POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA		
	50	Marca Termopozo		POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA		
	51	Modelo Termopozo		POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA		

NOTAS

1. PARA SEGURIDAD INTRÍNSECA.
2. EL ELEMENTO RTD DEBE SUMINIST. C/RESORTE DE COMPRESIÓN Y ENSAMBLES DE INSTAL. FORMADOS P/TERMOPOZO, NIPLES DE EXT. TUERCA UNIÓN, AISLADORES INTERNOS Y CAB. DE CONEX.

REV	FECHA	REVISIÓN	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA			
			ELABORÓ Iniciales	REVISÓ Iniciales	VERIFICÓ Iniciales	JEFE DE PROYECTOS Iniciales
D	2014	APROBADO PARA DISEÑO	JMCH / YMD	IJZR	IJZR	IJZR

c) Transmisor de Flujo

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA	HOJA DE DATOS	
	PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO	AV-HD-FES-Z-04-001
	PROY. No. T.082014	
	ELABORO: JMCH / YMD FECHA: 05/2013 REV. No. D	HOJA 1 DE 1

MEDIDORES DE FLUJO TIPO CORIÓLISIS

GENERAL	1	**No. de Tag**				**FE-0001**			**FE-0001**			
	2	**Servicio**				**AGUA DE SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001**			**AGUA DE SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001**			
	3	Línea No.				8"-ACG-3950-C-A10T1			8"-ACG-3950-C-A10T1			
	4	Diámetro Nominal de tubería										
	5	Diámetro Interior de tubería										
	6	Material de Tubería				ASTM A-106, Gr. B			ASTM A-106, Gr. B			
	7	Espesor de Tubería		Cédula		/ XS			/ XS			
	8											
CONDICIONES DE OPERACIÓN	9											
	10	Fluido				Agua Congénita			Agua Congénita			
	11	Estado				Líquido			Líquido			
	12	Flujo Gas	Máximo	Normal	Mínimo							
	13	Flujo Líquido	Máximo	Normal	Mínimo	6887.96 BPD	3507.14 BPD	3507.02 BPD	6887.96 BPD	3507.14 BPD	3507.02 BPD	
	14	Presión de Op.	Máxima	Normal	Mínima	8.5 kg/cm²g	8.5 kg/cm²g	7.01 kg/cm²g	8.5 kg/cm²g	8.5 kg/cm²g	7.01 kg/cm²g	
	15	Temp de Op.	Máxima	Normal	Mínima	50 °C	27.1 °C	20 °C	50 °C	27.1 °C	20 °C	
	16	Densidad Relativa:@ 60 °F				62 lb/ft³			62 lb/ft³			
	17	Densidad Relativa:@ C.F.				61.7 lb/ft³			61.7 lb/ft³			
	18	Viscosidad CPS @ T.F.		k (Cp / Cv)								
	19	Peso Molecular				18.02			18.02			
	20	Factor de Comprensibilidad (Z)										
	21	Capacidad Calorífica										
	22											
	23											
ELEMENTO SENSOR	24	Tipo				Coriólis			Coriólis			
	25	Material del Cuerpo				Ac. Inoxidable 316			Ac. Inoxidable 316			
	26	Material del Sensor				Hastelloy-C			Hastelloy-C			
	27	Tipo de Conexiones				ANSI Clase 150 RF			ANSI Clase 150 RF			
	28	Tamaño del Cuerpo				4"			4"			
	29	Rangeabilidad				100:1			100:1			
	30	Exactitud de Medición de Flujo				±0.15% del span o mejor			±0.15% del span o mejor			
	31	Exactitud de Medición de Densidad				± 0.0005 gr/cm³ o mejor			± 0.0005 gr/cm³ o mejor			
	32	Parametros a Monitorear				Flujo másico, volumétrico, densidad y temperatura			Flujo másico, volumétrico, densidad y temperatura			
	33											
INSTRUMENTO SECUNDARIO (Transmisor)	34	**No. de Tag**				**FIT-0001**			**FIT-0001**			
	35	Tipo de Transmisor				Multivariable			Multivariable			
	36	Transmisión				Directa			Directa			
	37	Señal de Salida				**Foundation Fieldbus H1**			**4-20mA/HART**			
	38	Suministro Eléctrico				9-32 VCD			24 VDC			
	39	Clasificación Eléctrica				NEMA 4X (NOTA 1)			NEMA 4X			
	40	Diagnósticos				Continuos			Continuos			
	41	Montaje				Acces. p/yugo 2"			Acces. p/yugo 2"			
	42	Pantalla de Cristal Líquido				Requerida			Requerida			
	43											
DATOS DE FABRICANTE	44	Marca Medidor				POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA			
	45	Modelo Medidor				POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA			
	46	Marca Transmisor				POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA			
	47	Modelo Transmisor				POR CONTRATISTA			POR CONTRATISTA			
	48											
	49											
	50											
	51											

NOTAS:

1.-CON APROBACIÓN PARA SEGURIDAD INTRÍNSECA EN ÁREA CLASE I, DIVISIÓN 1, GRUPOS C Y D.

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA			
			ELABORÓ Iniciales	REVISÓ Iniciales	VERIFICÓ Iniciales	JEFE DE PROYECTO Iniciales
D	05/2013	APROBADO PARA DISEÑO	JMCH / YMD	IJZR	IJZR	IJZR

ANEXO 4

Base de Datos de los Instrumentos usando Foundation Fieldbus y 4-20 mA/HART

ANEXO 4. Base de Datos de los Instrumentos usando Foundation Fieldbus y 4-20mA/HART

BASE DE DATOS DEL SISTEMA DIGITAL DE CONTROL

PLANTA: Universidad Nacional Autónoma de México
LOCALIZACIÓN: FES Zaragoza
DOCUMENTO No.: AH-BD-FES-Z-012

ELABORO: JMCH / YMD
FECHA: 2014
REV.: D

Tag. No.	Loc	Servicio del Instrumento	Tipo de Señal	SCD I/O	DTI No.	Estado	ALARMAS Alta	Alta-Alta	Baja	Baja-Baja	Set Point	OBSERVACIONES
	Lazo No:	F-0001	**Servicio del Lazo:**	AGUA DE SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001								
FIT-0001	LO	AGUA DE SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	FF	H1	FES-Z-001	Nuevo						Foundation Fieldbus
FI-0001	SDMC	AGUA DE SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo						
	Lazo No:	L-0001	**Servicio del Lazo:**	CONTROL DE NIVEL EN SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001								
LIT-0001	LO	ACEITE DEL SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	FF	H1	FES-Z-001	Nuevo						Foundation Fieldbus
LY-0001A	LO	ENTRADA MEZCLA AGUA-GAS-ACEITE A SEPARADOR TRIFÁSICO	FF	H1	FES-Z-001	Nuevo						Foundation Fieldbus
LY-0001B	LO	ACEITE DEL SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	FF	H1	FES-Z-001	Nuevo						Foundation Fieldbus
LAH-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo	1128 mm					
LAL-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo			457 mm			
LIC-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo						
	Lazo No:	P-0001	**Servicio del Lazo:**	PRESIÓN EN SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001								
PIT-0001	LO	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	FF	H1	FES-Z-001	Nuevo						Foundation Fieldbus
PAH-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo	9.0 kg/cm²					
PAL-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo			7.0 kg/cm²			
PI-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo						
	Lazo No:	T-0001	**Servicio del Lazo:**	TEMPERATURA EN SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001								
TIT-0001	LO	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	FF	H1	FES-Z-001	Nuevo						Foundation Fieldbus
TI-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo						

BASE DE DATOS DEL SISTEMA DIGITAL DE CONTROL

PLANTA: Universidad Nacional Autónoma de México
LOCALIZACIÓN: FES Zaragoza
DOCUMENTO No.: AH-BD-FES-Z-012

ELABORO: JMCH / YMD
FECHA: 2014
REV.: D

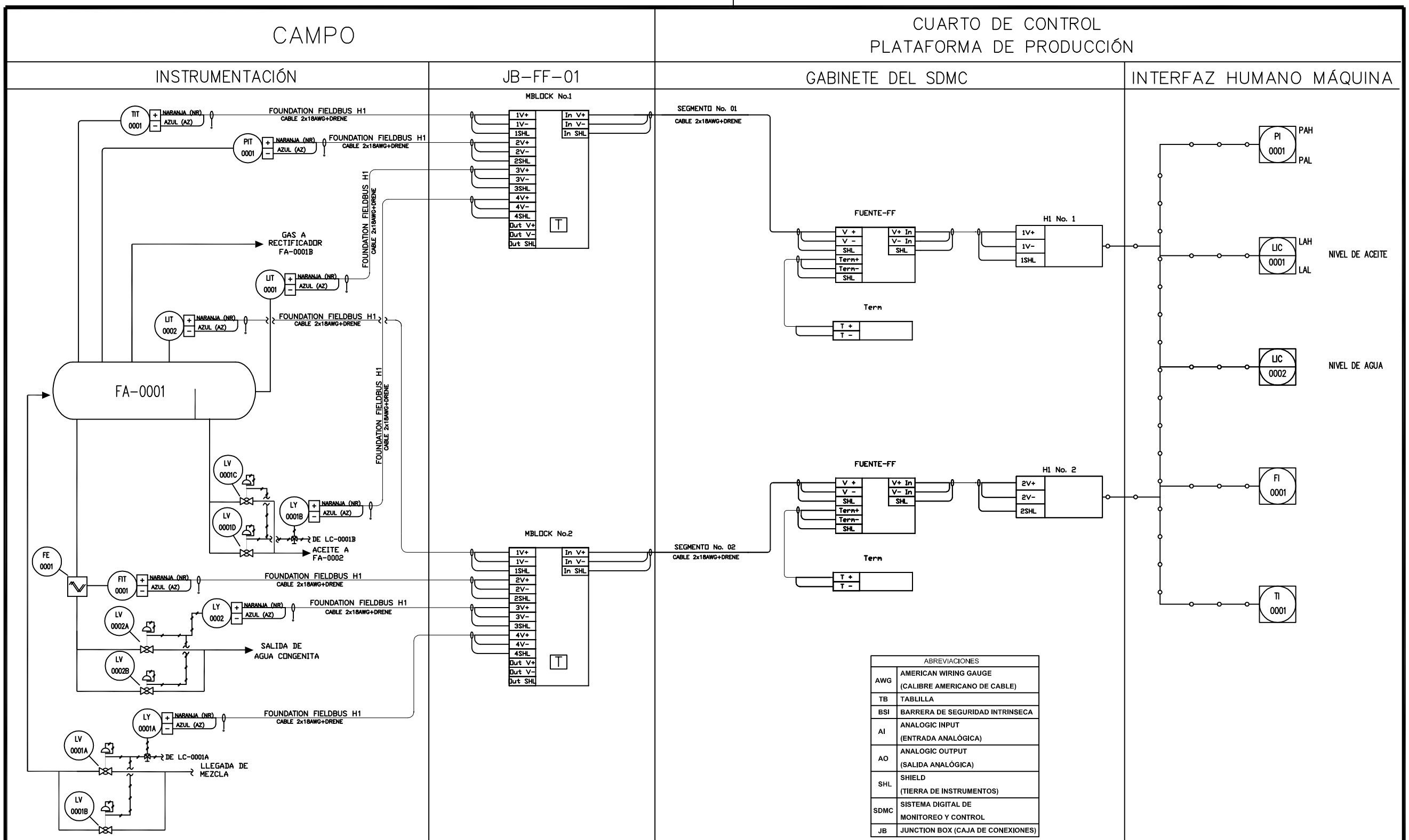
Tag. No.	Loc	Servicio del Instrumento	Tipo de Señal	SCD I/O	DTI No.	Estado	ALARMAS Alta	Alta-Alta	Baja	Baja-Baja	Set Point	OBSERVACIONES
	Lazo No:	F-0001	**Servicio del Lazo:**	AGUA DE SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001								
FIT-0001	LO	AGUA DE SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Analógica	AI	FES-Z-001	Nuevo						4 - 20 mA/HART
FI-0001	SDMC	AGUA DE SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo						
	Lazo No:	L-0001	**Servicio del Lazo:**	CONTROL DE NIVEL EN SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001								
LIT-0001	LO	ACEITE DEL SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Analógica	AI	FES-Z-001	Nuevo						4 - 20 mA/HART
LY-0001A	LO	ENTRADA MEZCLA AGUA-GAS-ACEITE A SEPARADOR TRIFÁSICO	Analógica	AO	FES-Z-001	Nuevo						4 - 20 mA/HART
LY-0001B	LO	ACEITE DEL SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Analógica	AO	FES-Z-001	Nuevo						4 - 20 mA/HART
LAH-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo	1128 mm					
LAL-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo			457 mm			
LIC-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo						
	Lazo No:	P-0001	**Servicio del Lazo:**	PRESIÓN EN SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001								
PIT-0001	LO	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Analogica	AI	FES-Z-001	Nuevo						4 - 20 mA/HART
PAH-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo	9.0 kg/cm²					
PAL-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo			7.0 kg/cm²			
PI-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo						
	Lazo No:	T-3101	**Servicio del Lazo:**	TEMPERATURA EN SEPARADOR DE 1A. ETAPA FA-3102TX DEL PA-3102T								
TIT-0001	LO	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Analogica	AI	FES-Z-001	Nuevo						4 - 20 mA/HART
TI-0001	SDMC	SEPARADOR TRIFÁSICO FA-0001	Configurado		FES-Z-001	Nuevo						

ANEXO 5

Diagramas de Instrumentación

ANEXO 5.- Diagrama de Instrumentación

a) Señal de comunicación Foundation Fieldbus



ABREVIACIONES	
AWG	AMERICAN WIRING GAUGE (CALIBRE AMERICANO DE CABLE)
TB	TABLILLA
BSI	BARRERA DE SEGURIDAD INTRINSECA
AI	ANALOGIC INPUT (ENTRADA ANALÓGICA)
AO	ANALOGIC OUTPUT (SALIDA ANALÓGICA)
SHL	SHIELD (TIERRA DE INSTRUMENTOS)
SDMC	SISTEMA DIGITAL DE MONITOREO Y CONTROL
JB	JUNCTION BOX (CAJA DE CONEXIONES)

CP	FECHA	REVISIONES				
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014		

NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA
2014-FES-Z-001	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN
	DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN

APROBADO POR

SUPERVISOR DEL PROYECTO

SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO : T. 082014

PROYECTO No:

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC. : S / E: ACOT. : mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN
SEPARADOR FA-0001 (Foundation Fieldbus)

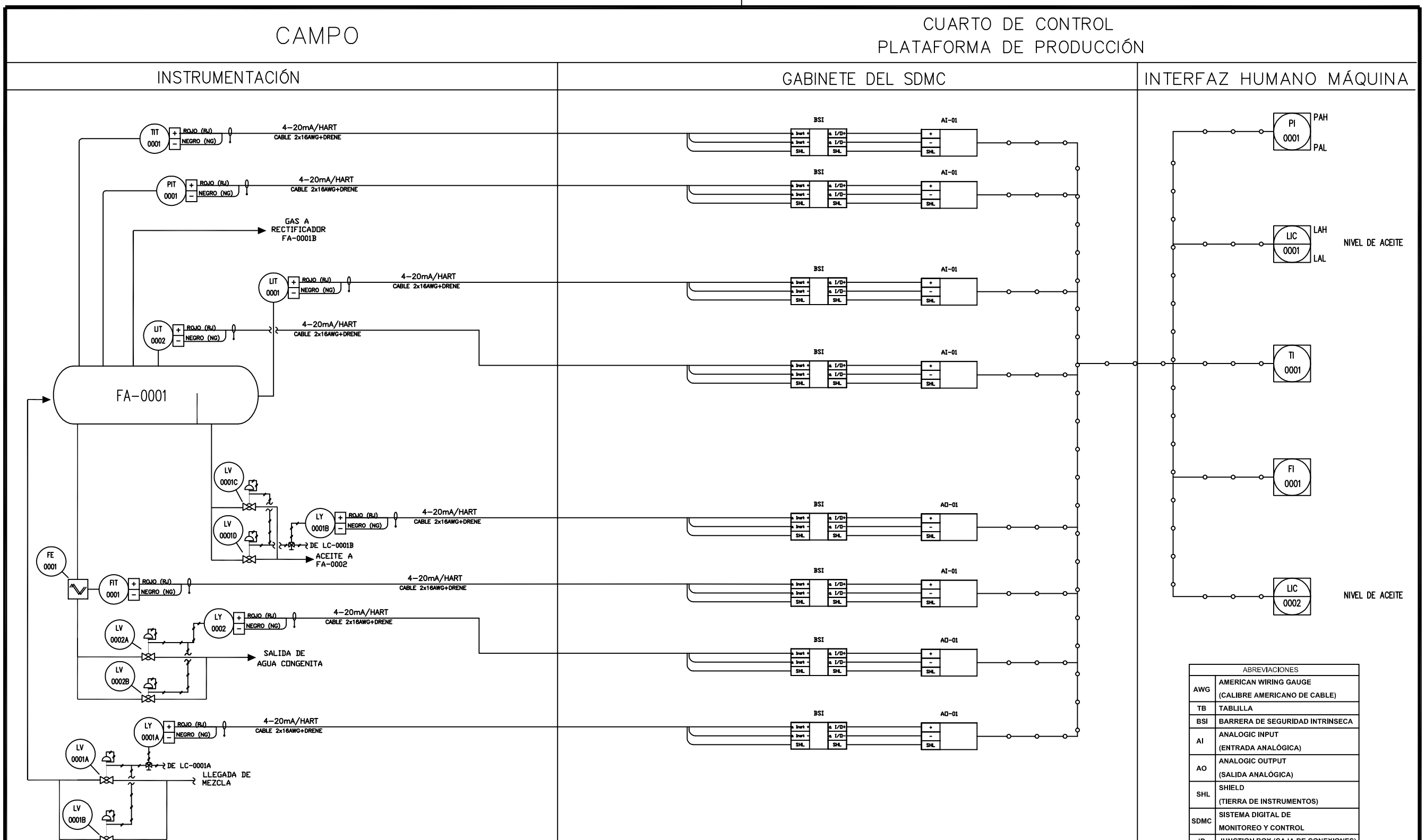
LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-003

REV. D

P.1.0000.06 2000

b) Señal de comunicación 4-20mA / HART



ABREVIACIONES	
AWG	AMERICAN WIRING GAUGE (CALIBRE AMERICANO DE CABLE)
TB	TABLILLA
BSI	BARRERA DE SEGURIDAD INTRINSECA
AI	ANALOGIC INPUT (ENTRADA ANALÓGICA)
AO	ANALOGIC OUTPUT (SALIDA ANALÓGICA)
SHL	SHIELD (TIERRA DE INSTRUMENTOS)
SDMC	SISTEMA DIGITAL DE MONITOREO Y CONTROL
JB	JUNCTION BOX (CAJA DE CONEXIONES)

CP	FECHA	REVISIONES				
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014		

NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA
2014-FES-Z-001	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN

APROBADO POR

SUPERVISOR DEL PROYECTO

SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO :

PROYECTO No: T. 082014

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC.: S / E: ACOT.: mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN SEPARADOR FA-0001 (4-20mA/HART)

LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-003

REV. D

P.1.0000.06 2000

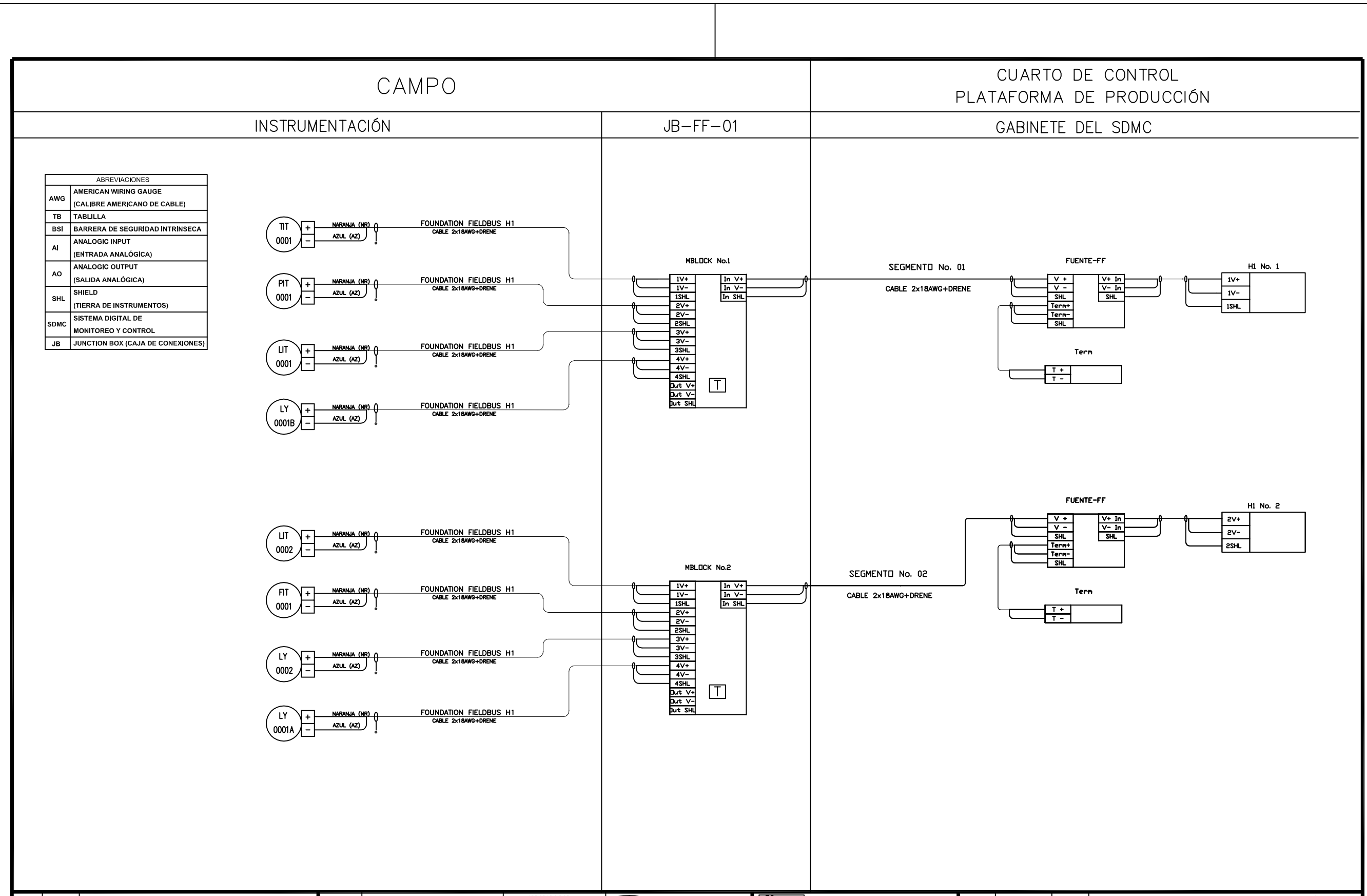
ANEXO 6

Diagramas de Alambrado

ANEXO 6.- Diagrama Alambrado

a) Señal de comunicación Foundation Fieldbus

ABREVIACIONES	
AWG	AMERICAN WIRING GAUGE (CALIBRE AMERICANO DE CABLE)
TB	TABLILLA
BSI	BARRERA DE SEGURIDAD INTRINSECA
AI	ANALOGIC INPUT (ENTRADA ANALÓGICA)
AO	ANALOGIC OUTPUT (SALIDA ANALÓGICA)
SHL	SHIELD (TIERRA DE INSTRUMENTOS)
SDMC	SISTEMA DIGITAL DE MONITOREO Y CONTROL
JB	JUNCTION BOX (CAJA DE CONEXIONES)



CP	FECHA	REVISIONES				
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014		

NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA
2014-FES-Z-001	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN
	DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN

APROBADO POR

SUPERVISOR DEL PROYECTO

SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO :

PROYECTO No: T. 082014

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC. : S / E: ACOT. : mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

DIAGRAMA DE ALAMBRADO
SEPARADOR FA-0001 (Foundation Fieldbus)

LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-004

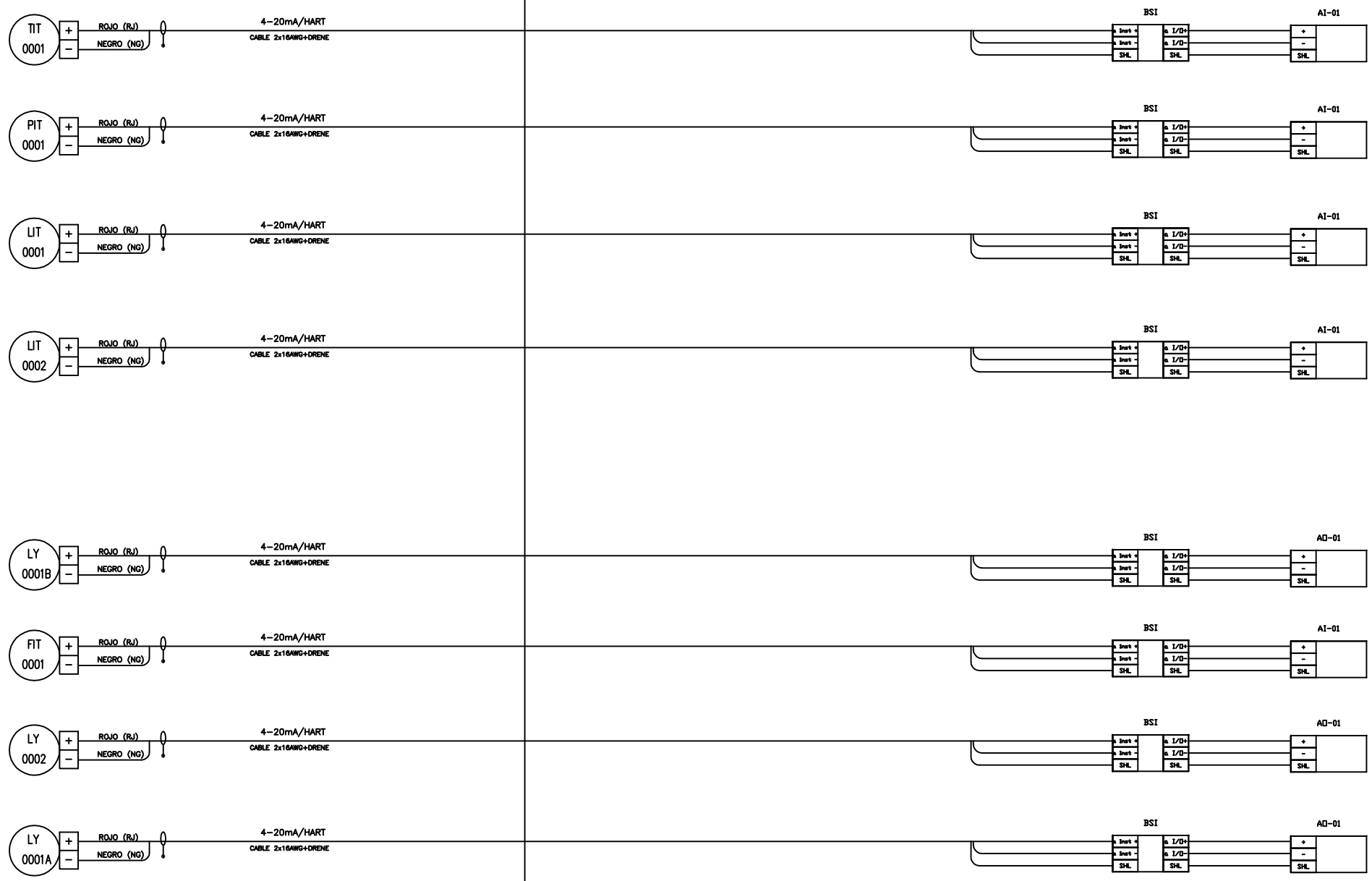
REV. D

P.1.0000.06 2000

b) Señal de comunicación 4-20mA / HART

CAMPO	CUARTO DE CONTROL PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN
INSTRUMENTACIÓN	GABINETE DEL SDMC

ABREVIACIONES	
AWG	AMERICAN WIRING GAUGE (CALIBRE AMERICANO DE CABLE)
TB	TABLILLA
BSI	BARRERA DE SEGURIDAD INTRINSECA
AI	ANALOGIC INPUT (ENTRADA ANALÓGICA)
AO	ANALOGIC OUTPUT (SALIDA ANALÓGICA)
SHL	SHIELD (TIERRA DE INSTRUMENTOS)
SDMC	SISTEMA DIGITAL DE MONITOREO Y CONTROL
JB	JUNCTION BOX (CAJA DE CONEXIONES)



CP	FECHA	REVISIONES				
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014		

NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA
2014-FES-Z-001	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN

APROBADO POR

SUPERVISOR DEL PROYECTO

SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO :

PROYECTO No: T. 082013

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC. : S / E: ACOT. : mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

DIAGRAMA DE ALAMBRADO
SEPARADOR FA-0001 (4-20mA)

LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-004

REV. D

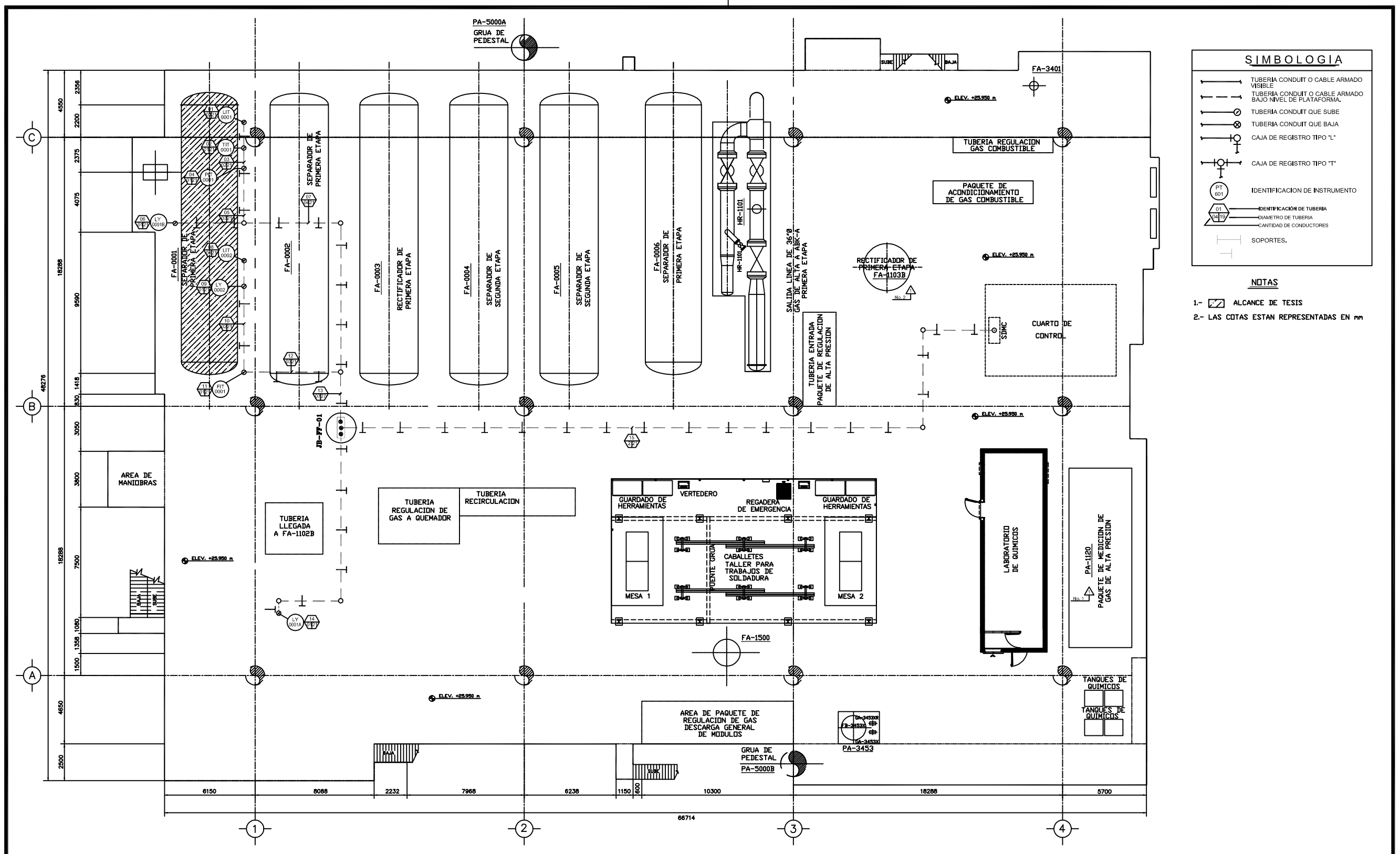
P.1.0000.06 2000

ANEXO 7

Plano de Localización y Conducción de Señales

ANEXO 7.- Plano de Localización de Instrumentos y Conducción de Señales.

Señal de comunicación Foundation Fieldbus



CP	FECHA	REVISIONES				
		REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		D	APROBADO PARA DISEÑO	2014		

NUM	DIBUJOS DE REFERENCIA
2014-FES-Z-001	DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN
	DEL SISTEMA DE SEPARACIÓN

APROBADO POR

SUPERVISOR DEL PROYECTO

SUPERINTENDENTE

UNAM

APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN

FIRMA AUTORIZADA FECHA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No. CONTRATO ESPECIFICO :

PROYECTO No: T. 082014

DIB. ELAB. EN: MÉXICO, D.F. AGOSTO 2014

ELABORO	ING. YMD	2014
ELABORO	ING. JMCH	2014
REVISO	ING. IJZR	2014
VERIFICO	ING. IJZR	2014
VALIDO	ING. IJZR	2014

ESC.: S / E: ACOT.: mm

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

CONDUCCION ELECTRICA DE INSTRUMENTOS

LUGAR: MÉXICO D.F.

No. PLANO PEP. 2014-FES-Z-005

REV. D

P.1.0000.06 2000

ANEXO 8

Cédula de Conducción

ANEXO 8. Cédula de Conducción.
a) Notas generales

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS

APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

CÉDULA DE CONDUCTORES	**PLANTA**: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO **LOCALIZACION:** FES Zaragoza **CONTRATO** T.082014	REVISÓ:	D	**ESPECIFICACIÓN NUM:**
		FECHA:	2014	**HOJA 1 DE 1**
		ELABORÓ:	JMCH / YMD	
		REVISÓ:	IJZR	
		APROBÓ:	IJZR	**AH-CC-FES-Z-057**

NOTAS:

1.- CABLE TIPO “A” CERTIFICADO PARA FIELDBUS, FORMADO POR UN PAR TORCIDO DE CONDUCTORES (AZUL-NARANJA) DE COBRE SUAVE ESTAÑADO. TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN 300 V Y 105^0C, IMPEDANCIA DE 100 OHMS @ 31.25 KHZ CON RECUBRIMIENTO INDIVIDUAL DE PVC, BLINDAJE DE CINTA MYLAR ALUMINIZADA, HILO DE DREN Y CUBIERTA EXTERIOR DE PVC COLOR AZUL CLARO, RESISTENTE A LA PROPAGACIÓN DE INCENDIOS.

2.- TUBERÍA CONDUIT DE ALUMINIO LIBRE DE COBRE CEDULA 40, RÍGIDO, CON RECUBRIMIENTO EXTERIOR DE PVC DE 40 MILÉSIMAS DE PULGADAS DE ESPESOR E INTERIOR DE URETANO DE 2 MILÉSIMAS DE PULGADA DE ESPESOR.

3.- CABLE FORMADO POR UN PAR TORCIDO DE CONDUCTORES DE COBRE SUAVE ESTAÑADO, TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN 300 V Y 105^0C CON RECUBRIMIENTO INDIVIDUAL DE PVC, BLINDAJE DE CINTA MYLAR ALUMINIZADA, HILO DE DREN Y CUBIERTA EXTERIOR DE PVC.

4.- CABLE TIPO “A” CERTIFICADO PARA FIELDBUS, FORMADO POR UN PAR TORCIDO DE CONDUCTORES (AZUL-NARANJA) DE COBRE SUAVE ESTAÑADO. TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN 300 V Y 105^0C, IMPEDANCIA DE 100 OHMS @ 31.25 KHZ CON RECUBRIMIENTO INDIVIDUAL DE PVC, BLINDAJE DE CINTA MYLAR ALUMINIZADA, HILO DE DREN Y CUBIERTA EXTERIOR DE PVC COLOR NARANJA, RESISTENTE A LA PROPAGACIÓN DE INCENDIOS.

DIBUJOS DE REFERENCIA:

D-PL-FES-Z-052 **PLANO DE LOCALIZACIÓN DE INSTRUMENTOS Y CONDUCCIÓN DE SEÑAL ELÉCTRICA.**

ANEXO 8. Cédula de Conducción.
b) Protocolo de comunicación Foundation Fieldbus y 4-20mA/HART

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

CÉDULA DE CONDUCTORES

PLANTA: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
LOCALIZACION: FES Zaragoza
PROYECTO: T.082014

REVISIÓN:	D	**ESPECIFICACIÓN**
FECHA:	2014	**NUM:**
ELABORÓ:	JMCH/YMD	**HOJA 2 DE 3**
REVISÓ:	IJZR	
APROBÓ:	IJZR	**AH-CC-FES-Z-057**

TUBO No.	CIRCUITO	RUTA		EQUIPO O LÍNEA	CONDUIT			CONDUCTORES			TIPO DE SEÑAL	OBSERVACIONES
		DE	A		DIAMETRO MM	LONGITUD mts.	TIPO	CANTIDAD	CALIBRE AWG	LONG. TOT. mts.		
FONDATION FIELDBUS												
1	C-1	LIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	7	NOTA 2	1	2X18	37	FF	NOTA 1
2	C-2	TIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	2	NOTA 2	1	2X18	33	FF	NOTA 1
3	C-1 y C-2				21 (3/4")	3	NOTA 2	2	2X18		FF	
4	C-3	PIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	3	NOTA 2	1	2X18	32	FF	NOTA 1
5	C-1 a C-3				21 (3/4")	3	NOTA 2	3	2X18		FF	
6	C-4	LY-0001B	JB-FF-01		21 (3/4")	7	NOTA 2	1	2X18	32	FF	NOTA 1
7	C-1 a C-4				21 (3/4")	10	NOTA 2	4	2X18		FF	
8	C-5	LIT-0002	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	4	NOTA 2	1	2X18	24	FF	NOTA 1
9	C-6	LY-0002	JB-FF-01		21 (3/4")	3	NOTA 2	1	2X18	21	FF	
10	C-5 y C-6				21 (3/4")	3	NOTA 2	2	2X18		FF	
11	C-7	FIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	4	NOTA 2	1	2X18	15	FF	
12	C-5 a C-7				21 (3/4")	10	NOTA 2	3	2X18		FF	
13	C-1 a C-7				21 (3/4")	3	NOTA 2	7	2X18		FF	NOTA 1
14	C-8	LY-0001A	JB-FF-01		21 (3/4")	19	NOTA 2	1	2X18	19	FF	
15	SEGMENTOS No.1/2	JB-FF-01	SDMC		21 (3/4")	29	NOTA 2	2	2X18	120	FF	NOTA 4
4-20 ma / HART												
1	C-1	LIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	7	NOTA 2	1	2X16	97	4-20 mA/HART	NOTA 3
2	C-2	TIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	2	NOTA 2	1	2X16	93	4-20 mA/HART	NOTA 3
3	C-1 y C-2				21 (3/4")	3	NOTA 2	2	2X16		4-20 mA/HART	
4	C-3	PIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	3	NOTA 2	1	2X16	92	4-20 mA/HART	NOTA 3
5	C-1 a C-3				21 (3/4")	3	NOTA 2	3	2X16		4-20 mA/HART	
6	C-4	LY-0001B	JB-FF-01		21 (3/4")	7	NOTA 2	1	2X16	92	4-20 mA/HART	NOTA 3
7	C-1 a C-4				21 (3/4")	10	NOTA 2	4	2X16		4-20 mA/HART	
8	C-5	LIT-0002	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	4	NOTA 2	1	2X16	84	4-20 mA/HART	NOTA 3
9	C-6	LY-0002	JB-FF-01		21 (3/4")	3	NOTA 2	1	2X16	81	4-20 mA/HART	NOTA 3
10	C-5 y C-6				21 (3/4")	3	NOTA 2	2	2X16		4-20 mA/HART	
11	C-7	FIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	4	NOTA 2	1	2X16	75	4-20 mA/HART	NOTA 3
12	C-5 a C-7				21 (3/4")	10	NOTA 2	3	2X16		4-20 mA/HART	
13	C-1 a C-7				27 (1")	3	NOTA 2	7	2X16		4-20 mA/HART	
14	C-8	LY-0001A	JB-FF-01		21 (3/4")	19	NOTA 2	1	2X16	79	4-20 mA/HART	NOTA 3

ANEXO 8. Cédula de Conducción.
c) Protocolo de comunicación Foundation Fieldbus y 4-20mA/HART

PROPUESTA DE DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN FOUNDATION FIELDBUS APLICADO A LA INSTRUMENTACIÓN DE UN TANQUE SEPARADOR DE CRUDO

CÉDULA DE CONDUCTORES

PLANTA: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
LOCALIZACION: FES Zaragoza
PROYECTO: T.082014

REVISIÓN:	D
FECHA:	2014
ELABORÓ:	JMCH/YMD
REVISÓ:	IJZR
APROBÓ:	IJZR

ESPECIFICACIÓN NUM:
HOJA 3 DE 3
AH-CC-FES-Z-057

TUBO No.	CIRCUITO	RUTA DE	RUTA A	EQUIPO O LÍNEA	CONDUIT DIAMETRO MM	CONDUIT LONGITUD mts.	CONDUIT TIPO	CONDUCTORES CANTIDAD	CONDUCTORES CALIBRE AWG	CONDUCTORES LONG. TOT. mts.	TIPO DE SEÑAL	OBSERVACIONES
FONDATION FIELDBUS												
1	C-1	LIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	7	NOTA 2	1	2X18	37	FF	NOTA 1
2	C-2	TIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	2	NOTA 2	1	2X18	33	FF	NOTA 1
3	C-1 y C-2				21 (3/4")	3	NOTA 2	2	2X18		FF	
4	C-3	PIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	3	NOTA 2	1	2X18	32	FF	NOTA 1
5	C-1 a C-3				21 (3/4")	3	NOTA 2	3	2X18		FF	
6	C-4	LY-0001B	JB-FF-01		21 (3/4")	7	NOTA 2	1	2X18	32	FF	NOTA 1
7	C-1 a C-4				21 (3/4")	10	NOTA 2	4	2X18		FF	
8	C-5	LIT-0002	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	4	NOTA 2	1	2X18	24	FF	NOTA 1
9	C-6	LY-0002	JB-FF-01		21 (3/4")	3	NOTA 2	1	2X18	21	FF	
10	C-5 y C-6				21 (3/4")	3	NOTA 2	2	2X18		FF	
11	C-7	FIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	4	NOTA 2	1	2X18	15	FF	
12	C-5 a C-7				21 (3/4")	10	NOTA 2	3	2X18		FF	
13	C-1 a C-7				21 (3/4")	3	NOTA 2	7	2X18		FF	NOTA 1
14	C-8	LY-0001A	JB-FF-01		21 (3/4")	19	NOTA 2	1	2X18	19	FF	
15	SEGMENTOS No.1/2	JB-FF-01	SDMC		21 (3/4")	29	NOTA 2	2	2X18	120	FF	NOTA 4
4-20 mA / HART												
1	C-1	LIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	7	NOTA 2	1	2X16	97	4-20 mA/HART	NOTA 3
2	C-2	TIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	2	NOTA 2	1	2X16	93	4-20 mA/HART	NOTA 3
3	C-1 y C-2				21 (3/4")	3	NOTA 2	2	2X16		4-20 mA/HART	
4	C-3	PIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	3	NOTA 2	1	2X16	92	4-20 mA/HART	NOTA 3
5	C-1 a C-3				21 (3/4")	3	NOTA 2	3	2X16		4-20 mA/HART	
6	C-4	LY-0001B	JB-FF-01		21 (3/4")	7	NOTA 2	1	2X16	92	4-20 mA/HART	NOTA 3
7	C-1 a C-4				21 (3/4")	10	NOTA 2	4	2X16		4-20 mA/HART	
8	C-5	LIT-0002	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	4	NOTA 2	1	2X16	84	4-20 mA/HART	NOTA 3
9	C-6	LY-0002	JB-FF-01		21 (3/4")	3	NOTA 2	1	2X16	81	4-20 mA/HART	NOTA 3
10	C-5 y C-6				21 (3/4")	3	NOTA 2	2	2X16		4-20 mA/HART	
11	C-7	FIT-0001	JB-FF-01	FA-0001	21 (3/4")	4	NOTA 2	1	2X16	75	4-20 mA/HART	NOTA 3
12	C-5 a C-7				21 (3/4")	10	NOTA 2	3	2X16		4-20 mA/HART	
13	C-1 a C-7				27(1")	3	NOTA 2	7	2X16		4-20 mA/HART	
14	C-8	LY-0001A	JB-FF-01		21 (3/4")	19	NOTA 2	1	2X16	79	4-20 mA/HART	NOTA 3

CONDUCTORES PARA SEÑALES FIELDBUS

DIAM. TUBO	# DE CONDUCTORES/TUBO
3/4"	5
1"	8
1 1/2"	19
2"	31
2 1/2"	45
3"	69

CONDUCTORES PARA SEÑALES 4-20 mA

DIAM. TUBO	# DE CONDUCTORES/TUBO
3/4"	4
1"	7
1 1/2"	16
2"	26
2 1/2"	37
3"	57

TOTAL EN METROS POR TIPO DE SEÑAL

SEÑALES FOUNDATION FIELDBUS

CONDUIT		CONDUCTORES	
21 (3/4") =	110	SEGMENTOS 2 X 18 =	0
27(1") =	0	2X18 =	333
41 (1 1/2") =	0	2X16 =	0
53(2") =	0	2X22 =	0

SEÑALES 4-20 mA

CONDUIT		CONDUCTORES	
21 (3/4") =	78	SEGMENTOS 2 X 18 =	0
27 (1") =	3	2X18 =	0
41 (1 1/2") =	0	2X16 =	693
53(2") =	0	2X22 =	0

GLOSARIO

Bit.- Unidad mínima de información que puede adoptar dos valores o estados distintos (dígito binario).

Bits por segundo.- Es una medida para la velocidad de transmisión de datos, la cantidad de Bits que se transmiten por unidad de tiempo.

Byte.- conjunto de 8 bits.

Bus (Canal).- Se refiere al medio físico por donde los datos van de un origen a un destino.

Conmutador de datos (Switch).- Es un dispositivo que selecciona una ruta o un circuito para enviar una unidad de datos a su destino.

Controlador.- Dispositivo que opera automáticamente para regular una variable controlada.

Controlador Lógico Programable (PLC).- Es un sistema de control que tiene memoria programable por el usuario, para almacenamiento de instrucciones de funciones específicas, tales como: control lógico de entradas y salidas, temporizadores, aritmética y manipulación de datos entre otras.

Convertidor de protocolos (Gateway).- dispositivo utilizado para convertir protocolos, que permite interconectar redes diferentes con protocolos diferentes.

Ethernet.- Topología de red de área local basada en la norma IEEE-802.3, la cual los dispositivos que están conectados al canal de comunicación compiten por el acceso al mismo.

Fieldbus Foundation.- Protocolo de comunicación completamente digital, para equipo de campo (H1) y subsistemas de control (HSE).

Gategay.-Traduce otro protocolo a Fieldbus, por ejemplo de HART a Fieldbus o de Modbus a Fieldbus.

H1.- Especificación de la Foundation Fieldbus para la comunicación entre instrumentos de campo, en la cual se lleva a cabo el control del proceso.

HART.- Highway Addressable Remote Transduser. Protocolo de comunicación para transmisores.

Instrumento.- Dispositivo para determinar el valor presente de la variable medida, con propósitos de observación medición o control.

Interface Humano Máquina (HMI).- Es un ambiente gráfico por medio del cual un operador interactúa con un sistema de control y éste a su vez con el proceso.

Interoperabilidad.- Es la capacidad de un dispositivo de un fabricante para interactuar con el de otro fabricante en una red Fieldbus sin pérdida de funcionalidad.

Lazo de Control.- Es un grupo de bloques de función (FB) que se ejecutan a una velocidad especificada dentro de un dispositivo de bus de campo o distribuido a través la red de bus de campo.

Multiconexión (Multidrop).- Es un sistema de comunicación en el cual más de dos dispositivos son conectados en un medio de trasmisión único.

Multiplexor HART.- dispositivo que permite seleccionar de entre varias señales, a una de ellas en un tiempo específico para su procesamiento, y con ello administrar la información del transmisor inscrita en la tecnología HART.

Protocolo de comunicación.- Conjunto formal de reglas convencionales que rigen el formato y la sincronización relativa al intercambio de mensajes entre dos o más dispositivos en una red de comunicaciones.

Red.- Grupo o conjunto de computadoras, terminales, periféricos, equipos de control, etc., conectados a través de un medio físico o inalámbrico.

Repetidor.- Es el dispositivo más sencillo para la interconexión de redes, que proporciona una simple regeneración de la señal; ya que conforme una señal eléctrica viaja a través de un medio de transmisión, se degrada en proporción directa a la distancia recorrida. A esta degradación se le llama atenuación.

Ruteador (Router).- Es un dispositivo que determina el siguiente punto de la red al cual un paquete deberá ser enviado de acuerdo a un destino. El ruteador está conectado al menos a dos redes, y decide cual camino utilizar para enviar cada paquete de información. Este dispositivo puede crear y mantener una tabla de las rutas disponibles y sus condiciones, y usa esta información, junto con algoritmo de costos y distancias, para determinar la mejor ruta para un paquete dado. Típicamente, un paquete puede viajar a través de diversos puntos de las redes, antes de arribar a su destino.

Sistema de Control Distribuido.- Es una red de procesadores digitales de información, con sistema operativo distribuido y procesamiento en tiempo real operando bajo los conceptos de la teoría de control automático.

Sistema de Comunicación.- Conjunto de equipos y dispositivos que permiten transmitir información a través de un medio de comunicación.

Sistema Digital de Monitoreo y Control.- El término hace referencia a cualquier dispositivo basado en instrumentación y sistemas de computadoras o bien basados en microprocesadores, para funciones de control o de adquisición de datos.

Topología.- Define la estructura mediante la cual los diferentes dispositivos usados en el sistema digital de monitoreo y control se interconectan.

Transmisor.- Es un instrumento que capta la variable del proceso y la transmite a distancia, a un instrumento receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos. La transmisión puede ser neumática, electrónica, hidráulica o telemétrica.