



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**“INSTRUMENTACIÓN INALÁMBRICA
(WIRELESSHART) EN SISTEMAS DE CONTROL DE
PROCESOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA: **JESÚS VELASCO MONTOYA**

DIRECTOR:

I.Q IVÁN J. ZAVALZA RAMÍREZ

CIUDAD DE MÉXICO

2016





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 142/15

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a): Velasco Montoya Jesús

PRESENTE

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

PRESIDENTE	I.Q. EDUARDO VÁZQUEZ ZAMORA
VOCAL	I.Q. IVÁN J. ZAVALZA RAMÍREZ*
SECRETARIO	M. en I. SALVADOR JACINTO GALLEGOS RAMALES
SUPLENTE	M. en I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA
SUPLENTE	I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México D.F. a 26 de febrero de 2015

JEFA DE CARRERA

I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.**

Comunico a usted que al alumno(a) **Velasco Montoya Jesús.** con número de cuenta **40708693-7** de la carrera **Ingeniería Química,** se le ha fijado el día **10** del mes de **Febrero** de **2017** a las **17:00 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 | I.Q. EDUARDO VÁZQUEZ ZAMORA |
| VOCAL | I.Q. IVÁN J. ZAVALZA RAMÍREZ |
| SECRETARIO | M. EN I. SALVADOR JACINTO GALLEGOS RAMALES |
| SUPLENTE | M. EN I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA |
| SUPLENTE | I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ |

El título de la tesis que se presenta es: "Instrumentación inalámbrica (WirelessHart) en sistemas de control de procesos".

Opción de Titulación: Convencional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 01 de Diciembre de 2016.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR



DIRECCIÓN

Vo.Bo.

I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
JEFA DE LA CARRERA DE I.Q.

RECIBI:

OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

DEDICATORIAS

*Con todo mi amor y cariño a mis padres Sr. Jesús Velasco Romero y Sra. Elvira Montoya Cruz, que con su apoyo y confianza hicieron todo en la vida sin escatimar esfuerzo alguno para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y por convertirme en una persona de provecho, ayudándome al logro de una meta más “mi carrera profesional”, pilares en mi formación como persona.
¡Gracias!*

A mis hermanos Héctor y Mariela, a mi Cuñada Nhisa y mi sobrino Héctor Saustín, los cuales quiero mucho, por la unión que siempre ha imperado y porque en los momentos difíciles siempre están a mi lado, pero también en los momentos de alegrías.

A mi familia, que son mi razón para luchar y porque saben que siempre cuentan con migo

A todos mis amigos y compañeros.

Finalmente quiero dedicárselo a todas esas personas que ya no están conmigo pero siempre los llevo en mi corazón en especial para mi Abuelita Carlota Romero Córdoba (†) donde quiera que estés.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecer a la vida por darme la valiosa oportunidad de pertenecer a la carrera de Ingeniería Química. También a la máxima casa de estudios la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad De Estudios Superiores Zaragoza por formar parte de ellas.

Agradecemos sinceramente a los honorables miembros del jurado:

I.Q. Eduardo Vázquez Zamora

M. en I. Salvador Jacinto Gallegos Ramales

M. en I. Pablo Eduardo Valero Tejeda

I.Q. Delfino Galicia Ramírez

Por la revisión y comentarios realizados para el término de este trabajo.

En especial agradecimiento al I.Q. Iván Zavazla Ramírez, I.Q. Erick O. Martínez Aguirre, I.Q. Leticia Gutiérrez Estévez, por su apoyo y conocimientos aportados en mi desarrollo profesional y durante la elaboración de este trabajo, además de brindarme su excelente amistad.

Finalmente agradecemos a todas aquellas personas que me apoyaron a lo largo de mi crecimiento personal y profesional y que de alguna manera ayudaron en la culminación de este trabajo muchas gracias.

CONTENIDO

	Pag.
INDICE	2
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVOS	10
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	11
1.1.- HISTORIA DE LAS SEÑALES	12
1.2.-TRANSMISORES NEUMÁTICOS	21
1.3.-TRANSMISORES ELECTRÓNICOS	22
1.4.-TRANSMISORES DIGITALES	23
1.5.- TRANSMISORES PROTOCOLIZADOS	23
1.5.1 Hart.....	23
1.5.2 Profibus.....	25
1.5.3.- Foundation Fieldbus (FF).....	25
1.5.4- Protocolos inalámbricos.....	27
1.6.- LAZO DE CONTROL	29
1.6.1.- Tipos de lazo de control.....	30
1.6.1.1.- Lazo de control abierto.....	30
1.6.1.2.- Lazo de control cerrado.....	31
1.6.2.- Componentes del lazo de control.....	32
1.6.2.1.-Elemento primario (sensor).....	33
1.6.2.2.-Elemento secundario (transmisor).....	33
1.6.2.3.-Medio físico de transmisión de la señal.....	34
1.6.2.4.-Receptor de la señal (TRANSDUCTOR).....	35
1.6.2.5.-Elemento final.....	36
1.6.3.-Modos de Control.....	36
1.6.3.1.-Dos posiciones (ON-OFF).....	36
1.6.3.2.-Control proporcional (P).....	37
1.6.3.3.-Control integral (I).....	38
1.6.3.4.-Control Derivativo (D).....	38
1.6.3.5.-Control proporcional con reajuste automático (PI).....	39
1.6.3.6.-Control proporcional con reajuste automático y acción derivativa (PID).....	39
1.6.3.7.-Control Avanzado.....	40
1.7.- SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (SCD)	42
1.8.- SCADA	44
CAPÍTULO II. ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA	46
2.1.-PROTOSCOLOS INALÁMBRICOS	47
2.1.1.-ZigBee.....	48
2.1.2.-Bluetooth.....	49
2.1.3.- Wi-Fi.....	50
2.1.3.1.- IEEE 802.11b (Wi-Fi Frecuencia Directa).....	51
2.1.3.2.- IEEE 802.11a (Wi-Fi Frecuencia Ortogonal).....	51

2.1.3.3.- IEEE 802.11g (Wi-Fi Frecuencia Orto. Y Direc.).....	52
2.1.3.4.- IEEE 802.11n(Wi-Fi Frecuencia Ortogonal).....	52
2.1.3.5.-WirelessHart.....	53
2.2.-CARACTERÍSTICAS DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	54
2.2.1.-Seguridad en la transmisión de datos.....	54
2.2.2.-Actualización de datos.....	55
2.2.3.-Tipos de datos y transmisión de datos.....	56
2.2.4.-Potencia.....	56
2.2.5.-Latencia.....	56
2.2.6.-Métodos de transmisión.....	56
2.2.7.-Red Pertenencia.....	57
2.2.8.-Configuración de radio.....	57
2.2.9 Topologías de los instrumentos inalámbricos.....	58
2.2.9.1 Punto a punto y estrella.....	58
2.2.9.2 Redes Mesh.....	59
2.3.-APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.....	60
2.3.1.-Sistemas de seguridad.....	60
2.3.2.-Sistemas de control.....	60
2.3.3.-Sistemas de monitoreo.....	68
2.4.-NORMATIVIDAD EN LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.....	68
2.5 VENTAJAS DE INALÁMBRICO.....	69
CAPÍTULO III. TECNOLOGÍA WIRELESSHART.....	71
3.1.-PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.....	73
3.2.-ARQUITECTURA.....	75
3.2.1.-Malla.....	75
3.3.-ANCHO DE BANDA.....	78
3.4.-SEGURIDAD EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS.....	79
3.5.-CONSUMOS DE ENERGÍA.....	80
3.6.-REDUCCIÓN DE COSTOS.....	81
3.7.- ¿CÓMO ELEGIR UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN WIRELESSHART?.....	82
3.8.- NORMATIVIDAD.....	83
3.8.1.-IEEE 802.15.4(Protocolos de datos para redes inalámbricas ligeras).....	83
3.8.2.- IEC 62591 (Red Inalámbrica de comunicación industrial Wirelesshart).....	84
3.9.-RESUMEN DE WIRELESSHART.....	85
CAPÍTULO IV. CASO DE ESTUDIO (PLATAFORMA REC. DE POZOS).....	87
4.1.-CASO DE ESTUDIO.....	88
4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	91
4.2.1.-Sistema de Control de Pozos.....	91
4.2.2.-Separador de Prueba.....	93
4.2.3.-Depurador de Gas de Instrumentos.....	95
4.2.4.-Sistema de Inyección de Agentes Químicos.....	96
4.2.4.1.-Inhibidor de Corrosión.....	96
4.2.4.2.-Inhibidor de Incrustación.....	97

4.3.-DOCUMENTOS DE INGENIERÍA.....	97
4.3.1.-Ingeniería Básica.....	97
4.3.1.1.-PLG (Plano de Localización General de Equipos).....	98
4.3.1.2.-DFP´S (Diagrama de Flujo de Proceso).....	99
4.3.1.3.-DTI´S (Diagrama de Tubería e Instrumentación).....	100
4.3.1.4.-Especificaciones Técnicas de Equipos.....	101
4.3.2.-Ingeniería de Detalle.....	103
4.3.2.1.-Índice de Instrumentos.....	103
4.3.2.2.-Sumario de Instrumentos.....	104
4.3.2.3.-Diagrama Lógico de Control.....	105
4.3.2.4.-Hoja de Datos de Instrumentos.....	105
4.3.2.5.-Cuestionarios Técnicos de Instrumentos.....	106
4.3.2.6.-Especificaciones Técnicas de Instrumentos.....	107
4.3.2.7.-Desplegados Gráficos.....	109
4.3.2.8.-Base de Datos de las Señales de Monitoreo y Control.....	110
4.3.2.9.-Típicos de Instalación.....	111
4.3.2.10.-Diagramas de Lazo.....	112
4.3.2.11.-Especificación Típica de un Instrumento Inalámbrico.....	113
4.3.2.12.-Plano de Conducción de Señales.....	115
4.3.2.13.-Cedula de Conductores.....	115
CONCLUSIONES.....	116
GLOSARIO DE TERMINOS.....	117
BIBLIOGRAFIA.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1. Inicio del desarrollo de la instrumentación.....	12
Figura 1.2. Centralización de funciones de medida y de control.....	12
Figura 1.3 Panel gráfico.....	14
Figura 1.4 Control distribuido.....	15
Figura 1.5. Evolución de las señales de comunicación 1.....	18
Figura 1.6. Evolución de las señales de comunicación 2.....	18
Figura 1.7. Interface Hombre – Máquina.....	20
Figura 1.8. Flujograma Evolutivo de Instrumentos Inteligentes... ..	21
Figura 1.9. Transmisores Neumáticos.....	22
Figura 1.10. Transmisores Electrónicos.....	22
Figura 1.11. Modelo OSI.....	24
Figura 1.12. Frecuencia de Señal Analógica.....	24
Figura 1.13. Cables Torsionados.....	26
Figura 1.14. Señal Fieldbus.....	27
Figura 1.15. Diferentes niveles de SCD	28
Figura 1.16. Lazo de control.....	29
Figura 1.17. Lazo de control Abierto.....	29
Figura 1.18. Lazo de control cerrado retroalimentado.....	30
Figura 1.19. Lazo de control abierto.....	31
Figura 1.20. Lazo de control cerrado.....	31
Figura 1.21. Lazo de control cerrado retroalimentado.....	32
Figura 1.22. Niveles jerárquicos del control avanzado.....	41
Figura 1.23. Cuarto de control central.....	42
Figura 1.24. Presentación gráfica del proceso.....	43
Figura 1.25. Partes de un Sistema SCADA.....	44
Figura 2.1 Cobertura vs Velocidad de Datos.....	47
Figura 2.2. Guía para los estándares IEEE 802.11	52
Figura 2.3. Métodos de transmisión : (a) frecuencia fija (b) Frequency Hopping Spread Spectrum , FHSS (c) Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS y (d) Orthogonal Frequency Division Multiplexing , OFDM.....	57
Figura 2.4. Topología punto a punto y Topología en estrella.....	58
Figura 2.5. Red de instrumento Meshed.....	59
Figura 2.6. Meshed de nodo de red.....	59
Figura 2.7. Valores de medición típicos.....	61
Figura 2.8. Valores de medición típicos de Inalámbricos.....	62
Figura 2.9. Latencia.....	63
Figura 2.10. Comunicación periódica o macrociclo.....	64
Figura 2.11. Caminos de comunicación.....	64
Figura 2.12. Bucle de control.....	66
Figura 2.13. Comunicaciones Individuales.....	66

Figura 2.14. Lazo de control cerrado y abierto de un dispositivo inalámbrico.....	67
Figura 3.1. Principio de operación.....	74
Figura 3.2. Red mesh inalámbrica, concepto <i>WirelessHart</i>.....	76
Figura 3.3. Obstrucción en Red malla.....	77
Figura 3.4. Programa AMS wireless SNAP-ON.....	78
Figura 3.5. Estructura de canales del IEEE 802.15.4	78
Figurar 3.6. Seguridad de transmisión de datos.....	80
Figurar 3.7. Batería para inalámbricos.....	81
Figurar 3.8. Comparacion de costos inalámbrico vs Cableados.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 2.1. Selección de tecnologías.....	47
Tabla 2.2. Perfiles de aplicación Bluetooth.....	50
Tabla 2.3. Características Wi –Fi.....	51
Tabla 3.1. Características del estándar 802.15.4.....	84
Tabla 3.2. Resumen de Wirelesshart.....	85
Tabla 4.1. Ubicación.....	89
Tabla 4.2. Características de Campo.....	89
Tabla 4.3. Condiciones de Flujo.....	90
Tabla 4.4. Condiciones de Operación.....	90
Tabla 4.5. Composición de Muestra.....	90
Tabla 4.6. Flujos.....	91

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el ritmo competitivo de la industria impulsa el desarrollo de la tecnología a un compás acelerado. Los negocios que buscan un crecimiento saben que es factible mantener una brecha competitiva a través de la implementación de innovaciones con la mayor eficiencia posible, reducción de costos, confiabilidad, larga duración de vida útil, etc. Es por ello que actualmente muchas empresas encuentran argumentos confiables en el proceso de la comunicación inalámbrica para sus soluciones. Ejemplo de lo anterior es la tecnología Wirelesshart (IEC-62591 - Red Inalámbrica de comunicación industrial Wirelesshart), que es nueva en la industria y que desde sus inicios ha estado presente en distintas aplicaciones, con lo que muchas áreas se han visto beneficiadas a través de su implementación. No obstante, el proceso de comunicación inalámbrica en el transcurso del tiempo se ha transformado para garantizar la información transportada, lo cual la hace más segura y confiable para las aplicaciones industriales actuales. Es así que hoy en día muchas industrias encuentran una gran cantidad de argumentos en la tecnología inalámbrica para sus soluciones. Las plantas industriales que tienen una infraestructura densa, movimiento frecuente de equipo grande, condiciones variables o numerosas fuentes de interferencia electromagnética o de radiofrecuencia pueden enfrentar retos de comunicación. Los instrumentos inalámbricos tienen varias funciones que permiten establecer una comunicación fiable en todos los entornos industriales, además de que emplean medidas de seguridad robustas para proteger la red y asegurar la integridad de la información en todo momento. Estas medidas incluyen las últimas técnicas de seguridad a fin de proporcionar los más altos niveles de protección disponibles.

Gracias a la gran cantidad de características positivas de la tecnología inalámbrica el protocolo de comunicación *WirelessHART* hoy en día se ha estado convirtiendo en una de las mayores soluciones para la industria petroquímica (instalaciones marinas, zonas peligrosas y de difícil acceso).

Superando los temores de hace algunos años, las tecnologías de comunicación inalámbrica se han ido ganando un sitio en el ámbito industrial. Gracias a estándares como *WirelessHART*, una de las áreas donde estas redes están ganando mayores adeptos es la instrumentación de procesos, en la que se combina la facilidad de instalación de los sistemas inalámbricos con las funcionalidades de diagnóstico de los instrumentos HART. Consultando a los principales proveedores de estos productos y soluciones para conocer más detalles de esta tecnología.

En la industria de procesos, cada dato puede llegar a ser relevante para el funcionamiento de sus operaciones, así como para su continua optimización. En este sentido, la instrumentación juega un rol vital, por lo que los fabricantes no sólo han buscado aumentar su precisión, sino que también facilitar su mantenimiento, incluyendo funciones mejoradas de diagnóstico y configuración, como los otorgados por el protocolo HART, el que permite contar con una completa información sobre las variables físicas que están siendo medidas, así como sobre el estado actual del dispositivo. No obstante, para contar con estos datos, se requiere que los dispositivos estén instalados sobre una red cableada,

la que no siempre es sencilla de implementar. Es así como surge la necesidad de contar con otras tecnologías de comunicación.

“La comunicación wireless se está expandiendo en los sectores industriales. Las soluciones inalámbricas en campo se originan ante una necesidad de optimizar sistemas automatizados de monitoreo, buscando mayor eficiencia en la vigilancia y seguimiento de variables físicas, que permita implementar un sistema inteligente entre elementos de campo y el sistema central de control”.

La instrumentación Wireless tiene un sinnúmero de aplicaciones en la Industria, principalmente en procesos de monitoreo donde representan una alternativa más económica y práctica que la instrumentación convencional vía cable. “Se estima que el costo de cableado de un instrumento convencional es de US\$20/metro. Una aplicación clave para esta tecnología consiste en los equipos rotatorios, donde los instrumentos cableados representan un verdadero desafío tecnológico. En este sentido, Wireless HART permite obtener todos los beneficios del protocolo HART, que son diagnósticos del instrumento como parametrización, acceso a más de una variable según esté disponible, etc.”.

EL fabricante ABB, señala que al ser un estándar industrial abierto desarrollado para elementos de campo, cumple plenamente con las normas de confiabilidad, seguridad, rentabilidad y fácil manejo. “La llegada de esta tecnología WirelessHART significa un cambio fundamental, ya que ofrece un estándar uniforme para toda la industria de procesos. Un sencillo adaptador WirelessHART en el instrumento actual puede aportar la funcionalidad adicional que falta y potenciar el rendimiento del sistema de control en su conjunto. De este modo, el canal inalámbrico permite el control de estado tan necesario en la etapa final”.

OBJETIVOS

A. General

- Mostrar la participación del Ingeniero Químico en el área de instrumentación y control (diseño, implementación y operación. involucrado en la transmisión inalámbrica de señales en lazo de control con aplicaciones en una plataforma petrolera recuperadora de pozos.

B. Específicos

- Mostrar la documentación que se genera en el desarrollo de la ingeniería de detalle de instrumentación referente a instrumentos inalámbricos.

- Dar a conocer la confiabilidad de la instrumentación inalámbrica en el monitoreo y control en las plataformas petroleras marinas.

- Familiarizarse con las aplicaciones de la instrumentación inalámbrica en los procesos industriales que se utilizan en las plataformas petroleras marinas.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 HISTORIA DE LAS SEÑALES

Los instrumentos de control fueron naciendo a medida que las exigencias del proceso lo impusieron. Las necesidades de la industria fueron (y son actualmente) el motor que puso en marcha la inventiva de los fabricantes o de los propios usuarios para idear y llevar a cabo la creación de los instrumentos convenientes para los procesos industriales.

El desarrollo se inició con los manómetros, termómetros y válvulas manuales localmente montadas. En esta fase eran necesarios muchos operadores para observar los instrumentos y maniobrar las válvulas (figura 1.1). Los procesos y los instrumentos eran proyectados empíricamente basándose en la intuición y en la experiencia acumulada y no estaban centralizados para conseguir una mayor eficiencia en las funciones del operador.

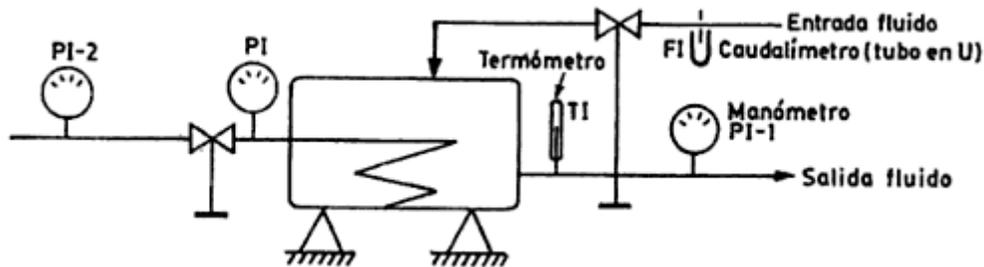


Figura 1.1. Inicio del desarrollo de la instrumentación.

La siguiente etapa fue la centralización de las funciones de medida y de control más importantes, pertenecientes a una operación del proceso, en un panel localmente montado. De este modo podía observarse y controlarse el funcionamiento de cada elemento particular de la instalación de una manera más coordinada y eficaz. Para hacer esto posible, se desarrollaron instrumentos galvanométricos operados por termopar, termómetros con largos capilares y caudalímetros con largos tubos de conducción de la presión diferencial (figura 1.2).

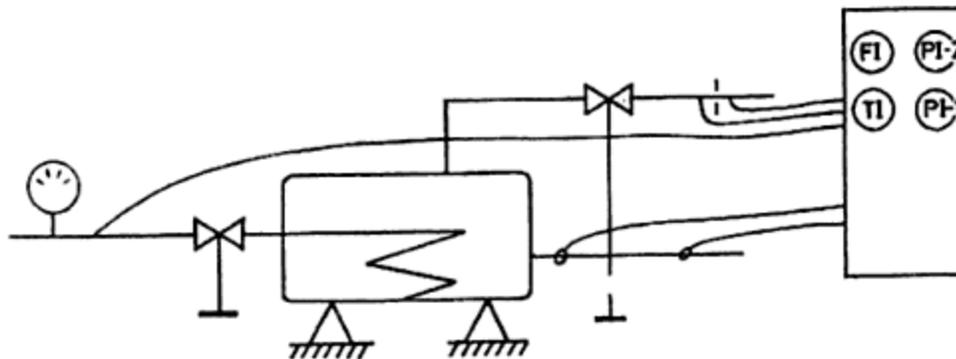


Figura 1.2. Centralización de funciones de medida y de control.

Sin embargo, los procesos se hicieron más complejos y críticos y llegó a hacerse necesario que los operadores observaran el funcionamiento de varias unidades de instalación simultáneamente. El desarrollo de los transmisores neumáticos permitió la centralización de las funciones de medida y de regulación de toda una unidad del proceso en una sala de control, utilizándose como receptores los instrumentos registradores controladores neumáticos de caja grande que aparecieron hacia el año 1940. Estos instrumentos se perfeccionaron con un diseño modular hacia el año 1946, conservando la unidad automático-manual.

A medida que pasó el tiempo, estas salas de control se hicieron indebidamente grandes, debido al crecimiento de los procesos y al tamaño de los instrumentos convencionales y se desarrolló la instrumentación neumática miniatura que apareció en el mercado hacia el año 1947, dotada ya con conmutación automático-manual incorporada, pero con el mismo tipo de transferencia.

A principios de los años 1950 aparecen los primeros instrumentos electrónicos. Más tarde se perfecciona la unidad automático-manual neumática, consiguiéndose el cambio en un solo paso, sin que se produzcan saltos en la señal de salida a la válvula y aparecen paralelamente los instrumentos electrónicos miniatura alrededor de los años 1960. El tamaño de estos instrumentos neumáticos y electrónicos es ya reducido, pero todavía experimentará una normalización posterior.

Los complejos de múltiples procesos empezaron a utilizar salas de control separadas y la coordinación y la comunicación entre los operadores en estas salas de control comenzaron a plantear algunos problemas. Además se introdujeron equipos centrales de tratamiento de datos que requerían la disponibilidad de diversas señales de medida en un punto central.

Los paneles de alta densidad permitieron básicamente que un operador supervisase un gran complejo compuesto por muchos procesos.

Los sistemas de instrumentación de alta densidad normalizaron sus dimensiones a 6 x 3" (150 x 75 mm) en indicadores controladores y 6 x 6" (150 x 150) en registradores. Disponían de un indicador de desviación con dos índices de distintos colores, el de la variable de color rojo o naranja y el del punto de consigna de color verde. Cuando no hay desviación, el índice de color rojo o naranja no es visible en absoluto, y todo lo que se ve es una línea verde que se extiende a través de la fila de los controladores de indicación. Cualquier desviación que se presente en cualquier instrumento, será fácilmente visible al destacar el índice rojo o naranja de la línea verde que mantiene los restantes instrumentos.

Otro complemento de la información lo constituyen las lámparas señalizadoras incorporadas en los anunciadores de alarma que ante una condición de alarma generada por un presostato, termostato, etc. Centellea y hace sonar una bocina. Formas más complejas memorizan la secuencia de acontecimientos que conduce al paro parcial o total de la planta.

Habiendo adquirido rápidamente información sobre cualesquiera condiciones anormales, el operador tiene que decir lo que piensa hacer. Necesita refrescar su memoria sobre el organigrama que cubre el proceso o los varios procesos que tiene asignados. La presentación inicial de información que se ideó fueron los paneles gráficos (Figura 1.3) en los que los instrumentos, los pulsadores y pilotos de bombas y las alarmas

estaban dispuestos en el panel, siguiendo el trazado del proceso y colocados en su posición real. El problema que presentaba esta disposición era el excesivo espacio de panel ocupado y la imposibilidad de cambiar los instrumentos de lugar ante eventuales modificaciones o ampliaciones del proceso. Se solucionaron parcialmente estos problemas con los paneles serigráficos donde los instrumentos se montan empotrados en filas de dos o cuatro a una altura conveniente para su manejo por aparte del operador, los pulsadores y pilotos de bombas se encuentran en una fila más baja, las alarmas van montadas en la parte superior y sobre ellas o a un nivel inferior se encuentra un serigráfico, es decir, un diagrama del proceso con los instrumentos representados y codificados. De este modo, se aprovecha más el espacio del panel, pero subsiste el inconveniente del serigráfico. Éste, si bien resulta útil en la puesta en marcha, más tarde se convierte en un elemento puramente decorativo, que debe modificarse si cambia el proceso.

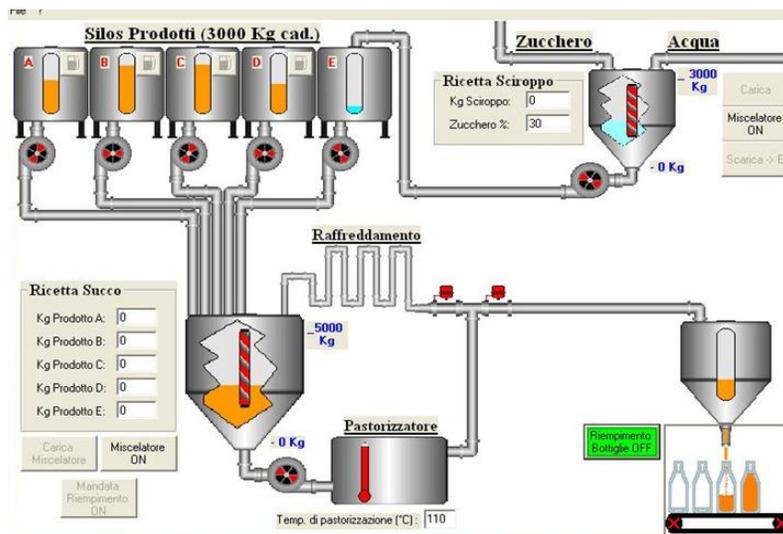


Figura 1.3 Panel gráfico.

Por otro lado, la asignación al operador de uno o varios procesos complejos da lugar a un panel de dimensiones bastante considerables, lo que pone un límite a la capacidad de asimilación del operador y al mismo tiempo restringe la legibilidad de los detalles del proceso dibujados en el serigráfico. Para tener todavía información más detallada se presenta la información en la pantalla mediante un proyector de diapositivas de las que pueden seleccionarse 100 o más, dando partes diferentes del organigrama del proceso.

Una vez desarrollados los instrumentos miniatura neumáticos y electrónicos, los procesos se fueron haciendo poco a poco mucho más complejos y su optimización llegó a ser una necesidad. En esta etapa es donde empezaron a utilizarse los computadores. El primer computador electrónico apareció hacia el año 1946, pero los verdaderos computadores de proceso se desarrollaron realmente en los años 1960-1965 y se aplicaron principalmente en centrales térmicas, industrias metalúrgicas, químicas y petroquímicas. Permitieron optimizar y controlar las operaciones de la planta obteniendo

productos de calidad alta y constante con ahorros importantes en el proceso, a pesar de su costeo elevado.

Desarrollados los computadores y vistas las características de los instrumentos miniatura analógicos en paneles de alta densidad, los fabricantes, en colaboración con los usuarios de instrumentos, fueron buscando otras soluciones para que el operador no se viera desbordado por la necesidad de captar rápidamente una gran cantidad de información que le era necesaria para llevar a cabo un buen control. Evidentemente, le es difícil “dominar” un proceso complejo con una gran cantidad de instrumentos dispuestos en un panel de excesiva longitud.

La primera tendencia que apareció en 1972 en el mercado fue separar las partes de los instrumentos que realizaban las funciones auxiliares y de control analógico de las de indicación, registro o variaciones del punto de consigna que el operador debía efectuar. De este modo, el primer grupo pasó a una habitación aparte y fue dispuesto de forma modular para que fuera lo más accesible y lo más ventajoso posible para el personal de mantenimiento. El segundo grupo de instrumentos era puramente aparatos receptores (indicadores y registradores) y otros con posibilidad de envío de señal de punto de consigna (controladores) montados en un panel en la sala de control a la vista del operador o del supervisor de proceso.

En 1975 aparece el denominado *control distribuido* (Figura 1.4) que cubre la necesidad de reducir el riesgo de averías, lograr una versatilidad que permita el cambio fácil del tipo de control y obtener la mayor economía posible en el control de la planta. En este tipo de control, uno o varios microprocesadores se encuentran repartidos en varios puntos de la planta donde están conectados a varias señales de proceso correspondiente, en general, a una parte homogénea de la planta. Estos microprocesadores se distribuyen de forma arquitectónica y están conectados entre sí a través de una vía de comunicaciones, la cual comunica a su vez con el centro supervisor de control central, desde donde se tiene acceso de modo automático o manual de todas las variables de proceso de la planta.

La ventaja fundamental del control distribuido es la mayor seguridad y economía de funcionamiento, al ser los lazos de control de cada microprocesador de menor longitud (por estar situado en el centro óptimo de las variables de proceso captadas) y menos vulnerables al ruido o a los daños; por otro lado, ante la posible (pero poco probable) pérdida de la vía de comunicaciones, los controladores continúan operando localmente. Además, el operador tiene acceso a todos los datos de los controladores (punto de consigna, variables de proceso, señales de salida de válvulas, etc.) y puede visualizarlos a través de pantallas de televisión, ya que se halla en contacto con los mismos a través de la vía de comunicaciones.



Figura 1.4 Control distribuido.

En el control distribuido, el proveedor suministra las consolas de control, de modo que ya no es necesario el proyecto y realización del panel de control. Conviene que el usuario indique los tipos de presentación visual que le interesen, prestando su ayuda en el diseño de las pantallas para la representación del proceso, incluyendo la participación de los futuros operadores de la planta, para ellos, aparte de verse envueltos y reconocidos su papel en la planta, puedan influir en la construcción o fabricación de los diagramas, con los que después van a controlar el proceso.

La presentación visual o mínima en las consolas puede configurarse incorporando a voluntad del usuario las formas (tuberías, tanques, bombas, etc.) disponibles en la librería gráfica, situando colores diferentes y haciendo que el diagrama visualice los valores medidos en la pantalla, y que el aspecto del proceso sea lo más real posible, por ejemplo, con tanques que se llenan o vacían, con tuberías que cambian de color según el valor de la temperatura, etc. La llamada a la información puede agilizarse por medio de un sistema de infrarrojos que detecta la posición del dedo del operador, al tocar éste la pantalla. De este modo, aparte de las entradas por teclado, el operador, aunque no tenga experiencia, puede pedir al sistema menús de ayuda, diagramas de flujo, presentación de alarmas, etc., sin tener que preocuparse por la sintaxis de las órdenes.

Si se desea puede acoplarse un computador al conjunto del sistema para resolver problemas complejos de la Dirección de la planta, desde los más sencillos como tendencias de variables y su interrelación, hasta los más complejos como la auditoría energética y la optimización de costos de las diversas secciones de la fábrica. La arquitectura distribuida de las funciones del computador permite analizar y comunicar entre sí los valores de variables tales como el estado del inventario y análisis de los productos (tanto materias primas como productos terminados), la automatización de la producción y el mantenimiento y la información necesaria para la Dirección para una toma correcta de decisiones sobre la marcha de la planta (optimización de la producción, mejora de la calidad y ahorro de energía):

El control distribuido ha evolucionado en los siguientes aspectos:

- Controladores multifunción para uso en procesos discontinuos en la modificación fácil y repetitiva de operaciones (*recipes*), incluyendo control lógico y secuencial, paros de emergencia, compensadores y diverso algoritmos de control.
- Sistemas de optimización de plantas coordinando múltiples controladores programables.
- Aplicaciones crecientes en el área de modernización de plantas.
- Microprocesadores cada vez más rápidos.
- Apoyo cada vez más perfeccionado al operador, a producción y a mantenimiento, en su integración en el manejo de la planta (consolas, control avanzado, módulos históricos...).
- Perfeccionamiento en las vías de comunicaciones utilizando cables coaxiales y fibras ópticas, así como nuevos protocolos de comunicaciones.

Se emplean también controladores programables (PLC) que realizan fundamentalmente funciones de secuencia y enclavamientos de circuitos sustituyendo así a los clásicos

circuitos de enclavamientos a relés en los paneles de control y, que asimismo, como complemento, pueden realizar funciones de control PID.

Los controladores digitales universales, basados en microprocesador sustituyen a los clásicos controladores miniatura de panel. Cada microprocesador contiene una unidad central, un reloj, memorias, módulos de entrada/salida, convertidores A/D, temporizadores y una fuente de alimentación. El microprocesador se comporta como un controlador PID con los algoritmos adecuados, acepta puntos de consigna remotos, tiene varios niveles de seguridad de protección de datos, acepta entradas universales (termopares, sondas de resistencia, mA, mV y voltios) y transmite la necesaria información del proceso con varias opciones de comunicaciones.

En la búsqueda de la solución al control de procesos no lineales que el controlador clásico PID no resuelve satisfactoriamente, aparece a partir de 1970 el control adaptativo. Emplea un bloque controlador PID que incorpora un algoritmo de auto ajuste de las acciones. Éste excita el proceso y la respuesta temporal obtenida es convertida a frecuencial gracias a una integral transformada de Fourier. La respuesta es analizada y son introducidos los valores adecuados de las acciones PID, que son actualizados periódicamente. El instrumento es adecuado para los procesos de control difícil y cuyas características cambian con el tiempo y las condiciones de operación.

En 1983 aparece el transmisor digital inteligente con señal de salida analógica de 4-20 mA c.c. y se inicia el desarrollo de las comunicaciones (fieldbus) entre los instrumentos del lazo de control. Se eliminan las incómoda y caras calibraciones necesarias en los instrumentos convencionales y se facilita el cambio del campo de medida y el autodiagnóstico. En 1986 aparece el primer transmisor enteramente digital con lo que aumentan todavía más las prestaciones, con la única limitación importante en la normalización de las comunicaciones donde todavía no es posible el intercambio de instrumentos de diferentes marcas.

Otros métodos para controlar procesos no lineales aparecieron en el año 1970. Se basan en el conocimiento, en el aprendizaje y en el desarrollo de controladores especiales con señal de salida basada en la experiencia del proceso, más que un modelo de controlador. Constituyen el llamado *control inteligente* del que forman parte los sistemas expertos, las redes neuronales y la lógica difusa. Poco a poco han ido ganando aceptación, en especial los controladores neuronales predictivos, por su autoaprendizaje del proceso real, habiéndose realizado importantes avances en los últimos años.

El control predictivo aparece en la década de los años ochenta, y el controlador trabaja como un inverso del modelo del proceso (modelo lineal) siendo capaz, por su robustez, de solucionar el control de la mayoría de los procesos no lineales.

Las comunicaciones han evolucionado desde las señales analógicas neumáticas (0,2-1 bar) que aparecieron en los años 1940 a 1947, las analógicas electrónicas (4-20 mA c.c.) en los años 1950 a 1960 y las digitales en el año 1983, siendo estas últimas capaces de manejar grandes volúmenes de datos, guardarlos en unidades históricas y disponer de una precisión de mas de 10 veces mayor que la señal clásica de 4-20 mA c.c. En lugar de enviar cada variable por un par de hilos (4-20 mA c.c.), transmiten secuencialmente las variables a través de un cable de comunicaciones llamado bus (Figura 1.5, 1.6).

Las comunicaciones entre instrumentos se iniciaron con el puerto serie, pasaron después a sistemas híbridos, que utilizan el estándar analógico de comunicación 4.20 mA c.c., al que incorporan un protocolo de comunicación digital (HART es el más conocido) y que llenan el vacío existente entre las dos tecnologías analógicas y digital.

Estos sistemas se basan en el estándar el ISO (Open Systems Interconnections) que permitió una normalización inicial de las comunicaciones con la ventaja de obtener información de los datos del instrumento y cambiar la configuración de sus parámetros, integrando digitalmente los instrumentos con los sistemas de control. Los buses más importantes son el Profibus y el Foundation Fieldbus, que aparecieron hacia el año 1994.

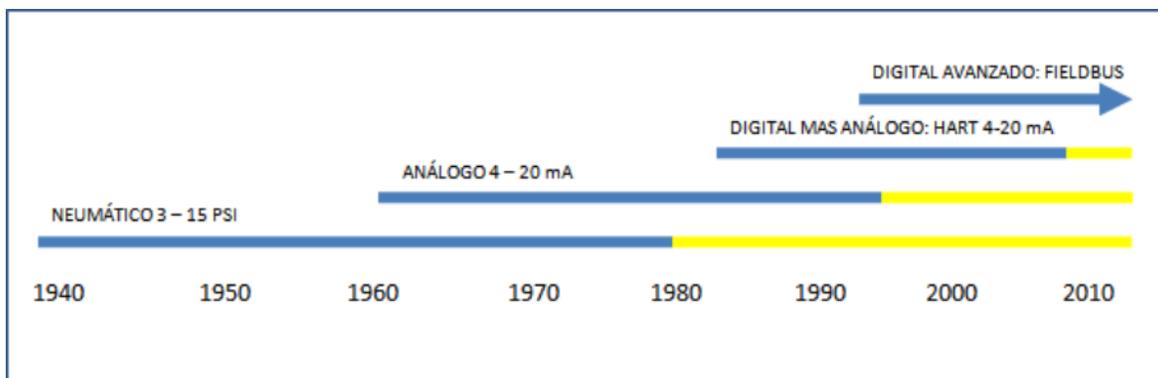


Figura 1.5. Evolución de las señales de comunicación 1.



Figura 1.6. Evolución de las señales de comunicación 2.

Los fabricantes de sistemas de comunicaciones empezaron con sus propios sistemas llamados propietarios, es decir, sin que fuera posible intercambiar sus aparatos con los otros fabricantes. Sin embargo, han llegado por lógica a fabricar instrumentos con protocolos abiertos, debido a la fuerte demanda del mercado. El fabricante dispone de instrumentos bloques de funciones normalizados y asegura la interoperabilidad gracias a la definición de estos bloques de función estandarizados y a la tecnología de descripción de dispositivos. Lógicamente el instrumento debe ser aprobado por el estándar del bus.

El avance de los sistemas de comunicación ha repercutido favorablemente en la precisión de las medidas al compensar la variable medida con la influencia de otras ligadas al proceso (transmisor multivariable – medida de caudal con compensación de presión y temperatura) y al desarrollar el mantenimiento predictivo de los instrumentos, en particular el de la válvula de control.

Si bien es difícil predecir el futuro se vislumbra en el horizonte del control que las tendencias se orientarán hacia:

- Siendo difícil que se adopte un único protocolo estándar de comunicaciones a nivel mundial, lo más probable es que los actuales queden reducidos a dos o tres, entre ellos Foundation Fieldbus, Profibus, etc. El mercado exige protocolos abiertos e interoperabilidad entre instrumentos. Están apareciendo comunicaciones digitales sin hilos basadas en la telefonía móvil y en el PC. Entre ellas figura el estándar IEEE 802.11 (Wi-Fi) de alcance hasta 100 metros y el protocolo Bluetooth de corto alcance (10 a 100 metros) que usa radiofrecuencias del orden de 2,4 GHz. Ambos constituyen un entorno de información digital entre sensores y sistemas de señal. Gracias a la distribución de inteligencia que permiten los sistemas de comunicaciones, el usuario tiene libertad para ubicar el control en los sensores y en los actuadores. La visualización de las alarmas aparece en la pantalla o en la impresora en forma de páginas de listado. Por otro lado, los bloques de alarmas típicos de los paneles gráficos y serigráficos que proporcionaban un pequeño número de datos críticos del proceso se transforman, incorporando un microprocesador y un monitor, con una disposición reticular de alarmas que pueden comunicarse de modo inteligente con el sistema y que posibilitan la conexión con unidades remotas de 64 puntos o más cada una y con la configuración que se desee en lugar de la sala de control, permitiendo así una mayor seguridad y flexibilidad del sistema.

- Integración de los sistemas digitales, o sea integración de los protocolos de información que facilite el acceso directo a la información que precisen de la planta, a los diferentes estamentos y personal de la empresa (planta, logística, dirección, producción, mantenimiento, etc.) que permita la calibración desde la sala de control, diagnósticos de fallo de los instrumentos, etc. Con el objeto de mejorar la seguridad y aumentar el rendimiento de la planta. Es importante que la información esté unificada y sea utilizable para el uso de la gerencia ya que ésta precisa acceder en tiempo real (o casi) a la información de interés con objeto de tomar mejores decisiones de negocios. Se vislumbra una mayor penetración de las soluciones de control basadas en PC por su compatibilidad, gran capacidad de procesamiento y bajo precio.

- Mejora de la interfase hombre-máquina para lograr en lo posible una planta segura libre de errores humanos. Los comunicadores portátiles permiten la consulta o cambio o configuración de las características de los instrumentos en cualquier punto de la línea e incluso sin contacto con infrarrojo (Figura 1.7). Un ejemplo de esta tendencia es el diseño de una única ventana de inspección dedicada a aplicaciones críticas de proceso que sea independiente de otras informaciones que se puedan superponerse y que distraigan o confundan al operador. Otro ejemplo lo constituye la reducción de las alarmas a las estrictamente indispensables para que el operador pueda atenderlas debidamente. Todo ello requiere un buen uso de las herramientas gráficas disponibles en el control de procesos, por ejemplo la arquitectura OPC (OLE for Process Control) de interfase entre un controlador de bus de campo y las aplicaciones en un PC.

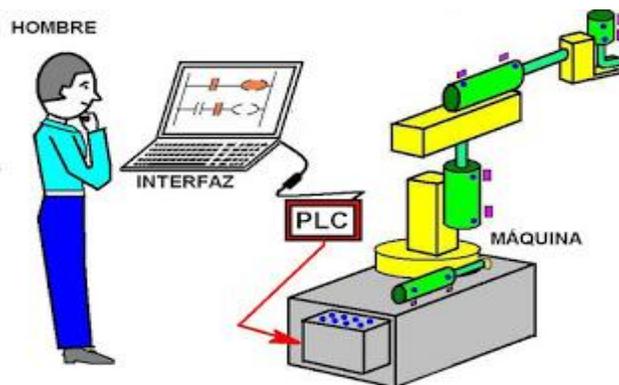


Figura 1.7. Interface Hombre – Máquina

- Mejora del mantenimiento estableciendo un mantenimiento preventivo que permita detectar la posibilidad de fallos antes de que se produzcan. Este tipo de mantenimiento está bastante desarrollado en las válvulas de control y en los transmisores inteligentes. Cabe señalar que la válvula neumática continúa liderando el mercado.

- Búsqueda de nuevos sensores que sean capaces de detectar cambios en variables en las cuales hasta el momento sólo es posible hacerlo inferencialmente, por ejemplo, la medición de la temperatura en los secadores como forma indirecta de controlar la humedad, etc.

- Aumento de la calidad y de la precisión de los instrumentos. Actualmente ya se llega en los transmisores a una estabilidad del 0,01% por año de vida y con un tiempo medio entre fallos del orden de los 470 años.

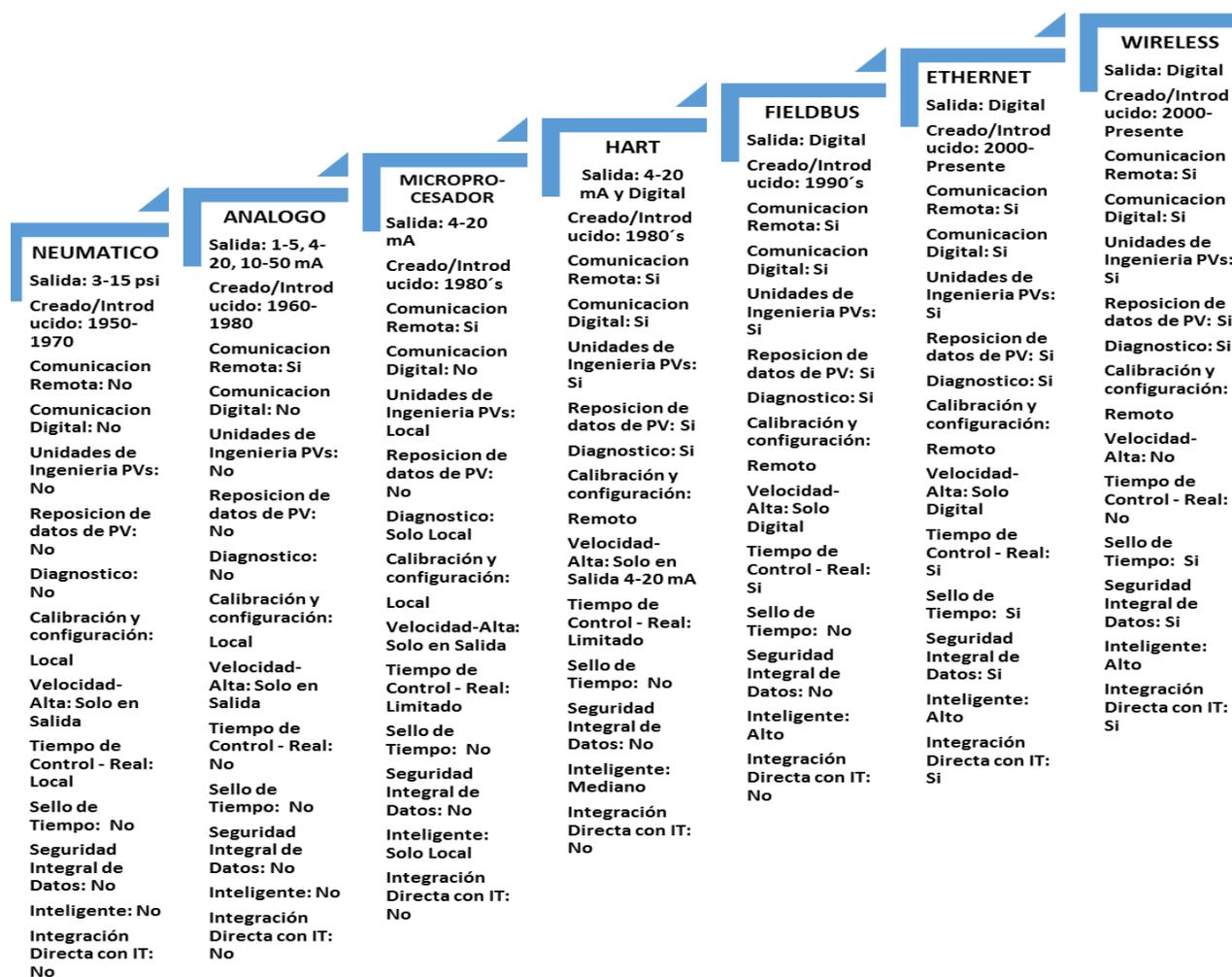


Figura 1.8. Flujograma Evolutivo de Instrumentos Inteligentes

1.2 TRANSMISORES NEUMÁTICOS

Los transmisores neumáticos se basan en el sistema tobera-obturador que, mediante bloques amplificadores con retroalimentación por equilibrio de movimientos o de fuerzas, convierte el movimiento del elemento primario de medición a una señal neumática de 3-15 psi (libras por pulgada cuadrada) o bien su equivalente en unidades métricas 0.2-1 bar (0.2-1 kg/cm²), siendo su exactitud del orden del $\pm 0.5\%$.

Los transmisores neumáticos, al tener el diámetro de la tobera muy pequeño, del orden de 0.1 a 0.2 mm, son susceptibles de mal funcionamiento, debido a las partículas de aceite o polvo que puedan tapar la tobera. Este problema de mantenimiento unido al hecho de que no pueden guardar las señales de planta, hace que se utilicen cada vez menos (Fig.1.9.).

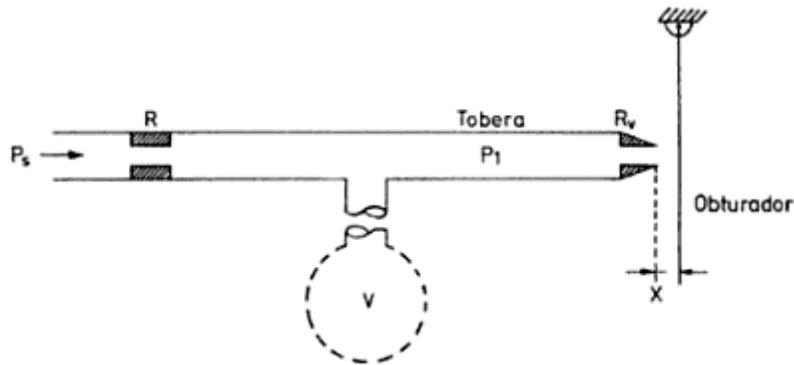


Figura 1.9. Transmisores Neumáticos

1.3 TRANSMISORES ELECTRÓNICOS

Basados en detectores de inductancia o utilizando transformadores diferenciales o circuitos de puente de Wheatstone, o empleando una barra de equilibrio de fuerzas, convierten la señal de la variable a una señal electrónica de 4-20 mA c.c. Su exactitud es del orden del $\pm 0.5\%$ (Fig.1.10).

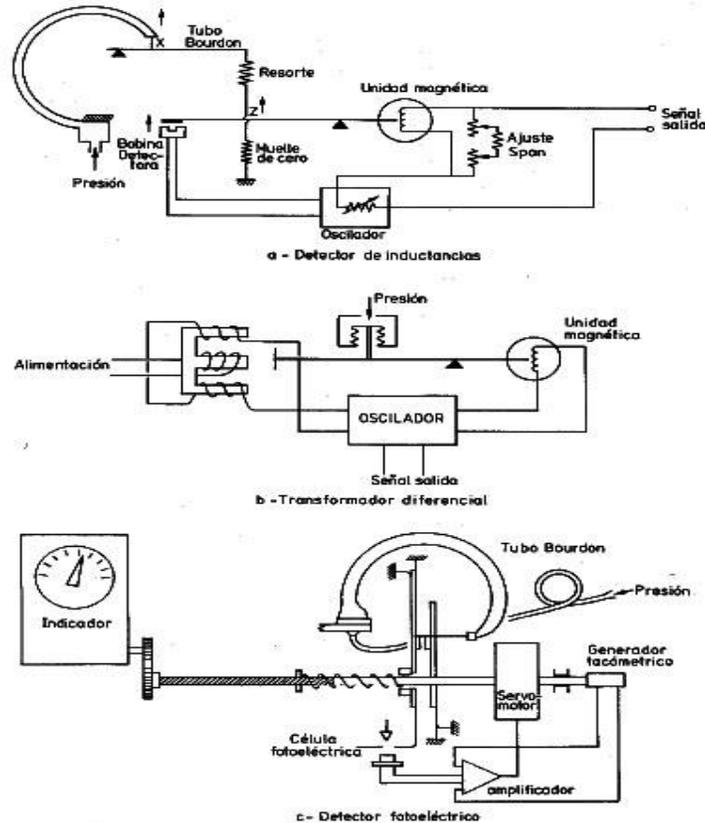


Figura 1.10. Transmisores Electrónicos.

Análogamente a los instrumentos neumáticos, no pueden guardar las señales de planta, y además son sensibles a vibraciones, por cuyo motivo su empleo ha ido disminuyendo.

1.4 TRANSMISORES DIGITALES

Cuando apareció la señal digital aplicable a los transmisores, mejoró notablemente la exactitud conseguida en la medida. La señal digital consiste una serie de impulsos en formas de bits. Cada bit consiste en dos signos, el 0 y el 1, (código binario) y representa el paso (1) o no (0) de una señal a través de un conductor. Si la señal digital que maneja el microprocesador del transmisor es de 8 bits entonces puede enviar 8 señales binarias (0 y 1) simultáneamente.

1.5 TRANSMISORES PROTOCOLIZADOS

Las comunicaciones entre los instrumentos de proceso y el sistema de control se basan en señales analógicas, electrónicas de 4-20 mA c.c. y digitales, siendo estas últimas capaces de manejar grandes volúmenes de datos y guardarlos en unidades históricas, las que están aumentando día a día sus aplicaciones.

En áreas remotas o de difícil acceso tienen cabida los transmisores sin hilos típicamente de presión, señales acústicas y temperatura que transmiten sus medidas a un aparato base de radio conectado a un sistema de control o de adquisición de datos.

La exactitud de las señales digitales es de unas 10 veces mayor que la señal clásica de 4-20 mA c.c. En lugar de enviar cada variable por un par de hilos (4-20 mA c.c.), transmiten secuencialmente las variables a través de un cable de comunicaciones llamado bus. El término bus indica pues el transporte secuencial de señales eléctricas que representan información codificadas de acuerdo a un protocolo. Los protocolos híbridos utilizan el estándar analógico de comunicación 4-20 mA c.c., e incorporan, además, un protocolo de comunicación digital.

1.5.1 HART

El protocolo HART (High way-Addressable-Remote-Transducer) fue desarrollado originariamente por la firma Rosemount pero, dado su gran aceptación, ha sido extendido a otros muchos fabricantes. Rosemount creó la fundación HART a la que se han adherido decenas de fabricantes de todo el mundo.

El Protocolo HART sigue el modelo de referencia OSI (Open Systems Interconnections) propuesto por ISO (Organización Internacional de Normalización) (Fig. 1.11.), si bien implementa del modelo sólo los niveles 1,2 y 7, ya que los otros niveles no se hacen necesarios para este tipo de comunicación). Ello, permite a los usuarios prepararse para la implementación definitiva del bus enteramente digital.

Las 7 capas del modelo OSI



Figura 1.11. Modelo OSI

El nivel 1 (nivel físico) conecta físicamente los dispositivos y modula en frecuencia una señal de ± 0.5 mA de amplitud superpuesta a la señal analógica de la salida del transmisor de 4-20 mA c.c. Codifica los estados lógicos 1 y 0 con las frecuencias de 1.200 Hz (para el 1) y 2.200 Hz (para el 0) en forma senoidal. Como la señal promedio de una onda senoidal es cero, no se añade ningún componente de c.c. a la señal analógica mA c.c. (Fig. 1.12.).

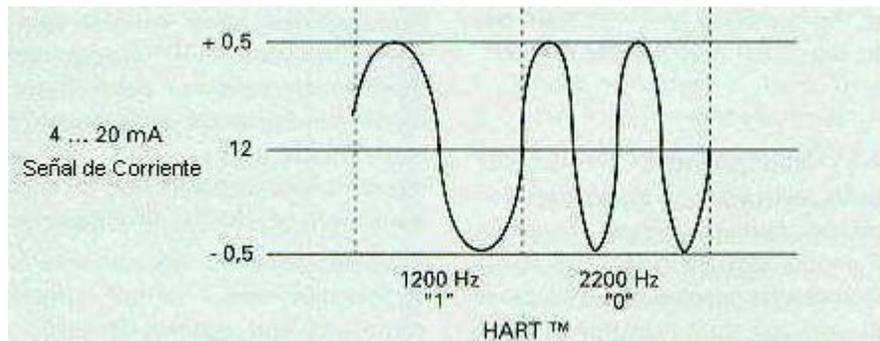


Figura 1.12. Frecuencia de Señal Analógica.

El nivel 2 (nivel de enlace) se encarga de formar y comprobar la trama de los mensajes de acuerdo con la especificación del protocolo HART. La trama incluye una comprobación de doble paridad para asegurar la integridad máxima de los datos transmitidos.

El nivel 7 (nivel de aplicación) se basa en la utilización de comandos HART, conjunto de comandos que se envían al transmisor para obtener información de los datos y cambiar la configuración de los parámetros a distancia. -Algunos comandos son:

- Leer y escribir el “mensaje”
- Leer el “fabricante”, tipo de equipo, “rango”, “unidades” y “damping” (amortiguamiento), “variable primaria”, “unidades”, “señal de salida” % del rango”, “número de serie”, límites del sensor, etc.

- Escribir el “rango del transmisor”, el “damping” (amortiguamiento), calibrar (ajuste de cero y span), autotest, etc.

El protocolo HART permite soportar hasta 256 variables, los transmisores pueden conectarse entre sí a través de un bus y comunicarse con 15 aparatos (PLC, ordenadores, etc.).

La integración digital de los instrumentos con los sistemas de control queda implantada definitivamente con los buses de campo pudiendo aprovechar toda la potencialidad de los microprocesadores desde el punto de vista de configuración, diagnósticos, mantenimiento, etc. El primer bus de campo, efectivamente abierto, utilizado ampliamente fue el MODBUS de Gould Modicon que sólo disponía de los niveles 1 (físico) y 2 (enlace).

1.5.2 PROFIBUS

Es una red abierta, muy popular en Europa, estándar e independiente de fabricantes (interoperable). Dispone de tres perfiles de usuario: PROFIBUS FMS, PROFIBUS DP y PROFIBUS PA (automatización de procesos incluso en áreas con riesgo de explosión, comunicación con equipos de campo).

El nivel físico cumple la norma IEC1158-2 y la IEC61158-2 y posibilita la alimentación de los equipos por el mismo par de hilos. El nivel de usuario normaliza las funciones básicas de todos los instrumentos de tal manera que aparatos de distintos fabricantes son intercambiables. Así, si se cambia un medidor de caudal de un fabricante por otro, la lectura será la misma. Todos los parámetros accesibles al usuario como código (tag) del instrumento, unidades, descripción, alarmas, diagnósticos, etc. Son suministrados mediante ficheros en lenguaje DDL (Device Description Language).

1.5.3.- FOUNDATION FIELDBUS (FF)

Es un bus de datos digital, serie y multipunto entre dispositivos de campo y/o sistemas de un entorno industrial. El estándar Fieldbus está diseñado para satisfacer las necesidades restrictivas establecidas por la norma IEC 1158-2. La idea básica del estándar Fieldbus, es obtener más información sobre el proceso y sobre el propio instrumento, que naturalmente debe ser inteligente (smart) y establecer reglas de rendimiento, seguridad y detección de errores.

La Fundación Fieldbus (Fieldbus Foundation) fue creada en 1994 mediante unión de ISO y WorldFIP, para definir un único estándar según las normas IEC-ISA (International Electric Company/Instrument Society of America). Es una organización sin ánimo de lucro formada por los casi 129 proveedores y usuarios más importantes de automatización y control de procesos.

Básicamente, la instalación está formada por un par de cables torsionados con un blindaje puesto a tierra (figura 1.13), que conecta los dispositivos de la sala de control (que pueden estar en campo en pequeñas instalaciones) con los instrumentos de campo (transmisores, válvulas de control, etc.). Estos pueden conectarse entre si mediante un bloque de terminales con topología en árbol (chickenfoot), o bien a lo largo del cable en ramales (spur). Un terminator acopla la impedancia del cable para reducir reflexiones de la señal, y un acondicionador de alimentación separa la fuente de alimentación convencional del cableado del Fieldbus.

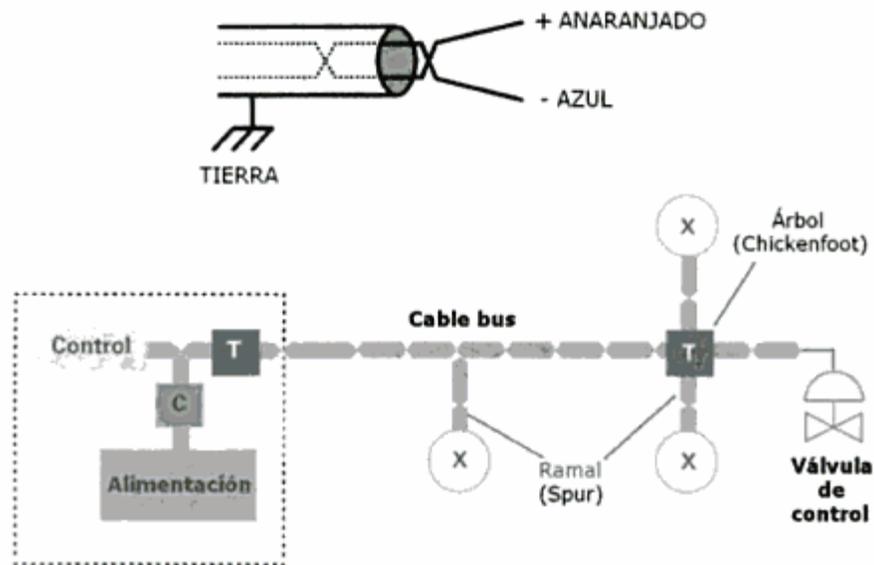


Figura 1.13. Cables Torsionados.

La señal transmitida por el nivel físico codificada con la técnica Manchester y los datos digitales se envían por el Fieldbus con una corriente de +10 mA a la velocidad de 31.25 Kbit/s, (1bit=32 microsegundos). Esta corriente se entrega a una impedancia de 50 ohm, creando una tensión de transmisión de 0.75 a 1.0 V (pico a pico). (Fig. 1.14.)

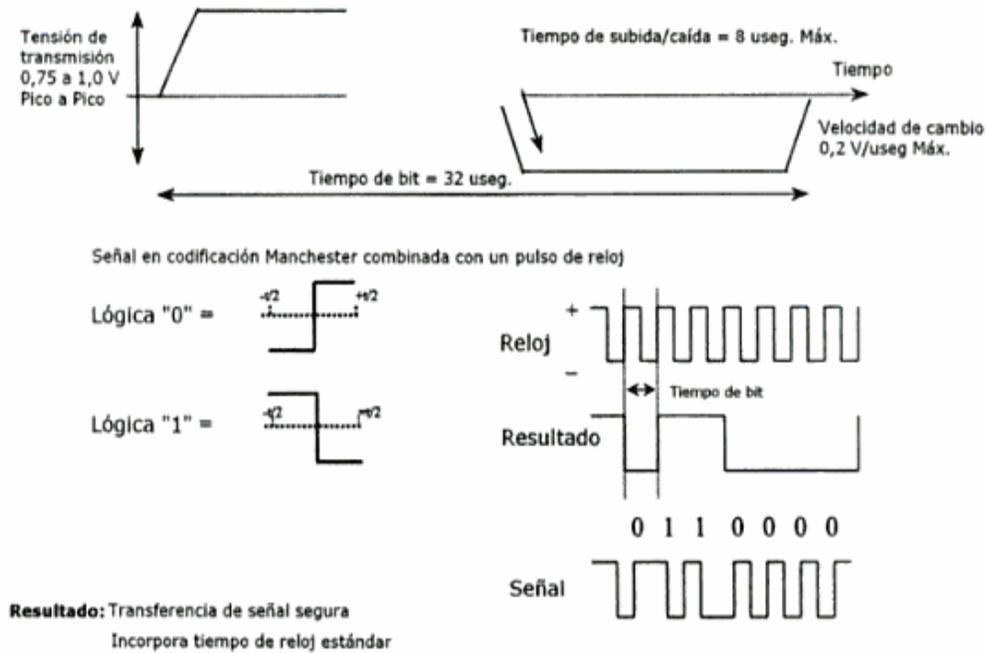


Figura 1.14. Señal Fieldbus.

Cada mensaje se compone de una señal previa, una señal delimitadora de arranque y una señal delimitadora de fin, intercalada entre éstas dos últimas una señal de datos de longitud máxima 266 bytes que contiene la dirección del instrumento, su identificación, los valores de medida, etc.

Para especificar qué instrumento puede transmitir, y no llenar la línea de un caos de mensajes, un aparato especial llamado Programador Activo de Enlace (Link active Scheduler-LAS) envía un mensaje especial a cada instrumento para permitir que efectúe su transmisión.

Otro aparato de enlace (linking device) interconecta a los 31.25 kbit/s de los fieldbuses (tarjeta H1) y los hace accesibles a la red Ethernet de alta velocidad (HSE=High Speed Ethernet) de 1 Mbit/s a 2.5 Mbit/s (tarjeta H2). Como la red Ethernet utiliza protocolos estándar, por ejemplo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), el equipo HSE (100 Mbps / 1 Gbps) puede crear circuitos de gran longitud.

1.5.4- PROTOCOLOS INALÁMBRICOS

Un protocolo se define como el conjunto de reglas o convenciones para la comunicación de datos. Cuenta con los procedimientos para la detección de representación de datos, señalización, autenticación y error necesario para enviar información a través de un canal de comunicación. Al comienzo de las aplicaciones inalámbricas era más fácil de usar los protocolos informáticos existentes en la automatización industrial, pero a medida que las aplicaciones se incrementaron la necesidad de un protocolo inalámbrico industrial estándar creció. El uso de uno o varios

protocolos se rige por la aplicación en que se desee utilizar y las capacidades y limitaciones de cada protocolo.

Los diferentes protocolos disponibles son: Bluetooth (IEEE 802.15.1) - de baja potencia, de corto alcance , ZigBee (IEEE 802.15.4) - ultra bajo consumo , redes de mayor escala , bajas tasas de datos , Wi-Fi (IEEE 802.11b) - transferencia de alta velocidad de datos , mayor potencia, WirelessHART , e ISA SP100.11a .

Los Protocolos Inalámbrico son sólo otro medio físico para la transmisión de datos de proceso en lugar de cables en un SCD. Como se puede ver de la figura 1.15 a continuación, hay tres niveles de las redes en cualquier SCD .

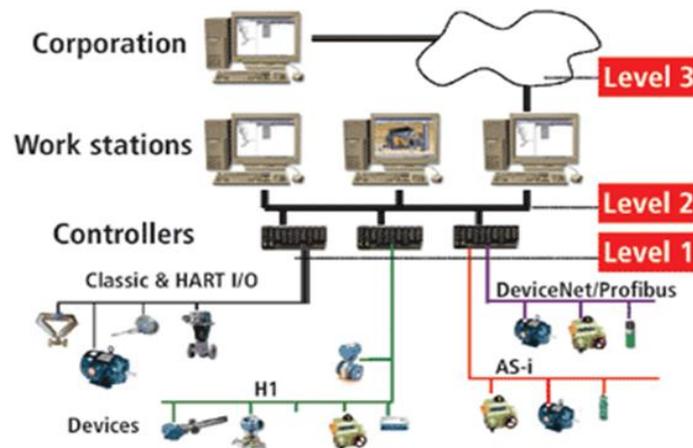


Figura 1.15. Diferentes niveles de SCD

Wireless se puede implementar en los SCD en cualquiera de las tres formas que corresponden a tres capas de SCD:

- 1) Nivel 1: Los cables de instrumentos de campo a los módulos / controladores y de nuevo a los actuadores en el campo pueden ser reemplazados con la tecnología inalámbrica . Esto implica la integración de radio en los instrumentos, actuadores y controladores.
- 2) Nivel 2 : La otra manera de inducir inalámbrico en el SCD es reemplazando el tradicional cableado entre los diferentes controladores y las estaciones de trabajo o el sistema SCADA que implica la integración inalámbrica en los controladores y estaciones de trabajo .
- 3) Nivel 3 : Por último , una corporación puede ser conectado a las estaciones de trabajo a través inalámbrico .

El corazón del proceso reside en el SCD. Transmitir a este nivel es en tiempo real y debe ser altamente determinista y fiable. La distancia sensor - receptor está dentro de unos cientos de metros y el tamaños de datos debe ser muy pequeño. WirelessHART, ISA SP100.11a, ZigBee y Bluetooth son algunos protocolos que se encuentran el uso de este requisito.

Un nivel en el árbol conecta varios módulos de control de la estación de trabajo que ofrece la interacción del operador y la configuración del dispositivo en campo. En el mundo interconectado, Ethernet o protocolos propietarios se utiliza en este nivel que puede ser reemplazado por Wi-Fi. Entidades de control no del proceso, tales como la contabilidad, inventario, y los sistemas de toma de gestión de acceso a las estaciones de trabajo para la recolección y análisis de datos. Esto requiere de menor complejidad en el cambio de cable a la tecnología inalámbrica que los niveles uno y dos.

La tecnología inalámbrica cuando se integra en SCD proporciona más flexibilidad que los SCD cableadas tradicionales. Además de la gestión de activos, mantenimiento y resolución de problemas, los instrumentos de campo inalámbricos y actuadores también pueden proporcionar un control de bucle cerrado fiable.

1.6.- LAZO DE CONTROL

Un lazo de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema, la cual proporcionará una respuesta deseada del mismo sistema. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la relación causa y efecto para los componentes de un sistema. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede representarse mediante un bloque como muestra la figura 1.16:

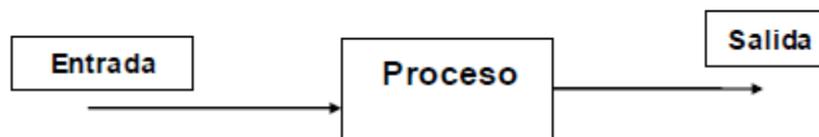


Figura 1.16. Lazo de control.

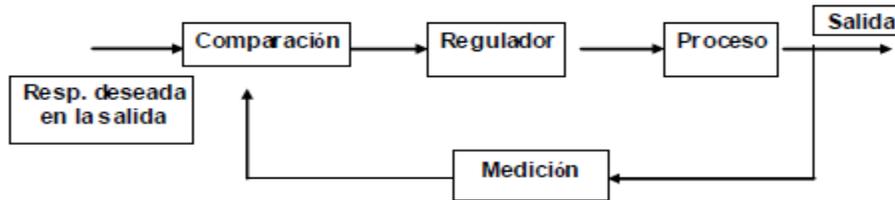
La entrada salida representa la relación causa y efecto del proceso. Un lazo de control con *red abierta* utiliza un regulador o actuador de control con el objeto de obtener la respuesta deseada como muestra la figura 1.17:



Figura 1.17. Lazo de control Abierto.

En contraste con un lazo de control con red abierta o uno con red cerrada, utilizan una medición adicional de la salida real con el objeto de comparar ésta con la respuesta deseada de salida. En la figura 1.18 se muestra un lazo de control simple con retroalimentación en red cerrada. La definición estándar de un lazo de control con retroalimentación es la siguiente: Un sistema de control con retroalimentación es aquel que tiende a mantener una relación prescrita de una variable del sistema a otra,

comparando funciones de estas variables y usando las diferencias como un medio de control. El concepto de retroalimentación ha sido la base para el diseño y análisis de los lazos de control.



Sistema retroalimentado de red cerrada.

Figura 1.18. Lazo de control cerrado retroalimentado.

Conforme a los lazos se hacen más complejos, deben considerarse en el esquema de control las interrelaciones de muchas variables controladas.

1.6.1.- TIPOS DE LAZO DE CONTROL

Se puede decir que los sistemas de control se clasifican en dos grandes grupos:

- 1) Los de circuito abierto o prealimentados y,
- 2) Los de circuito cerrado o retroalimentados.

1.6.1.1.- LAZO DE CONTROL ABIERTO

Los sistemas de control de lazo abierto son aquellos en donde la acción del control es independiente de la señal de salida. Un tostador automático de pan es un ejemplo de este sistema pues el control se efectúa por medio de un control de tiempo. El tiempo requerido para tener un “buen tostado” es estimado por el usuario, quien no es parte del sistema. El control sobre la calidad del tostado (salida) es independiente del ajuste inicial al control de tiempo (entrada).

En un sistema de control de lazo abierto cualquiera, no se compara la salida con la entrada de referencia. Por tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fija. Así, la exactitud del sistema depende de la calibración. (Los sistemas de calibración de lazo abierto deben ser cuidadosamente calibrados y para que sean útiles deben mantener esa calibración). En presencia de perturbaciones un sistema de control de lazo abierto no cumple su función asignada. En la práctica solo puede usar el control de lazo abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida y si no hay perturbaciones internas ni externas. (Fig. 1.19.)

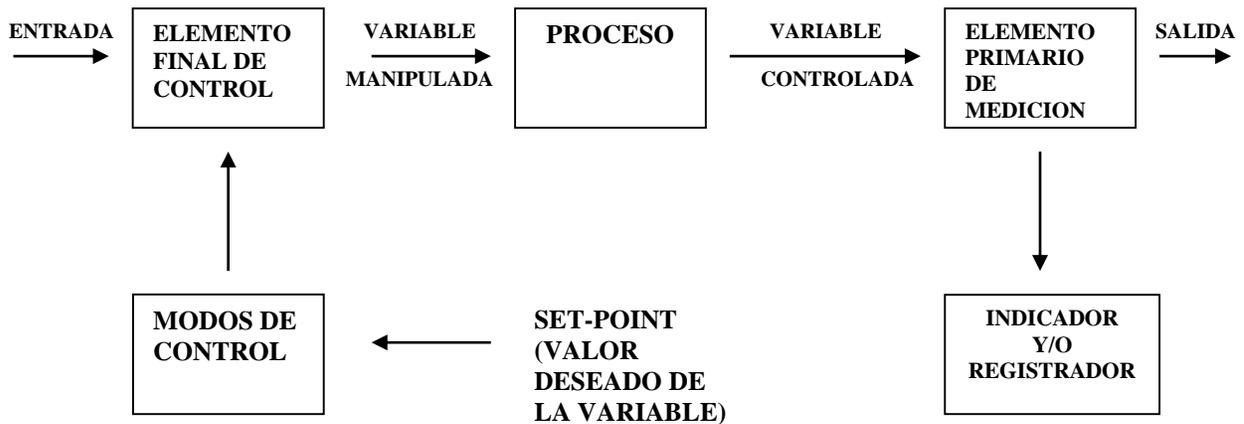


Figura 1.19. Lazo de control abierto.

1.6.1.2.- LAZO DE CONTROL CERRADO

Los sistemas de control de lazo cerrado o de circuito son aquellos, donde la acción de control está relacionada con la salida; a este tipo de control también se le llama de retroalimentación y se define ésta, como la propiedad de un sistema de trayectoria cerrada el cual permite que la salida, (o alguna otra variable del sistema) sea comparada con la entrada del sistema, (o alguna entrada de otro componente interno o subsistema del sistema) tal que, la acción apropiada del control se pueda realizar como una función de la salida y la entrada. En otras palabras, el término lazo “cerrado” implica el uso de acción de realimentación para reducir el error del sistema. La figura 1.20 muestra la relación entrada-salida de un sistema de control de lazo cerrado.

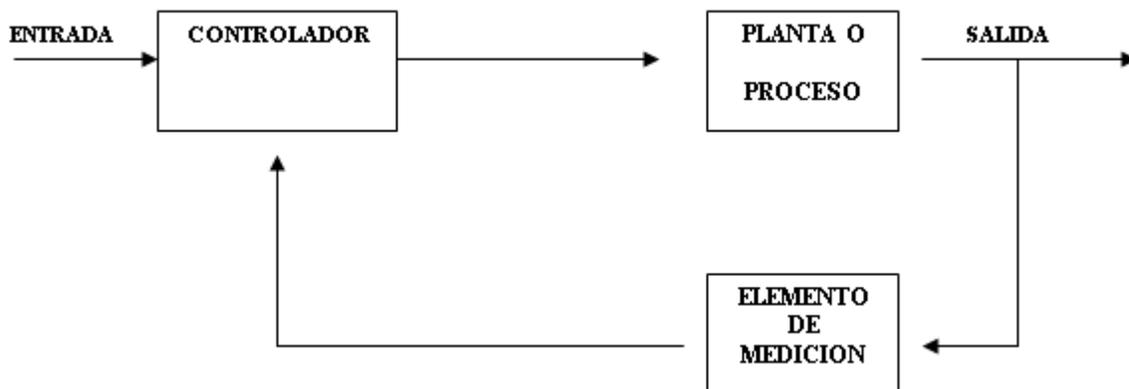


Figura 1.20. Lazo de control cerrado.

Esta acción de control está basada en la operación de lazo cerrado. Como tanto la realimentación de salida para comparación con la entrada de referencia, como la acción de control de lazo cerrado. Se podría denominar a este sistema de realimentación manual o de lazo cerrado manual. Si se usa un controlador detector automático en remplazo del

operador, el sistema de control se vuelve automático, es decir, un sistema de control de realimentación automático o de lazo cerrado automático. (Fig. 1.21)

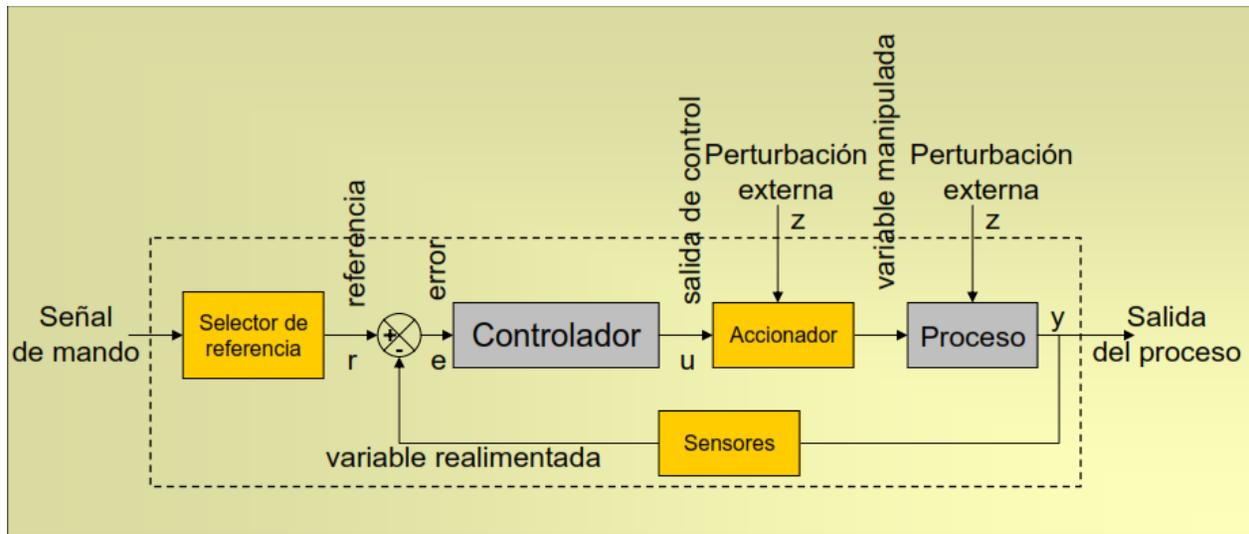


Figura 1.21. Lazo de control cerrado retroalimentado.

Los sistemas de realimentación automática y manual citados anteriormente operan en forma similar. Los ojos del operador constituyen el análogo del dispositivo de medición de error, su mente la del controlador automático y sus músculos el análogo del momento actuante. El control de un sistema complejo por un operador humano no es eficaz, por las muchas interrelaciones entre las diversas variables. Nótese que aun en un sistema simple, un detector automático elimina cualquier error humano de operación. Si se necesita control de alta precisión, el control debe ser automático. Este sistema es el más utilizado dentro de industrias de proceso continuo y así se tiene que un controlador automático es un instrumento que mide el valor de una cantidad o condición de variable y que opera para corregir o limitar la desviación de este valor medido con referencia a un valor previamente seleccionado (set-point). Entonces un sistema de control automático es cualquier arreglo operable de uno o más controladores automáticos conectados en circuitos cerrado, con uno o más procesos; muchos sistemas de control industrial pueden ser reducidos a uno o más de dichos diagramas.

1.6.2.- COMPONENTES DEL LAZO DE CONTROL

Independientemente del tipo de tecnología en los sistemas de control, en todo lazo de control se utilizan los siguientes dispositivos:

- Elemento primario (sensor)
- Elemento secundario (transmisor)
- Medio físico de transmisión de la señal
- Receptor de la señal
- Elemento final

1.6.2.1.-ELEMENTO PRIMARIO (SENSOR)

El elemento primario de medición es aquel que detecta el valor de la variable, o sea, es la porción de los medios de medición que primero utiliza o transforma la energía del medio controlado, para producir un efecto que es una función de la variable controlada.

Los elementos primarios de medición más comunes son:

Para temperatura: termómetros bimetalicos, de vástago de vidrio, elementos para sistemas termales, llenos de: liquido (clase I), vapor (clase II), gas (clase III), mercurio (clase V), de resistencia eléctrica, de termopar, pirómetros de radiación, ópticos e infrarrojos, indicadores de color, indicadores pirometricos, termistores y termómetros de cristal de cuarzo, etcétera.

Para presión: tubo Bourdon, espiral, helicoidal, fuelles, diafragmas, manómetros, sensores de vacío tipo ionización, detectores térmicos de vacío, detectores mecánicos de vacío, sensores electrónicos de presión, etcétera.

Para flujo: placa de orificio, tubo venturi, tubo pitot, tobera, rotámetros y medidores de desplazamiento positivo de turbina, magnéticos, de vortice, bombas dosificadoras, etcétera.

Para nivel: flotadores, desplazadores y medidores de presión diferencial, de burbujeo, de capacitancia, de radiación, ultrasónicos, etcétera.

1.6.2.2.-ELEMENTO SECUNDARIO (TRANSMISOR)

El elemento secundario de medición y transmisión encargado de amplificar la señal proveniente del elemento primario de medición, o bien en transformar esa función en una señal útil, fácilmente medible, como una señal eléctrica o una presión neumática, que dependiendo de los fabricantes de instrumentos, comúnmente, son señales de 4 a 20 o 10 a 50 m.A. en los electrónicos, y de 3 a 15 o 6 a 30 lb/pulg² en el caso de los neumáticos.

La señal detectada y transmitida por los medios de medición (elementos primarios y secundario) es una función de la variable controlada, o sea de la cantidad o condición que es medida y/o controlada y se representa con la letra (E).

La señal de la variable controlada ya sea eléctrica, neumática, hidráulica, electrónica, etcétera, es transmitida simultáneamente a un dispositivo de indicación y/o registro y a un controlador.

La señal que va al elemento de indicación y/o registro es transformada a unidades de la variable controlada, o bien a porcentajes de escala o puntos (decimales), que, multiplicados por un factor, dan el valor en unidades de la variable medida.

1.6.2.3.-MEDIO FÍSICO DE TRANSMISIÓN DE LA SEÑAL

Dependiendo de la forma de conducir la señal a través del medio, los medios de transmisión se pueden clasificar en dos grandes grupos: medios de transmisión guiados y medios de transmisión no guiados. Según el sentido de la transmisión podemos encontrarnos con tres tipos diferentes: simplex, half-duplex y full-duplex. También los medios de transmisión se caracterizan por utilizarse en rangos de frecuencia de trabajo diferentes.

Los de transmisiones guiadas están constituidos por un cable que se encarga de la conducción (o guiado) de las señales desde un extremo al otro. Las principales características de los medios guiados son el tipo de conductor utilizado, la velocidad máxima de transmisión, las distancias máximas que puede ofrecer entre repetidores, la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, la facilidad de instalación y la capacidad de soportar diferentes tecnologías de nivel de enlace.

La velocidad de transmisión depende directamente de la distancia entre sus terminales, y de si el medio se utiliza para realizar un enlace punto a punto o un enlace multipunto. Debido a esto los diferentes medios de transmisión tendrán diferentes velocidades de conexión que se adaptarán a utilidades dispares.

Dentro de los medios de transmisión guiados, los más utilizados en el campo de las comunicaciones y la interconexión de ordenadores son:

- a) El par trenzado: consiste en un par de hilos de cobre conductores cruzados entre sí, con el objetivo de reducir el ruido de diafonía. A mayor número de cruces por unidad de longitud, mejor comportamiento ante el problema de diafonía.
- b) Protegido: Shielded Twisted Pair (STP)
- c) No protegido: Unshielded Twisted Pair (UTP): es un cable de pares trenzado y sin recubrimiento metálico externo, de modo que es sensible a las interferencias. Es importante guardar la numeración de los pares, ya que de lo contrario el efecto del trenzado no será eficaz, disminuyendo sensiblemente o incluso impidiendo la capacidad de transmisión. Es un cable barato, flexible y sencillo de instalar.
- d) Bucle de abonado: es el último tramo de cable existente entre el teléfono de un abonado y la central a la que se encuentra conectado. Este cable suele ser UTP Cat.3 y en la actualidad es uno de los medios más utilizados para transporte de banda ancha, debido a que es una infraestructura que esta implantada en el 100% de las ciudades.
- e) Redes LAN: en este caso se emplea UTP Cat.5 o Cat.6 para transmisión de datos, consiguiendo velocidades de varios centenares de Mbps.
- f) El cable coaxial: se compone de un hilo conductor, llamado núcleo, y un mallazo externo separados por un dieléctrico o aislante.
- g) La fibra óptica: Es un enlace hecho con un hilo muy fino de material transparente de pequeño diámetro y recubierto de un material opaco que evita que la luz se

disipe. Por el núcleo, generalmente de vidrio o plásticos, se envían pulsos de luz, no eléctricos. Hay dos tipos de fibra óptica: la multimodo y la monomodo. En la fibra multimodo la luz puede circular por más de un camino pues el diámetro del núcleo es de aproximadamente 50 μm . Por el contrario, en la fibra monomodo sólo se propaga un modo de luz, la luz sólo viaja por un camino. El diámetro del núcleo es más pequeño (menos de 5 μm).

En los medios de transmisión no guiados la transmisión como la recepción de información se lleva a cabo mediante antenas (ondas de radio). A la hora de transmitir, la antena irradia energía electromagnética en el medio. Por el contrario, en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio que la rodea. Las señales de radio se transmiten en un cierto nivel de potencia, con potencia medida en vatios. Un punto de acceso inalámbrico comercial transmite entre 30 a 100 mW de potencia, y alrededor de 50 mW para adaptadores inalámbricos. Ciertas aplicaciones requieren mayor potencia de transmisión (o potencia Tx) y pueden intentar utilizar amplificadores de potencia o módulos de alta potencia personalizadas para amplificar la potencia de transmisión.

La configuración para las transmisiones no guiadas puede ser direccional y omnidireccional. En la direccional, la antena transmisora emite la energía electromagnética concentrándola en un haz, por lo que las antenas emisora y receptora deben estar alineadas. En la omnidireccional, la radiación se hace de manera dispersa, emitiendo en todas direcciones, pudiendo la señal ser recibida por varias antenas. Generalmente, cuanto mayor es la frecuencia de la señal transmitida es más factible confinar la energía en un haz direccional.

La transmisión de datos a través de medios no guiados añade problemas adicionales, provocados por la reflexión que sufre la señal en los distintos obstáculos existentes en el medio. Resultando más importante el espectro de frecuencias de la señal transmitida que el propio medio de transmisión en sí mismo.

Según el rango de frecuencias de trabajo, las transmisiones no guiadas se pueden clasificar en tres tipos: radio, microondas y luz (infrarrojos/láser).

1.6.2.4.-RECEPTOR DE LA SEÑAL (TRANSDUCTOR)

Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente a la salida.

El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza (por ejemplo electromecánica, transforma una señal eléctrica en mecánica o viceversa). Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina interna, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc., para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen cierta cantidad de energía por lo que la señal medida resulta atenuada.

1.6.2.5.-ELEMENTO FINAL

El elemento final de control sirve por lo tanto, para convertir variaciones en la señal de salida del controlador, en variaciones correspondientes en la variable manipulada, cuyos cambios afectan el valor de la variable controlada.

1.6.3.-MODOS DE CONTROL

Se define modo de control, a la acción correctiva del controlador sobre el elemento final de control para hacer que la variable controlada, se mantenga en el valor deseado, señal de referencia o punto de ajuste.

Los modos de control más sencillos y que cubren la mayor parte de los requerimientos de los procesos actuales, son:

- Dos posiciones (ON-OFF)
- Control proporcional (P)
- Control integral, también llamado de reajuste automático o restauración (reset), (I)
- Acción derivativa (rate), (D)
- Control proporcional con reajuste automático (PI)
- Control proporcional con reajuste automático y acción derivativa (PID)

1.6.3.1.-DOS POSICIONES (ON-OFF)

El control de dos posiciones, también llamado abierto-cerrado, es aquel en el cual el elemento final de control sólo puede estar en una de sus dos posiciones extremas, dependiendo de que la variable controlada esté arriba o abajo del punto de ajuste (set-point).

Un control de dos posiciones es satisfactorio cuando:

- a) La velocidad de reacción del proceso es lenta, por ejemplo: un tanque de gran capacitancia y líneas con elevada resistencia.
- b) Los atrasos en la transmisión son despreciables
- c) No hay tiempo muerto o es muy pequeño
- d) Los atrasos de medición y control son pequeños
- e) Los cambios en la variable manipulada pueden ser grandes o frecuentes (cambios de carga), por ejemplo: extracciones no uniformes de un tanque de almacenamiento y válvula automática metiendo líquido

El control de dos posiciones, se utiliza en sistemas de protección. Cuando la variable llega a un valor máximo o mínimo permisible, el sistema actúa para proteger el equipo y al personal, por ejemplo:

- a) Válvula de seguridad
- b) Protecciones por sobre velocidad de máquinas rotatorias
- c) Protección contra incendio, midiendo temperatura
- d) Protecciones en plantas catalíticas de refinerías
- e) En electricidad, protección por corto circuito, de dinamo y transformadores
- f) Pararrayos (líneas de transmisión eléctrica)
- g) Protección por sobrecarga de un dinamo (por medio de un elemento térmico)

En procesos continuos donde la variable controlada varia constantemente, una aplicación común es:

- a) Control de nivel de tanques o recipientes de gran capacitancia y líneas con alta resistencia (poco diámetro con válvulas chicas).

Algunos controles de dos posiciones son con diferencial, por ejemplo: controles para arrancar bombas de relevo, midiendo presión en la descarga.

1.6.3.2.-CONTROL PROPORCIONAL (P)

Consiste en una amplificación de la señal de error. En este tipo de control el elemento final se modifica de manera proporcional al error; si el error es pequeño, el controlador dará origen a un pequeño cambio en la salida; si es grande el cambio en la salida también será elevado.

El controlador que realiza este tipo de acción se le conoce como regulador P, por ejemplo:

Sea el caso de un depósito de agua, en el que se desea que el caudal de entrada sea igual que el de salida, lo que se puede conseguir manteniendo constante el nivel del agua en el interior del depósito por medio de la válvula de control V, cuyo punto de ajuste se fija con un tornillo,

Si por cualquier circunstancia el nivel varía, el flotador actuará, a través de un brazo, sobre la válvula, en el sentido de igualar el caudal entrante con el saliente. Eso sí, cuando se vuelva a alcanzar el equilibrio de caudales, el nivel del depósito habrá variado, produciendo un error permanente.

Por lo tanto el inconveniente principal de este tipo de control es el error permanente con el que se va a trabajar.

Un control proporcional es satisfactorio cuando:

- a) La velocidad del proceso es lenta o moderada, por ejemplo: controles de nivel y presión de recipientes con mucha o regular capacitancia y donde hay resistencias altas a través de las líneas de alimentación y extracción o desfogues.
- b) No hay grandes atrasos en la transmisión.
- c) No hay tiempo muerto o es despreciable.

- d) No hay cambios rápidos ni grandes de la variable manipulada (cambios de carga).

Se debe tomar en cuenta que en el control proporcional generalmente el valor deseado no coincide con el punto de ajuste.

1.6.3.3.-CONTROL INTEGRAL (I)

El regulador suministra una acción de control cuyo valor es proporcional a la integral de la señal de error. Mientras que en el control proporcional no influye el tiempo, sino que la salida solo varía en función de las modificaciones de la señal de error, en este tipo de control la acción varía según la desviación de la señal de salida y el tiempo durante el que esta desviación se mantiene.

En la práctica el controlador integral posee también una acción proporcional, y ambas se complementan, de manera que la acción proporcional actúa instantáneamente, mientras que la integral sólo lo hace durante un cierto intervalo de tiempo.

Por ejemplo: consideremos una válvula que es accionada por un motor de corriente continua que gira con una velocidad proporcional a la tensión aplicada, de manera que es suficiente colocar un potenciómetro comandado por el flotador para que este potenciómetro sea el que regule la tensión de entrada al motor. Además esta acción elimina los errores de permanente que se dan en el control proporcional.

Así si el nivel del agua en el depósito desciende, el contacto se desliza a lo largo del reóstato, originando una tensión positiva que al actuar sobre el motor provoca la apertura de la válvula, que continuará abierta hasta que el nivel alcanza el valor prefijado, que corresponde a una tensión nula.

1.6.3.4.-CONTROL DERIVATIVO (D)

Esta acción, al igual que la integral, no se emplea sola, sino que va unida a la acción proporcional (regulador PD), o ambas (regulador PID).

La eficacia de los reguladores de tipo proporcional puede aumentarse haciéndose que la señal de mando varíe no sólo proporcionalmente a la señal de error, sino también a su derivada.

La acción derivativa es de tipo anticipativo: al actuar el valor de la derivada, detecta anticipadamente si va a existir una sola sobreoscilación excesiva, proporcionando así la acción de control adecuada para evitarla antes de que tenga lugar.

1.6.3.5.-CONTROL PROPORCIONAL CON REAJUSTE AUTOMÁTICO (PI)

Su aplicación principal, es en procesos donde hay cambios de la variable manipulada, ya sean frecuentes o grandes, por ejemplo:

- a) Cambios de presiones en la línea, frecuentes o sostenidas, donde está la válvula automática para controlar nivel, flujo, presión o temperatura.
- b) Cambio de temperatura en vapor de calentamiento.
- c) Cambio de poder calorífico de un combustible.

En los ejemplos anteriores, si el control fuera solamente proporcional, la variable controlada sufriría una desviación sostenida. El reajuste automático (reset) elimina dicha desviación, haciendo que la variable controlada regrese al punto de ajuste (set-point). En este tipo de ajuste si coincide con el valor deseado sí coincide con el punto de ajuste.

1.6.3.6.-CONTROL PROPORCIONAL CON REAJUSTE AUTOMÁTICO Y ACCIÓN DERIVATIVA (PID)

Su aplicación principal es en procesos donde existe el tiempo muerto, generalmente en todos los controles de temperatura. La acción derivativa (rate), actúa con la velocidad de cambio de la variable y no con el cambio total, haciendo correcciones anticipatorias, evitando con esto la oscilación o mal control que provocaría esos retrasos de medición. La acción derivativa (rate) es por tanto satisfactoria cuando existen tiempos muertos grandes. El control proporcional con reajuste automático, es el más usado de todos los tipos de control por lo cual, en la siguiente tabla, se dan los valores aproximados de banda proporcional y reajuste automático (reset), entre los cuales tienen que trabajar los sistemas, según la velocidad del proceso y atrasos tanto en la medición (tiempo muerto) como en la transmisión.

Tenemos que: V_p = velocidad del proceso

A_m = Atrasos en la medición debido al tiempo muerto y atrasos en la transmisión

		BANDA PROPORCIONAL	REAJUSTE AUTOMATICO
V_p A_m	Lenta Grandes	Moderada 40% a 100%	Lento 0.1 a 5 rep/min
V_p A_m	Lenta Pequeños	Angosta 2% a 40%	Rápido 10 a 100 rep/min
V_p A_m	Rápida Grandes	Ancha 100% a 500%	Lento 0.1 a 5 rep/min
V_p A_m	Rápida Pequeños	Entre Moderada y ancha 40% a 100% 90% a 250%	Rápido 3 a 15 rep/min 10 a 100 rep/min

En procesos con atrasos pequeños de cualquier clase, al control se efectúa principalmente con reajuste automático.

En procesos con gran capacitancia y atrasos en la transmisión y tiempo muerto moderado, el control se efectúa principalmente por la acción proporcional.

En procesos con poca capacitancia y atrasos pequeños, la parte principal la efectúa el reajuste automático.

Si la acción proporcional es la que actúa principalmente, el propósito del reajuste es efectuar pequeños movimientos en la válvula para eliminar las desviaciones sostenidas.

Un control debe quedar con los ajustes adecuados de banda, reset y rate para mantener (E=P) para que cuando ocurran cambios de carga en la planta, se ajuste a otro valor de (P) o existan descontroles debidos a fallas en la operación, se estabilicen eficientemente y en el menor tiempo posible, haciendo (E=P) y recuperando las condiciones normales de operación.

1.6.3.7.-CONTROL AVANZADO

No siempre los procesos son sencillos; en bastantes casos son muy complejos, presentan retardos importantes, están sometidos a perturbaciones y pueden ser marcadamente no lineales, y con acoplamiento entre las variables. No es infrecuente que para estos casos, después de diversos intentos de aplicar controladores PID probando diversos ajustes, se acabe por controlar manualmente el proceso. Las técnicas especiales que permiten en control de este tipo de procesos se denominan técnicas de control avanzado.

El modelo predictivo del control avanzado ya ha sido estudiado y predice las situaciones futuras del proceso. Su señal de salida y_{pr} se resta a la del proceso y_p , y el error resultante E , debido a la aproximación que necesariamente realiza el módulo predictivo del futuro, modifica el mecanismo de compensación para cambiar la estrategia actual del control, actuando sobre el controlador y sobre el generador de trayectoria. Éste, a su vez, genera un valor del punto de consigna y_r , diferente del punto de consigna S.P. que el operador ha fijado en el sistema.

El generador de trayectoria se encarga de ir al valor deseado de la variable del proceso en las mejores condiciones posibles. Es una función de los criterios establecidos y proporciona la gran robustez del control predictivo trabajando prácticamente en el límite de estabilidad. Dentro del control avanzado pueden establecerse niveles de jerarquía (Fig.1.22.).

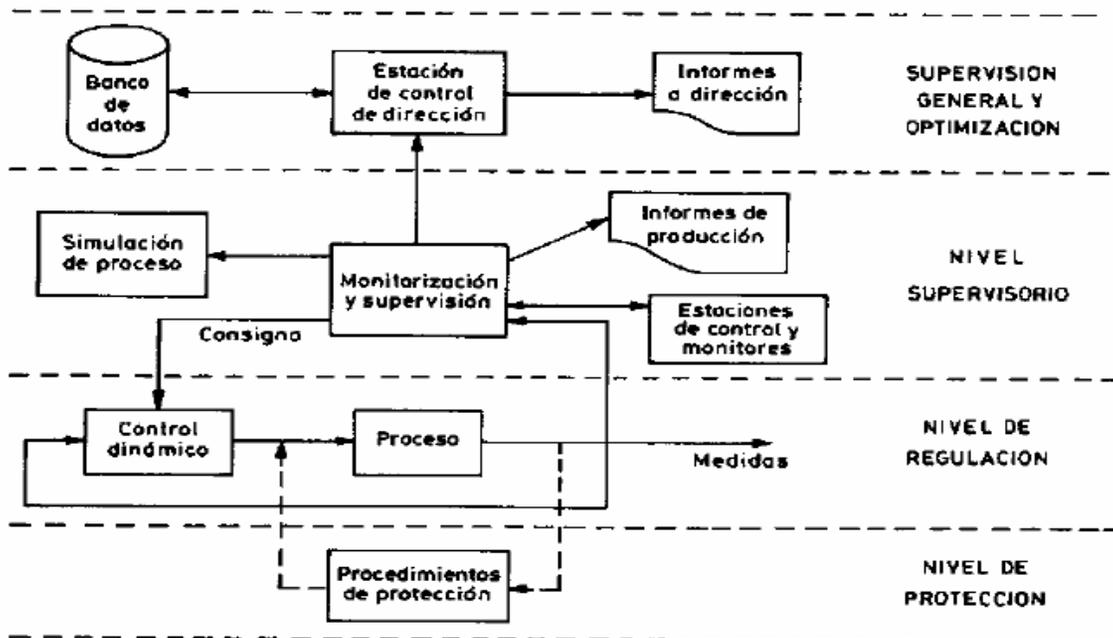


Figura 1.22. Niveles jerárquicos del control avanzado.

Estos niveles son:

- *Optimización:* aplicable generalmente a los procesos individuales. Típicamente consiste en un control con restricciones que conduce una variable a su valor óptimo hasta que el sistema alcanza un límite (o restricción), o bien se ha alcanzado el valor óptimo.
- *Supervisor:* que va desde un simple lazo de control hasta complejos algoritmos de control multivariable. La mayor parte de las funciones de control avanzado se encuentran en este nivel el control supervisor es beneficioso en los siguientes casos:
 1. Posibles pérdidas económicas ante retardos en la respuesta del proceso ante perturbaciones.
 2. Ajustes frecuentes de las acciones de control.
 3. Dificultades en establecer las mejores condiciones de operación para una producción definida.
 4. Pérdidas de fabricación no evidentes al operador por fallos de ajuste de la instalación ante perturbaciones.
- *Regulador:* es excelente en el control distribuido por la capacidad del sistema para incluir algoritmos de control sofisticado o efectuar cambios en la interrelación de los lazos, gracias al software del control distribuido. En los instrumentos convencionales deben conectarse físicamente los aparatos entre sí.
- *Protección o seguridad:* que proporciona una seguridad intrínseca de base.

1.7.- SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUIDO (SCD)

El concepto de “control distribuido” nace a mediados de 1975, reduciendo varios riesgos en fallas y logrando mayor robustez, permitiendo el cambio fácil del tipo de control, obteniendo mejor rentabilidad para la planta.

En este tipo de control, uno o varios controladores se encuentran repartidos en varios puntos de la planta donde están conectados a varias señales de proceso correspondientes, en general, a una parte homogénea de la planta.

Estos controladores se distribuyen de forma adecuada y están conectados entre sí a través de una vía de comunicaciones, la cual comunica a su vez con el centro supervisor del control central (Figura 1.23), desde donde se tiene acceso de modo automático o manual a todas las variables de proceso de la planta.



Figura 1.23. Cuarto de control central

La ventaja fundamental es la seguridad y economía de funcionamiento, al ser los lazos de control de cada controlador de menor longitud (por estar situado en el centro óptimo de las variables de proceso captadas) y menos vulnerables al ruido o a los daños; por otro lado, ante la posible pérdida de comunicación (que suele ser redundante), los controladores continúan operando localmente. Además, el operador tiene acceso a todos los datos de los controladores (puntos de ajuste, variables de proceso, señales de salida a válvulas, etc.). En el diseño de las pantallas de control deben participar tanto el proveedor como el usuario. Evidentemente, la participación de los operadores de la planta es de gran ayuda para obtener un resultado satisfactorio.

La presentación gráfica en las pantallas de control (Figura 1.24) puede configurarse según los diferentes tipos de normas como la NRF-226-PEMEX, estas normas describen características específicas de tuberías, tanques, bombas, y demás equipos de la planta.

A parte de las entradas por teclado, el operador, aunque no tenga experiencia, puede pedir al sistema menús de ayuda, diagramas de flujo, presentación de alarmas, entre otros., sin tener que preocuparse por la sintaxis de las órdenes.

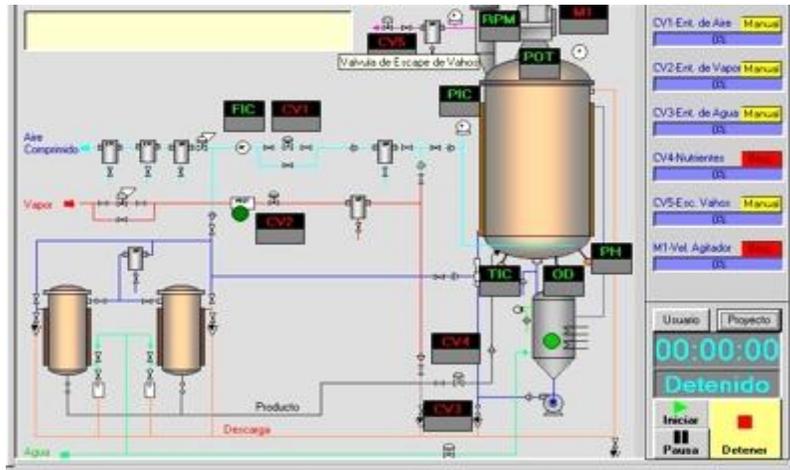


Figura 1.24. Presentación gráfica del proceso

Dichos sistemas de control, han sido una excelente herramienta para la solución de problemas complejos en la dirección de una planta, desde los más sencillos como tendencias de variables y su interrelación, hasta los más complejos como las auditorías y la optimización de costos de las diversas secciones de la planta.

La arquitectura distribuida de las funciones, permiten analizar y comunicar entre sí los valores de variables tales como el estado de inventario y análisis de productos (tales como materias primas y productos terminados), la automatización de la producción, el mantenimiento y la información necesaria para la Dirección; con el fin de poder tomar decisiones correctas, con relación a la optimización de la producción, mejora de la calidad en los productos, y disposición de la planta.

Los sistemas de control distribuido han evolucionado en los siguientes aspectos:

- Controladores multifunción para uso en procesos discontinuos en la modificación fácil y repetitiva de operaciones, incluyendo control lógico y secuencial, paros de emergencia, compensadores y diversos algoritmos de control.
- Sistemas de optimización de plantas coordinando múltiples controladores programables cada vez más rápidos.
- Aplicaciones recientes en el área de modernización de plantas.
- Perfeccionamiento en las vías de comunicación utilizando cables coaxiales y fibras ópticas, así como la integración de nuevos protocolos de comunicación.

Se emplean también controladores lógicos programables (PLC) que realizan fundamentalmente funciones de secuencia y enclavamiento de circuitos sustituyendo así a los clásicos circuitos de enclavamiento a relés en los paneles de control y así mismo, como complemento, pueden realizar funciones de control PID.

1.8.- SCADA

Los sistemas SCADA originalmente se diseñaron para cubrir las necesidades de un sistema de control centralizado, sobre procesos o complejos industriales distribuidos, sobre áreas geográficas muy extensas. Tal es así que en la definición clásica de un sistema SCADA se hace referencia a esta característica. Hoy en día, con el desarrollo de las redes digitales, la definición se tiene que modificar para incluir esta nueva forma de conectividad.

SCADA proviene de las siglas: “Supervisory Control And Data Acquisition”; es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. Tradicionalmente se define a un SCADA como un sistema que permite supervisar una planta o proceso por medio de una estación central que hace de Master (llamada también estación maestra o unidad terminal maestra, MTU) y una o varias unidades remotas de datos hacia / desde el campo.

Si bien las topologías que sobre las que se sustentan los sistemas SCADA se han adecuado a los servicios de los sistemas operativos y protocolos actuales, las funciones de adquisición de datos y supervisión no han variado mucho respecto a las que proponían en sus inicios.

Esquemáticamente, un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes (Fig.1.25.):

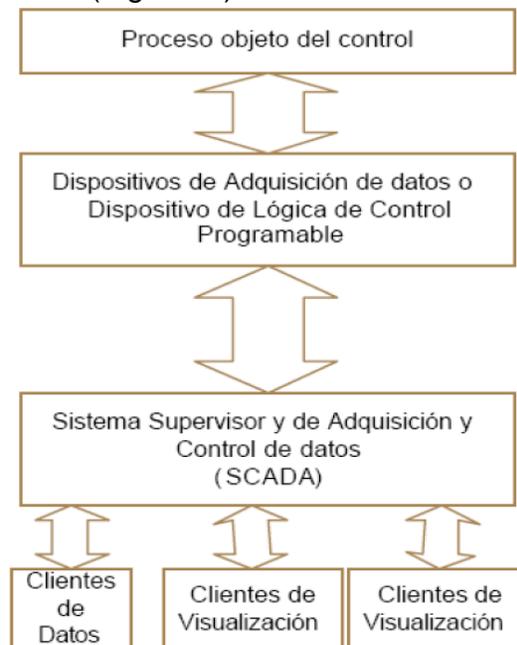


Figura 1.25. Partes de un Sistema SCADA.

1. Proceso Objeto del control: Es el proceso que se desea supervisar. En consecuencia, es el origen de los datos que se requieren coleccionar y distribuir.

2. Adquisición de Datos: Son un conjunto de instrumentos de medición dotados de alguna interface de comunicación que permita su interconexión.
3. SCADA: combinación de hardware y software que permite la colección y visualización de los datos proporcionados por los instrumentos.
4. Clientes: Conjunto de aplicaciones que utilizan los datos obtenidos por el sistema SCADA.

Un término clave en la definición, al que muchas veces no se le da adecuada atención, es el de supervisión, que significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre operaciones, generalmente críticas, de una planta generalizada, que a veces si se hace, de que en la unidad master se hace control automático del proceso supervisado.

Es cierto que puede hacerse control automático, pero debe evaluarse suficientemente su implementación, tomando sobre todo en consideración la confiabilidad de los enlaces (en particular si son de larga distancia) que transportan los datos y comandos desde y hacia el campo. Una falla de comunicación, significaría dejar fuera de control el proceso. Esto explica por qué ahora la industria favorece a los sistemas de control distribuido.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

2.1. PROTOCOLOS INALÁMBRICOS

Un protocolo se define como el conjunto de reglas para la comunicación de datos. Cuenta con los procedimientos para la detección y representación de datos, señalización, autenticación y error necesario para enviar información a través de un canal de comunicación. Al comienzo de la aplicación inalámbrica en la automatización industrial era más fácil de usar los protocolos informáticos existentes, pero a medida que las aplicaciones se incrementaron la necesidad de un protocolo inalámbrico estándar industrial creció. El uso de un protocolo u otro se rige por la aplicación en que se va a utilizar, las capacidades y limitaciones de cada protocolo.

Desde la invención de la transmisión de radio, muchos tipos de tecnologías y estándares inalámbricos han sido desarrollados para satisfacer los requisitos de varias aplicaciones inalámbricas. Para el desarrollo de cada estándar inalámbrico, dos variables principales fueron considerados: área de cobertura (distancia) y velocidad de datos (ancho de banda). Las tecnologías inalámbricas se pueden dividir en tres categorías: WWAN, WLAN y WPAN (Fig. 2.1 y Tab. 2.1).

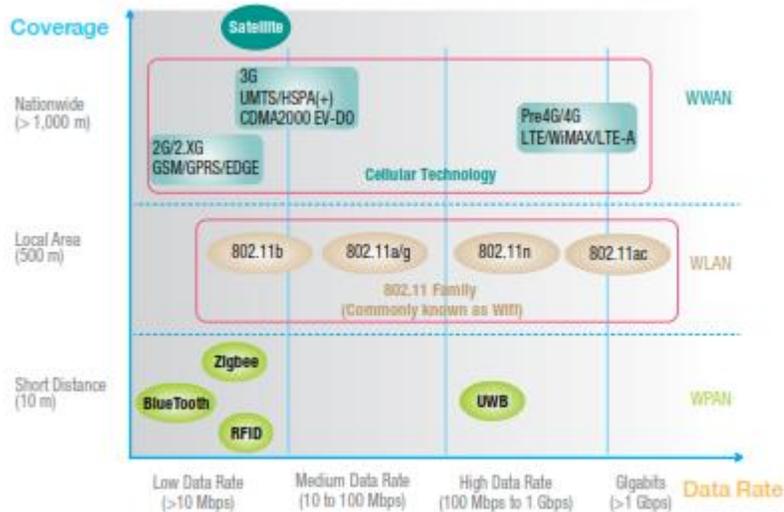


Figura 2.1 Cobertura vs Velocidad de Datos

	WWAN (Redes Inalámbricas de Área Extensa)	WLAN (Redes Inalámbricas de Área Local)	WPAN (Redes Inalámbricas de Área Personal)
Características	<ul style="list-style-type: none"> -Cobertura de Área Extensa -Comunicación a Larga Distancia -Alta Transmisión de latencia -Mediana Transmisión de banda ancha -Transmisión de Datos en Curso -Restricción de Canal base 	<ul style="list-style-type: none"> -Cobertura de Área Local -Comunicación a Larga y Media Distancia -Baja Transmisión de Latencia -Alta Transmisión de Banda Ancha -Costo de Configuración Inicial AP 	<ul style="list-style-type: none"> -Cobertura de Área Local Pequeña -Distancia de Comunicación Corta -Baja Transmisión de Latencia -Baja transmisión de Banda Ancha -Bajo consumo de Energía
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> -Señalización de Sistemas de control en Carreteras -Sistema de Monitoreo Remoto -Vigilancia del Medio Ambiente en todo el País 	<ul style="list-style-type: none"> -Tren de Comunicación a tierra para datos críticos -De Alto Rendimiento para la transmisión de video a tierra -Puenteo de Datos para el Seguimiento de Dispositivos 	<ul style="list-style-type: none"> -Control de la luz de calle -Rastreo de Personal -Adquisición de Datos a Corta Distancia

Tabla 2.1 Selección de tecnologías

Los diferentes protocolos disponibles son: Bluetooth (IEEE 802.15.1) - de baja potencia, de corto alcance; ZigBee (IEEE 802.15.4) - ultra bajo consumo, redes de mayor escala, bajas tasas de datos, Wi-Fi (IEEE 802.11b) - transferencia de alta velocidad de datos , mayor potencia, WirelessHART , e ISA SP100.11a .

2.1.1. ZIGBEE



ZigBee es un estándar de red de baja energía a bajo costo basado en estándar IEEE 802.15.4 desarrollado por la Alianza ZigBee principalmente para vigilancia y control de productos. Se trata de un protocolo de comunicación de alto nivel que se diferencia de WPAN como Bluetooth por ser simple, proporcionando batería de larga duración y seguridad en la red.

Los puntos fuertes de ZigBee incluyen bajo costo - amplias aplicaciones, de baja potencia - vida larga de la batería y es compatible con redes de malla que aumenta tanto la fiabilidad y la zona de cobertura. Aunque la topología de engrane inalámbrico aumenta la complejidad de la red y la latencia, puede ser superada mediante la planificación de despliegue de red de acuerdo con la aplicación.

Muchos fabricantes están proporcionando el sistema más barato en un chip de soluciones que tiene un microprocesador integrado con una antena para un fácil desarrollo. El protocolo ZigBee junto con el estándar IEEE 802.15.4 PHY y MAC pueden ser fácilmente desplegados en el microprocesador para obtener unas soluciones inalámbricas rentables. ZigBee ha encontrado uso en aplicaciones en las industrias sobre todo en el hogar, la construcción y la automatización industrial.

ZigBee opera en la banda de frecuencia de 2,4 GHz en todo el mundo, pero también tienen la opción de 915 MHz y 868 MHz en las diferentes regiones. La alta duración de la batería es posible debido a la capacidad de activar ZigBee en momentos cortos. El dispositivo se tarda menos de 15 milisegundos para cambiar entre el modo de reposo al modo de funcionamiento que se puede alojar en un piso de la planta o la fábrica.

Con la posibilidad de la creación de redes de malla, los dispositivos se pueden clasificar como coordinador ZigBee (ZC) , router (ZR) o dispositivo final (ZED) . Sólo puede haber un coordinador en una configuración de la red, ya que tiene las claves de seguridad para los dispositivos que se está comunicando con ZR, son nodos intermedios que envía los datos propios, así como de paso sobre los datos de otros nodos. Y en el nivel bajo, hay zetas que sólo puede transmitir datos a cualquiera de ZC o ZR y no se comunica con otros dispositivos. Seguridad en ZigBee se basa en Advanced Encryption Standard, AES-128 y, como tal, la seguridad se proporciona en el MAC, red y las capas de aplicación.



2.1.2. BLUETOOTH

El concepto de Bluetooth fue concebido en 1994 cuando Ericsson Mobile Communications comenzó un estudio para examinar las alternativas para voz y datos cableados. Bluetooth Special Interest Group (SIG) se fundó en 1996 con 5 miembros y otros fueron invitados a unirse a los adoptantes Bluetooth y ahora el SIG ahora tiene más de 2.000 miembros procedentes de distintos ámbitos.

Bluetooth, se utiliza principalmente para la transmisión de datos y voz inalámbricos, es más bien un conjunto de aplicaciones de comunicación cuya dos comunicaciones PHY y MAC han sido publicados en el estándar IEEE 802.15.1. La tecnología inalámbrica Bluetooth es de corto alcance, es un protocolo de comunicación inalámbrico seguro, robusto, desarrollado para sustituir los cables de computadoras y dispositivos portátiles. Es omnidireccional y al igual que el estándar IEEE 802.11 utiliza la banda de frecuencia sin licencia de 2.4 GHz ISM. La banda se divide en setenta y nueve canales en la mayor parte del mundo que operan entre 2,4000 GHz y 2,4835 GHz. Se puede comunicar a través de obstáculos físicos, que van desde 1 metro a 100 metros dependiendo de la clase de uso. Clase 3 transmite 1 mW y cubre 1 metro, mientras que el poder de la clase 2 es de 2,5 mW para un alcance de 10 metros y Clase 3 tiene un alcance máximo de 100 metros para una potencia de transmisión de 100 mW. Utiliza el salto de frecuencia de espectro ensanchado a un ritmo de 1.600 saltos / segundo.

Bluetooth ofrece la técnica de corrección de errores para mejorar la prestación de los datos, pero esto se come en la velocidad de transmisión. Las versiones anteriores de Bluetooth proporcionan velocidad de datos de hasta 1 Mbps, que aumentó de manera significativa a la fecha, hasta 24 Mbps.

Los datos son Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK) modulada y la seguridad se proporciona a múltiples niveles. Bluetooth especifica la seguridad a nivel de enlace y cada una de sus aplicaciones especifica su seguridad a nivel muy alto. Se utiliza una clave de 128 bits para la autenticación de datos y el tamaño de la clave es configurable entre 8 y 128 bits para el cifrado de datos.

Bluetooth cuenta con una organización topológica única que utiliza la relación maestro-esclavo entre los nodos. Cada nodo puede comunicarse sólo a un máximo de ocho nodos, esta hace una red denominada piconet. En cada piconet, se asigna un maestro cuyo reloj y secuencia de saltos se utiliza para sincronizar todos los demás esclavos dentro de la piconet. Un esclavo en una piconet puede ser un maestro en otra piconet, esto es una ampliación de la red de más de un nivel. Puesto que los nodos tienen capacidad de punto a punto y punto a multipunto de comunicación, varios picoredes se pueden establecer y juntos pueden formar una red más amplia de muchos niveles llamado scatternet. Como se discutió anteriormente el PHY y la capa MAC de Bluetooth se basa en el estándar IEEE 802.15.1, SIG ha definido 13 perfiles para diversas aplicaciones. En la tabla siguiente se detallan los diferentes perfiles de aplicación (Tab. 2.2):

Perfil	Descripción
Acceso Genérico	Describe cómo dos estaciones Bluetooth comienzan la comunicación.
Detección de Servicios	Un procedimiento estandarizado para la configuración regional e identificar los servicios de Bluetooth.
Telefonía Inalámbrica	Servicios para teléfonos inalámbricos.
Intercomunicador	Servicio para uso de Intercomunicación y radio búsqueda.
Puerto Serie	Servicios para emular una conexión de puerto serie.
Auriculares	Servicios de apoyo a los auriculares y un micrófono para comunicaciones de voz modo dúplex.
Acceso telefónico a redes	Servicios para permitir que una computadora use un teléfono celular o módem como un módem inalámbrico para conectarse a un servidor de acceso a Internet o para utilizar otros servicios de acceso telefónico, incluyendo las llamadas de datos.
Fax	Servicios para permitir que los dispositivos envíen o reciban mensajes de fax.
Acceso LAN	Servicios para permitir que los dispositivos se conviertan en nodos de la red en una LAN.
Intercambio de objeto genérico	Servicios para transportar dato.
Envío de Objetos	servicios para enviar, extraer, y el intercambio de datos
Transferencia de Archivos	Servicios para la navegación y la transferencia de archivos.
Sincronización	Servicios de apoyo a los procesos de actualización de archivos entre dispositivos.

Tabla 2.2. Perfiles de aplicación Bluetooth

2.1.3. WI-FI



El estándar IEEE 802.11 es una de las primeras normas que han aprobado para la red inalámbrica en julio de 1997, que era simple extensión de la red de cable de área local (LAN). Las especificaciones 802.11 utilizan el protocolo Ethernet y Carrier Sense Multiple Access con prevención de colisiones (CSMA / CA). Teniendo en cuenta la flexibilidad de ser implementado tanto en el modo de infraestructura o modo ad-hoc, que había permitido una transición suave desde la red con cable a la tecnología inalámbrica sin grandes cambios en el sistema y las limitaciones.

Los estándares IEEE 802.11 funcionan en las bandas ISM de 2,4 GHz (b, g, n) y 5 GHz (a, n) y la potencia de transmisión es de aproximadamente 100 mW para el rango de 100 metros. Utiliza los puntos de acceso para conectarse a los dispositivos finales y cada uno de estos puntos de acceso se pueden conectar hasta un máximo de 255 dispositivos de clientes, con 128 dispositivos que funcionen simultáneamente. 802,11 utilizan IEEE Wired Equivalent Privacy estándar (WEP) para proporcionar seguridad de los datos, la autenticación y el cifrado de datos. La autenticación se ofrece mediante un común o la llave abierta mientras que los datos son encriptados usando WEP de 64 bits o 128 bits para sistemas de 2.4 GHz y 152 - bits para 5 sistemas GHz.

Las versiones más populares y ampliamente utilizadas de IEEE 802.11 en industrias están tabuladas en la tabla de abajo (Tab. 2.3).

Designación Estándar	Frecuencia Operativa	Método de Transmisión	Máxima memoria de Datos	Máxima Distancia
IEEE 802.11b	2.4 GHz	Frecuencia Directa	11 Mbps	300 ft (100 m)
IEEE 802.11a	5 GHz	Frecuencia Ortogonal	54 Mbps	300 ft (100 m)
IEEE 802.11g	2.4 GHz	Frec. Ortog. Y Directa	54 Mbps	300 ft (100 m)
IEEE 802.11n	2.4 – 5 GHz	Frecuencia Ortogonal	54 a 60 Mbps	820 ft (250 m)

Tabla 2.3. Características Wi -Fi

2.1.3.1 IEEE 802.11b

El estándar IEEE 802.11b fue el primer estándar de esta familia para ser utilizado en aplicaciones WLAN, y se basa en espectro ensanchado de secuencia directa, donde se transmite los datos en un rango de frecuencia utilizando un algoritmo de propagación. Utiliza la frecuencia ISM de 2,4 GHz de espectro que puede funcionar bien en un ambiente interior donde hay obstáculos físicos como paredes y techos. Se puede ofrecer una velocidad de datos de hasta 11 Mbps que sirven un diámetro de alrededor de 100 metros o 300 pies. La velocidad de datos baja a medida que la distancia entre el transmisor y el receptor aumenta, dejando caer hasta un mínimo de 1 Mbps. Se ha encontrado aplicación en los hogares y los negocios donde los usuarios pueden acceder a Internet, compartir archivos y aplicaciones.

2.1.3.2 IEEE 802.11a

El estándar IEEE 802.11a fue desarrollado para comunicar a una mayor velocidad de datos de 54 Mbps en la banda de 5 GHz y se desarrolló como una alternativa de alta velocidad para 802.11b. Se utiliza la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) método de transmisión en el que las sub-señales se transmiten a través de diferentes frecuencias simultáneamente. Esto reduce la cantidad de interferencia y la relación de

señal a ruido. Tiene un rango tanto como 802.11b en la vecindad de 100 metros. La principal diferencia entre el 802.11b, y -a, es que 802.11a proporciona velocidades más altas y mayor ancho de banda a costa de un menor alcance y mayor consumo de energía. Otro punto a destacar es 802.11a y 802.11b no son compatibles y por lo tanto no se encontró mucho uso en el mercado por mucho tiempo. Como alternativa, el estándar IEEE 802.11g fue desarrollado.

2.1.3.3 IEEE 802.11g

El estándar IEEE 802.11g fue desarrollado para proporcionar una mayor velocidad de transmisión en la gama de 54 Mbps como el 802.11a pero también ofrece compatibilidad hacia atrás con 802.11b. La compatibilidad se consigue utilizando el método de transmisión DSSS de 802.11b para la velocidad de 11 Mbps y utiliza OFDM más eficiente para velocidades más altas de hasta 54 Mbps. Dado que se usa la misma frecuencia 2,4 GHz y no 5 GHz, los problemas de menor ancho de banda que persistieron ofrecieron capacidad inferior.

2.1.3.4 IEEE 802.11n

El recientemente estandarizado (en 2009) IEEE 802.11n ofrece lo mejor de todos los mundos de la serie 802.11x. Ofrece compatibilidad con todos sus predecesores discutidos aquí con cinco veces el rendimiento y dos veces la fiabilidad y la previsibilidad. Tiene múltiples antenas y múltiples capacidades de entrada y salida múltiple (MIMO) que aumentan considerablemente el rendimiento y el mantenimiento de la fidelidad de los datos transmitidos. Ofrece un rendimiento de alta velocidad en comparación con sus homólogos de cable hasta un máximo de 600 Mbps. Su radio de acción es considerablemente más alto que sirve en un área de 250 metros de diámetro y de hasta 300.000 paquetes / seg de transferencia de datos, es posible el uso de múltiples radios y canales. (Fig. 2.2)

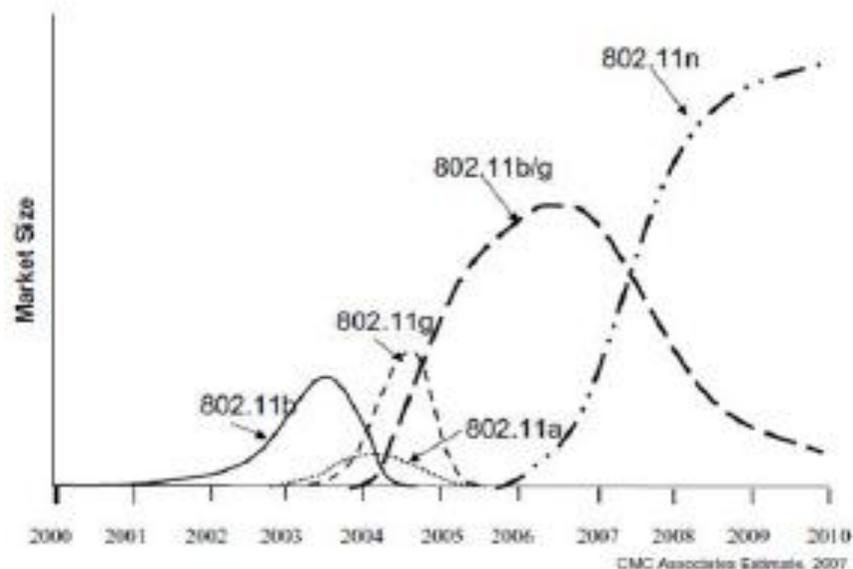


Figura 2.2. Guía para los estándares IEEE 802.11

2.1.3.5.-WIRELESSHART



WirelessHART

WirelessHART fue desarrollado por HART Communication Foundation basado en el transductor remoto direccionable y familiar (HART) Protocolo de comunicación y fue puesto en libertad el día 07 Septiembre de 2007. Por tanto, este protocolo ha estado 8 años en el mercado y es reconocido como estándar internacional por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) como IEC 62591 ed. 1.0 del 6 de abril de 2010. HART Wireless se basa en el estándar IEEE 802.15.4 que ofrece la ventaja de bajo costo y bajo consumo de energía.

WirelessHART fue desarrollado para mejorar las capacidades de los 30 millones de dispositivos HART instalados en planta. Protocolo HART fue desarrollado hace 30 años que revolucionó la técnica de comunicación de datos entre los dispositivos de campo y los controladores. Se utiliza analógica de 4-20 mA rango de corriente de tránsito a la variable de proceso y la información digital sobre el proceso y el instrumento se envía junto con la información analógica.

En la mayoría de los escenarios, los dispositivos HART sólo se utilizan para transmitir la variable del proceso a través del cable y el grueso de la información útil es sin explotar que puede ayudar en la optimización del instrumento y de la planta. En 2006, HART comenzó a desarrollar un estándar y el resultado de este proceso es WirelessHART, protocolo de comunicaciones de la red de malla inalámbrica que añade capacidad inalámbrica para el protocolo HART, mientras que mantiene la compatibilidad con los dispositivos HART existentes, los comandos y herramientas.

Aparte de ser estándar abierto e interoperable, cumple en tiempo real en un sistema de control típico. Ha demostrado ser robusto, fiable y seguro para la supervisión y está industria está tomando medidas que hayan de aplicar el estándar para el control de bucle cerrado.

WirelessHART no solo se puede implementar con los dispositivos HART existentes y aumentar su capacidad, sino también nuevos dispositivos se desarrollan como una actualización para los dispositivos HART que podrían proporcionar información analógica a través del sistema de control por cable y la información digital de forma inalámbrica a los sistemas de gestión de activos y sistemas de mantenimiento. En una red WirelessHART típica, hay nodos que transmiten los datos a una puerta de enlace de forma inalámbrica, que está además conectado al sistema de control host a través de cualquiera de los protocolos existentes con cable, tales como Ethernet.

Al igual que en el caso de ZigBee, WirelessHART también utiliza el estándar IEEE 802.15.4-2006 estándar para la capa de enlace de datos y física. Se utiliza la banda de 2,4 GHz de frecuencia universal, dividido en 16 canales con función de ciclos de trabajo bajos para maximizar la vida de la batería. Enrutamiento Mesh es una técnica que se utiliza para aumentar la fiabilidad y extender la distancia de funcionamiento. Todos los nodos de WirelessHART pueden actuar como enrutadores, proporcionando capacidad plena para la topología de la malla. Interferencia y previsibilidad se incrementa a través

de la técnica de salto de canal de entre 16 canales usando frecuencia fija saltando como método de transmisión. Además, WirelessHART utiliza Time Division Multiple Access (TDMA) para maximizar de manera óptima el espacio de tiempo para mensajes más largos.

Siempre existen varias rutas entre los nodos finales de la puerta de entrada para la confiabilidad y la red optimiza automáticamente la ruta de elegir la mejor ruta siempre con el fin de minimizar la latencia. Routing es responsabilidad de la capa de enlace de datos superior y la capa de red entre los nodos.

La capa de transporte ofrece una combinación de ambos, en caso de error en la entrega que intenta transmitir de nuevo. La segmentación de los datos de la aplicación se realiza en esta capa para la transferencia de datos, tales como forma de onda tiene un gran tamaño de datos. Unicast, Multicast y Broadcast transmisiones son compatibles en esta capa.

No existe una capa de aplicación definida, pero los datos pueden leerse desde el nodo de solicitud o el uso de algún tipo de función de alerta que transmite cuando la variable del proceso dispara por encima del límite establecido. Técnica de cifrado AES- 128 se utiliza para el cifrado de datos en WirelessHART. Al igual que con la implementación faro en ZigBee, cada nodo se despierta cada 10 milisegundos, ya sea para pasar los datos o dar sus propios datos para optimizar la vida de la batería.

2.2.-CARACTERÍSTICAS DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Para entender el funcionamiento de la tecnología inalámbrica en el entorno industrial, es importante conocer las características necesarias de los equipos inalámbricos. A continuación se detallan las características:

2.2.1 SEGURIDAD EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS

Los datos que viajan sobre ondas de radio en el aire pueden ser fácilmente captados y hasta manipulados por terceros. Los dispositivos móviles pueden ser robados, mal utilizados y representan un riesgo de seguridad para cualquier aplicación. Los puntos de acceso inalámbricos pueden permitir acceso no autorizado a la red corporativa. Con el uso de tecnología no propietaria, como 802.11, la funcionalidad de encriptación de datos, protocolos de autenticación de servidores, cortafuegos y redes privadas virtuales son cada vez más importante. A continuación se describe algunos conceptos básicos asociados con la seguridad inalámbrica:

WEP para evitar que las señales de radiofrecuencia puedan ser interceptadas por usuarios no autorizados. Depende de la configuración de claves en todos los equipos que quieran comunicar en red inalámbrica y emplea el algoritmo de encriptación RC4.

SSID (Service Set Identifier) ofrece claves para la segregación de una red WLAN en subredes y combinada con la configuración de los puntos de acceso, permite o bloquea las conexiones.

Filtración MAC (Media Access Code) emulando la funcionalidad ofrecida por Ethernet TCP/IP, cada transacción viene etiquetada con un identificador único del dispositivo inalámbrico y filtrada en los puntos de acceso.

Existe una alta importancia en las medidas de seguridad de las instalaciones inalámbricas en entornos industriales. Hay muchas formas de proteger a la intrusión de la invasión extranjera de la red. En el lado del hardware, antenas altamente direccionales se pueden utilizar para proteger la red por sólo tener una línea de vista entre el transmisor y el receptor, evitando de este modo a otros a intervenir los radios de las señales.

La seguridad puede ser aumentada en el lado del software mediante el uso de técnicas de cifrado. Hay un número de métodos de cifrado disponibles que utiliza una clave secreta o clave privada / pública. Los datos se cifran mediante una clave única y los datos recibidos sólo se puede leer con la misma clave. La clave secreta se utiliza en Data Encryption Standard (DES-64) y Advanced Encryption Standard (AES-128 o AES-256) algoritmos . En cuanto a la utilización de métodos de clave pública / privada de cifrado: RSA (Rivest -Shamir- Adleman) y PGP (Pretty Good Privacy) se usan ampliamente y proporciona mejores técnicas de cifrado.

2.2.2 ACTUALIZACIÓN DE DATOS

La velocidad de actualización se define como la frecuencia en la que los datos se van a enviar al sistema de control para cualquier acción de control. La mayoría de las aplicaciones no requieren el envío de la información necesaria de forma continua durante las operaciones críticas. Velocidad de actualización es un factor importante a considerar, ya que es directamente proporcional a la duración de la batería del equipo. El dispositivo está involucrado en la transmisión de datos, más la energía que consume y disminuye la duración de la batería. También, las tasas de actualización pone un límite en el número de dispositivos que se pueden conectar a la puerta de entrada. Cuanto más sea la velocidad de actualización de los dispositivos que se pueden conectar a la puerta de entrada, la puerta de entrada sería sirviendo a este dispositivo como una rápida actualización. Generalmente, la velocidad de actualización de 1 minuto 1500 dispositivos se puede conectar a una puerta de enlace y durante 1 segundo los dispositivos se reducen a 30.

Como resultado, la velocidad de actualización no debe ser más larga de lo que requiere el proceso. Como alternativa, existe la opción de la utilización de funciones de alerta, en el que el dispositivo transmite sólo si se requiere para ello, como en el caso de alarmas el consiguiente ahorro de una cantidad significativa de potencia.

2.2.3 TIPOS DE DATOS Y TRANSMISIÓN DE DATOS

Los tipos de datos transmitidos por los instrumentos de la variable de proceso puede oscilar entre un byte en una forma de onda compleja, como tal, los tiempos de transmisión también será diferente para cada uno de los transmisores. Se puede transmitir Bytes con ráfagas cortas de datos y el tiempo requerido aumenta con la complejidad del tipo de datos.

Cuando uno de los datos se transmite por el aire, se envía a través de una banda de frecuencia que tiene muchos canales. Esto se conoce como el ancho de banda del canal y se mide en bytes por segundo, por lo general, kilobytes y megabytes. Para la transmisión de mayor velocidad que requeriría un ancho de banda amplio, lo que aumenta la cantidad de interferencia. También, el radio de mayor velocidad disminuye la energía por bit por lo tanto es un factor limitante en la distancia de transmisión. Por lo tanto, para obtener una larga gama y menos interferencia, es apto para velocidades de transmisión menores.

2.2.4 POTENCIA

De acuerdo con la ley de conservación de la energía, cada dispositivo requiere energía para funcionar en sí. El poder puede ser alimentado a un instrumento inalámbrico por medio de: baterías, fuente de alimentación situado cerca del instrumento, o de fuentes alternativas de energía, como la energía solar. La elección es totalmente dependiente de la aplicación y de la disponibilidad de energía. Los dispositivos que requieren una mayor potencia, tales como medidores de flujo pueden tener fuente de energía externa alimentada a través de un cable. En un lugar, donde la energía solar puede ser aprovechada, con celdas solares sería una mejor idea para alimentar el equipo.

2.2.5 LATENCIA

La demora en la obtención de paquetes de información desde su origen hasta su destino se denomina latencia. El objetivo de cualquier sistema inalámbrico es maximizar es decir, el determinismo para obtener la información tan rápido como sea posible con errores mínimos y minimizar la latencia. La latencia también se ve afectada por el número de saltos de los datos, hace que cuando se envíen a su destino, entre más el número de saltos, más la latencia.

2.2.6 MÉTODOS DE TRANSMISIÓN

Los métodos de transmisión son una forma única de transporte de datos en el aire durante varios rangos de distancias. Los que se utilizan para la automatización industrial inalámbrica incluyen, de frecuencia fija, con espectro dispersor por salto de frecuencia (FHSS), espectro dispersor por secuencia directa (DSSS) y multiplexación ortogonal por división de frecuencia (OFDM). La siguiente figura ilustra estos métodos de transmisión.

En el método de frecuencia fija, las señales de alta potencia se transmiten sobre una sola frecuencia con el tiempo. En Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS), las señales de radio se conectan a través de diferentes frecuencias en el ancho de banda del canal mediante una secuencia pseudoaleatoria. El receptor utiliza la misma secuencia pseudoaleatoria utilizada para la transmisión para recuperar los datos. En Espectro de difusión de secuencia directa (DSSS), las frecuencias de las señales se extienden por el ancho de banda del canal mediante algoritmos de propagación. La inversión del algoritmo recupera la información minimizando así la interferencia y la relación señal-ruido. En Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), una señal se transmite en múltiples frecuencias en un instante de un tiempo lo que aumenta las velocidades de datos (Fig. 2.3).

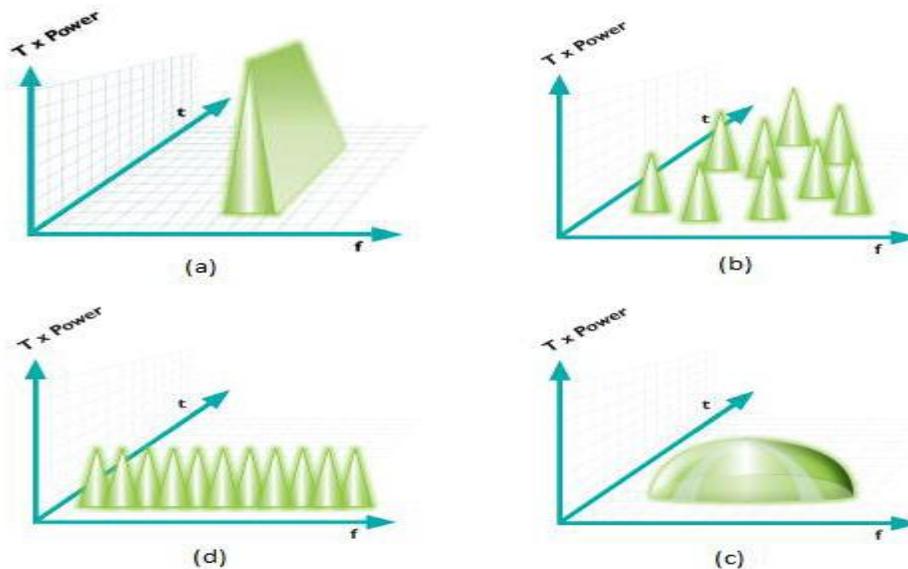


Figura 2.3 : Métodos de transmisión : (a) frecuencia fija (b) Frequency Hopping Spread Spectrum , FHSS (c) Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS y (d) Orthogonal Frequency Division Multiplexing , OFDM.

2.2.7 RED PERTENENCIA

Instrumentos inalámbricos se añaden a la red por la puerta de entrada tan pronto como la energía está en los dispositivos. Cuando los instrumentos se unen a la red se les asigna una dirección de red única que se utiliza para comunicarse con la red. Esta clave de red o la dirección se utiliza cada vez para la transmisión de datos, así como la puerta se da cuenta de que es de su red, que también añade una capa de seguridad.

2.2.8 CONFIGURACIÓN DE RADIO

La antena de la radio se puede construir - en ya sea con la electrónica del instrumento o puede ser un módulo separado que está conectado al instrumento. La elección reside en los problemas de Powering de nuevo, y los instrumentos que no requieren tanta energía pueden tener radio integrada. Pero los dispositivos que consumen mucha energía, como medidores de flujo se han alimentado externamente por medio de un módulo de radio que se adjunta con el instrumento.

2.2.9 TOPOLOGÍAS DE LOS INSTRUMENTOS INALÁMBRICOS

Hay varias maneras en que una red puede ser puesta en marcha de los dispositivos en la red para comunicarse, pero en el campo de la automatización de la planta o la fábrica se utilizan las siguientes topologías:

2.2.9.1 PUNTO A PUNTO Y ESTRELLA

La topología más básica de una configuración inalámbrica es de punto a punto, en el que hay un par de instrumentos-Gateway. Una puerta de enlace es más que un receptor y se une con cable al sistema de control. Esto es adecuado para procesos que tengan menor número de instrumentos para redes más grandes pero este enfoque no es viable como los costos de infraestructura y también aumenta la probabilidad de interferencia entre diferentes sistemas.

En topología en estrella un conjunto de transmisores envían de forma independiente sus señales de forma inalámbrica a un receptor que está conectado al sistema de control. Pero esto añade una carga a la puerta de enlace, ya que tiene que resolver los datos enviados desde diferentes radios en diferentes momentos. (Fig. 2.4.)

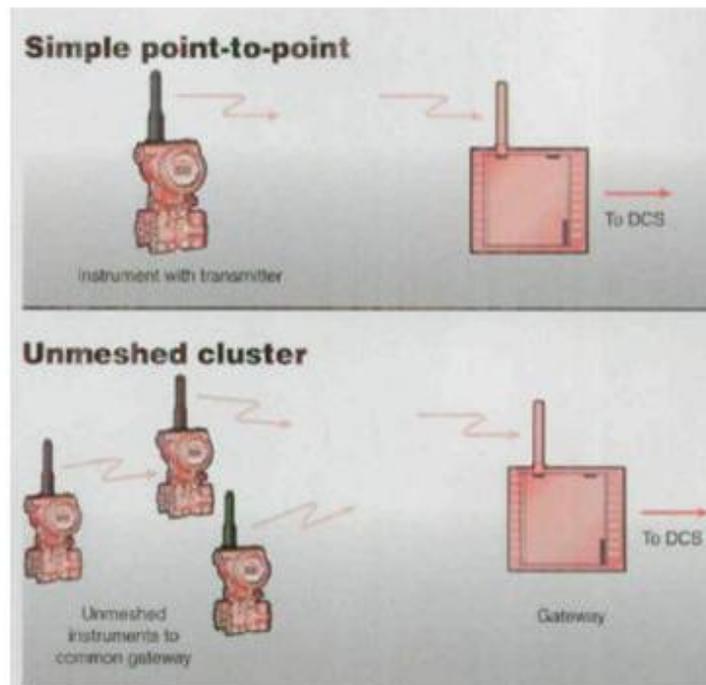


Figura 2.4. Topología punto a punto y Topología en estrella.

Concentradores de datos son alimentados externamente, son nodos que transmiten datos al gateway. Estas son ampliamente utilizados en Fieldbus inalámbrico con dos variaciones: Transmisor Hub segmento Fieldbus y Segmento Hub y la puerta de enlace.

2.2.9.2 REDES MESH

Hay dos métodos principales: la red de instrumentos de malla (Fig. 2.5.) y nodo de malla (Fig. 2.6.). El primer enfoque es totalmente dependiente de alimentación por baterías de instrumentos individuales. Cada dispositivo es un transmisor-receptor, y los dispositivos que se encuentran dentro del alcance del otro se comunican entre sí y con la puerta de enlace. Hay una gran cantidad de tiempo de retardo y el consumo de la batería en esta metodología.

El otro enfoque es la red de nodos. Hay nodos con alimentación externa que engranan entre sí y por lo tanto ahorran energía de la batería de los instrumentos.

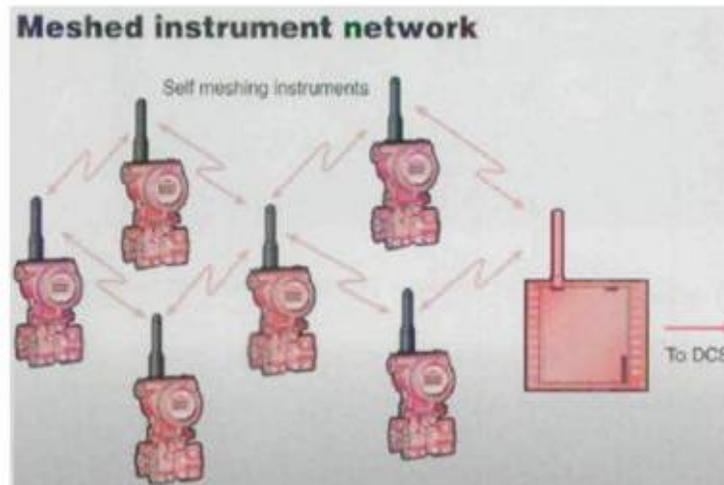


Figura 2.5. Red de instrumento Meshed.

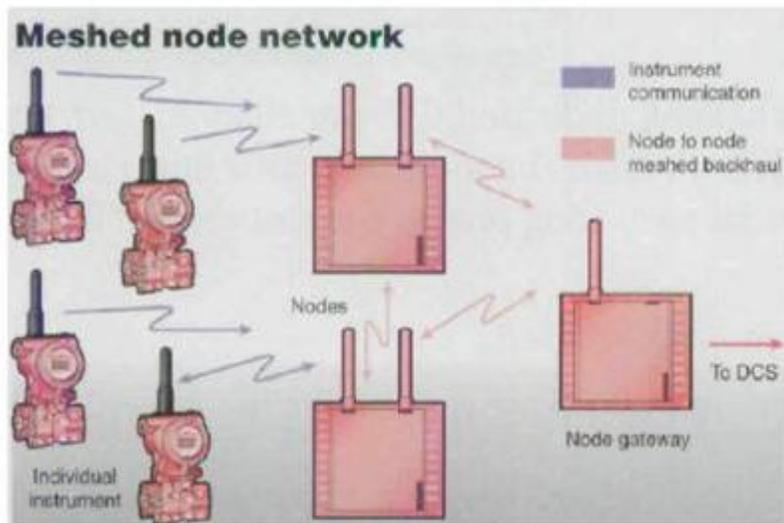


Figura 2.6. Meshed de nodo de red.

2.3.-APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

Superando los temores de hace algunos años, las tecnologías de comunicación inalámbrica se han ido ganando un sitio en el ámbito industrial. Gracias a estándares como WirelessHART, una de las áreas donde estas redes están ganando mayores adeptos es la instrumentación de procesos, en la que se combina la facilidad de instalación de los sistemas inalámbricos con las funcionalidades de diagnóstico de los instrumentos HART.

2.3.1.-SISTEMAS DE SEGURIDAD

Las soluciones Inalámbricas le permiten al usuario supervisar de manera simple y rápida el equipo de seguridad, tal como las estaciones de lavado de los ojos, para que se pueda actuar más rápidamente en caso de que ocurra un incidente. También es posible supervisar de manera inalámbrica las lecturas en las áreas peligrosas de la planta, reduciendo los riesgos de seguridad del personal. Finalmente, la tecnología inalámbrica puede minimizar el riesgo de las emisiones ambientales, así como el trabajo y el costo de su limpieza, al proporcionar una rápida notificación y registro preciso de una emisión ambiental, en caso de que ocurra.

Las aplicaciones posibles incluyen:

- Monitorizar duchas de seguridad
- Válvulas de seguridad y alivio de presión
- Medir emisiones en forma precisa
- Cumplimiento con regulaciones ambientales
- Seguimiento del personal
- Vídeo inalámbrico

Utilizar soluciones Inalámbricas para mejorar el tiempo de respuesta de incidentes de seguridad, proteger el medio ambiente y comprender mejor las emisiones de su proceso, esta dando mejores resultados en la optimización de procesos.

2.3.2.-SISTEMAS DE CONTROL

Las soluciones Inalámbricas representan un estándar de comunicación abierto para medición y control en las industrias de procesos. Utiliza malla inalámbrica trabajando en red entre los dispositivos de campo, así como otras innovaciones, para proporcionar

seguridad, comunicaciones digitales fiables que pueden satisfacer los estrictos requisitos de aplicaciones industriales. Esta es una serie de documentos que ayudan a los usuarios a reconocer los beneficios de las soluciones Inalámbricas, así como hacer frente a preguntas específicas sobre Inalámbricos.

Durante casi dos décadas, la comunicación HART ha sido el estándar de la industria de procesos para la compra segura, operaciones sencillas y fiables. La tecnología Inalámbrica fue diseñada específicamente para apoyar la amplia gama de casos de uso de proceso de la industria del monitoreo simple de control de lazo cerrado. Pruebas y ensayos de campo con dispositivos inalámbricos tienen demostrado que la precisión de la comunicación, la estabilidad, el rendimiento total y la fiabilidad pueden satisfacer las demandas de las aplicaciones de monitorización de procesos industriales y de control.

Los requisitos de las aplicaciones de control de intervalos de muestreo, variación y latencia se abordaron específicamente en el diseño de la tecnología Inalámbrica. De hecho, el control de rendimiento con sistemas Inalámbricos puede ser comparable a la de un sistema de cable utilizando los buses de campo tradicionales. Los intervalos de muestreo de instrumentos Inalámbricos permiten que cumplan con los requisitos de la mayoría de los lazos de control, mientras que al mismo tiempo reducir al mínimo el impacto sobre el terreno los dispositivos pueden ser alimentados por una batería. La típica regla de oro es que el control de la regeneración debe ser ejecutado 4-10 veces más rápido que el proceso de tiempo de respuesta, donde el tiempo de respuesta es igual a la constante de tiempo del proceso, más tiempo muerto.

Los sistemas de medición tienden a menudo a la falta de sincronización con el sistema de control, los valores de medición típicamente se muestrean tanto como 2-10 veces más rápido que el proceso pueda responder (Figura 2.7).

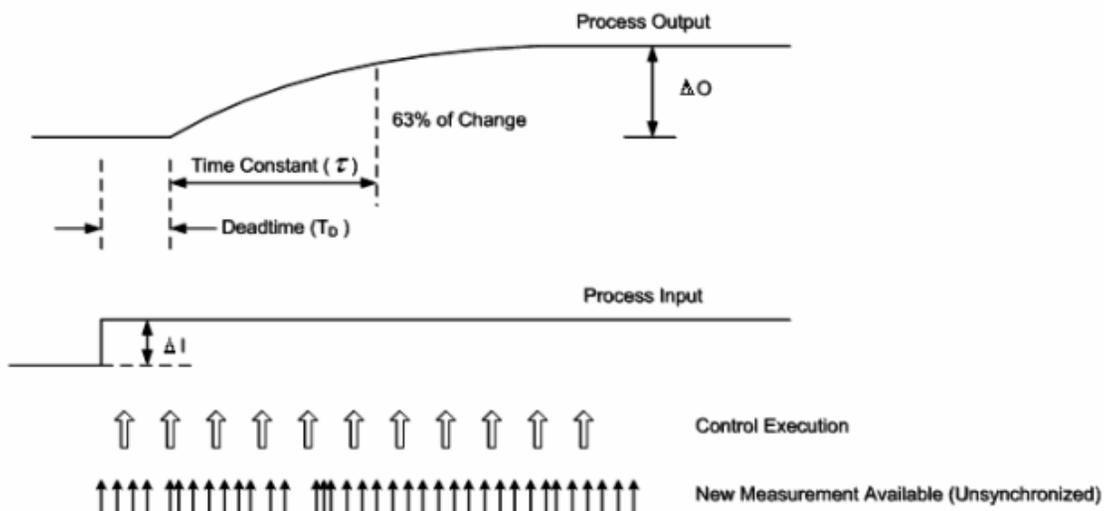


Figura 2.7. Valores de medición típicos.

Con los sistemas inalámbricos, es deseable reducir la frecuencia con la que se toman mediciones y comunicado con el fin de prolongar la vida útil de la batería del dispositivo de medición. La capacidad de programar comunicaciones con los dispositivos Inalámbricos lo hace fácil sin poner en peligro controlar la fiabilidad (Figura 2.8), añade estos dos métodos para el diagrama anterior:

- sincronizada. Las medidas se toman y transmiten solamente (y exactamente) cuando se necesitan para la ejecución del control.
- Sincronización con informes de excepción. Las medidas se toman a intervalos regulares – para ejemplo, 4-10 veces más rápido que el tiempo de respuesta del proceso - pero transmitido sólo si la medición ha cambiado en una cantidad especificada o si el tiempo transcurrido desde la última comunicación excede de un intervalo especificado.

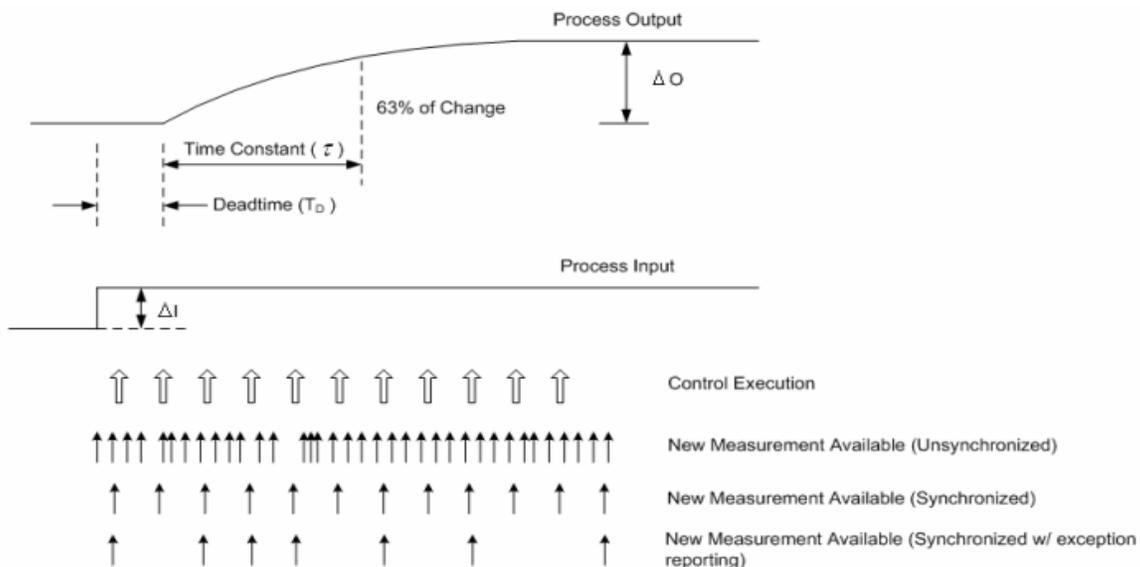


Figura 2.8. Valores de medición típicos de Inalámbricos.

Una comunicación más frecuente de los valores medidos es ciertamente posible y en el caso de la línea de potencia los dispositivos pueden funcionar similar a las redes cableadas. En el caso de pilas o dispositivos donde la conservación de la energía es importante, los instrumentos Inalámbricos ofrecen a los usuarios la oportunidad de encontrar una óptima aplicación de equilibrio entre los intervalos de comunicación y la vida de la batería.

El control efectivo requiere el acceso oportuno a la medición y control de la información. La capacidad de un sistema para cumplir con sus requisitos de rendimiento de control puede verse afectada tanto por el retraso (latencia) y la pérdida de sincronización (jitter) cuando la información está disponible. En algunos sistemas, la latencia y variación

pueden comenzar con el calendario de las mismas mediciones. Pero los sistemas Inalámbricos son protocolos de sincronización horaria, con cada dispositivo que tiene un sentido común de la época una precisión de 1 milisegundo en toda la red - una capacidad no está disponible en muchos otros protocolos. El software de medición y los circuitos usan este sentido del tiempo en las mediciones de programación, eliminando los retrasos y la variación en el tiempo de medición.

La latencia y la fluctuación de fase también se pueden introducir cuando los datos se comunican por ejemplo, de un transmisor a un gateway. En este caso, la latencia es el tiempo que tarda un paquete de comunicación para hacer su camino desde el origen al destino, mientras que el jitter es la variación en la latencia entre los diferentes ciclos de comunicación (Figura 2.9). Latencia excesiva (que añade efectivamente de tiempo muerto para el proceso) y la fluctuación de fase (que añade error en los cálculos de control) puede conducir a una degradación significativa del rendimiento del control.

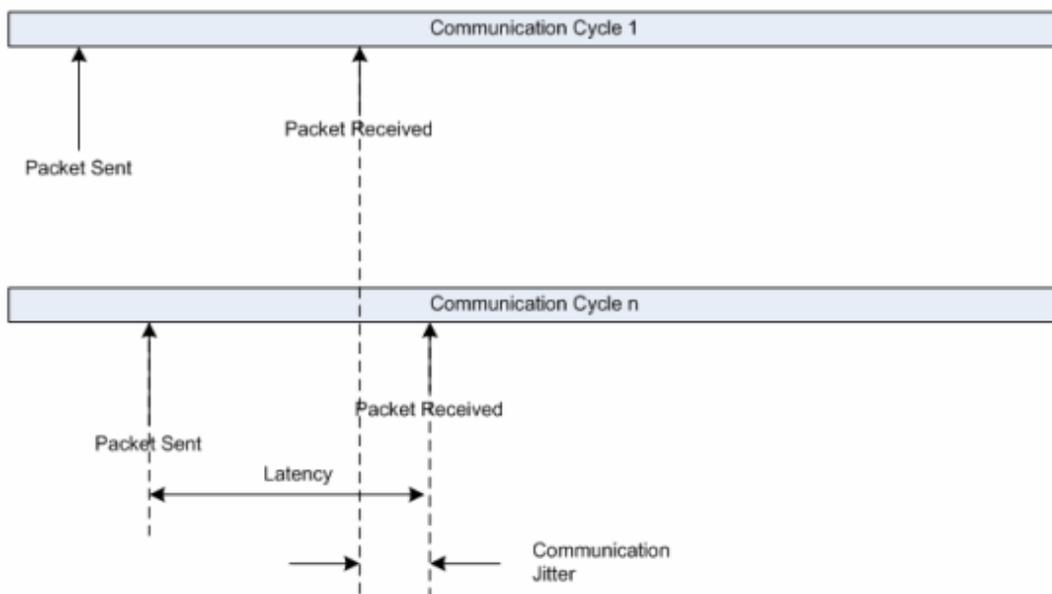


Figura 2.9. Latencia.

En las comunicaciones directas, los dispositivos Inalámbricos tienen una velocidad de transmisión que es más rápida que algunas tecnologías tradicionales de bus de campo con cable. Por ejemplo, si la velocidad de comunicación es 31,25 kilobits / segundo, el retardo de las comunicaciones será de 32 microsegundos / bit. Los sistemas Inalámbricos tienen unas comunicaciones mucho más rápidas tasa-250 kilobits / segundo, por lo que el retardo introducido por la tasa de comunicación es sólo de 4 microsegundos / bit. Un mensaje típico Inalámbrico es de 128 octetos, el tiempo para la transmisión completa de mensaje es de 4 milisegundos. Cada transmisión y su correspondiente acuse de recibo se producen a menos de 10 milisegundos "ventana de tiempo" en una comunicación periódica o macrociclo (Figura 2.10).

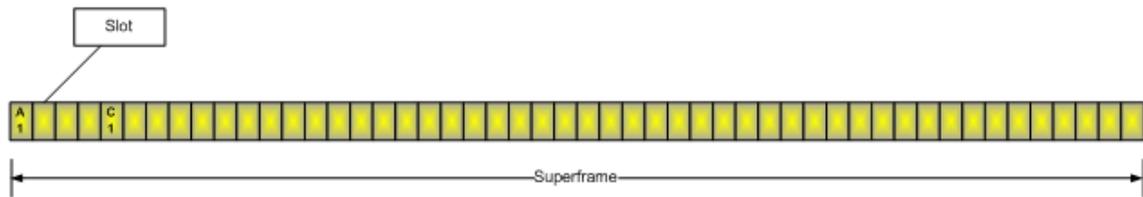


Figura 2.10. Comunicación periódica o macrociclo.

Sin embargo, en muchos escenarios de comunicaciones requieren más de una ranura de tiempo para un mensaje al viajar desde la fuente hasta el destino.

Si una comunicación no puede llegar a su destino directamente, se puede "saltar" de un nodo a otro para cerrar la brecha o sortear obstáculos. Esta habilidad para esquivar obstáculos físicos o de interferencia es un punto característico de la tecnología de malla inalámbrica. La figura 2.11 muestra tres caminos hacia una comunicación que debe seguir desde el dispositivo a la izquierda a la puerta de entrada a la derecha.

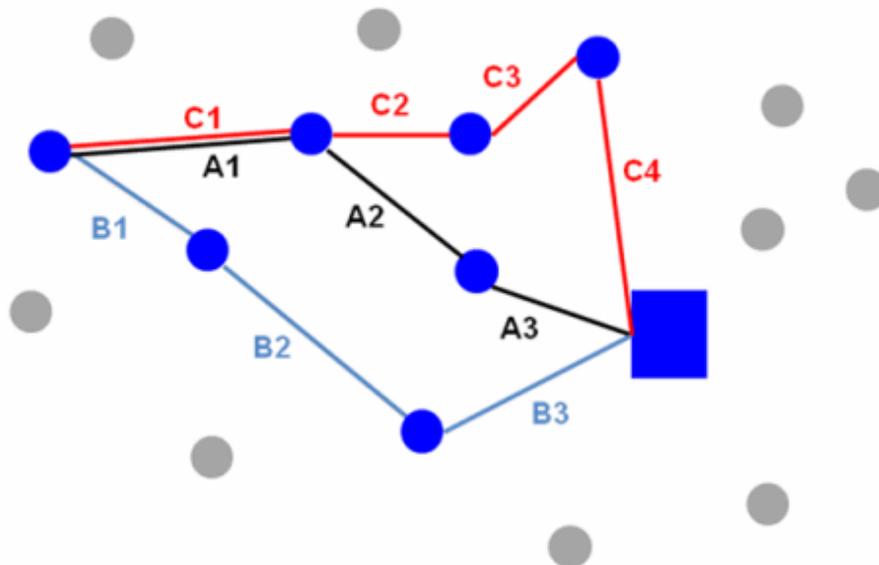


Figura 2.11. Caminos de comunicación.

Cambiar la ruta de los recorridos de datos puede contribuir a la variación en el tiempo de comunicación (jitter). Aunque cada uno adicional aumenta la latencia, en las aplicaciones típicas, el retardo medio es bien dentro de los requisitos para el control.

Podemos ilustrar esto con un ejemplo:

En la mayoría de los casos, una red inalámbrica será capaz de volver a intentar un mensaje fracasado en la siguiente ranura de tiempo. Para nuestro ejemplo vamos a

suponer que tarda 10 milisegundos para procesar un mensaje y lo asignamos a otra ranura de tiempo. Ruta A en la Figura 2.11, por tanto, podría producir hasta 50 milisegundos del total latencia ($10 \text{ ms} + [10 \text{ ms} + 10 \text{ ms}] + [10 \text{ ms} + 10 \text{ ms}]$). Ruta B tiene el mismo número de saltos y por lo tanto la misma latencia de las comunicaciones. Pero la ruta C tiene un salto adicional, con lo que la latencia total de comunicaciones son 70 milisegundos. Esta diferencia de tiempo introduce una fluctuación de 20 milisegundos en las comunicaciones. (En muchos casos, los dispositivos de encaminamiento serán capaces de volver a intentar en la siguiente ranura, lo que reduciría el total de latencias a 30 milisegundos para Caminos A y B y 40 milisegundos para la ruta C.)

Experiencia en cientos de instalaciones de dispositivos de campo inalámbricos muestra que las comunicaciones de latencia en promedio es mucho menor que en este ejemplo. En la configuración de plantas reales, típicamente 30 % de los dispositivos pueden comunicarse directamente con el Gateway o el punto de acceso a la red (10 milisegundos) y aproximadamente el 50 % son un salto de distancia (30 milisegundos). El 20 % restante puede ser de 3-4 saltos. El tiempo promedio de latencia será de unos 30 milisegundos.

Las instalaciones existentes también muestran que la fiabilidad de la red es típicamente mayor que 99 %, por lo que el tiempo de latencia no varía significativamente entre las comunicaciones, eliminando efectivamente el efecto de la fluctuación.

La latencia de comunicaciones no afecta el control siempre que el retardo sea pequeño en comparación con el tiempo de respuesta. La adecuada programación de las transmisiones a través de las ranuras de tiempo en un macrociclo puede garantizar los datos que llegan a su destino cuando sea necesario.

Para un buen control tenemos que ser capaces de leer la medida de control, la comunicación de la medición a un controlador, ejecutando la función de control, y comunicar la salida de nuevo a la meta en la mitad de tiempo de proceso. La mayoría de los bucles de control son: 1 segundo o más, así que para un bucle de control de 1 segundo que tendría que ser capaz de realizar todos estos pasos en menos de 500 milisegundos.

Vamos a ver cómo funciona esto, en el ejemplo de bucle de control se muestra en la Figura 2.12 En este ejemplo, la medición se procesa en el dispositivo de campo, el algoritmo de control se ejecuta en la puerta de entrada, y el accionamiento se produce en una válvula que es la misma "profundidad hop" de la puerta de enlace como el dispositivo de medición.

La extensión total del ciclo incluye el AI, PID, AO, y tiempos de comunicación.

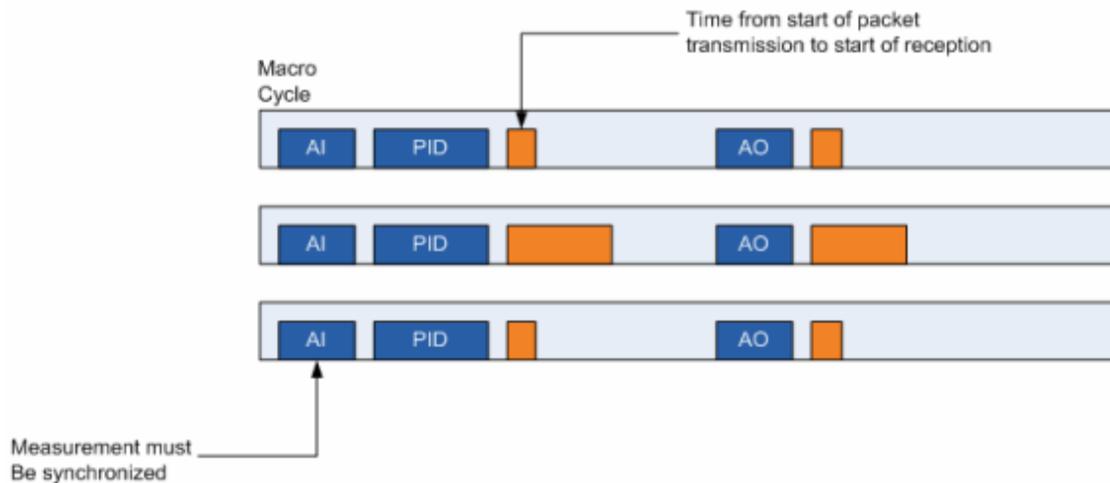


Figura 2.12. Bucle de control.

Usando los números de nuestro ejemplo anterior, cada comunicación, desde el dispositivo de medición a la puerta de entrada, y desde la puerta de entrada a la válvula, tomaría 70 milisegundos. Si suponemos además que el tiempo de ejecución de control dentro de la puerta de entrada es muy pequeña, entonces podemos suponer que el lazo de control se ejecutará en 140 a 150 milisegundos, muy por debajo de los 500 milisegundos necesarios.

Un horario típico de la red para soportar este escenario se muestra a continuación. Las comunicaciones individuales se muestran en la Figura 2.13 se distribuyen tanto a través de las ranuras de tiempo 50 en cada macrociclo y a través de los 15 canales de radiofrecuencia utilizados por los dispositivos Inalámbricos.

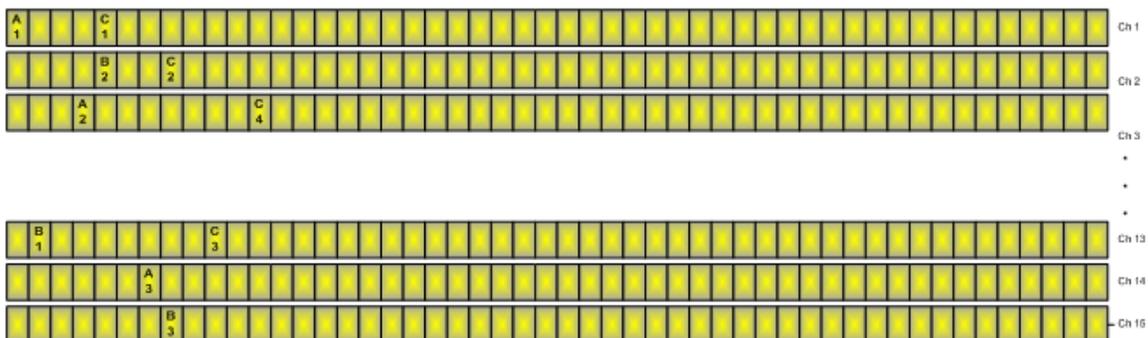


Figura 2.13. Comunicaciones Individuales.

Como muestra este ejemplo, 500 milisegundos son fácilmente alcanzables, incluso cuando varios saltos son asumidos en la comunicación. Esto es lo suficientemente rápido para bucles de control típicos, que en la mayoría de los casos están mucho más lento que nuestro ejemplo. (El diagrama muestra también que no hay casi ningún impacto en el ancho de banda del sistema. De hecho, menos del 12% de las franjas horarias disponibles se tenía que hacer 10 lazos de control de alta velocidad en paralelo)

En este ejemplo ilustramos lo que sucedería si las comunicaciones tomaran 70 milisegundos. Como se mencionó anteriormente, sin embargo, la experiencia real de la planta muestra que los tiempos medios de latencia son alrededor de 30 milisegundos. El uso de 30 milisegundos en nuestros cálculos reduce el tiempo de ejecución del bucle a menos de 100 milisegundos y reduce el número de las comunicaciones en la red. Si es importante para reducir los retardos introducidos por múltiples saltos, se pueden utilizar los puntos de acceso de red adicionales.

También es posible reducir aún más la latencia de la comunicación y la dirección de control de velocidad más alto utilizando comunicaciones peer-to-peer entre dispositivos de campo. Ejecutar el control de algoritmo en un dispositivo de campo elimina la necesidad de saltos inalámbricos entre dicho dispositivo y un Gateway residente. De esta forma también se puede utilizar menos ancho de banda, lo que permite el control de múltiples bucles con un impacto mínimo para el ancho de banda global. Por supuesto, el uso de esta estrategia depende de si hay interacciones adicionales entre los lazos de control.

En este ejemplo se utiliza el diseño de redes inalámbricas que eran más complejas de lo que la experiencia ha encontrado en entornos reales. También podríamos haber incorporado varios puntos de acceso para acortar las vías de comunicación y recursos de comunicación adicionales asignados para mejorar aún más la eficacia de la red inalámbrica. Y debido a que todas las mediciones Inalámbricas incluyen un marco de tiempo, podríamos haber utilizado el marco de tiempo en el algoritmo de control para reducir aún más el impacto de cualquier latencia y la fluctuación de fase.

Incluso sin la utilización de cualquiera de estas características adicionales, el ejemplo muestra que el control global de rendimiento en una red inalámbrica típica es comparable a la de los buses de campo tradicionales por cable. Los protocolos Inalámbricos permiten, bajo control de latencia segura y altamente fiable con casi ningún impacto del ancho de banda y absolutamente ningún impacto en el rendimiento del proceso. Los sistemas Inalámbricos son simples, confiables y seguros.

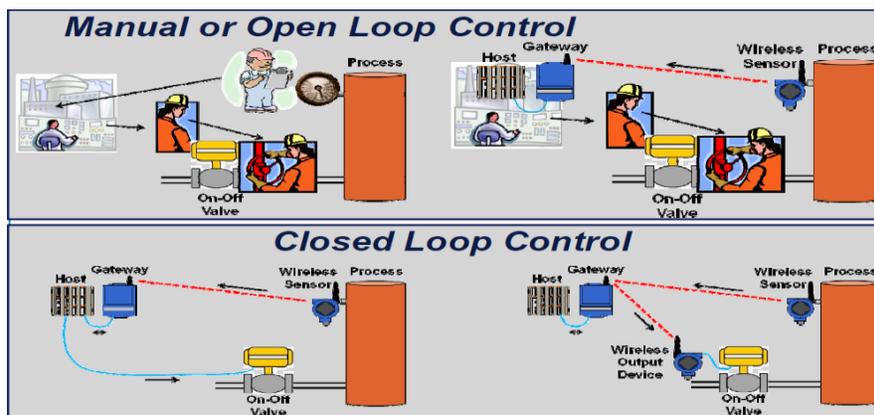


Figura 2.14. Lazo de control cerrado y abierto de un dispositivo inalámbrico.

2.3.3.-SISTEMAS DE MONITOREO

Una buena monitorización del campo es importante para identificar rápidamente las anomalías que surjan en la producción. Sin embargo, las soluciones cableadas son costosas y difíciles de mantener debido a la distribución física de los campos de petróleo. Tradicionalmente, no se efectuaba la monitorización de la producción en los cabezales de producción debido al costo de instalar el cableado. Ya que el costo es un factor muy determinante, en el pasado muchas compañías optaban por reunir los datos necesarios desde un sitio remoto enviando a un técnico o ingeniero hasta el lugar del proceso de manera regular. Como consecuencia, a veces se requerían varios días para determinar qué secciones del campo tenían pérdidas de producción. Este período de identificación del problema es muy costoso al reducirse la producción y productividad de los trabajadores.

La conectividad inalámbrica puede abrir un nuevo campo de oportunidades para mejorar la eficiencia operativa de manera económica. Las locaciones remotas son probablemente las aplicaciones más costosas para tender cable. Ahora es posible instalar radios por una fracción del costo de cable o del pago de un ingeniero para manejar largas distancias para leer un medidor.

Con la llegada de radios industriales, las compañías ahora pueden escoger instalar sistemas inalámbricos en muy buenas condiciones ya que temperaturas extremas, arena del desierto, agua salada y la lluvia no son inconvenientes para que la información pueda ser transmitida correctamente. Hoy en día existen marcas en el mercado que ofrecen productos muy sofisticados que muchas veces no se requiere experiencia con tecnología inalámbrica, ya que los equipos encuentran automáticamente las mejores rutas de comunicación.

2.4.-NORMATIVIDAD EN LA TECNOLOGÍA INALAMBRICA

Wireless se basa en normas abiertas tanto nacionales como internacionales que establecen requerimientos técnicos que deben cumplir al hacer uso de instrumentos inalámbricos.

En cuanto a normas nacionales los usuarios de la tecnología inalámbrica pueden contar con entidades administrativas que se encargan de regular, promover, supervisar el desarrollo eficiente y cobertura amplia de instrumentos inalámbricos basados en telecomunicaciones, conexión a Internet, redes de audio, video, automatización, ahorro de energía y seguridad, etc.

Algunas de estas entidades tales como COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones). La Comisión Federal de Telecomunicaciones es la institución

encargada de regular las telecomunicaciones en México. Es autodefinida como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con autonomía técnica, operativa, de gasto y de gestión, encargado de regular, promover y supervisar el desarrollo eficiente y la cobertura social amplia de las telecomunicaciones y la radiodifusión en México, con autonomía plena para dictar sus resoluciones. La cofetel pone a disposición de usuarios su normatividad NOM-XXX-XXX entre las cuales destaca la: NOM-121-SCT1-2009 para instrumentos inalámbricos una de las principales normas ejecutadas con el fin de lograr regular el ámbito en las tecnologías Inalámbricas, PEMEX (Petróleos Mexicanos) con su normatividad NRF-XXX-XXX entre ellas: NRF-046, NRF-225, entre otras se encargan de regular el uso de Protocolos Inalámbricos a nivel nacional.

En tanto a entidades internacionales existe IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) de la cual destaca entre sus normas: IEC-62591, IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) con la norma: IEEE-802.15.4, ISA (INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATION): ISA-5.1, ISA SP100.11a, etc.

Este tipo de organizaciones se encargan del desarrollo de estándares relacionados con el mundo de la instrumentación, el control y la automatización en general. Así mismo, proporcionan información y publican numerosos libros, revistas y artículos técnicos para divulgar el conocimiento en todo el mundo, estas organizaciones comparten un objetivo en común de destacar las últimas novedades tecnológicas, tendencias y soluciones reales a los problemas actuales en materia de producción, ingeniería o gestión.

2.5 VENTAJAS DE INALÁMBRICO

Con los avances en la tecnología inalámbrica en las últimas dos décadas, se han convertido en inalámbricos seguros, fiables, robusto, abarcando así todos los aspectos de la vida. Es sólo es cuestión de tiempo que el campo de la automatización industrial abarque en su mayoría inalámbricos debido a varias ventajas que posee. A continuación se detallan las ventajas:

1) Bajo costo de cableado e infraestructura : En un típico sistema de control , los instrumentos están conectados a la sala de control , el uso de cables, conductos de cables, bandejas de cables, conectores, terminales, cajas de clasificación y otras obras de infraestructura pueden ser completamente eliminados por wireless. De acuerdo con ello más del 90 % del coste se puede recuperar mediante el uso de un instrumento inalámbrico. Además, muchos de los plazos de entrega en la configuración de fábrica se pueden atribuir a la falla del cable y eliminando cables en estos tiempos se pueden evitar con éxito.

2) Escalabilidad: La capacidad del sistema para crecer de forma dinámica sin grandes cambios de infraestructura es posible mediante la tecnología inalámbrica. En el mundo conectado, para agregar un punto de medición, utilizando cables tienen que ejecutarse

desde la sala de control hasta llegar al instrumento, pero con la tecnología inalámbrica de la red cada vez mayor es tan simple como encender el dispositivo y la configuración de las aplicaciones de sala de control.

3) Movilidad : Con la tecnología inalámbrica, la movilidad del instrumento se puede lograr sin enredos de cables, por ejemplo en un horno rotativo en una planta de cemento, el horno gira dos veces por minuto y el uso de una solución cableada es imposible medir la variable de proceso en esta aplicación. Además, la movilidad se puede lograr en el nivel humano, y los trabajadores pueden usar sus asistentes personales digitales de mano inalámbrica (PDAs) para supervisar una parte de la planta o la fábrica. Esto también garantiza la seguridad de los trabajadores en un ambiente hostil, reduciendo rondas de los operadores.

4) Capacidad de operar en un entorno variado: algunas mediciones se desean desde lugares de ambiente real y no proporciona la capacidad de ejecutar un cableado, como las plantas de peligro biológico, ambientes corrosivos, o químicos. La capacidad de la tecnología inalámbrica para operar en este tipo de entornos proporciona inmensa ventaja en estos sitios.

5) Aplicaciones remotas: Mediciones de largas distancias no se pueden obtener prácticamente poniendo un cable. En tales escenarios, la tecnología inalámbrica es la solución más óptima que proporciona una mayor visibilidad y reducción de rondas de los operadores.

6) Optimización de la planta: Muchas variables que estaban sin explotar en el mundo de la instrumentación ahora se pueden obtener fácilmente utilizando un adaptador inalámbrico. También los puntos de medición adicionales se pueden agregar fácilmente lo que aumenta la productividad operativa de la planta. También simplifica la administración con una mejor integración de datos.

7) Tiempo de montaje: Desde la creación de una red inalámbrica no requiere tanto de recursos como de cable, es más rápido de instalar y ayuda en la rápida realización del proyecto, lo que disminuye el tiempo de ejecución.

Con estas ventajas muchas fábricas y plantas están considerando seriamente la tecnología inalámbrica como una solución de automatización industrial.

CAPÍTULO III

TECNOLOGÍA

WIRELESSHART

WirelessHart es una tecnología robusta y simple de implementar. Permite a los usuarios obtener rápida y fácilmente los beneficios de la tecnología inalámbrica a la vez que se mantiene la compatibilidad con los dispositivos HART existentes, así como con otros sistemas y herramientas. WirelessHart es la manera simple, fiable y segura de utilizar sus aplicaciones de monitorización y control de procesos y de gestión de activos.

WirelessHart emplea medidas de seguridad robustas para proteger las redes y asegurar la integridad de la información en todo momento. Estas medidas incluyen las últimas técnicas de seguridad a fin de proporcionar los más altos niveles de protección disponibles.

Las plantas industriales que tienen una infraestructura densa, movimiento frecuente de equipo grande, condiciones variables o numerosas fuentes de interferencia electromagnética o de radiofrecuencia pueden enfrentar retos de comunicación. WirelessHart incluye varias funciones que permiten establecer una comunicación fiable en todos los entornos industriales.

WirelessHart (Wireless Mesh Network) es un Protocolo de comunicaciones diseñado para satisfacer las necesidades de aplicaciones de automatización de procesos. WirelessHart es una parte clave del Protocolo de comunicaciones de campo HART y se basa en casi 20 años de experiencia HART aplicado a la automatización de procesos industriales. Como todas las cosas HART, WirelessHart es compatible con los dispositivos HART y sus aplicaciones. Las aplicaciones existentes de HART (por ejemplo, sistemas de control, PLC, herramientas de mantenimiento y de activos aplicaciones de gestión) puede utilizar WirelessHart sin necesidad de actualizaciones de software.

WirelessHart es una tecnología de red tipo malla segura y robusta, que opera en la banda de radio ISM de 2.4GHz. *WirelessHart* utiliza radios compatibles con IEEE 802.15.4, con modulación DSSS y con saltos en frecuencia, basados en envíos de paquete por paquete.

La arquitectura WirelessHart está diseñada para ser una red de dispositivos tipo malla, fácil de usar, confiable e interoperable. WirelessHart especifica que la interoperabilidad debe ser soportada en forma obligatoria por los dispositivos y equipos de los distintos fabricantes que forman la red, permitiendo que estos sean intercambiados sin comprometer la operación del sistema. Más aún, WirelessHart es compatible con la tecnología base HART, como los comandos de estructura HART y el Lenguaje de descripción de los dispositivos (Device Descriptor Lenguaje). Todos los dispositivos HART (por ejemplo, administradores de activos, Gateway, dispositivos de campo, etc.) Deben soportar DDL. La comunicación WirelessHart, utiliza la tecnología de Acceso Múltiple por División de Tiempo (Time División Múltiple Access-TDMA), para asignar en forma arbitraria y coordinar la comunicación entre los dispositivos de la red.

La Capa de Enlace de Datos TDMA, establece los enlaces especificando un espacio de tiempo así como la frecuencia que se utilizará en la comunicación entre los dispositivos.

Estos enlaces están organizados en supermacros que periódicamente se repiten para soportar tanto el tráfico cíclico como el tráfico no cíclico. Un enlace puede ser dedicado o compartido, y él a su vez que permite un uso elástico del ancho de banda de la comunicación.

Tradicionalmente, la red del Protocolo HART ha sido del tipo Token- Passing, tanto para soportar tráfico de consulta y respuesta; como para publicar los datos de proceso. Con la inclusión de WirelessHart, se agrega una nueva Capa Física y de enlace de datos específica: la IEEE STD 802.15.4 del lado Físico y la TDMA del lado de enlace de datos. Debido a que WirelessHart permite el despliegue la red inalámbrica tipo malla en forma total, ahora se provee una especificación de una Capa de Red. WirelessHart soporta la Capa de Aplicación estándar de HART y se enfoca en lo mejor de HART que es la comunicación con dispositivos de campo inteligentes.

3.1.-PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

WirelessHart es un protocolo de comunicaciones de red de malla inalámbrica para aplicaciones de automatización de procesos. Añade capacidades inalámbricas al protocolo HART, manteniendo compatibilidad con los dispositivos, comandos y herramientas HART.

Cada red WirelessHart incluye tres elementos principales (Fig. 3.1.):

*Dispositivos inalámbricos de campo conectados al equipo de la planta o de proceso. Este dispositivo podría ser un dispositivo con WirelessHart integrado o un dispositivo compatible con HART instalado existente con un adaptador WirelessHart conectado al mismo.

*Los GATEWAY permiten la comunicación entre estos dispositivos y aplicaciones de unidades centrales conectadas a una red troncal de alta velocidad u otras redes de comunicaciones existentes en la planta.

*Un administrador de red es responsable de configurar la red, la programación de las comunicaciones entre dispositivos, gestión de rutas de mensajes y monitoreo del bienestar de la red. El administrador de red puede ser integrado en la pasarela, la aplicación central o un controlador de automatización de procesos.

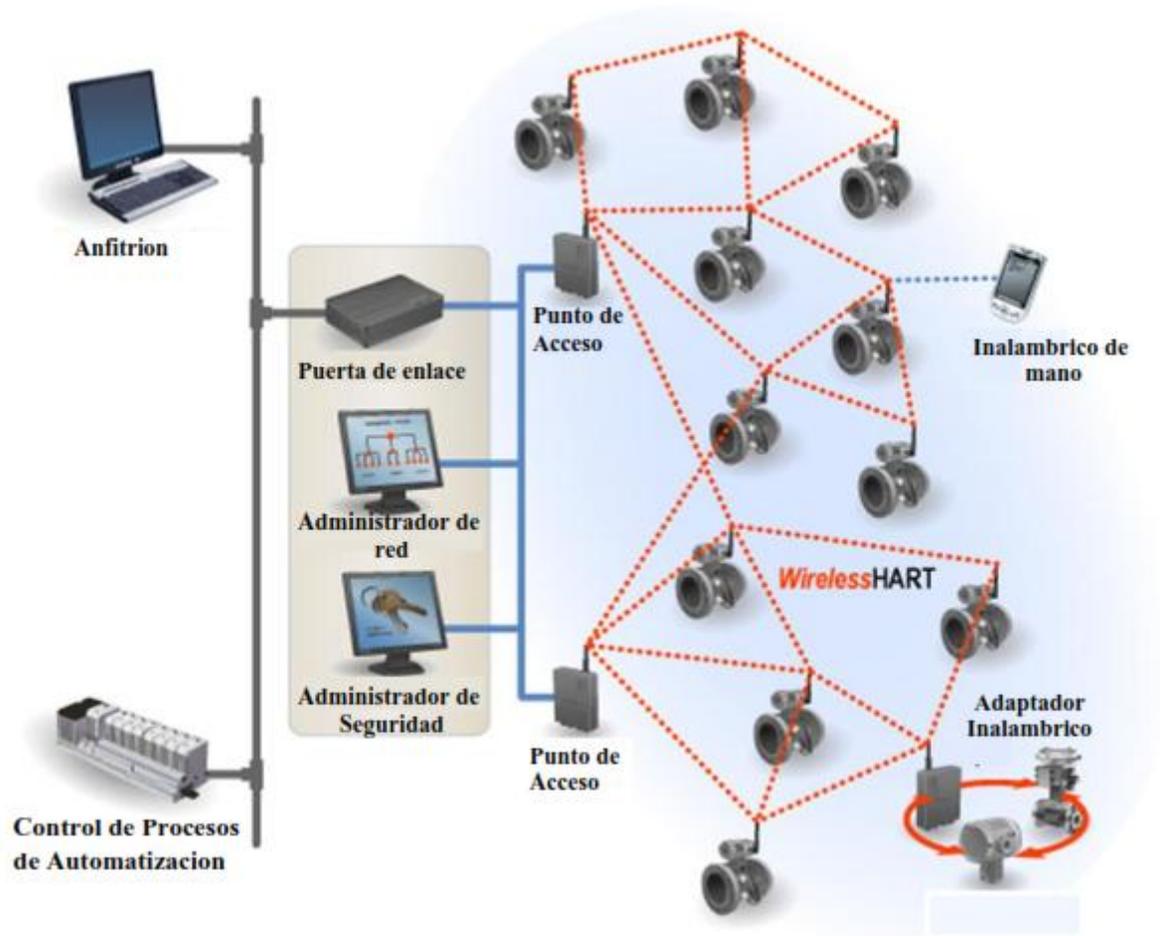


Figura 3.1. Principio de operación.

La red utiliza radios compatibles con el estándar IEEE 802.15.4 que operan en la banda de radio industrial, científica y médica de 2,4 GHz. Los radios emplean tecnología de espectro de difusión de secuencia directa y salto de canal para la seguridad y fiabilidad de la comunicación, así como comunicaciones TDMA sincronizadas, controladas por latencia entre los dispositivos en la red. Esta tecnología ha sido probada en pruebas de campo e instalaciones de plantas reales a través de una amplia gama de industrias de control de procesos.

Cada dispositivo en la red de malla puede servir como un en caminador de mensajes de otros dispositivos. En otras palabras, un dispositivo no tiene que comunicarse directamente con una pasarela, sólo enviar su mensaje al dispositivo más próximo. Esto amplía el alcance de la red y proporciona rutas redundantes de comunicación para aumentar la fiabilidad.

El administrador de red determina las rutas redundantes basadas en la latencia, eficiencia y fiabilidad. Para asegurar que las rutas redundantes permanecen abiertas y despejadas,

los mensajes continuamente alternan entre las rutas redundantes. En consecuencia, como en Internet, si un mensaje no puede llegar a su destino por una ruta, es automáticamente redirigido a seguir una ruta de acceso conocida redundante sin pérdida de datos.

El diseño de malla también facilita añadir o mover dispositivos. Siempre y cuando un dispositivo esté dentro del alcance de los demás en la red, se puede comunicar.

Para una mayor flexibilidad para cumplir con diferentes requisitos de aplicación, la norma WirelessHart respalda múltiples modos de mensajería, incluyendo la publicación unilateral de valores de proceso y control, la notificación espontánea por excepción, solicitud / respuesta ad-hoc, y transferencias de bloques autosegmentados de grandes conjuntos de datos.

Estas capacidades permiten que las comunicaciones se adapten a los requisitos de aplicación, lo que reduce el consumo de energía y los gastos generales.

3.2.-ARQUITECTURA

En el capítulo 2 se mencionó que los protocolos Inalámbricos tienen varios tipos de arquitectura como son: malla, estrella o punto a punto. En la actualidad la principal arquitectura en que se basa el protocolo WirelessHart es la arquitectura malla. Debido a la forma en que está configurada la arquitectura malla y su confiabilidad, WirelessHart la ha tomado como una referencia en su arquitectura.

3.2.1.-MALLA

Basada en la comunicación de red mesh inalámbrica, el protocolo *WirelessHart* garantiza la compatibilidad entre dispositivos, comandos y herramientas. Básicamente, una red *WirelessHart*, se compone de los elementos tales como los de la figura abajo (Fig.3.2.).

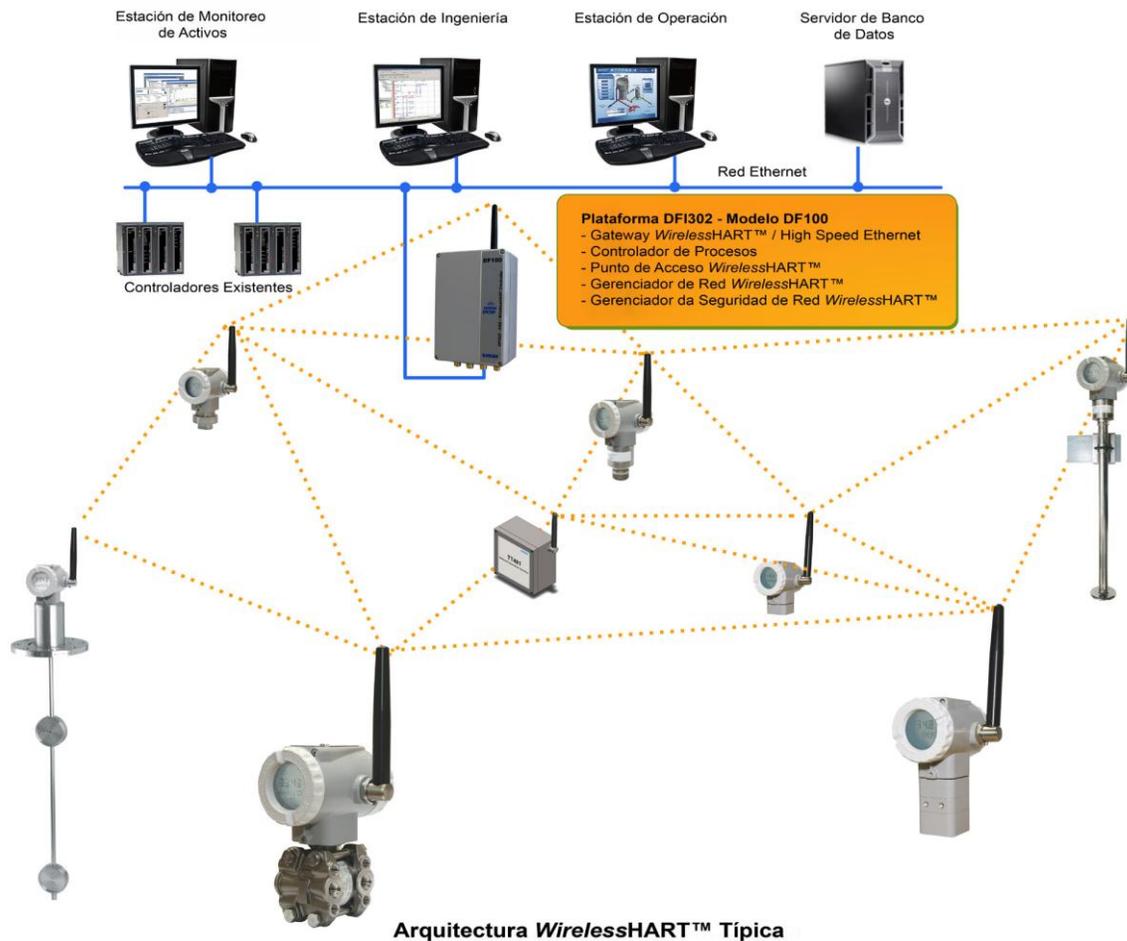


Figura 3.2. Red mesh inalámbrica, concepto *WirelessHart*

Los elementos que conforman la llamada red mesh o malla son:

- Anfitrión: estación de trabajo que permite interacción con el proceso. a través del Gateway *WirelessHart*, el anfitrión reúne datos de dispositivos conectados a la red en cuestión. Utiliza protocolos tales como Profibus, High Speed Ethernet (HSE), entre otros.
- *WirelessHart* Gateway: convierte datos entre anfitrión y equipos conectados a la red. Conjuntamente con los transmisores inalámbricos. El incorpora las funcionalidades del Administrador de Red (Network Manager), del Administrador de Seguridad (Security Manager) y del Punto de Acceso (Access Point).
- Administrador de Seguridad: es una aplicación normalmente incorporada al *WirelessHart* Gateway y puede servir a varias redes *WirelessHart*.
- Network Manager: distribuye, entre otras responsabilidades, la identidad de la red, divulgando su existencia; distribuye llaves de seguridad individuales a los dispositivos; les atribuye una banda de comunicación; administra rutas de comunicación entre ellos, etc. Es una aplicación que puede incorporarse al *WirelessHart* Gateway.
- Access Point: de una manera sencilla, puede entenderse como el radio *WirelessHart* instalado en el Gateway.

- Dispositivos de Campo *WirelessHart*: actúan, además de sus funciones como transmisores, como routers (repetidores) capaces de retransmitir mensajes de/para otros dispositivos de la red.
- Adaptador *WirelessHart*: es un dispositivo “puente” capaz de posibilitar datos de un dispositivo de campo HART 4 a 20mA (con hilo) al anfitrión vía *WirelessHart* (inalámbrico), permitiendo entonces que un dispositivo de campo convencional HART integre una red del tipo abordado (en caso de necesitarse).

En una red de malla cada una de los GATEWAY puede recibir la señal de hasta 100 dispositivos interconectados entre ellos inalámbricamente mandándose las diferentes señales y además puede existir una distancia de hasta 300 metros entre el GATEWAY y cada uno de los dispositivos. Dependiendo de la arquitectura, condiciones de uso de los transmisores y obstáculos, pueden necesitarse elementos tales como repetidores. Vale resaltar también que los dispositivos se pueden configurar tanto previamente en banca, como también en el momento de la instalación.

Si se introduce una obstrucción en la red de malla (mesh) (Fig. 3.3.), los dispositivos encontrarán automáticamente la mejor ruta alternativa de comunicación. Se creará esta ruta alternativa y la información continuará su curso.

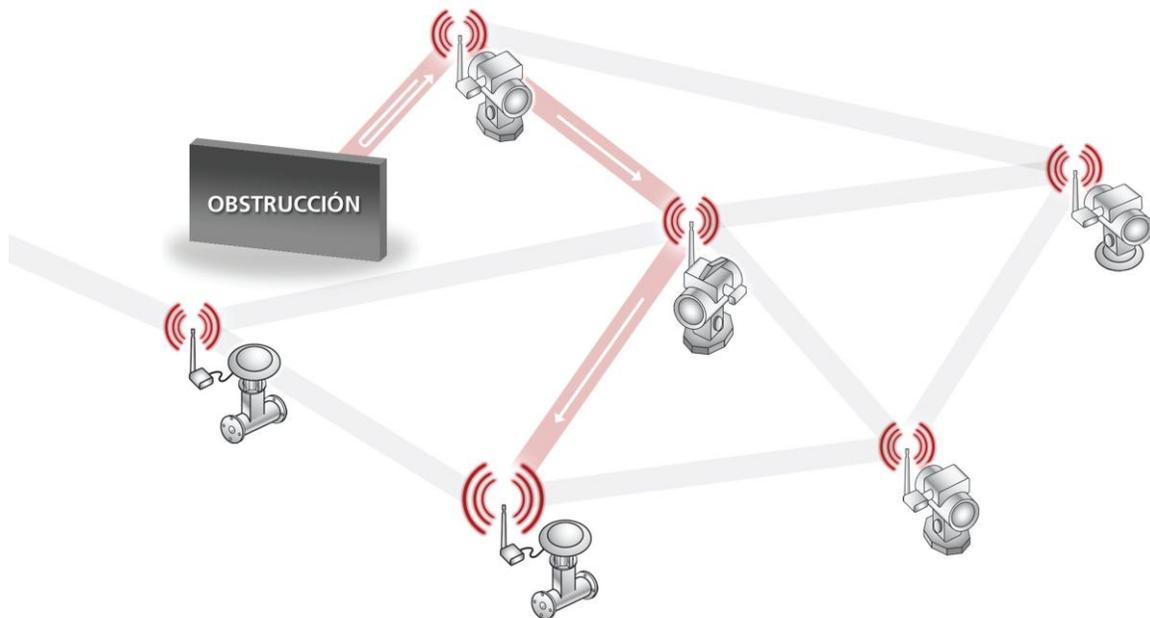


Figura 3.3. Obstrucción en Red malla.

Para facilitar la construcción de la red de malla se pueden considerar el programa AMS wireless SNAP-ON (Fig. 3.4.), el cual puede ayudar a que la planificación de la red inalámbrica sea más fácil. Se puede requerir para que antes de la instalación de dispositivos o adaptadores inalámbricos se pueda crear una representación gráfica de su

sitio y así localizar los lugares para instalar los dispositivos. La herramienta de planificación de red inalámbrica ayuda a identificar los dispositivos que no sean capaces de comunicarse con otros dispositivos inalámbricos debido a su colocación o distancia, además evitar que se forme una red de malla robusta.



Figura 3.4. Programa AMS wireless SNAP-ON

3.3.-ANCHO DE BANDA

WirelessHart se basa en el estándar IEEE 802.15.4, la cual definen 27 canales de frecuencia entre las tres bandas (ver figura 3.5.). La PHY de los 868/915 MHz soporta un solo canal entre los 868 y los 868.6 MHz , y diez canales entre los 902.0 y 928.0 MHz. Debido al soporte regional de esas dos bandas de frecuencias, es muy improbable que una sola red utilice los 11 canales. Sin embargo, las dos bandas se consideran lo suficientemente cercanas en frecuencia que se puede utilizar el mismo hardware para ambos y así reducir costos de manufactura. La PHY de los 2.4 GHz soporta 16 canales entre los 2.4 y los 2.4835 GHz con un amplio espacio entre canales (5 MHz) esto con el objetivo de facilitar los requerimientos de filtrado en la transmisión y en la recepción.

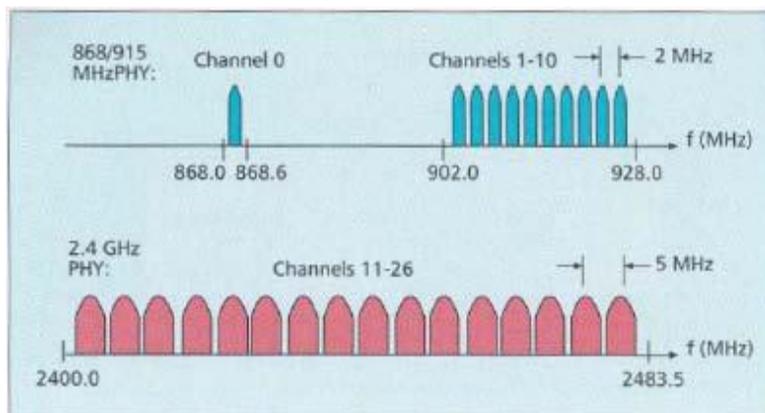


Figura 3.5 – Estructura de canales del IEEE 802.15.4

Dado a que en la industria es propenso a tener múltiples redes inalámbricas trabajando en las mismas bandas de frecuencias, así como una interferencia no intencionada de las diferentes aplicaciones, la capacidad de relocalización dentro del espectro será un factor importante en el éxito de las redes inalámbricas dentro de la industria. El estándar fue diseñado para implementar una selección dinámica de canales, a través de una selección específica de algoritmos la cual es responsabilidad de la capa de red. La capa MAC incluye funciones de búsqueda que sigue paso a paso a través de una lista de canales permitidos en busca de una señal de guía, mientras que la PHY contiene varias funciones de bajo nivel, tales como la detección de los niveles de energía recibidos, indicadores de calidad en el enlace así como de conmutación de canales, lo que permite asignación de canales y agilidad en la selección de frecuencias. Esas funciones son utilizadas por la red para establecer su canal inicial de operación y para cambiar canales en respuesta a una pausa muy prolongada.

3.4.-SEGURIDAD EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS

WirelessHart emplea medidas de seguridad robustas para proteger la red y asegurar la integridad de la información en todo momento (Fig. 3.6.). Estas medidas incluyen las últimas técnicas de seguridad a fin de proporcionar los más altos niveles de protección disponibles.

Para proteger la información WirelessHart tiene:

- Seguridad robusta y siempre activa en múltiples canales.
- Método de encriptamiento basado en el estándar AES de 128 bits.
- Clave única de encriptación para cada mensaje.
- Integridad de datos y autenticación de dispositivos.
- Cambia periódicamente las claves de seguridad usadas para conectarse a la red.

Para proteger la red inalámbrica tiene:

- Salto dinámico de canales.
- Niveles ajustables de potencia de transmisión.
- Múltiples niveles de claves de seguridad para acceso.
- Indicación de intentos de acceso fallidos
- Reporta los fallos de integridad de mensajes
- Reporta los fallos de autenticación
- Está a salvo de los ataques de internet tipo Wi-Fi.

La tecnología *WirelessHART* proporciona seguridad a niveles múltiples—protegiendo así su información y su red.



Figurar 3.6. Seguridad de transmisión de datos.

3.5.-CONSUMOS DE ENERGÍA

Una de las principales características por la cual se identifica *WirelessHart* es su consumo de energía. Esto se debe a que el consumo de energía que tienen los instrumentos *WirelessHart* es mínimo. Es por eso que estos instrumentos no están conectados por medio de cableado a fuentes de energía, ya que cada uno de estos instrumentos cuenta con una batería interna con un tiempo de duración de 5 a 10 años dependiendo de su uso o administración, ya que cuando el instrumento no este activo se puede configurar para que entre en modo de hibernación y así se reduzca el consumo de energía (Fig.3.7.).

Una innovación importante de *WirelessHart* es su batería ya que puede ser remplazada en zonas clasificada y además no se necesita remover el dispositivo del campo, es intrínsecamente segura. Todos los dispositivos de *WirelessHart* utilizan la misma batería reduciendo en costos de inventario al comprar el mismo modelo de batería para repuesto de todos los instrumentos. Esta batería tiene un dispositivo que alerta, cuando esta por acabarse su carga, la batería indica que debe ser remplazada.

En zonas de alto riesgo también puede ser aplicable puesto que la batería tiene protección contra cortos circuitos evitando explosiones/incendios, además de que no requiere de capacitación especial para su mantenimiento.

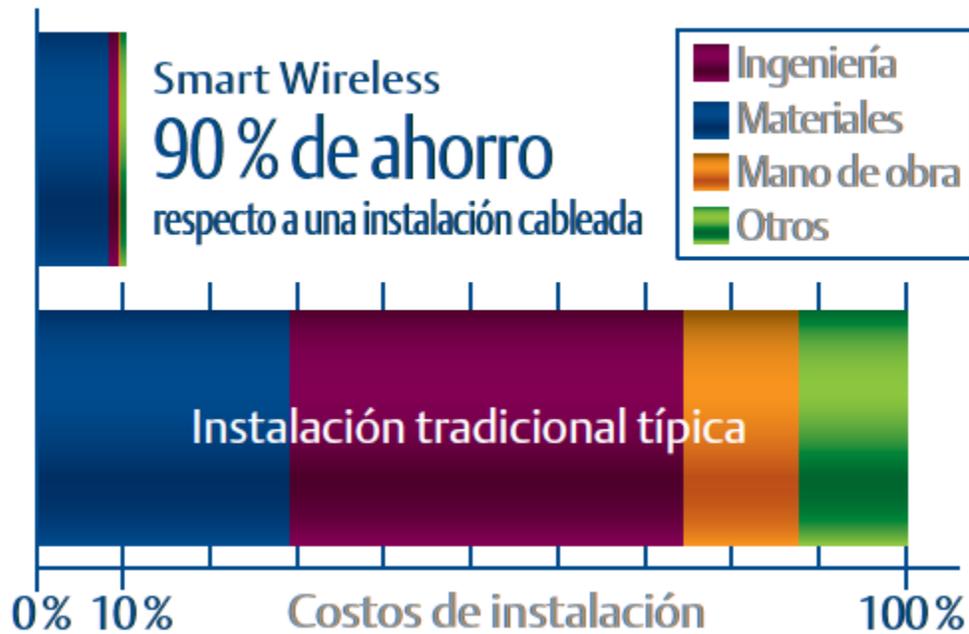


Figurar 3.7. Batería para inalámbricos.

3.6.-REDUCCIÓN DE COSTOS

Reduce costos gracias a una implementación fácil y flexible (Fig. 3.8.):

- Red autoconfigurable y autorreparable.
- Reducción de la mano de obra, cableado y materiales.
- Red fácil de ampliar a áreas remotas o peligrosas.
- Habilita eficaz diseño y ejecución de proyectos de ingeniería
- Funciona con dispositivos Hart nuevos y existentes
- Utiliza el conocimiento y las herramientas ya existentes.
- Ahorro de trabajo y hora hombre (instalación rápida sin necesidad de un gran conocimiento)
- Costo de material (elimina mazos de cable, canaleta, ducto)
- Flexibilidad y Escalamiento
- Permite el monitoreo y control de dispositivos en áreas remotas o de difícil acceso.



Figurar 3.8. Comparacion de costos inalámbrico vs Cableados.

3.7.- ¿CÓMO ELEGIR UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN WIRELESSHART? PREGUNTA 5

Se debe considerar la interoperabilidad con otros fabricantes, la simplicidad, fiabilidad y la seguridad para garantizar el correcto monitoreo y control de proceso. El elegir un sistema de instrumentación wireless debe estar respaldado por una comisión, como es el caso de WirelessHART (IEC 62591). Hoy tenemos aplicaciones en industrias tales como Minería, Refinerías, Pulpa y Papel y plantas industriales. El foco en el mercado nacional estaría en la incorporación de nuevos puntos de medición, como también apuntar hacia el mantenimiento predictivo en los instrumentos o dispositivos más críticos dentro de la planta.

A medida que las industrias han ido comprendiendo esta tecnología, la han ido considerando para sus aplicaciones. El mercado hoy maneja más y mejores conocimientos, y por eso ahora tanto los proveedores como los clientes, saben de antemano en qué partes del proceso WirelessHART realmente representará un beneficio.

3.8.-NORMATIVIDAD

WirelessHart se basa en dos normas como son IEEE 802.15.4 y la norma IEC 62591.

3.8.1.- IEEE 802.15.4

Las características más importantes en este estándar son su flexibilidad de red, bajos costos, bajo consumo de energía; este estándar se puede utilizar para muchas aplicaciones en el hogar que requieren una tasa baja en la transmisión de datos. No es la primera vez que se intenta establecer una red en el hogar para ofrecer soluciones a su propietario. Los intentos por lograr esta meta se pueden clasificar fácilmente en dos grupos: los que utilizan alambres y los inalámbricos.

Los principales sistemas en la parte de los alámbricos; las líneas telefónicas, módems por cable y líneas de transmisión de energía eléctrica. Cada uno de ellos ofrece ventajas y desventajas que dependen principalmente en sus capacidades de ancho de banda, instalación, mantenimiento y costo entre otros.

La clave la de motivación para el uso de tecnología inalámbrica es la reducción en los gastos de instalación, ya que nunca es necesario cambiar el cableado. Las redes inalámbricas implican un gran intercambio de información con un mínimo de esfuerzo de instalación. Esta tendencia es impulsada por la gran capacidad de integrar componentes inalámbricos de una forma más barata y el éxito que tienen otros sistemas de comunicación inalámbrica como los celulares.

Varias aplicaciones dentro del hogar están vislumbrando la necesidad de comunicación. En términos generales, estos se pueden clasificar en conexión a Internet, conexión multi-PC, redes de audio y video, automatización del hogar, ahorro de energía y seguridad. Cada uno de ellos tiene diferentes necesidades de ancho de banda, costos y procedimientos de instalación. Con el gran crecimiento de Internet, las mayores preocupaciones de los diseñadores es el satisfacer la necesidad de compartir conexiones de alta velocidad.

En el otro lado del espectro, las aplicaciones como la automatización del hogar y aplicaciones de seguridad han relajado dichas necesidades. Estas aplicaciones no pueden manejar protocolos muy pesados ya que afectarían seriamente en el consumo de energía y requerirían de mayor poder de procesamiento. Claro que lo anterior tendría un impacto directo en los costos.

Consideremos un detector de temperatura pequeño en una ventana. Este sensor no necesita reportar sus datos más que unas pocas veces por hora, es discreto y tiene un precio muy bajo. Este tipo de aplicaciones se manejarían muy bien con un link de comunicación inalámbrica de baja potencia. El uso de cables es (de comunicaciones o de energía) es impráctico por el uso mismo de la ventana. Además, los costos de la instalación del cable excederían en varias veces el costo del sensor. Además se prefiere que los aparatos consuman muy poca energía ya que el cambio constante de las baterías se considera impráctico. La tecnología 802.11 (WLAN) resultaría sofocante ya que solo satisface los requerimientos de conexión. Bluetooth se concibió originalmente como un sustituto del cable, pero ha se ha llevado sobre un camino más complejo, haciéndolo impráctico para aplicaciones de bajo consumo. La tendencia a la complejidad ha

incrementado los costos provistos para esta tecnología. Ambos dispositivos, bluetooth y 802.11, requerirían un cambio de baterías algunas veces al año, lo que resulta impráctico si se tienen varias ventanas en esta aplicación como es el caso de una casa típico con varias ventajas.

En el año 2000 dos grupos especialistas en estándares (ZigBee y el grupo 15 de trabajo IEEE 802) se unieron para dar a conocer la necesidad de un nuevo estándar para redes inalámbricas de bajo poder y por lo tanto bajos costos en ambientes industriales y caseros. Dando como resultado que en diciembre de ese año el comité para nuevos estándares IEEE (NesCom) designara oficialmente un nuevo grupo de trabajo para el desarrollo de un nuevo estándar de baja transmisión en redes inalámbricas para áreas personales (LR-WPAN), con lo que nació el estándar que ahora se conoce como el 802.15.4. Algunas características de alto nivel del estándar 802.15.4 se resumen en la tabla 3.1.

Propiedad	Rango
Rango de transmisión de datos	868 MHz: 20kb/s; 915 MHz: 40kb/s; 2.4 GHz: 250 kb/s.
Alcance	10 – 20 m.
Latency	Abajo de los 15 ms.
Canales	868/915 MHz: 11 canales. 2.4 GHz: 16 canales.
Bandas de frecuencia	Dos PHY: 868/915 MHz y 2.4 GHz.
Direccionamiento	Cortos de 8 bits o 64 bits IEEE
Canal de acceso	CSMA-CA y rasurado CSMA-CA
Temperatura	El rango de temperatura industrial: -40° a +85° C

Tabla 3.1. Características del estándar 802.15.4.

3.8.2.- IEC 62591

IEC 62591 es un estándar aprobado por la IEC mundial (IEC 62591) que especifica una tecnología interoperable de malla de auto-organización en la que los dispositivos de campo forman redes inalámbricas que dinámicamente mitigan los obstáculos en el entorno del proceso. Esta arquitectura crea una rentable-alternativa de automatización que no requiere cableado y otras infraestructuras de apoyo. Las redes de campo WirelessHart (WFN) comunican los datos de nuevo a la sede de los sistemas de seguridad y se pueden aplicar tanto a las aplicaciones de control y monitoreo.

Las similitudes entre WirelessHart y HART permiten que los dispositivos inalámbricos aprovechen la formación de organizaciones de procesos existentes, minimizando el cambio y extendiendo los beneficios de la automatización para los usuarios finales que antes no podían justificar los costos asociados con los proyectos típicos de inversión de cableado. Las redes inalámbricas ofrecen nuevas flexibilidades en las soluciones que ofrecen la ejecución de proyectos que pueden mitigar el riesgo del proyecto y la mejora de horarios.

IEC 62591 WirelessHart es un estándar internacional para los dispositivos inalámbricos de proceso. La norma incluye disposiciones avanzadas para la seguridad, protocolo y otras funciones y, por tanto, especificaciones de tales atributos contemplados en la norma son necesarias.

WirelessHart [IEC 62591] es un auto-organización de la red de malla, el apoyo a una multi-hop completa, topología multi-path. Por ejemplo, la variable de proceso desde un transmisor remoto se retransmite desde un transmisor a los próximos alrededores de obstáculos impenetrables u obstrucciones, hasta que alcanza la puerta de enlace. Varias rutas de acceso se mantienen de manera que cuando aparece un nuevo obstáculo que bloquea el camino, un camino alternativo se utiliza para la variable de proceso para llegar a la puerta de enlace. Todos los transmisores, independientemente del fabricante, participan en la topología de malla para asegurar que se cumplan las necesidades de fiabilidad.

3.9.-RESUMEN DE WIRELESSHART

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Basado en los estándares industriales	HART - IEC 61158 WirelessHART – IEC/PAS 62591Ed.1 EDDL - IEC 61804-3 Radio y MAC – IEEE 802.15.4(TM)-2006 IEC/PAS
Estándar de radio	IEEE 802.15.4-2006 250kbps
Banda de frecuencia	2.4GHz
Gestión de la frecuencia	Salto dinámico de canales en base al número de paquetes
Distancia	Línea de visión de hasta 250 m entre los dispositivos
Opciones de alimentación	Alimentado de la red o por batería
Topologías	Malla (“mesh”), estrella, combinación de estrella y malla

Tabla 3.2. Resumen de Wirelesshart.

- Compatible con la Capa Física IEEE STD 802.15. [5] y MAC PDU.
- Basado en el estándar industrial abierto del protocolo HART Field Communications. Directamente compatible con los equipos, herramientas y aplicaciones HART existentes.
- Específicamente diseñado para satisfacer las necesidades de la Industria de automatización de procesos.
- Suporta múltiples modos de mensajes, incluyendo: publicación en una vía de valores de proceso y control; notificación espontánea por excepción; consultas-respuestas ad-hoc; y transferencias de bloques de cadenas largas de datos en forma autosegmentada.

- Comunicaciones altamente seguras utilizando bloques cifrados (o encriptados) AES-128, con claves de acceso individuales para ingresar a la red y claves para Enlaces-de-Datos, a través de una clave de Red.
- Red de comunicación tipo malla, con rutas redundantes, con alta confiabilidad y capaz de auto restablecerse.
- *Clear Channel Assessment* (CCA), y el ajuste de la potencia de transmisión, son soportadas para maximizar la coexistencia entre las redes WirelessHart y Otros equipos en las bandas ISM.
- Todos los mensajes tienen prioridades bien definidas para asegurar calidad en la entrega del mensaje (QoS).
- Ancho de banda dedicado para ser utilizado en comunicaciones de alta prioridad y comunicaciones periódicas.
- Ancho de banda compartido que provee elasticidad para tráfico de eventos y consultas/respuestas ad-hoc para mensajes de diagnóstico y mantenimiento.

CAPÍTULO IV

CASO DE ESTUDIO (PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS)

En este capítulo se presentan los documentos de ingeniería de instrumentación aplicados a instrumentos inalámbricos, en este mismo capítulo se menciona una pequeña descripción de cada documento que se presenta. La elaboración de estos documentos se realizó en base a la información generada por la ingeniería básica y de detalle de la “PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS DENOMINADA POKOCH-A”.

Es conveniente aclarar, que los documentos aquí incluidos no corresponden al total de los requeridos para efectuar la ingeniería básica y detalle de la PLATAFORMA RECUPERADORA DENOMINADA POKOCH-A”, sino a la parte requerida para ilustrar la ingeniería de instrumentación aplicada a los instrumentos inalámbricos.

4.1.-CASO DE ESTUDIO

Para la elaboración del presente capítulo se tomó como referencia la ingeniería básica, y se elaboró la ingeniería de detalle de la especialidad de instrumentación y control de la plataforma recuperadora de pozos tipo denominada POKOCH-A.

Dichos documentos son:

Ingeniería básica:

- DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS (DFP´S)
- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS
- DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION (DTI´S)
- PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPOS (PLG)
- HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE EQUIPO
- BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Ingeniería de detalle:

- ÍNDICE DE INSTRUMENTOS
- SUMARIO DE INSTRUMENTOS
- HOJA DE DATOS DE INSTRUMENTOS
- CUESTIONARIOS TÉCNICOS DE INSTRUMENTOS
- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS
- DESPLEGADOS GRÁFICOS
- BASE DE DATOS DE LAS SEÑALES DE MONITOREO Y CONTROL
- TÍPICOS DE INSTALACIÓN
- DIAGRAMAS DE LAZO

La plataforma funcionara como recuperadora de 6 pozos de aceite ligero y gas asociado del campo POKOCH-A, aprovechando como primer etapa la energía del yacimiento y en una segunda etapa la aplicación de algún sistema artificial y/o de recuperación mejorada, cuya producción será transportada a través de un ducto futuro de 16” de diámetro por 7.8 Km hacia otra plataforma, en donde se realizara su primera etapa de separación.

La plataforma Pokoch-A se ubicará e instalará en aguas territoriales del Golfo de México, Sonda de Campeche en las siguientes coordenadas UTM (Tab. 4.1.), las cuales corresponden al pozo exploratorio Pokoch-A.

Pozo	Tirante de Agua	Coordenadas Sistema U.T.M. NAD 27 zona 15		Coordenadas Sistema U.T.M. SWG 84	
		X	Y	X	Y
Pokoch-1	48 m	558,935	2'119,784	558,916	2'119,985

Tabla 4.1. Ubicación.

Las variables operativas y/o de proceso de la plataforma Pokoch-A son:

- Características del campo Pokoch-A (Tab. 4.2.):

Características	Pokoch
Tirante de Agua (m)	48
Tipo de Yacimiento	Aceite ligero
Formación	JSK
Litología	Dolomía
Densidad(°API)	30
RGA (m3 / m3)	253
Profundidad /m)	4,825
Presión inicial (kg/cm2)	424
Aceite esperado (Mbpd)	10
Gas esperado (MMpcd)	14.1
Reserva 2P (MMb)	37

Tabla 4.2. Características de Campo.

- Condiciones de flujo por aforo de prueba y diseño nodal esperando del pozo Pokoch-A (Tab. 4.3.):

Estrang. Pg	Q Liq. bpd	Qg MMpcd	Agua %	RGA m ³ /m ³	PTP Kg/cm ²	Aparejo	Observaciones
3/4	2,223	3.24	0	246	48	3 1/2" @ 4400 m	Aforo de prueba
1	2,886	3.60	0	253	29	4 1/2" @ 3000 m	Diseño nodal

Tabla 4.3. Condiciones de Flujo.

- Condiciones de operación de cabezal de grupo de la plataforma Pokoch-A (Tab. 4.4.):

VARIABLES DE OPERACIÓN	Máximo	Normal	Mínimo	UNIDADES
Gasto Aceite	18	12	3	Mbpd
Gasto Gas	24	16	4	MMpcd
Presión	70	25	20	Kg/cm ²
Temperatura	110	100	90	°C
Agua	60	30	5	%

Tabla 4.4. Condiciones de Operación.

- Composición de la muestra recombinaada (fluido de yacimiento) (Tab. 4.5.):

COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA RECOMBINADA @ Pyac=593.5 kg/cm² y Tyac=143.6°C	
COMPONENTE	% MOLAR
N ₂	0.34
CO ₂	6.07
H ₂ S	0.00
C ₁	47.08
C ₂	9.36
C ₃	5.72
IC ₄	0.94
NC ₄	2.68
IC ₅	1.02
NC ₅	1.50
C ₆	2.32
C ₇₊	22.96
TOTAL	100.0
CARACTERÍSTICAS DEL C₇₊	
Peso Molecular Medio C ₇₊	854.9 (kg/cm ³)
Densidad relativa C ₇₊	0.8556
API @ 15°C	33.7
Masa Molecular Relativa	218.6

Tabla 4.5. Composición de Muestra.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La presión del pozo será reducida por medio de la válvula del árbol de navidad (choke) permitiendo operar a la plataforma según las condiciones de la siguiente tabla 4.6.:

CABEZAL DE RECOLECCIÓN DE POZOS EN LA PLATAFORMA POKOCH-A											
FLUJO ACEITE (MBPD)			FLUJO GAS (MMPCSD)			PRESIÓN (kg/cm ² MAN.)			TEMPERATURA °C		
MAX.	NOR.	MIN.	MAX.	NOR.	MIN.	MAX.	NOR.	MIN.	MAX.	NOR.	MIN.
18	12	3	45	24	16	70	25	20	130	120	95

Tabla 4.6. Flujos.

Las bajantes del árbol se interconectan, una al cabezal de prueba y otra al cabezal de producción y cuenta con una válvula que permita bloquear el flujo de cualquier pozo independientemente a cualquiera de los cabezales.

Los Cabezales de Producción y de Prueba deben estar interconectados por medio de tuberías y válvulas, como flexibilidad operativa.

La Operación de la Plataforma será efectuada mediante cuatro sistemas principales:

- a) Sistema de Control de Pozos.
- b) Separador de prueba.
- c) Depurador de Gas de Instrumentos.
- d) Sistema de Inyección de Agentes Químicos.

4.2.1 SISTEMA DE CONTROL DE POZOS

El Tablero Hidroneumático de Control de Seguridad de Pozos es el principal artífice de hacer el control de pozos dentro de una Plataforma Recuperadora de Pozos. Comúnmente los TCP (Tablero de Control de Pozos) cuentan con un tablero de interface, el tablero de interface tiene la función de realizar la comunicación entre el tablero hidroneumático y el sistema de control y monitoreo digital (SDMC) de la plataforma.

En este caso de estudio en el que se basa el presente capítulo, el TCP (Tablero de Control de Pozos) no cuenta con un tablero de interface ya que para esta plataforma se realizó una innovación tecnológica en el tablero de control de pozos, convirtiendo el Tablero Hidroneumático de Control de Seguridad de Pozos en un Tablero Wireless Hidroneumático de Control de Seguridad de Pozos.

Para este nuevo tablero no se utiliza el tablero de interface ya que toda la información recopilada por el TCP (Tablero de Control de Pozos) se manda de forma inalámbrica al SDMC (sistema de control y monitoreo digital), por este motivo no existe la necesidad de convertir la señal neumática a eléctrica. A continuación se describe el proceso del área de pozos utilizando como sistemas de control de pozos al TCP Wireless (inalámbrico).

Las válvulas SSSV, SSV, WV y las líneas de flujo de prueba/producción por cada pozo son diseñadas de acuerdo a los diagramas de tubería e instrumentación No. D-POKOCH-A. Al terminar la perforación de los pozos, la mezcla de petróleo crudo y gas asociado fluirán de los pozos a través de los conductores al árbol de cada pozo para continuar a las líneas de flujo prueba/producción. La mezcla de cada pozo sale con una presión de 150 kg/cm² por lo cual pasará por el estrangulador de pozos, en donde la presión será reducida en un rango de 150 a 25 kg/cm² man. Los flujos Máximos y Mínimos utilizados para el cálculo de líneas y válvulas de control son los siguientes:

Flujo Mínimo: 3 MBPD (líquido) y 4 MMPCD (gas) (un pozo)

Flujo Normal: 12 MBPD (líquido) y 16 MMPCD (gas)

Flujo Máximo: 18 MBPD (líquido) y 24 MMPCD (gas)

Las condiciones de presión y temperatura de operación de la mezcla de crudo en los pozos son de:

Mínimo: 20 Kg/cm²; 90°C

Normal: 25 Kg/cm², 100°C

Máximo: 70 Kg/cm²; 110 °C

Cada pozo cuenta con una válvula subsuperficial de seguridad (SSSV-1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106), y una válvula superficial de seguridad (SSV-1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106), las cuales fueron diseñadas con el propósito de cerrar el flujo del pozo en caso de que ocurra algún percance. Las válvulas SSV y SSSV están conectadas directamente al tablero de control de pozos (TCP), en el cual hay indicadores de posición visibles (Superficial: ZI-1101C, 1102C, 1103C, 1104C, 1105C, 1106C; Subsuperficial: ZI-1101D, 1102D, 1103D, 1104D, 1105D, 1106D), cada uno de estos indicadores mandan una señal inalámbrica al SDMC de la posición en que se encuentra cada una de las válvulas. Los pozos también cuentan con un transmisor de presión (PIT-1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106), y indicador local de presión (PI-1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106). Los datos recolectados por el PIT son mandados inalámbricamente al SDMC.

Todos los pozos cuentan con dos bajantes como son: bajante de prueba/producción ala “A” y bajante de prueba/producción ala “B”.

En la bajante de prueba/producción ala “A” de cada pozo existe una válvula de ala WV (WV-1101A, 1102A, 1103A, 1104A, 1105A, 1106A), la válvula WV está conectada directamente al tablero de control (TCP) en donde se encuentra su indicador de posición (ZI-1101A, 1102A, 1103A, 1104A, 1105A, 1106A), el cual manda una señal inalámbrica al SDMC de la posición de la válvula. La bajante de prueba/producción ala “A” cuenta con un indicador de presión local (PI-1101A, 1102A, 1103A, 1104A, 1105A, 1106A), un transmisor de presión (PIT. 1101A, 1102A, 1103A, 1104A, 1105A, 1106A) con alarma por bajo y alta Presión, un indicador local de temperatura (TI-1101A, 1102A, 1103A, 1104A, 1105A, 1106A), y un transmisor de temperatura (TIT-1101A, 1102A, 1103A, 1104A, 1105A, 1106A). Los datos recolectados por los PIT y TIT son mandados inalámbricamente al SDMC.

En la bajante de prueba/producción ala “B” de cada pozo existe una válvula de ala WV (WV-1101B, 1102B, 1103B, 1104B, 1105B, 1106B), la válvula WV está conectada directamente al tablero de control (TCP) en donde se encuentra su indicador de posición (ZI-1101B, 1102B, 1103B, 1104B, 1105B, 1106B), el cual manda una señal inalámbrica al SDMC de la posición de la válvula. La bajante de prueba/producción ala “B” cuenta con

un indicador de presión local (PI-1101B, 1102B, 1103B, 1104B, 1105B, 1106B), un transmisor de presión (PIT-1101B, 1102B, 1103B, 1104B, 1105B, 1106B), un indicador local de temperatura (TI-1101B, 1102B, 1103B, 1104B, 1105B, 1106B), y un transmisor de temperatura (TIT-1101B, 1102B, 1103B, 1104B, 1105B, 1106B). Los datos recolectados por los PIT y TIT son mandados inalámbricamente al SDMC.

Las bajantes de cada pozo se interconectan a un cabezal de producción 16"-P-1117-C-D02TI, pero además cada bajante tendrá también otra interconexión a un cabezal de prueba 6" P-1136-C-D02TI. Los Cabezales de Producción y de Prueba deben estar interconectados por medio de tuberías y válvulas, como flexibilidad operativa.

Como ya se mencionó anteriormente el tablero hidroneumático de control de pozos cuenta con indicadores de posición de las válvulas de los pozos, pero también cuenta con botones que controlan el cierre/apertura de estas válvulas como son:

-Válvula de ala “A”: HS-1101A, 1102A, 1103A, 1104A, 1105A, 1106A

-Válvula de ala “B”: HS-1101B, 1102B, 1103B, 1104B, 1105B, 1106B

-Válvula superficial: HS-1101C, 1102-C, 1103C, 1104C, 1105C, 1106C

-Válvula subsuperficial: HS-1101D, 1102D, 1103D, 1104D, 1105D, 1106D

El TCP también cuenta con alarma por fuego en área de pozos (BA-1100A), alarma por fuego en separador de prueba (BA-1100B), alarma por fuego en depurador de gas (BA-1100C), alarma por baja presión de suministro hidráulico (PAL-1100A), alarma por bajo nivel de fluido hidráulico (LAL-1100A), alarma por cierre total de pozos (IL-1100A). Los datos generados por estas alarmas son enviados inalámbricamente al SDMC. Existe en el TCP un indicador local de presión del circuito hidráulico (PI-1127), indicador local de nivel del recipiente para fluido hidráulico (LI-1128), indicador local de presión de suministro neumático (PI-1230), y por último un botón local de cierre general de pozos (PB-1129).

4.2.2.-SEPARADOR DE PRUEBA

Cuando se requiera realizar el aforo de pozos, se desviará la producción individual de cualquiera de los pozos hacia el cabezal de prueba 6"-P-1136-C-D02T1 que entrara al separador de prueba FA-1100.

De dicho cabezal, la mezcla se recibirá a condiciones operación normales de 25.0 kg/cm² man y una temperatura de 120 °C.

La función principal del separador de prueba será la de cuantificar las fases que integran la mezcla gas-aceite de cada pozo.

Las variables que se medirán en el separador gas-aceite FA-1100 son las siguientes:

Presión: con el transmisor PIT-1110A se indicará la presión del separador y además se transmitirán los datos inalámbricamente al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A. El transmisor PIT-1110A cuenta con alarmas por alta presión PAH-1110A la cual se disparará cuando la presión de operación sea de 55 kg/cm² y alarma de baja presión PAL-1110A la cual se disparará cuando sea de 22 kg/cm². También se cuenta con un manómetro (Indicador de Presión local) PI-1110.

Temperatura: con el transmisor TIT-1110A se indicará la temperatura del separador y además se transmitirán los datos inalámbricamente al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A. También se cuenta con un Indicador de Temperatura local TI-1110A.

Nivel: con el transmisor LIT-1110A se indicará el nivel del separador y además se transmitirán los datos inalámbricamente al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A. El transmisor LIT-1110A cuenta con dos alarmas una por alto nivel LAH-1110A la cual se dispara cuando sea de 1005.8 mm y otra por bajo nivel LAL-1110A la cual se dispara cuando sea de 419 mm, estos datos también son enviados inalámbricamente al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A. También se cuenta con Indicadores de nivel local LG-1110A y LI-1110A.

Flujo: La fase gaseosa que sale del separador será medida con un medidor V-CONE con identificación FE-1110A, los datos del medidor V-CONE se transmitirán inalámbricamente por el transmisor UIT-1110A al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A. El gas que sale del separador es modulado con un control neumático a través de la válvula PV-1100A, PY-1110, ZT-1110, PC-1110. Cuando el elemento sensor encuentra una variación en cuanto al flujo de gas normal de operación con que debe trabajar el separador manda una señal al PC-1110 el cual a su vez manda una señal neumática al PY-1110 que al mismo tiempo manda una señal neumática a la PV-1110 para que abra o cierre dependiendo de la acción que se deba tomar, posteriormente el ZT-1110 de la válvula envía los datos de posición inalámbricamente al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A.

La fase líquida que sale del separador será medida con un medidor CORIOLIS con identificación FE-1100B, los datos del medidor CORIOLIS se transmitirán inalámbricamente al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A. El líquido que sale del separador es modulado con un control neumático a través de la válvula LV-1110A, LY-1110A, ZT-1110A, LC-1110A, LIT-1110A. Cuando el elemento sensor encuentra una variación en cuanto al nivel establecido del tanque manda una señal al LC-1110A el cual a su vez manda una señal neumática al PY-1110A que también manda una señal neumática a la LV-1110A para que abra o cierre dependiendo de la acción que se vaya a tomar, posteriormente el ZT-1110A de la válvula envía los datos de posición inalámbricamente al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A.

Al terminar la medición de la fase líquida se realiza un análisis de esta misma fase a través del transmisor AIT-1100A el cual también envía los datos inalámbricamente al Gateway concentrador (GWH-1901) el cual está conectado al Sist. TELECOM y que a su

vez enviara la información vía satélite al Sist, TELECOM del centro de Procesamiento POL-A.

Posterior al término de la medición de ambas fases, las corrientes serán recombinadas para reintegrarse al cabezal de producción 6"-P-1119-C-D02T1, a una presión normal de 25 kg/cm² man.

4.2.3.-DEPURADOR DE GAS DE INSTRUMENTOS

Para cubrir servicios que necesitan de gas a margo para su accionamiento como son: TCP, accionamiento de válvulas e instrumentos, bombas, será necesario generar gas amargo de la siguiente forma:

Será desviada una pequeña parte del flujo de mezcla gas-aceite del cabezal de producción (a presión normal de 70 Kg/cm² man) por un arreglo de válvulas PV-1501A y PV-1502B, las cuales reducirán la presión aproximadamente 8.5 Kg/cm² man. A la entrada del arreglo de válvulas se encuentra un transmisor de presión local PIT-1501A que se encarga de enviar inalámbricamente al SDMC la información de a que presión entra la mezcla gas-líquido a el arreglo de válvulas. Las válvulas son controladas a través de un controlador de presión local y un indicador de presión local PC-1501A, PC-1501B, PI-1501A, PI-1501B, además de que cuentan con un transmisor de posición local ZT-1501A, ZT-1501B, que se encargaran de enviar la señal de posición de las válvulas al SDMC. Después de que la mezcla pasó por el arreglo de válvulas para la reducción de presión entra a un depurador de gas para servicios FA-1500 que se encarga de separar el gas y el líquido de la mezcla. A la entrada del depurador FA-1500 se encuentra un transmisor de temperatura TIT-1501A que se encarga de enviar la información inalámbricamente al SDMC de a que temperatura entra la mezcla al depurador FA-1500. El depurador de gas FA-1500 tiene un indicador de temperatura local TI-1500, también cuenta con un transmisor de nivel local LIT-1500 que manda de forma inalámbrica la información del nivel que tiene el FA-1500 hacia el SDMC en donde se registran dos alarmas por alto y bajo nivel LAH-1500 y LAL-1500, además de que para poder controlar el nivel de FA-1500 cuenta con un controlador neumático local LC-1500 el cual realiza el control de nivel de gas a partir de la válvula de nivel LV-1500 que se encuentra a la entrada del arreglo de bombas de aceite de crudo GA-1500/R, la válvula LV-1500 cuenta con un transmisor de posición local ZT-1500 el cual manda de forma inalámbrica una señal de posición abierta/cerrada al SDMC.

El líquido que sale del depurador FA-1500 es succionado por las bombas GA-1500/R y es enviado a través de la línea 2" P-1118-C-D02T hacia el cabezal de producción. A la descarga de cada una de las bombas GA-1500/R se encuentra un indicador de presión local PI-1504 y PI-1505 para monitorear la presión a la descarga de las bombas.

El gas que sale del depurador FA-1500 se envía a un arreglo de filtros FG-1500/R. A la entrada del arreglo de filtros se encuentra un indicador de presión local PI-1502 y un transmisor de presión local PIT-1502 que se encargan de monitorear la presión a la entrada de los filtros FG-1500/R. El transmisor de presión PIT-1502 envía la información inalámbricamente del monitoreo de presión de la entrada de los filtros hacia el SDMC, el

transmisor cuenta con alarma por baja presión PAL-1502 que tiene un punto de disparo de 4.5 kg/cm² y una alarma por alta presión PAH-1502 con un punto de disparo de 5 Kg/cm², la información de estas alarmas también es enviada inalámbricamente al SDMC.

El filtro FG-1500 cuenta con un indicador de nivel local LI-1501 y un transmisor de nivel LIT-1502, el transmisor de nivel LIT-1502 recopila la información que genera el filtro FG-1500 y la envía inalámbrica hacia el SDMC. El FG-1500 cuenta con un indicador local de presión diferencial PDI-1500 y un transmisor local de presión diferencial PDIT-1500 el cual recopila la información que genera el filtro FG-1500 y la envía inalámbrica hacia el SDMC, el transmisor cuenta con alarma por baja presión PAL-1500 que tiene un punto de disparo de 4.5 kg/cm² y una alarma por alta presión PAH-1500 con un punto de disparo de 5 Kg/cm², la información de estas alarmas también es enviada inalámbricamente al SDMC.

El filtro FG-1500R cuenta con un indicador de nivel local LI-1501R y un transmisor de nivel LIT-1502R, el transmisor de nivel LIT-1502R recopila la información que genera el filtro FG-1500R y la envía inalámbrica hacia el SDMC. El FG-1500R cuenta con un indicador local de presión diferencial PDI-1500R y un transmisor local de presión diferencial PDIT-1500R el cual recopila la información que genera el filtro FG-1500R y la envía inalámbrica hacia el SDMC, el transmisor cuenta con alarma por baja presión PAL-1500R que tiene un punto de disparo de 4.5 kg/cm² y una alarma por alta presión PAH-1500R con un punto de disparo de 5 Kg/cm², la información de estas alarmas también es enviada inalámbricamente al SDMC.

El gas que sale de los filtros es enviado a la línea 1"GI-1400-C-A06T1, esta línea cuenta con un transmisor de presión local PIT-1502R, la información recopilada por el transmisor es enviada inalámbricamente al SDMC, el transmisor cuenta con alarma por baja presión PAL-1502R que tiene un punto de disparo de 4.5 kg/cm², la información de esta alarma también es enviada inalámbricamente al SDMC. Una parte del gas que sale de los filtros es enviado hacia las bombas 1500/R para su accionamiento, antes de que el gas llegue a las bombas pasa por la válvula de control neumática PCV-1500 que cuenta con un punto de disparo de 3 Kg/cm², posterior a la válvula se encuentra un indicador de presión local PI-1503. El gas restante es enviado a través de la línea 1"GI-1400-C-A06T1 hacia la SDV-1401, a pilotos de quemador de pozos, a PA-1150, a instrumentos del separador de prueba FA-1100, a tablero de control TC-1100, a instrumentos de PA-1500.

4.2.4.-SISTEMA DE INYECCIÓN DE AGENTES QUÍMICOS

4.2.4.1.-INHIBIDOR DE CORROSIÓN

El almacenamiento del agente químico de Inhibidor de Corrosión se realiza en el tanque de almacenamiento FB-1150 que cuenta con un indicador de nivel local LI-1150. El líquido que se encuentra en el tanque de almacenamiento FB-1150 es enviado por la

línea ¾”-CI-1950-C-D01T3 a el cabezal de 16” de alimentación de HR-1100 a través de las bombas GA-1150/R. A la salida de cada bomba se encuentra un indicador de presión local PI-1150A y PI-1150B, posteriormente el envío de líquido de cada bomba se vuelve a unir en una sola tubería la cual cuenta con un indicador de flujo local FI-1950.

El funcionamiento de las bombas se realiza inyectando gas de instrumentos a través de la línea ¾”-GI-1403-C-B01T3 proveniente del depurador de gas PA-1500. A la entrada de las bombas GA-1150/R se cuenta con una válvula PCV-1150 y un indicador de presión local PI-1150.

4.2.4.2.-INHIBIDOR DE INCRUSTACIÓN

El almacenamiento del agente químico de Inhibidor de Incrustación se realiza en el tanque de almacenamiento FB-1152 que cuenta con un indicador de nivel local LI-1152. El líquido que se encuentra en el tanque de almacenamiento FB-1152 es enviado por la línea ¾”-IN-1952-C-F41T3 a el pozo No.1, ¾”-IN-1953-C-F41T3 a el pozo No.2, ¾”-IN-1954-C-F41T3 a el pozo No.3, ¾”-IN-1955-C-F41T3 a el pozo No.4, ¾”-IN-1956-C-F41T3 a el pozo No.5, ¾”-IN-1957-C-F41T3 a el pozo No.6, cada una de las líneas cuenta con un indicador de flujo local FI-1952, FI-1953, FI-1954, FI-1955, FI-1956, FI-1957, el líquido es enviado a las líneas ya antes mencionadas a través de las bombas GA-1152/R. A la salida de cada bomba se encuentra un indicador de presión local PI-1152A y PI-1152B.

El funcionamiento de las bombas se realiza inyectando gas de instrumentos a través de la línea ¾”-GI-1405-C-B01T3 proveniente del depurador de gas PA-1500. A la entrada de las bombas GA-1152/R se cuenta con una válvula PCV-1152 y un indicador de presión local PI-1152.

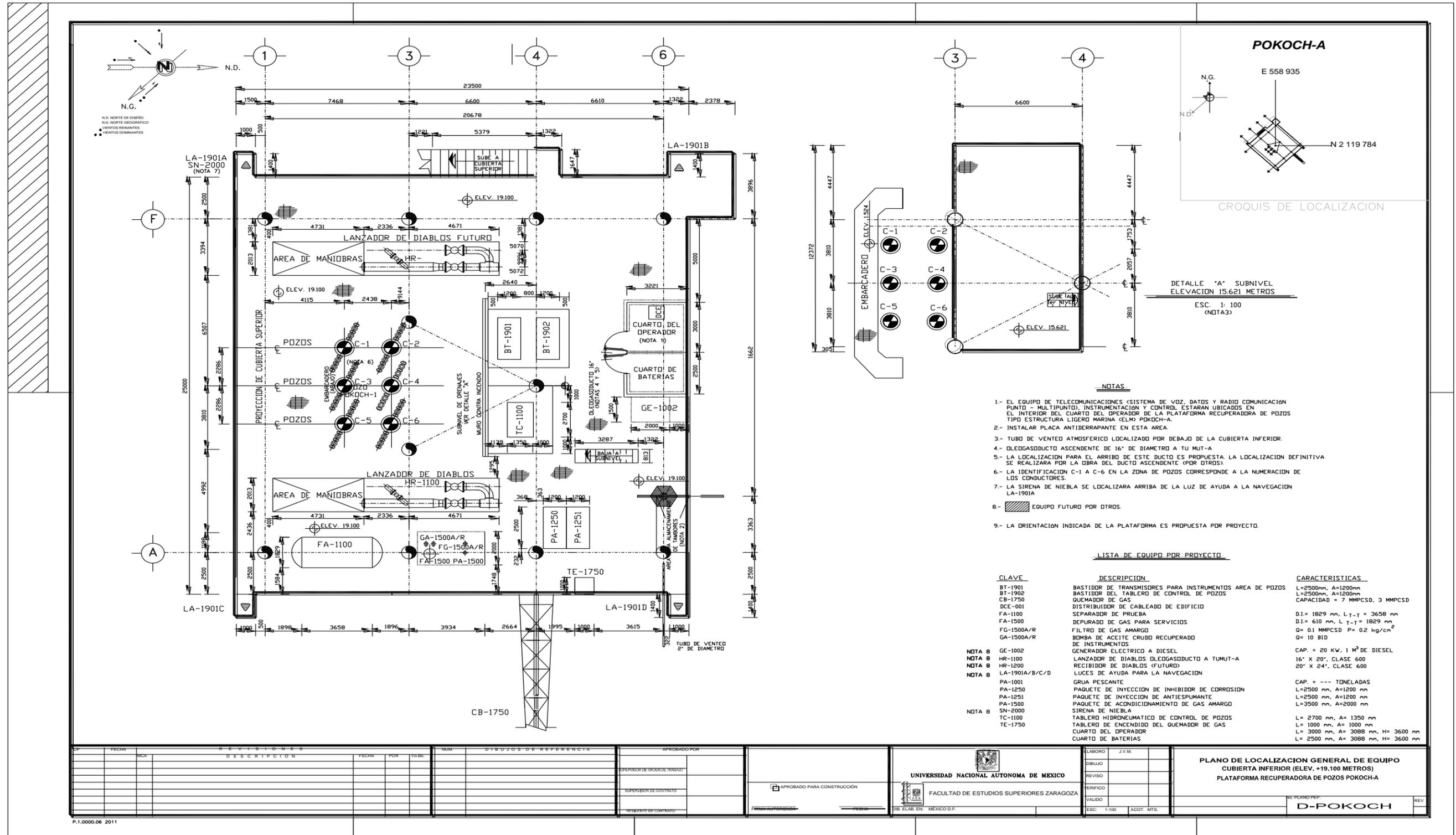
4.3.-DOCUMENTOS DE INGENIERÍA

4.3.1.-INGENIERIA BÁSICA

Es el conjunto de documentos de Ingeniería con definiciones y cálculos de los procesos principales, seguridad, medio ambiente, estudio de riegos, implantación y especificaciones definitivas para compra de equipos mayores, estos últimos son aquellos que, por su especificidad, complejidad en la configuración, por ser hechos a medida o por su envergadura requieren un tiempo considerable para llegar al lugar de la instalación.

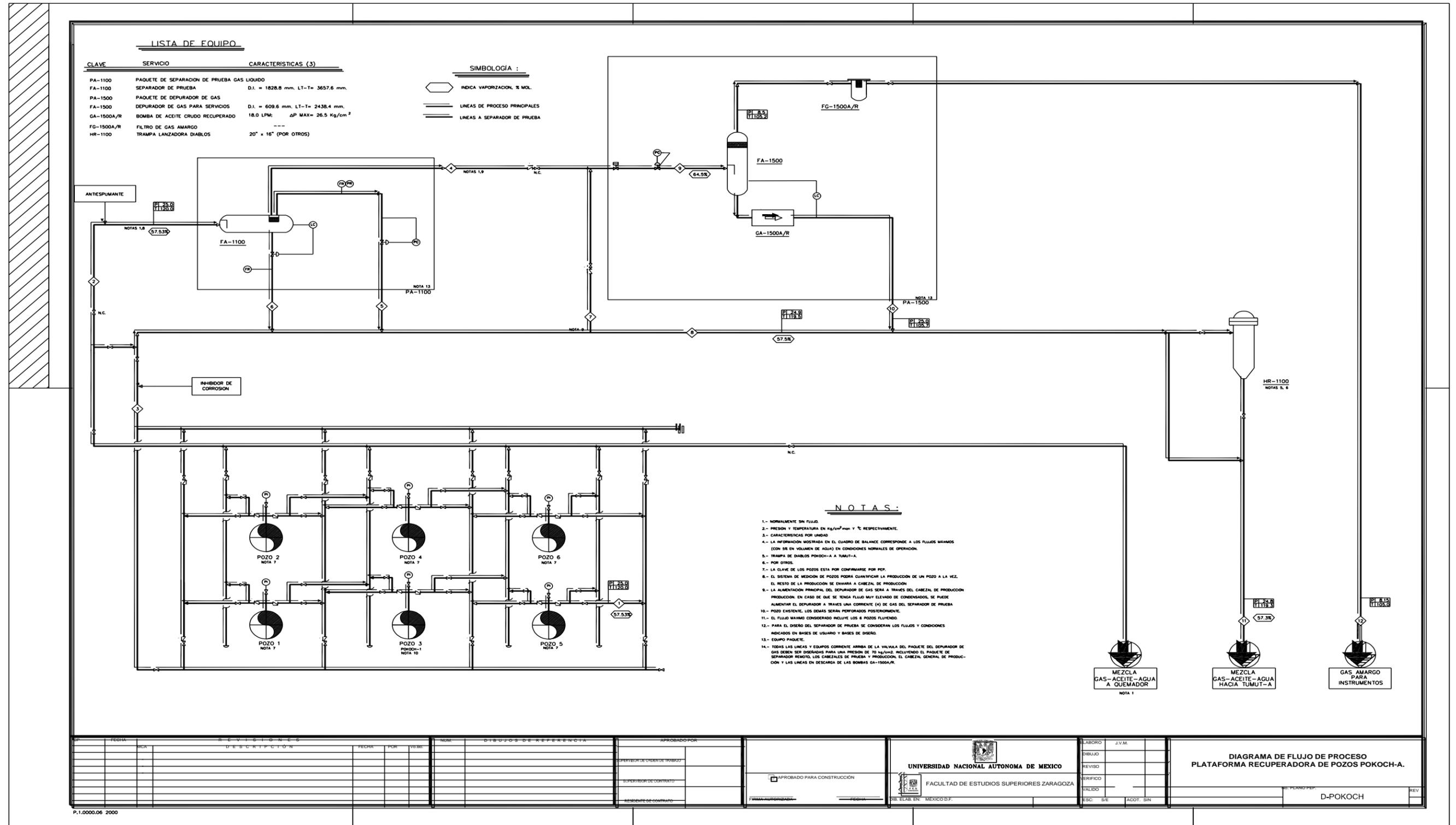
4.3.1.1.-PLG (PLANO DE LOCALIZACION GENERAL DE EQUIPOS)

Es un arreglo o disposición, gráficamente representado, de la ubicación del equipo que conforma una unidad de proceso.



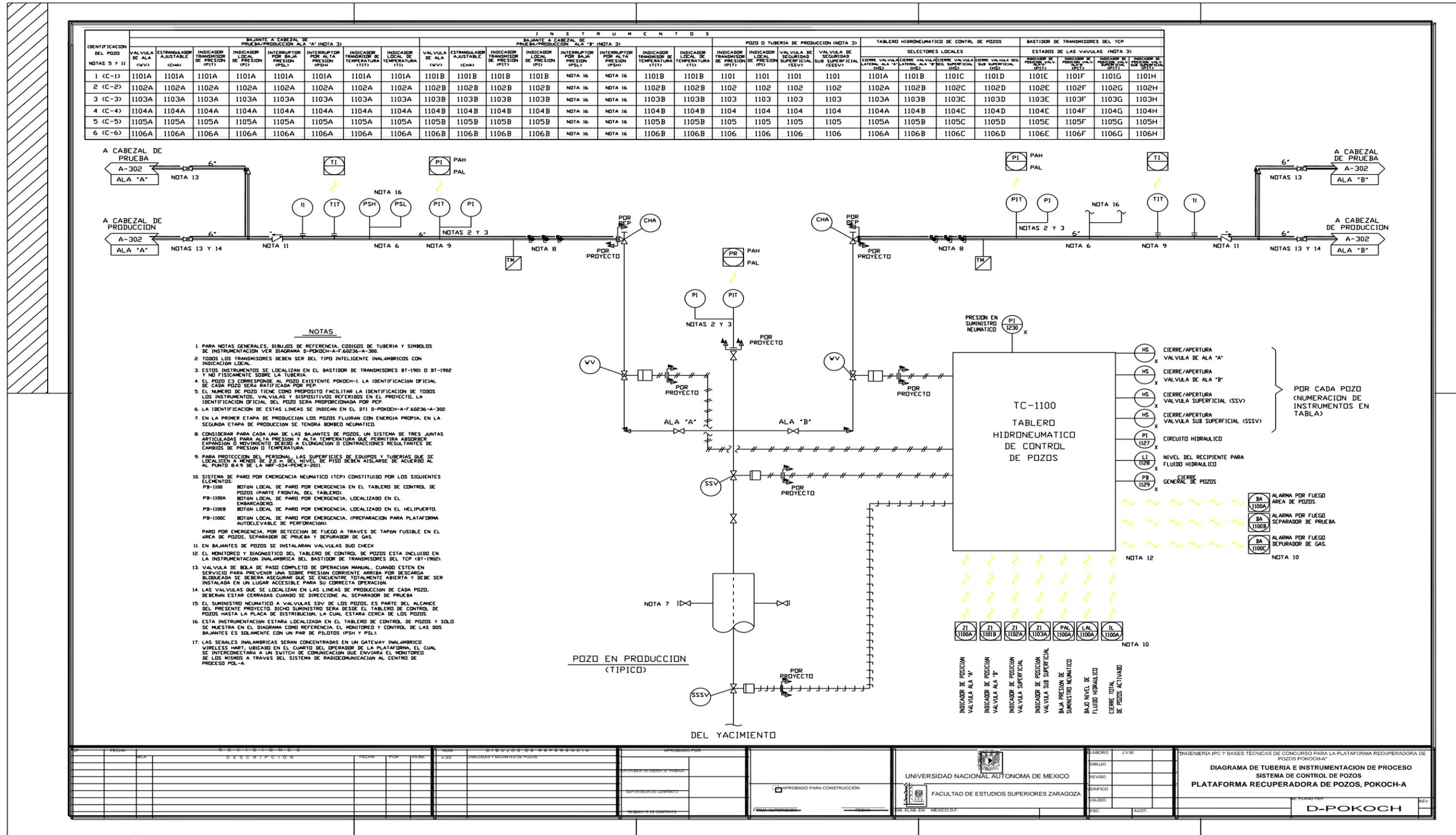
4.3.1.2.-DFP'S (DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS)

Representación gráfica de todos los elementos que conforman un proceso.



4.3.1.3.-DTI'S (DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION)

Los DTI's son diagramas que contienen básicamente los equipos de proceso, las tuberías, los instrumentos y las estrategias de control del proceso.



4.3.1.4.-ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS

Es el documento en el que describe detalladamente las características o condiciones que debe cumplir dicho equipo, con el fin de crearlo, proveerlo y usarlo de manera estandarizada.



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA			
INGENIERÍA IPC Y BASES TÉCNICAS DE CONCURSO PARA LA PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS POKOCH-A			EPI-P-900-SP POKOCH-A
ELABORO	FECHA: MARZO-2014	REV. No. 0	HOJA 1 DE 4

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
VÁLVULA DE CONTROL
EPI-P-900-SP POKOCH-A

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
			ELABORÓ	REVISÓ	VERIFICÓ	JEFE DE PROYECTO
0	MARZO-2014	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN				



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA		
INGENIERÍA IPC Y BASES TÉCNICAS DE CONCURSO PARA LA PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS POKOCH-A		EPI-P-900-SP POKOCH-A
ELABORO:	FECHA: MARZO-2014	REV. No. 0
		HOJA 2 DE 2

**ESPECIFICACIONES GENERALES
VÁLVULA DE CONTROL**

1. LAS VÁLVULAS DEBEN TENER CONEXIONES DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE TUBERÍA QUE APLICABLE.
2. EL RÉGIMEN DE PRESIÓN DEL CUERPO DE LA VÁLVULA DEBE SER COMO MÍNIMO IGUAL AL RÉGIMEN DE LA BRIDA DE ENTRADA.
3. PARA SERVICIOS EN LOS CUALES SE MANEJE LIQUIDO LA VÁLVULA DE CONTROL DEBE TENER UN SELLO CLASE IV (DE ACUERDO AL ANSI B16.104) COMO MÍNIMO.
4. LA VÁLVULA DE CONTROL DEBE SER SUMINISTRADA CON POSICIONADOR DEL TIPO NEUMÁTICO.
5. PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA VÁLVULA DE CONTROL, EL Cv NORMAL DEBE ESTAR COMPRENDIDO EN EL RANGO DE LA ABERTURA QUE SE DESCRIBE EN LOS INCISOS PARA LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:
 - A. IGUAL PORCENTAJE, ENTRE EL 60-80% DE ABERTURA.
 - B. LINEAL, ENTRE EL 40-70% DE ABERTURA.
 - C. APERTURA RÁPIDA, ENTRE EL 20-40% DE ABERTURA.
6. EN NINGÚN CASO EL FLUJO MÁXIMO DEBE SOBREPASAR EL 90% DE ABERTURA DE LA VÁLVULA.
7. LA VÁLVULA DE CONTROL DEBE TENER NIVELES DE RUIDO MENORES DE 85 dB MEDIDOS A 10 ft DE LA VÁLVULA.
8. LOS ACCESORIOS PARA EL CONTROL DE RUIDO DEBEN ESPECIFICARSE EN BASE A LOS DATOS DE OPERACIÓN DE LA VÁLVULA (LIBRAJE, PRESIÓN, TEMPERATURA, MATERIAL, ETC.).
9. LAS RELACIONES DE CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DEL SISTEMA VÁLVULA ACCESORIO, DEBEN SER ÓPTIMAS RESPECTO AL ABATIMIENTO DEL NIVEL DE RUIDO. LA VELOCIDAD DEL FLUIDO A LA SALIDA DE LA VÁLVULA NO DEBE SER MAYOR DE 0.3 MACH.
10. EN CASO DE CAVITACIÓN Y/O FLASHEO, SE DEBEN PROVEER LOS ACCESORIOS APROPIADOS PARA EVITAR O SOPORTAR TALES CONDICIONES.
11. TODAS LAS VÁLVULAS DE CONTROL DEBEN ESTAR EQUIPADAS CON TRANSMISOR DE POSICIÓN DEL VÁSTAGO, EXCEPTO DONDE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MISMA NO LO PERMITA.
12. EN DONDE APLIQUE LA VÁLVULA Y EL ACTUADOR DEBE TENER UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO DE ACUERDO A LA NORMA NRF-053-PEMEX-2006, PARA AMBIENTE MARINO SISTEMA 12.
13. EL POSICIONADOR NEUMÁTICO DEBE SER CON APROBACIÓN NEMA 4X, CONEXIÓN DE 1/4" NPT PARA SUMINISTRO NEUMÁTICO.
14. CUALQUIER OMISIÓN EN ESTA ESPECIFICACIÓN, NO LIBERA DE LA RESPONSABILIDAD AL PROVEEDOR PARA SUMINISTRAR LAS VÁLVULAS DE CONTROL COMPLETAS Y ADECUADAS PARA OPERAR SATISFACTORIAMENTE.
15. EL POSICIONADOR NEUMÁTICO 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.
16. LA TRANSMISIÓN DE LA POSICIÓN DE LA VÁLVULA, LA IDENTIFICACIÓN DEL TRANSMISOR, EL VOLTAJE DE LA BATERÍA, EL NOMBRE Y ESTADO DE LA RED, SE HARÁ EN FORMA INALÁMBRICA EN PROTOCOLO WIRELESS HART. ÉSTA TRANSMISIÓN DEBE REALIZARSE EN INTERVALOS DE TIEMPO.
17. EL TRANSMISOR DE POSICIÓN DEBE TENER MONTADA EN FORMA INTEGRAL UNA ANTENA DE COMUNICACIÓN TIPO OMNIDIRECCIONAL ROTATORIA.
18. EL FUNCIONAMIENTO DEL TRANSMISOR DE POSICIÓN SERÁ MEDIANTE UNA BATERÍA REEMPLAZABLE, NO RECARGABLE, DE LITIO, ENCAPSULADA DE MANERA INTEGRAL AL TRANSMISOR, CON DURACIÓN DE 10 AÑOS COMO MÍNIMO. LA BATERÍA DEBE PODER SER REEMPLAZADA EN CAMPO SIN NECESIDAD DE REMOVER EL TRANSMISOR DEL PUNTO DE MEDICIÓN Y SIN REQUERIR HERRAMIENTAS ESPECIALES.
19. EL TRANSMISOR FORMARÁ PARTE ACTIVA DEL ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA TIPO MALLA CON RUTAS REDUNDANTES CON UNA CONFIABILIDAD DE AL MENOS 99%, EL TRANSMISOR DEBE TENER LA CAPACIDAD DE PODER RECONOCER EN FORMA AUTOMÁTICA A LOS OTROS DISPOSITIVOS EN LA MALLA CON LOS CUALES PUEDE ESTABLECER COMUNICACIÓN; ASÍ COMO LA CAPACIDAD DE ESTABLECER EN FORMA AUTOMÁTICA LA COMUNICACIÓN CON EL DISPOSITIVO DE CAMPO QUE CONSIDERE MÁS ADECUADO.
20. LA CAPA FÍSICA DEBE SER COMPATIBLE CON LA ISM (INDUSTRIAL CIENTÍFICA Y MÉDICA) DE 2.4 GHZ CON MODULACIÓN DSSS Y SALTOS DE FRECUENCIA. EL TRANSMISOR HARÁ LOS SALTOS A LOS CANALES DE LA BANDA QUE REQUIERE, Y LO HARÁ EN FORMA AUTOMÁTICA, SIN NECESIDAD DE RE-CONFIGURACIÓN O INTERVENCIÓN DEL PERSONAL. LA CAPA DE ENLACE DE DATOS DE LA RED INALÁMBRICA DE LOS DISPOSITIVOS DE CAMPO, DEBE SER COMPATIBLE CON IEEE 802.15.4 WIRELESS HART AVALADO POR LA IEC62591.
21. EL TRANSMISOR DEBE CONTAR CON EL REGISTRO DE HOMOLOGACIÓN OTORGADO POR LA COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES (COFETEL) PARA USO DE DISPOSITIVOS DE TELECOMUNICACIÓN EN BANDAS DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DE USO LIBRE
22. LA VÁLVULA Y ACCESORIOS DEBEN CONTAR CON UNA PLACA DE IDENTIFICACIÓN DE ACERO INOXIDABLE ADHERIDA EN FORMA PERMANENTE (REMACHADA). EN LA PLACA SE DEBEN INCLUIR, AL MENOS, LOS SIGUIENTES DATOS:
 - IDENTIFICACIÓN.
 - TAMAÑO.
 - SERVICIO.
 - SUMINISTRO ELÉCTRICO.
 - SUMINISTRO NEUMÁTICO.
 - RANGO.
 - MARCA/MODELO.
 - NÚMERO DE SERIE.

4.3.2.-INGENIERIA DE DETALLE

Conjunto de Documentación generada a partir de la Ingeniería Básica que incluye todos los detalles constructivos, por disciplina (Civil, Mecánica, Procesos, Eléctrica, Telecomunicaciones, Instrumentación y Control, Sistemas Informáticos) que deberán estar aprobados para construcción.

4.3.2.1.-INDICE DE INSTRUMENTOS

El índice de Instrumentos es una lista alfanumérica de todos los instrumentos que se muestran en el DTI, proporcionando los datos para la instalación, la puesta en marcha, el mantenimiento y las modificaciones.

 ÍNDICE DE INSTRUMENTOS		PROYECTO:	*Ingeniería básica conceptual y anexos técnicos de concurso para las plataformas recuperadoras de pozos denominadas Pokoch-A*					REV.:	0			
		N° PROYECTO:						FECHA:	09/01/2014			
		PLATAFORMA:	PLATAFORMA RECUPERADORA POKOCH-A					ELABORÓ:	J/M			
		LOCALIZACIÓN:	PARAISO, TABASCO					REVISÓ:				
		DOCUMENTO:	IND-P-010-P					VERIFICÓ:				
								JEFE DE PROY:				
Número Identificación	Servicio	Componente	Localización	ESTATUS	DTI	No. de Línea ó Equipo	Diag. Instrum.	Número Hoja de Datos	Número Típico	Observaciones		
ANALISIS												
AH-100	SALIDA DE GAS DEL SEPARADOR DE PRUEBA FA-100	AIT-100X	LO		A-303			EQ. PAQUETE SP		EQ. PAQUETE		
		AE-100X	PP		A-303			HD-P-		EQ. PAQUETE		
		AI-100	SDMC		A-303							
FLUJO												
FQI-100	SALIDA DE GAS DEL SEPARADOR DE PRUEBA FA-100	UIT-100X	LO		A-303			EQ. PAQUETE SP		EQ. PAQUETE		
		FE-100X	PP		A-303			HD-P-972-P		EQ. PAQUETE		
		FR-100	LO		A-303					EQ. PAQUETE		
		TE-100X	PP		A-303			HD-P-934-P		EQ. PAQUETE		
		FQI-100	SDMC		A-303							
		FI-100	SDMC		A-303							
FQI-101	SALIDA DE ACEITE DEL MEDIDOR MULTIFASICO PA-100	FIT-101X	LO		A-303			EQ. PAQUETE SP		EQ. PAQUETE		
		FE-101X	PP		A-303					EQ. PAQUETE		
		FR-101X	LO		A-303							
		FI-101	SDMC		A-303							
		FQI-101	SDMC		A-303							
NIVEL												
LI-251	TANQUE DE INHIBIDOR DE CORROSION FB-250	LC-251AX	LO		39	PA-251		EQ. PAQUETE				
		LSY-251AAX	LO		39	PA-251		EQ. PAQUETE		ARRANQUE/PARO DE BOMBA		
		LSY-251ABX	LO		39	PA-251		EQ. PAQUETE		ARRANQUE/PARO DE BOMBA		
LI-251	TANQUE DE INHIBIDOR DE CORROSION FB-250	LIT-251	LO		39	PA-251		EQ. PAQUETE				
		LI-251	SDMC		39							

4.3.2.2.-SUMARIO DE INSTRUMENTOS

El sumario de instrumentos es una lista muy completa de todos los instrumentos, alarmas, paros y arranques que se muestran en el DTI, proporcionando su identificación (tag) y el lugar en donde están instalados para una mejor localización, también contiene el rango de operación de cada instrumento.

Número Identificación de Loop	Servicio	Componente	Localización	DTI	CONDICION					Set Point	Observaciones
					Operación Normal	Alta	Alta-Alta	Baja	Baja-Baja		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">  <p>SUMARIO DE INSTRUMENTOS ALARMAS, PAROS Y ARRANQUES</p> </div> <div style="width: 40%;"> <p>PROYECTO: "Ingeniería PC y Bases de Técnicas de Concurso para la Plataforma Recuperadora de Pozos Pokoch-A"</p> <p>N° PROYECTO:</p> <p>PLATAFORMA: PLATAFORMA RECUPERADORA POKOCH-A</p> <p>LOCALIZACION: PARAISO, TABASCO</p> <p>DOCUMENTO: SUMP-011 Pokoch-A</p> </div> <div style="width: 20%;"> <p>REV.: 0</p> <p>FECHA: 06/05/2014</p> <p>ELABORÓ: JVM</p> <p>REVISÓ:</p> <p>VERIFICÓ:</p> <p>JEFE DE PROY:</p> </div> </div>											
NIVEL											
LI-110A	SEPARADOR DE PRUEBA FA-100	LAH-110A	GWH-901	A-303	609 mm	819 mm					
		LAL-110A	GWH-901	A-303	609 mm			247 mm			
PRESIÓN											
PI-110	SEPARADOR DE PRUEBA FA-100	PAH-110A	GWH-901	A-303	25 Kg/cm ²	28.75 Kg/cm ²					
		PAL-110A	GWH-901	A-303	25 Kg/cm ²			2125 Kg/cm ²			
PI-101	TUBERÍA DE PRODUCCIÓN POZO No. 1	PAH-101	GWH-901	A-301	70 Kg/cm ²	80.5 Kg/cm ²					
		PAL-101	GWH-901	A-301	70 Kg/cm ²			59.5 Kg/cm ²			
PI-101A	BAJANTE DE PRUEBA/PRODUCCIÓN ALA "A" POZO No. 1	PAH-101A	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²	28.75 Kg/cm ²					
		PAL-101A	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²			2125 Kg/cm ²			
PI-101B	BAJANTE DE PRUEBA/PRODUCCIÓN ALA "B" POZO No. 1	PAH-101B	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²	28.75 Kg/cm ²					
		PAL-101B	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²			2125 Kg/cm ²			
PI-102	TUBERÍA DE PRODUCCIÓN POZO No. 2	PAH-102	GWH-901	A-301	70 Kg/cm ²	80.5 Kg/cm ²					
		PAL-102	GWH-901	A-301	70 Kg/cm ²			59.5 Kg/cm ²			
PI-102A	BAJANTE DE PRUEBA/PRODUCCIÓN ALA "A" POZO No. 2	PAH-102A	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²	28.75 Kg/cm ²					
		PAL-102A	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²			2125 Kg/cm ²			
PI-102B	BAJANTE DE PRUEBA/PRODUCCIÓN ALA "B" POZO No. 2	PAH-102B	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²	28.75 Kg/cm ²					
		PAL-102B	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²			2125 Kg/cm ²			
PI-103	TUBERÍA DE PRODUCCIÓN POZO No. 3	PAH-103	GWH-901	A-301	70 Kg/cm ²	80.5 Kg/cm ²					
		PAL-103	GWH-901	A-301	70 Kg/cm ²			59.5 Kg/cm ²			
PI-103A	BAJANTE DE PRUEBA/PRODUCCIÓN ALA "A" POZO No. 3	PAH-103A	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²	28.75 Kg/cm ²					
		PAL-103A	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²			2125 Kg/cm ²			
PI-103B	BAJANTE DE PRUEBA/PRODUCCIÓN ALA "B" POZO No. 3	PAH-103B	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²	28.75 Kg/cm ²					
		PAL-103B	GWH-901	A-301	25 Kg/cm ²			2125 Kg/cm ²			

4.3.2.3.-DIAGRAMA LÓGICO DE CONTROL

Es un documento de ingeniería en el que, mediante de una simbología lógica binaria, se representa de manera simple y compacta las operaciones de que consta un proceso. Para este Caso de Estudio no se realizó este documento.

4.3.2.4.-HOJA DE DATOS DE INSTRUMENTOS

Es un documento donde se muestran las características específicas de un instrumento, como función, rango, rangeabilidad, clasificación, alimentación, tipo de transmisor, etc.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA		TRANSMISORES DE PRESIÓN				HOJA	DE
		REV.	ELABORÓ	FECHA	REVISÓ	No. DE HOJA DE DATOS	REVISIÓN
		C	JVM	06/02/2014		HD-P-933-PZ POKOCH-A	C
						CONTRATO	FECHA
							06/02/2014
						No. DE ESPECIFICACIÓN ASOCIADA EPI-P-933-PZ POKOCH-A	
						ELABORÓ	REVISÓ
						JVM	JEFE DE PROY.
GENERAL	1	No. de Tag	VER HOJAS 3 DE 3		Servicio VER HOJAS 3 DE 3		
	2	Función	Registro <input type="checkbox"/>	Indicador <input checked="" type="checkbox"/>	Control <input type="checkbox"/>	Ciego <input type="checkbox"/>	Transmisor <input checked="" type="checkbox"/>
		Otra	INTELIGENTE				
	3	Caja	Std. Fab. <input checked="" type="checkbox"/>	Tamaño nom.	Color: Std. Fab. <input checked="" type="checkbox"/>	Otro	
	4	Montaje	Al ras <input type="checkbox"/>	Superficie <input type="checkbox"/>	Yugo <input type="checkbox"/>	Otro TUBO DE 2" DE DIÁMETRO	
	5	Clasificación eléctrica	Prop. General <input type="checkbox"/>	A prueba de agua <input checked="" type="checkbox"/>	A prueba de expl. <input type="checkbox"/>	Clase CLASE I, DIVISIÓN 2, GRUPOS C Y D	
			Para uso en sist. Intrínsecamente seguro <input type="checkbox"/>				
	6	Alimentación eléctrica	117V 60Hz <input type="checkbox"/>	Otra:ac	dc <input checked="" type="checkbox"/>	BATERIA DE LITIO INTEGRADA AL	Volts
	7	Tipo de Gráfica	Cinta <input type="checkbox"/>	Rollo <input type="checkbox"/>	Circular	Numero	Ciclos
8	Mov. de la gráfica	Rango	Velocidad	Energía			
9	Escalas	Tipo	Rango1	2	3	4	
TRANSMISOR	10	Salida del transmisor	4-20 mA <input type="checkbox"/>	10-50 mA <input type="checkbox"/>	21-103 kPa (3-15 psig) <input type="checkbox"/>	Otra	PROTOCOLO WIRELESS HART ULT. ED. (CONFORME A IEC62591)
		Para el receptor, ver hoja de especificación					
CONTROLADOR	11	Modos de control	P = Prop (Ganancia), I = Integral (Auto Reset), D = Derivativo (Rate), Sub: s = Lento, f = Rápido P <input type="checkbox"/> PI <input type="checkbox"/> PD <input type="checkbox"/> PID <input type="checkbox"/> I _f <input type="checkbox"/> D _f <input type="checkbox"/> I _s <input type="checkbox"/> D _s <input type="checkbox"/>				
		Otro					
	12	Acción	A un incremento de la med. la salida: Aumenta <input type="checkbox"/> Disminuye <input type="checkbox"/>				
	13	Interruptor Auto-Man	No <input type="checkbox"/>	Std. Fab. <input type="checkbox"/>	Otro		
	14	Ajuste de Set Point	Manual <input type="checkbox"/>	Externo <input type="checkbox"/>	Remoto <input type="checkbox"/>	Otro	
	15	Reg. Manual	NO <input type="checkbox"/>	Std. Fab. <input type="checkbox"/>	Otra		
ELEMENTO	16	Salida	4-20 mA <input type="checkbox"/>	10-50 mA <input type="checkbox"/>	21-103 kPa (3-15 psig) <input type="checkbox"/>	Otra	
	17	Servicio	Presión man. <input checked="" type="checkbox"/>	Vacio <input type="checkbox"/>	Absoluta <input type="checkbox"/>	Compuesta <input type="checkbox"/>	
	18	Tipo de elemento	Diafragma <input checked="" type="checkbox"/>	Helice <input type="checkbox"/>	Bourdon <input type="checkbox"/>	Fuelle <input type="checkbox"/>	Otro
	19	Material	316 SS <input checked="" type="checkbox"/>	Barra de cobre <input type="checkbox"/>	Otro CON SELLO QUÍMICO, VER HOJA 3 DE 3		
	20	Rango	Fijo <input type="checkbox"/>	Ajustable	REQUERIDO	Ajustar a: VER HOJAS 3 DE 3	
			Protección de sobrerango a 1.5 VECES LA PRESIÓN DE OPERACIÓN				
	21	Datos del proceso	Presión	Normal	VER HOJAS 3 DE 3	Max	Rango del elem. VER HOJAS 3 DE 3
22	Conexión al proceso	1/4 in. NPT <input type="checkbox"/>	1/2 in. NPT <input checked="" type="checkbox"/>	Otra			
		Localización:	Inferior <input type="checkbox"/>	Posterior <input type="checkbox"/>	Otra ESTANDAR DE FABRICANTE		
OPCIONES	23	Interruptores de alarma	Cantidad	Forma	Rango:		
	24	Función	Presión <input type="checkbox"/>	Desviación <input type="checkbox"/>	Contacts To	on Inc. Press.	
	25	Opciones	Filt Reg <input type="checkbox"/>	Man. Entrada <input type="checkbox"/>	Man. Salida <input type="checkbox"/>	Gráficas	
			Sello Diaf. <input type="checkbox"/>	Tipo	Diaf.	Bot Bowl	
			Con.	Capilar	Longitud	Mat.	
			Otro				
	26	Marca y Modelo No.	POR CONTRATISTA				

4.3.2.5.-CUESTIONARIOS TÉCNICOS DE INSTRUMENTOS

Es el documento en donde se plasma toda la información de los instrumentos que tienen las mismas características como, tipo de transmisor, identificación, cantidad, indicación local, tipo de sensor, material del sensor, etc.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		TRANSMISORES DE TEMPERATURA				HOJA	2	DE	3
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA 		REV	ELABORÓ	FECHA	REVISÓ	VERIFICÓ	No. DE CUESTIONARIO TÉCNICO		REVISIÓN
		C	JVM	12/03/2014			CT-P-935-PZ POKOCH-A		C
							CONTRATO		FECHA
									12/03/2014
							No. DE HOJA DE DATOS ASOCIADA		
							HD-P-935-PZ POKOCH-A		
						ELABORÓ	REVISÓ	VERIFICÓ	JEFE DE PROY.
						JVM			
CARACTERÍSTICAS	E.P.	CONTRATISTA			POR P.E.P. CUMPLE				
		SI			NO				
IDENTIFICACIÓN	TTT-1101A, TTT-1101B, TTT-1102A, TTT-1102B, TTT-1103A, TTT-1103B, TTT-1104A, TTT-1104B, TTT-1105A, TTT-1105B, TTT-1106A, TTT-1106B								
CANTIDAD	12 PZAS								
RANGO	0 - 200 °C								
INDICACIÓN LOCAL	REQUERIDA								
TIPO DE SENSOR	RTD Pt 100 Ω, 3 HILOS								
CONEXIÓN A TERMOPOZO	1/2" NPT (NOTA 1)								
MATERIAL DE TERMOPOZO	HASTELLOY C-276 (CUMPLIMIENTO CON NACE MR0175 / ISO 15848 ULT. ED.)								
LONGITU DE INSERCIÓN "U"	9" (NOTA 2)								
CONEXIÓN A PROCESO	1 1/2" 600# R.F.								
ACCESORIOS PARA MONTAJE	REQUERIDOS PARA TUBERÍA DE 2" DE DIÁMETRO								
SUMINISTRO ELÉCTRICO	BATERÍA DE LITIO INTEGRADA AL TRANSMISOR								
PROTOCOLO	WIRELESS HART ULT. ED., 2.4 GHz, (CONFORME A IEC62591)								
REGISTRO DE HOMOLOGACIÓN POR LA COFETEL	PARA USO EN BANDAS DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DE USO LIBRE								
TIPO DE CAJA	NEMA 4X Y APROPIADA PARA CLASE I, DIV. 2 GPOS. CY D								
MODELO	POR CONTRATISTA								
MARCA	POR CONTRATISTA								
INFORMACIÓN TÉCNICA	REQUERIDA								
NOTAS 1.- EL CONTRATISTA DEBE INSTALAR EL TRANSMISOR DE TEMPERATURA DE MANERA INDEPENDIENTE DEL ELEMENTO SENSOR, POR LO CUAL, DEBE SUMINISTRAR UN CABLE CON ARMADURA DE 100 ft PARA LA CONEXIÓN ENTRE EL TRANSMISOR Y EL ELEMENTO SENSOR. 2.- DEBE GARANTIZARSE LA INMERSIÓN DEL ELEMENTO SENSOR DENTRO DE LA TUBERÍA DE PROCESO COMO MÍNIMO HASTA 60%.									

4.3.2.6.-ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 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.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA			EPI-P-1005-PZ POKOCH-A
	INGENIERÍA IPC Y BASES TÉCNICAS DE CONCURSO PARA LA PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS POKOCH-A			
	ELABORO:	FECHA: MARZO-2014	REV. No. 0	HOJA 1 DE 2

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA CONCENTRADOR WIRELESSHART

EPI-P-1190-PZ POKOCH-A

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
			ELABORÓ	REVISÓ	VERIFICÓ	JEFE DE PROYECTO
0	MARZO-2014	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN				



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA		
INGENIERÍA IPC Y BASES TÉCNICAS DE CONCURSO PARA LA PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS POKOCH-A		EPI-P-1005-PZ POKOCH-A
ELABORO:	FECHA: MARZO-2014	REV. No. 0
		HOJA 2 DE 2

ESPECIFICACIONES GENERALES CONCENTRADOR WIRELESSHART

- 1.- EL GABINETE DEL CONCENTRADOR WIRELESS HART, DEBE SER UN TRANSMISOR-RECEPTOR ELECTRÓNICO BASADO EN MICROPROCESADOR CONTENIDO EN UNA CAJA CON FABRICACIÓN ROBUSTA PARA USO INDUSTRIAL SEVERO DE ALUMINIO CON BAJO CONTENIDO DE COBRE A PRUEBA DE INTEMPERIE, HUMEDAD, CORROSIÓN Y POLVO (NEMA 4X) CON RECUBRIMIENTO EPÓXICO.

- 2.- EL GABINETE DEL CONCENTRADOR DEBE CONTAR CON APROBACIÓN PARA ÁREAS PELIGROSAS CLASE 1, DIVISIÓN 2, GRUPOS C Y D.

- 3.- EL CONCENTRADOR DEBE ADMINISTRAR EN FORMA AUTOMÁTICA LA RED INALÁMBRICA DE LOS DISPOSITIVOS DE CAMPO Y DEBE PROVEER LOS NIVELES DE SEGURIDAD NECESARIOS PARA PROTEGER LA INFORMACIÓN. EL CONCENTRADOR DEBE TENER LA CAPACIDAD DE ENCRIPSTAR LOS DATOS A 128 BITS, ASÍ COMO RESTRINGIR EL ACCESO AL DISPOSITIVO Y A LA RED INALÁMBRICA MEDIANTE CLAVES DE ACCESO.

- 4.- EL CONCENTRADOR DEBE TENER LA CAPACIDAD DE ADMINISTRAR AL MENOS 100 DISPOSITIVOS DE LA RED. LA LATENCIA MÁXIMA EN ESTE CASO, SERÁ DE NO MÁS DE 5 SEGUNDOS, ASUMIENDO QUE TODOS LOS DISPOSITIVOS ESTÁN TRANSMITIENDO A UNA FRECUENCIA DE 8 SEGUNDOS. LA CONFIABILIDAD DE LA RED DEBE SER MAYOR AL 99% CON AL MENOS 5 DISPOSITIVOS EN LA RED.

- 5.- EL CONCENTRADOR DEBE INSTALARSE EN EL INTERIOR DEL CUARTO DE OPERACIÓN DE LA PLATAFORMA POKOCH-A. LA ANTENA DEL CONCENTRADOR PARA COMUNICARSE CON LA RED INALÁMBRICA DE CAMPO, DEBE ESTAR MONTADA DE MANERA REMOTA EN EL TECHO DEL CUARTO DE OPERACIÓN POR MEDIO DE UN CABLE COAXIAL. SE DEBE SUMINISTRAR UN CABLE DE CONEXIÓN COAXIAL DE 15M Y UN PROTECTOR PARA TRANSIENTES. LA ANTENA DEL CONCENTRADOR DEBE SER OMNIDIRECCIONAL Y REALIZAR LA INTERFASE ENTRE LA RED INALÁMBRICA DEL CAMPO WIRELESS HART DE ACUERDO AL ESTÁNDAR IEC-62591.

- 6.- LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA AL CONCENTRADOR DEBE SER A 24 VCD, LA CUAL SE TOMARÁ DE UN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE 24 VCD UBICADO DENTRO DEL CUARTO DE OPERACIÓN. EL CONTRATISTA DEBE CONSIDERAR DENTRO DE SU ALCANCE EL MATERIAL Y LA INTERCONEXIÓN DE DICHA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL TABLERO DE DISTRIBUCIÓN AL GABINETE CONCENTRADOR WIRELESS HART.

- 7.- LA CONFIGURACIÓN EN FORMA DIGITAL DEL DISPOSITIVO EN LAS PRUEBAS FAT Y OSAT SE REALIZARÁ POR MEDIO DE UNA UNIDAD DE CONFIGURACIÓN PORTÁTIL (TIPO LAPTOP) DEL CONTRATISTA. CUANDO SE LLEVE ACABO LA PUESTA EN OPERACIÓN DE LA PLATAFORMA LA CONFIGURACIÓN SE DEBERÁ REALIZAR DE MANERA REMOTA POR MEDIO DEL CUARTO DE CONTROL DEL CENTRO DE PROCESAMIENTO POL-A. EL CONTRATISTA DEBE PROVEER LA HERRAMIENTA DE CONFIGURACIÓN Y LICENCIA DEL SOFTWARE COMPLETAMENTE INTEGRADA EN EL CONCENTRADOR.

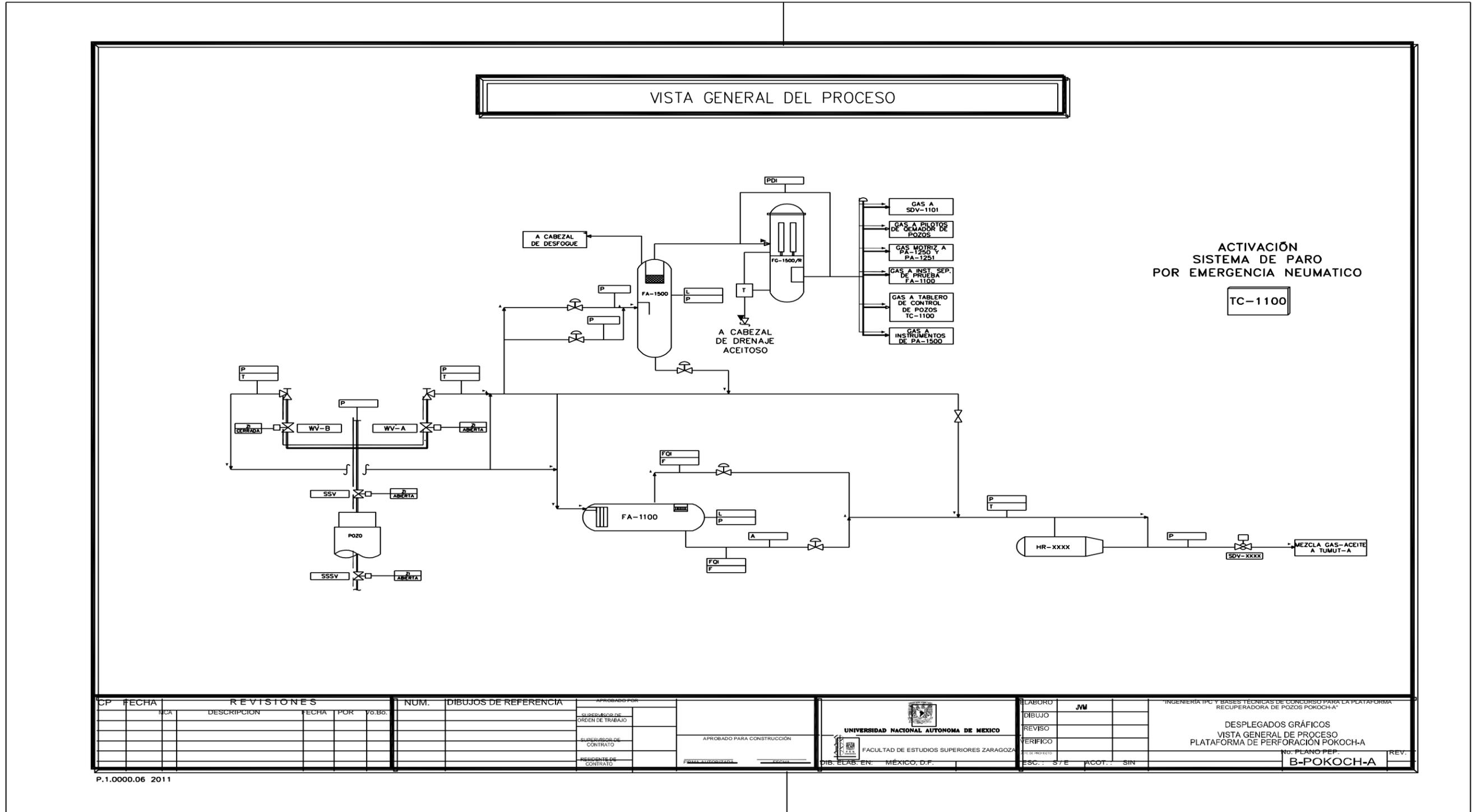
- 8.- EL CONCENTRADOR DEBE CONTAR CON TRES (3) PUERTOS DE COMUNICACIÓN: UNO (1) MODBUS SERIAL RS-485, UNO (1) ETHERNET PARA COMUNICACIÓN TCP/IP(10BASET/100MBS) Y UNO (1) ETHERNET PARA SERVICIOS. LOS PUERTOS DEBEN ESTAR INTEGRADOS EN LA INTERFACE DEL CONCENTRADOR, NO SE ACEPTAN CONVERTIDORES DE MEDIOS PARA LOS PUERTOS DE COMUNICACIÓN. EL CONCENTRADOR DEBE CONTAR CON CERTIFICADO DE HOMOLOGACIÓN POR PARTE DE COFETEL.

- 9.- EL CONCENTRADOR DEBE INTERCONECTARSE A UN PUERTO ETHERNET TCP/IP DE UN SWITCH DE TELECOMUNICACIONES (POR OTROS), QUE ENVIARÁ VÍA RADIO EL MONITOREO, DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE LA PLATAFORMA POKOCH-A AL CENTRO DE PROCESAMIENTO POL-A.

- 10.- EL CONTRATISTA DEBE CONSIDERAR DENTRO DE SU ALCANCE EL MATERIAL Y LA INTERCONEXIÓN DE LA COMUNICACIÓN ETHERNET DEL CONCENTRADOR AL GABINETE DE TELECOMUNICACIONES DENTRO DEL CUARTO DE OPERACIÓN DE LA PLATAFORMA.

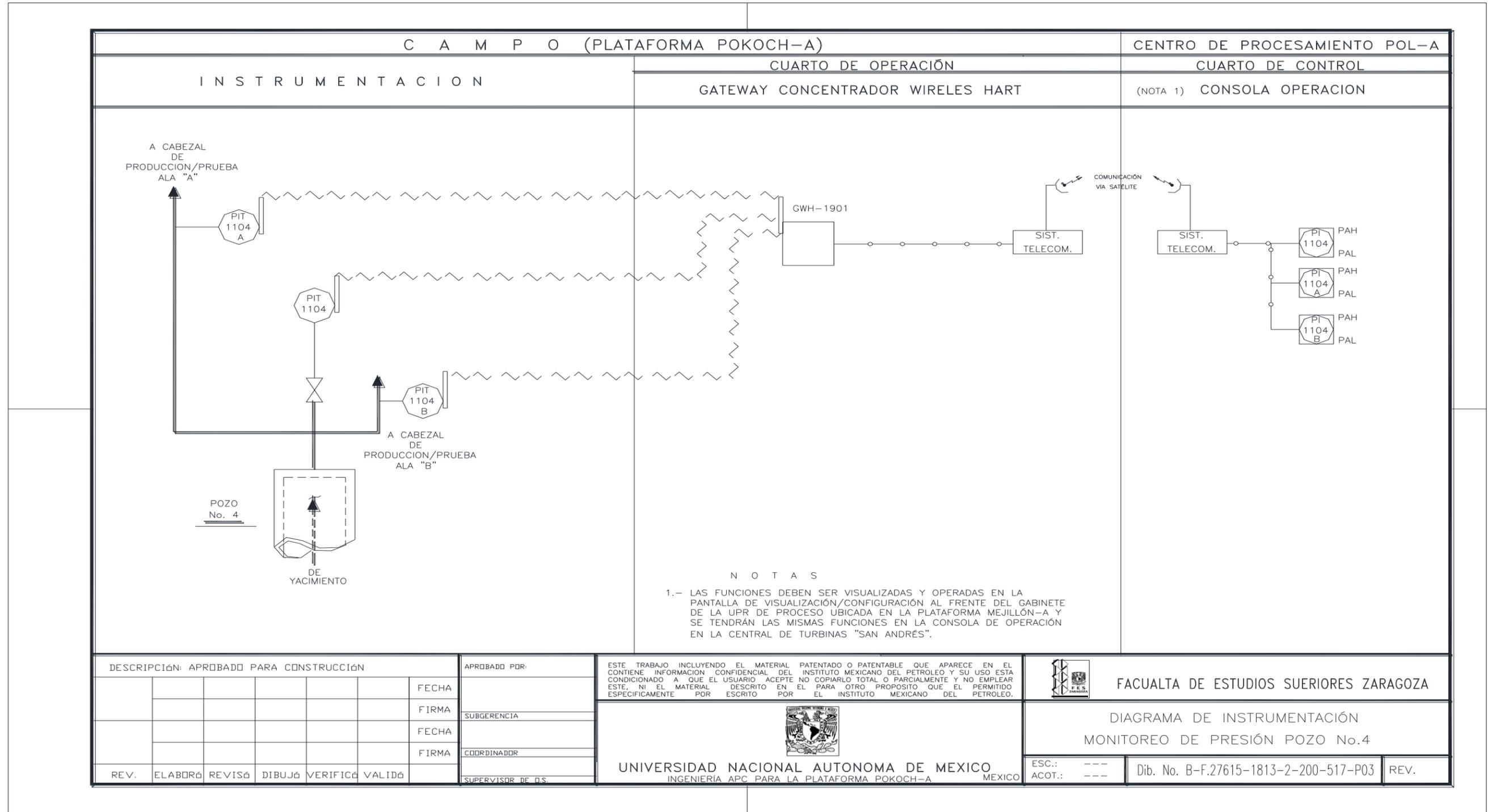
4.3.2.7.-DESPLEGADOS GRÁFICOS

Es una representación gráfica que se muestra en el SDMC, todas las señales de cada instrumento se muestran representadas dentro de esta representación gráfica.



4.3.2.10.-DIAGRAMAS 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 asociada. Para este proyecto no se realizó este documento, se sustituyó por el siguiente documento:



4.3.2.11.-ESPECIFICACIÓN TÍPICA DE UN INSTRUMENTO INALÁMBRICO

Es el documento que contiene las características que deben cumplir los instrumentos que han de ser utilizados en la planta de proceso. Constituyen el medio a través del cual se comunica a los diversos proveedores.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA		
	INGENIERÍA IPC Y BASES TÉCNICAS DE CONCURSO PARA LA PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS POKOCH-A		EPI-P-935-PZ POKOCH-A
	PROY.	ELABORO:	FECHA: MARZO-2014 REV. No. 0 HOJA 1 DE 2

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA
TRANSMISORES DE TEMPERATURA

EPI-P-935-PZ POKOCH-A**

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO			
			ELABORÓ	REVISÓ	VERIFICÓ	JEFE DE PROYECTO
0	MARZO-2014	APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN				



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA			
INGENIERÍA IPC Y BASES TÉCNICAS DE CONCURSO PARA LA PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS POKOCH-A			EPI-P-935-PZ POKOCH-A
PROY.			
ELABORO:	FECHA: MARZO-2014	REV. No. 0	HOJA 2 DE 2

ESPECIFICACIONES GENERALES TRANSMISORES DE TEMPERATURA

1. LOS TRANSMISORES DEBEN SER DEL TIPO INTELIGENTE CON INDICACIÓN LOCAL DE LA VARIABLE DE PROCESO (EN UNIDADES MÉTRICAS), ASÍ COMO AJUSTE DE AMORTIGUAMIENTO (DAMPING) Y CON MEMORIA DE CONFIGURACIÓN NO VOLÁTIL.
2. LA TRANSMISIÓN DE LA VARIABLE DE PROCESO, LA IDENTIFICACIÓN DEL TRANSMISOR, EL VOLTAJE DE LA BATERÍA, EL NOMBRE Y ESTADO DE LA RED, SE HARÁ EN FORMA INALÁMBRICA EN PROTOCOLO WIRELESS HART. ÉSTA TRANSMISIÓN DEBE REALIZARSE EN INTERVALOS DE TIEMPO CONFIGURABLES.
3. LOS TRANSMISORES DE TEMPERATURA DEBEN CONTAR CON ELEMENTO PRIMARIO DE MEDICIÓN DEL TIPO BULBO DE RESISTENCIA (RTD) DE PLATINO (PT) 100 OHMS (3 HILOS).
4. LA CUBIERTA DE LA ELECTRÓNICA DEL TRANSMISOR DEBE SER PROTEGIDA CON RECUBRIMIENTO EPÓXICO.
5. EL TRANSMISOR DEBEN TENER LA ELECTRÓNICA A BASE DE MICRO-PROCESADOR Y DEBE ESTAR PERMANENTE SELLADA MEDIANTE UN ENCAPSULADO, DE TAL MANERA QUE NO REQUIERAN MANTENIMIENTO NI PARTES DE REPUESTO Y SE ELIMINEN EFECTOS CONTAMINANTES Y HUMEDAD DEL PROCESO Y MEDIO AMBIENTE.
6. EL TRANSMISOR DEBE TENER MONTADA EN FORMA INTEGRAL UNA ANTENA DE COMUNICACIÓN TIPO OMNIDIRECCIONAL ROTATORIA.
7. EL FUNCIONAMIENTO DEL TRANSMISOR SERÁ MEDIANTE UNA BATERÍA REEMPLAZABLE, NO RECARGABLE, DE LITIO, ENCAPSULADA DE MANERA INTEGRAL AL TRANSMISOR, CON DURACIÓN DE 10 AÑOS COMO MÍNIMO. LA BATERÍA DEBE PODER SER REEMPLAZADA EN CAMPO SIN NECESIDAD DE REMOVER EL TRANSMISOR DEL PUNTO DE MEDICIÓN Y SIN REQUERIR HERRAMIENTAS ESPECIALES.
8. EL TRANSMISOR FORMARÁ PARTE ACTIVA DEL ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA TIPO MALLA CON RUTAS REDUNDANTES CON UNA CONFIABILIDAD DE AL MENOS 99%, EL TRANSMISOR DEBE TENER LA CAPACIDAD DE PODER RECONOCER EN FORMA AUTOMÁTICA A LOS OTROS DISPOSITIVOS EN LA MALLA CON LOS CUALES PUEDE ESTABLECER COMUNICACIÓN; ASÍ COMO LA CAPACIDAD DE ESTABLECER EN FORMA AUTOMÁTICA LA COMUNICACIÓN CON EL DISPOSITIVO DE CAMPO QUE CONSIDERE MÁS ADECUADO.
9. LA CAPA FÍSICA DEBE SER COMPATIBLE CON LA ISM (INDUSTRIAL CIENTÍFICA Y MÉDICA) DE 2.4 GHZ CON MODULACIÓN DSSS Y SALTOS DE FRECUENCIA. EL TRANSMISOR HARÁ LOS SALTOS A LOS CANALES DE LA BANDA QUE REQUIERE, Y LO HARÁ EN FORMA AUTOMÁTICA, SIN NECESIDAD DE RE-CONFIGURACIÓN O INTERVENCIÓN DEL PERSONAL. LA CAPA DE ENLACE DE DATOS DE LA RED INALÁMBRICA DE LOS DISPOSITIVOS DE CAMPO, DEBE SER COMPATIBLE CON IEEE 802.15.4 WIRELESS HART AVALADO POR LA IEC62591.
10. EL TRANSMISOR DEBE CONTAR CON EL REGISTRO DE HOMOLOGACIÓN OTORGADO POR LA COMISIÓN FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES (COFETEL) PARA USO DE DISPOSITIVOS DE TELECOMUNICACIÓN EN BANDAS DE FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO DE USO LIBRE.
11. LA EXACTITUD DEL TRANSMISOR DEBE SER DE $\pm 0.1\%$ DEL SPAN O MEJOR.
12. LOS TRANSMISORES DEBEN TENER UNA ESTABILIDAD DE $\pm 0.25\%$ DEL "SPAN" DURANTE 5 AÑOS O MEJOR.
13. EL ERROR MÁXIMO POR VARIACIÓN EN EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DEBE SER DE $\pm 0.005\%$ DEL "SPAN" POR VOLT.
14. LOS TRANSMISORES DEBE OPERAR SATISFACTORIAMENTE EN UN RANGO DE TEMPERATURA AMBIENTE DE $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ A $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ Y LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN DE ACUERDO A LAS HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE CADA INSTRUMENTO.
15. LOS TRANSMISORES DEBEN TENER CAJA A PRUEBA DE INTEMPERIE, HUMEDAD, CORROSIÓN Y POLVO (NEMA 4X) Y A PRUEBA DE EXPLOSIÓN CON APROBACIÓN EN ÁREAS PELIGROSAS CLASE I, DIVISIÓN 2 Y GRUPOS C Y D.
16. LOS TRANSMISORES DEBEN TENER FILTROS ADECUADOS PARA ELIMINAR INTERFERENCIAS POR SEÑALES DE RADIOFRECUENCIA Y ELECTROMAGNÉTICAS.
17. LOS TRANSMISORES DEBEN ESTAR PROTEGIDOS CONTRA TRANSITORIOS.
18. LOS TRANSMISORES DEBEN SER RESISTENTES AL CHOQUE Y A LA VIBRACIÓN CON UN VALOR MÍNIMO DE 2G A UNA FRECUENCIA DE 60-2000 Hz.
19. EL TRANSMISOR DEBE ESTAR INTEGRADO CON LOS SIGUIENTES ACCESORIOS: TERMOPOZO, NIPLE DE EXTENSIÓN, TUERCA UNIÓN, AISLADORES CERÁMICOS, CABEZA DE CONEXIONES Y CABLE DE EXTENSIÓN.
20. EL TERMOPOZO DEBE SER MAQUINADO DE BARRA DE ACERO INOXIDABLE 316 O HASTELLOY-C MÍNIMO, TIPO CÓNICO, TENER ROSCA HACIA EL ELEMENTO SENSOR DE 1/2" NPTF.
21. SE DEBE GARANTIZAR LA INMERSIÓN DEL ELEMENTO SENSOR DENTRO DE LA TUBERÍA DE PROCESO COMO MÍNIMO HASTA 60%.
22. CUALQUIER OMISIÓN EN ESTA ESPECIFICACIÓN, NO LIBERA DE LA RESPONSABILIDAD AL PROVEEDOR PARA SUMINISTRAR LOS TRANSMISORES DE TEMPERATURA COMPLETOS Y ADECUADOS PARA OPERAR SATISFACTORIAMENTE.
23. LOS TRANSMISORES DEBEN CONTAR CON UNA PLACA DE IDENTIFICACIÓN DE ACERO INOXIDABLE ADHERIDA EN FORMA PERMANENTE (REMACHADA). EN LA PLACA SE DEBEN INCLUIR, AL MENOS, LOS SIGUIENTES DATOS:
 - IDENTIFICACIÓN.
 - SERVICIO.
 - SUMINISTRO ELÉCTRICO.
 - RANGO.
 - MARCA/MODELO.
 - NÚMERO DE SERIE.

4.3.2.12.-PLANO DE CONDUCCIÓN DE SEÑALES

Muestra la ruta a seguir por todas y cada una de las canalizaciones eléctricas y los conductores de instrumentación desde el instrumento hasta la sala de control, pasando por cajas de conexión en campo. Para este caso de estudio no se realizó este documento.

4.3.2.13.-CEDULA DE CONDUCTORES

La cedula 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, la longitud de los conductores necesarios para efectuar la interconexión de los instrumentos electrónicos localizados 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. Así mismo se indica la longitud y diámetro de tubo conduit necesario para la instalación de los circuitos de control. Para este caso de estudio no se realizó este documento.

CONCLUSIONES

Hoy en día el ritmo competitivo de la industria impulsa el desarrollo de la tecnología a un compás acelerado. Las industrias que buscan un crecimiento saben que es factible mantener una brecha competitiva a través de la implementación de innovaciones con la mayor eficiencia posible, reducción de costos, confiabilidad, larga duración de vida útil, etc. Es por ello que actualmente muchas empresas encuentran argumentos confiables en el proceso de la comunicación inalámbrica para sus soluciones.

No obstante, el proceso de comunicación inalámbrica en el transcurso del tiempo se ha transformado para garantizar el envío de información, lo cual la hace más segura y confiable para las aplicaciones industriales actuales.

Entre los aspectos más importantes que se utilizaron para la construcción del proyecto de esta tesis, en cuanto a la necesidad de sustituir instrumentos normales por instrumentos inalámbricos se encuentran los siguientes:

En el transcurso de la elaboración de la ingeniería básica y de detalle de la “PLATAFORMA RECUPERADORA DE POZOS DENOMINADA POKOCH-A” se llegó a la conclusión de incluir instrumentos inalámbricos debido a que en las plataformas marinas es muy difícil obtener energía eléctrica, y la principal característica de este tipo de instrumentos es su bajo consumo de energía ya que cuentan con una batería de duración mínima (mínimo de 5 años) por lo cual no necesitan de algún equipo que les genere energía.

Al elaborar un proyecto se busca que sea un buen proyecto pero que sea de bajos costos, por este motivo se buscó utilizar nuevas tecnologías que redujeran costos, por lo cual se tomó como una buena opción elegir instrumentos inalámbricos, puesto que este tipo de equipos no necesitan cableado y al no utilizar cableado se reducen en gran cantidad los costos.

Se eligieron equipos inalámbricos ya que utilizan una tecnología robusta que es simple de implementar. Son equipos de Fácil Instalación y Puesta en Marcha como se menciona anteriormente no utilizan cableado y para instalaciones de gran peligro son una buena opción ya que no es necesario cablear al equipo en esa área.

Este tipo de equipos inalámbricos emplean medidas de seguridad robustas para proteger la red y asegurar los datos en todo momento. Estas medidas incluyen las más modernas técnicas de seguridad para proporcionar los más altos niveles de protección disponibles, además de que su instalación costa afuera está alejada de los poblados y/o hackers potenciales.

GLOSARIO DE TERMINOS

A/D. Analógico / Digital.

COMPUTADOR. Máquina electrónica, analógica o digital, dotada de una memoria de gran capacidad y de métodos de tratamiento de la información, capaz de resolver problemas matemáticos y lógicos mediante la utilización automática de programas informáticos.

D. Derivativo.

I. Integral.

IEEE. Instituto de Ingenieros de Electricidad y Electrónica.

INTERFAZ. Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes.

IP. Protocolo de Internet.

ISO. Interconexión de Sistemas Abiertos (Open Systems Interconnections).

LAN. Red de Área Local.

MAN. Red de Área Metropolitana.

Mbps. Megabits por segundo.

Mhz. Megahertz.

MICROPROCESADOR. Circuito constituido por millares de transistores integrados en un chip, que realiza alguna determinada función de los computadores electrónicos digitales.

MTU. Unidad Terminal Maestra.

OSI. Interconexión de sistemas abiertos.

P. Control Proporcional.

PD. Control Proporcional Derivativo.

PI. Control Proporcional Integral.

PID. Controlador Proporcional - Integral – Derivativo.

PLC. Controlador Lógico Programable.

PRESOSTATO. Dispositivo que permite mantener constante la presión de un fluido en un circuito.

SCADA. Control Supervisor y Adquisición de Datos (Supervisory Control And Data Acquisition).

TCP. Protocolo de Control de Transmisión.

WAN. Red de Área Mundial.

BIBLIOGRAFIA

1. Antonio Creus Solé. Instrumentación Industrial. 7° ed. Barcelona: Marcombo; 2006.
2. Intech México Automatización, enero-marzo 2011, México.
3. IEEE 802.15.4
4. IEC-62591. “INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS - WIRELESS COMMUNICATION NETWORK AND COMMUNICATION PROFILES – WIRELESSHART”
5. The Instrumentation Systems, and Automation Society. Instrumentation Symbols and Identification. USA: ISA; 1984. ISA-S5.1-1984 (R 1992).
6. The Instrumentation Systems, and Automation Society. Instrument Loop Diagrams. USA: ISA; 1991. ISA-5.4-1991.
7. Bela G. Liptak. Instrument Engineers Handbook. 4° ed. In-Chief, 1995.
8. NRF-226-PEMEX-2001. “DESPLGADOS GRÁFICOS Y BASES DE DATOS PARA EL SDMC DE PROCESOS”
9. NRF-046-PEMEX-2006. “PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN SISTEMAS DIGITALES DE MONITOREO Y CONTROL”
10. NRF-032-PEMEX-2007. “SISTEMAS DE TUBERIA EN PLANTAS INDUSTRIALES – DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE MATERIALES.
11. NRF-148-PEMEX-2009. “INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA”
12. API RP-551. “PROCESSING MEASUREMENT INSTRUMENTATION”
13. API RP-552. “TRANSMISSION SYSTEMS”
14. TESIS. COMPARATIVE STUDY OF WIRELESS PROTOCOLS - WI-FI, BLUETOOTH, ZIGBEE, WIRELESSHART AND ISA SP100, AND THEIR EFFECTIVENESS IN INDUSTRIAL AUTOMATION.
15. HART Communication Foundation
http://www.hartcomm.org/protocol/wihart/wireless_technology.html
16. Emerson – “DeltaV System Cyber
<http://www2.emersonprocess.com>