

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD RAFAEL BELLOSO CHACÍN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA  
MENCIÓN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**



**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE INYECCIÓN A GAS PARA  
POZOS PETROLEROS**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO**

**PRESENTADO POR:  
CHACIN M. JUAN A  
ESTRADA M. LUIS E  
PEREZ P. KEIVIS J**

**ASESORADO POR:  
MSC. OROZCO JOSÉ  
DR. MARCANO MASSIELL**

**MARACAIBO, ABRILDE 2017**

**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE INYECCIÓN A GAS PARA  
POZOS PETROLEROS.**

# VEREDICTO





FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA  
MENCION AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

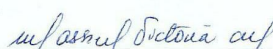
## VEREDICTO

Nosotros, los profesores, **JOSÉ RODRÍGUEZ, JOSÉ OROZCO, Y MASSIEL MARCANO**, designados como jurado examinador del Proyecto de Investigación titulado: **"SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE INYECCIÓN A GAS PARA POZOS PETROLEROS"** Que presenta el (la) bachiller: **CHACIN MORILLO JUAN ALBERTO**, titular de la Cédula de Identidad número **V-23741316**, nos hemos reunido para revisar dicho trabajo y después del interrogatorio correspondiente, lo hemos **APROBADO** con la calificación de VEINTE (20) puntos, de acuerdo con las normas vigentes establecidas por el Consejo Académico de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN**, para la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado, para obtener el Título de: Ingeniero (a) en **ELECTRÓNICA MENCION AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**.

En fe de lo cual firmamos en Maracaibo, 6 de Abril de 2017

  
Dr. JOSÉ RODRÍGUEZ  
C.I. V- 08.500.964  
JURADO

  
M.Sc. JOSÉ OROZCO  
C.I. V-11.871.532  
TUTOR ACADÉMICO

  
Dra. MASSIEL MARCANO  
C.I. V-09.789.962  
TUTOR METODOLÓGICO

  
Dr. PLACIDO MARTÍNEZ  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



## VEREDICTO




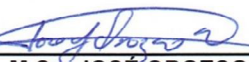
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA  
MENCIÓN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

### VEREDICTO


Nosotros, los profesores, **JOSÉ RODRÍGUEZ, JOSÉ OROZCO, Y MASSIEL MARCANO**, designados como jurado examinador del Proyecto de Investigación titulado: **“SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE INYECCIÓN A GAS PARA POZOS PETROLEROS”** Que presenta el (la) bachiller: **ESTRADA MATA LUIS ENRIQUE**, titular de la Cédula de Identidad número **V-19844041**, nos hemos reunido para revisar dicho trabajo y después del interrogatorio correspondiente, lo hemos **APROBADO** con la calificación de VESENTA (20) puntos, de acuerdo con las normas vigentes establecidas por el Consejo Académico de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN**, para la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado, para obtener el Título de: Ingeniero (a) en **ELECTRÓNICA MENCIÓN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**.

En fe de lo cual firmamos en Maracaibo, 6 de Abril de 2017

  
Dr. JOSÉ RODRÍGUEZ  
C.I. V- 08.500.964  
JURADO

  
M.Sc. JOSÉ OROZCO  
C.I. V-11.871.532  
TUTOR ACADEMICO

  
Dra. MASSIEL MARCANO  
C.I. V-09.789.962  
TUTOR METODOLOGICO

  
Dr. PLACIDO MARTÍNEZ  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



S10.0216

## VEREDICTO




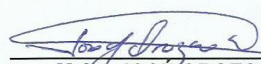
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRÓNICA  
MENCIÓN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

### VEREDICTO

Nosotros, los profesores, **JOSÉ RODRÍGUEZ JOSÉ OROZCO, Y MASSIEL MARCANO**, designados como jurado examinador del Proyecto de Investigación titulado: **"SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE INYECCIÓN A GAS PARA POZOS PETROLEROS"** Que presenta el (la) bachiller: **PEREZ PARADA KEIVIS JESUS**, titular de la Cédula de Identidad número **V-14863120**, nos hemos reunido para revisar dicho trabajo y después del interrogatorio correspondiente, lo hemos **APROBADO** con la calificación de VEINTE (20) puntos, de acuerdo con las normas vigentes establecidas por el Consejo Académico de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN**, para la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado, para obtener el Título de: Ingeniero (a) en **ELECTRÓNICA MENCIÓN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**.

En fe de lo cual firmamos en Maracaibo, 6 de Abril de 2017

  
Dr. JOSÉ RODRÍGUEZ  
C.I. V- 08.500.964  
JURADO

  
M.Sc. JOSÉ OROZCO  
C.I. V-11.871.532  
TUTOR ACADEMICO

  
Dra. MASSIEL MARCANO  
C.I. V-09.789.962  
TUTOR METODOLOGICO

  
Dr. PLACIDO MARTÍNEZ  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA



S10.0216

## **DEDICATORIA.**

Esta tesis se la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no decaerme en los problemas que se presentaban.

A mi familia (Johender Chacin, Valery Morillo, Robert Bastidas, entre otros) quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para realizar mis estudios. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos.

Gracias también a mis compañeros de clase Kenia Fuenmayor, Juan Bermudez, Keivis Perez, Luis Estrada. Y a mis amigos incondicionales: Carlos Rosales, Luis Camejo, José Rincón, Kevin Ontiveros y Carlos Gamero por su apoyo y sus consejos para culminar mis estudios y otras etapas en mi vida.

**Juan Chacin**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme salud y guiar mis pasos para cumplir una meta más en mi vida.

A mi madre Delfina, Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi papa Cesar, que aunque no esté físicamente fue una guía fundamental para este logro.

A mi Esposa, por ese apoyo incondicional y sobre todo motivación a seguir adelante ante las adversidades, fueron parte fundamental para la realización de esta investigación.

A mi hermano Cesar por ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir.

A mis compañeros de tesis por brindarme su apoyo incondicional.

**Luis Estrada**

## **DEDICATORIA**

A Dios, que ha sido y será mi fortaleza mi camino, por haberme regalado salud, sabiduría, constancia para afrontar todos mis retos, por mantener siempre en pie y no dejarme desfallecer en los momentos más difíciles.

A la Virgen María, por su intercepción, por escuchar mis oraciones.

A mi esposa Patricia, por regalarme su paciencia, su amor y su apoyo en todo momento.

A mis hijos Ana, Marcos, José, Samuel, por ofrecerme siempre su amor y darme ánimos todos los días.

A mis padres Oberto y Orlanda que siempre me brindaron su amor y apoyo.

A mis compañeros de estudio Luis y Juan por brindarme su amistad y ayuda.

**Keivis Perez**



## **AGRADECIMIENTOS**

El apoyo y la colaboración recibida en la realización de este trabajo de investigación fueron valiosos e imprescindibles. Es por ello, que agradecemos primeramente a Dios, por otorgarnos salud y fuerza para culminar este proyecto.

A nuestros padres, por su amor, sacrificios, confianza, dedicación, orientación, sabios consejos, apoyo y por inspirarnos a forjar un futuro emprendedor.

A nuestros tutores, José Orozco, Massiell Marcano por ofrecernos todos sus conocimientos y guiarnos pacientemente a lo largo de éste último año.

A la Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín, por ser nuestra casa de estudios y brindarnos a todos los profesores que ayudaron a formarnos como profesionales.

**Los Graduandos**

**Chacín, Juan; Estrada, Luis; Keivis, Pérez. Sistema de control y monitoreo de inyección a gas para pozos petroleros. Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín. Trabajo especial de grado presentado para optar al título de Ingeniero Electrónico Mención: Automatización y Control. Maracaibo, 2017**

## **RESUMEN**

El objetivo de esta investigación, fue desarrollar un sistema de control y monitoreo de variables físicas para la inyección de gas en pozos petroleros, basado en la teorías de Ogata (2010), Creuss (2011) Amaya (1997) Sánchez (2003), Kuo (1996), entre otros. El tipo de investigación se clasifico como proyectiva descriptiva con diseño de campo no experimental. En cuanto a las técnicas de recolección de datos se utilizaron la entrevista no estructurada y la observación directa, donde la entrevista fue enfocada a trabajadores en el cual se estableció la problemática de las plantas de inyecciones a gas describiendo su funcionamiento, con la finalidad de brindar aportes necesarios para la investigación. La metodología para el desarrollo del sistema de control y monitoreo de variables físicas para la inyección de gas en pozos petroleros, fue sustentada por la metodología de Savant(2000), estructurada en (5) fases, tales como, Fase 1: Definición del problema, Fase 2: Subdivisión del problema, Fase 3: Creación de la documentación, Fase 4: Construcción del prototipo, Fase 5: Finalización del diseño. Los resultados obtenidos de las diferentes fases fueron satisfactoria visualizándose el funcionamiento del sistema mediante las pruebas experimentadas durante el desarrollo del mismo.

**Palabras clave: Control, Monitoreo, Inyección**

**Chacín, Juan; Estrada, Luis; Keivis, Pérez. Gas injection control and monitoring system for oil wells. Special degree work submitted to elect the title of Electronic Engineer mention: Automation and Control. Maracaibo, 2017.**

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to develop a system of control and monitoring of physical variables for the gas injection in oil wells, based on the theories of Ogata (2010), Creuss (2011) Amaya (1997) Sánchez (2003), Kuo (1996), among others. The type of research was classified as descriptive projective with non-experimental field design. As for data collection techniques, we used the informal interview and direct observation, where the interview was focused on workers in which the problem of gas injection plants was described, describing their operation, in order to provide Contributions needed for research. The methodology for the development of the control and monitoring system of physical variables for the gas injection in oil wells was supported by Savant's methodology (2000), structured in (5) phases, such as, Phase 1: Definition of the problem , Phase 2: Subdivision of the problem, Phase 3: Creation of documentation, Phase 4: Construction of the prototype, Phase 5: Completion of the design. The obtained results of the different phases were satisfactory visualizing the operation of the system through the tests experienced during the development of the same.

**Key words: Control, Monitoring, Injection**

## INDICE GENERAL

	Pág.
<b>VEREDICTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xvii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
 <b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA</b>	
1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	4
1.1. FORMULACION DEL PROBLEMA .....	6
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
 <b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b>	
1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2. BASES TEÓRICAS.....	15
2.1. SISTEMA DE CONTROL.....	16
2.1.1. VARIABLES DE UN SISTEMA DE CONTROL .....	17
2.2.1.1. VARIABLE CONTROLADA O VARIABLE MANIPULADA. ....	17
2.2.1.2. PROCESOS. ....	17

2.2.1.3. SISTEMAS.....	18
2.2.1.4. PERTURBACIONES.....	18
2.2.1.5. CONTROL REALIMENTADO.....	18
2.1.2. COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL .....	19
2.1.3. ESTRATEGIA DE CONTROL.....	19
2.1.4. TIPOS DE SISTEMA DE CONTROL.....	20
2.1.5. SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO.....	21
2.1.6. DIAGRAMA DE BLOQUES.....	21
2.1.7. CONTROLADORES AUTOMÁTICOS.....	22
2.1.8. TIPOS DE CONTROL .....	23
2.1.8.1. CONTROL DE DOS POSICIONES.....	23
2.1.8.2. CONTROL PROPORCIONAL.....	24
2.1.8.3. CONTROL INTEGRAL.....	24
2.1.8.4. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL.....	25
2.1.8.5. CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVO.....	25
2.1.8.6. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO .....	25
2.2 SISTEMAS DE MONITOREO.....	26
2.2.1 SCADA .....	29
2.2.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA SCADA .....	30
2.2.3 FUNCIONES DE LOS SISTEMAS SCADA .....	32
2.3 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE INYECCIÓN.....	33
2.3.1 FLUJO.....	33
2.3.1.1 FACTORES QUE AFECTAN EL FLUJO DE UN FLUIDO A TRAVÉS DE UNA TUBERÍA.....	34
A) VELOCIDAD DEL FLUIDO .....	34
B) LA FRICCIÓN.....	35
C) VISCOSIDAD.....	36
D) DENSIDAD .....	36

E) PRESIÓN Y TEMPERATURA.....	37
F) MEDIDORES DE FLUJO DIFERENCIALES.....	37
2.3.2 TEMPERATURA.....	38
2.3.3. PRESIÓN.....	38
2.3.4 PLACA DE ORIFICIO .....	39
2.3.5 VALVULAS DE CONTROL.....	40
2.3.6 MÉTODOS DE PRODUCCIÓN.....	41
2.3.6.1 FLUJO NATURAL.....	41
2.3.6.2. MÉTODOS ARTIFICIALES.....	42
2.3.6.3 LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR GAS .....	42
2.3.6.4 LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR	
INYECCIÓN CONTINÚA DE GAS .....	44
3. SISTEMA DE VARIABLE.....	45
3.1 DEFINICIÓN NOMINAL.....	45
3.2. DEFINICIÓN CONCEPTUAL.....	45
3.3 DEFINICIÓN OPERACIONAL.....	46

### **CAPÍTULO III MARCO METODOLOGICO**

1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
2. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	51
3. METODOLOGÍA UTILIZADA .....	53
FASE I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	53
FASE II. SUBDIVISIÓN DEL PROBLEMA .....	54
FASE III. CREACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN .....	54
FASE IV CONSTRUCCIÓN DEL PROTOCOLO .....	55
FASE V. FINALIDAD DEL DISEÑO .....	55
4. CUADRO DE ACTIVIDADES.....	56

### **CAPITULO IV RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION .....	58
---	----

<b>CONCLUSIONES</b> .....	85
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	87
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	88
<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>Pág.</b>
1. Cuadro Actividades .....	56
2. Característica del actuador eléctrico .....	65
3. Característica del Transmisor de presión PT.....	66
4. Característica del TotalFlow.....	68



## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Pág.</b>
1. Componentes básicos de un sistema de control.....	19
2. Diagrama de bloques de un sistema de control industrial.....	22
3. Velocidad del flujo .....	35
4. Tipos de placa de orificio .....	40
5. Actuador Eléctrico.....	64
6. Trasmisor de Flujo .....	65
7. Transmisor de presión .....	66
8. Unidad Terminal Remota .....	67
9. Compresor de Aire.....	68
10. Diagrama del sistema de control .....	69
11. Diagrama de flujo.....	71
12. Construcción del prototipo 1 .....	72
13. Construcción del prototipo 2 .....	73
14 .Construcción del prototipo 3 .....	74
15. Construcción del prototipo 4.....	75
16. Construcción del prototipo 5 .....	76
17. PCCU 1 .....	77
18. PCCU 2 .....	77
19. PCCU 3 .....	78
20. PCUU 4 .....	79
21. PCUU 5 .....	79
22. PCUU 6 .....	81
23. PCUU 7 .....	80
24. PCUU 8 .....	81
25. Monitoreo .....	82

## **INTRODUCCIÓN.**

Los sistemas de control y monitoreo, hoy en día han asumido un papel cada vez más importante en cuanto al desarrollo de la civilización moderna. En todo proceso industrial es necesario la utilización de equipos y maquinaria que realicen los trabajos de forma automatizada, con el fin de obtener un resultado satisfactorio aumentando su productividad.

Por ello, el enfoque de esta investigación se dirige al desarrollo de un sistema de control y monitoreo de inyección a gas para pozos petroleros, con el interés de maximizar la producción y disminuir la inyección de gas de acuerdo al escenario operacional de producción. Con el fin de ofrecer información apropiada al instante para así controlar de manera adecuada el levantamiento artificial por gas, y de esta manera tomar la mejor decisión con respecto al comportamiento de mismo.

Para llevar a cabo este proyecto fue necesario realizar una investigación previa que constó de cuatro (4) capítulos. El primero se denomina “El problema” en el cual se inició la investigación del área para luego justificar el proyecto y de último se llevó a cabo la delimitación conjuntamente con el plan de la patria.

Del mismo modo para el segundo capítulo denominado marco teórico, donde se describen estudios de diferentes autores, similares a la presente investigación los cuales se eligieron como antecedentes que brindan diversos aportes a este estudio en particular, del mismo modo se estructuran las

bases teóricas, y finalmente se cierra con el sistema de variables integrado por las definiciones nominal, conceptual y operacional.

En el tercer capítulo denominado Marco Metodológico se inició con los aspectos metodológicos, se describe el tipo de investigación, el diseño, las técnicas e instrumentos que se aplicaron para la recolección de datos, se plantea la metodología a utilizar, y por último se plantean las actividades y recursos que se usaron, conjuntamente con el cuadro de actividades.

De igual forma se presenta el capítulo IV donde se puede observar los resultados de la investigación que se realizaron de las distintas fases de la metodología seleccionada, conjuntamente con las técnicas e instrumentos.

Por último, se formulan las conclusiones obtenidas posteriores a estas actividades, con las recomendaciones respectivas para que se pueda desarrollar exitosamente la propuesta del prototipo planteado, además se muestran las referencias bibliográficas con los datos de los autores consultados y los anexos



UNIVERSIDAD  
Privada  
DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN

**CAPÍTULO I**

---

**EL PROBLEMA**

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

En este capítulo se presentará una descripción de la situación objeto de estudio planteado desde lo general a lo específico. También se establecerá la formulación del problema, determinando los objetivos tanto como general y como los objetivos específicos, y finalmente se justificará la solución y se delimitará el lugar donde se desarrollará la investigación.

#### **1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO**

A nivel mundial el personal a cargo de las actividades de exploración y producción de los pozos petroleros asignados a su gestión, han experimentado durante las últimas décadas diferentes técnicas tendientes a comprender el comportamiento de dichos pozos, existen grandes cantidades de variables para los datos que deben ser evaluados constantemente, con el fin de prevenir fallas, estancamientos o paradas en líneas de producción, así como también el mejoramiento y optimización de procesos.

Actualmente, el control de procesos industriales requieren sistemas de automatización con elevado grado de confiabilidad y disponibilidad, debido a que cada día los procesos de producción que tienen las empresas están en una constante carrera contra el tiempo, ocasionando retardos en los

procesos de producción en algunas empresas pueden incluso generar grandes pérdidas de carácter monetario.

Una de las técnicas empleadas en el proceso de producción de las industrias petroleras es la tasa de inyección para el método de levantamiento artificial por gas (LAG) es determinado de forma analítica en base a las curvas de rendimiento del pozo. Para ello hay que tener en cuenta las situaciones de contingencia que se presentan en las plantas compresoras de gas (“Sistema que suministra a alta presión el gas de inyección al pozo”), si el gas disponible para la inyección es limitado, el tiempo de respuesta ante una baja considerable de presión, lo que conlleva a un ajuste en la tasa de inyección.

La mayoría de los procesos actuales de inyección de gas en los pozos petroleros están presentando problemas de pérdida irremediables de grandes volúmenes de reservas por el hecho de que no aplica la tecnología avanzada para la inyección de gas en los pozos petroleros, lo que implica menos ingresos económicos, tanto a las empresas operadoras de campos petroleros así como también a la nación. En ese ámbito, se han presentado eventos que hacen que la producción y el manejo de algunos campos sean menos efectivos y eficientes.

El modelo de sistema de control y monitoreo planteado en esta investigación, basado en técnicas de automatización, apunta a responder esas necesidades. Dicho método de sistema de control y monitoreo tiene como finalidad maximizar la producción y disminuir la inyección de gas de acuerdo al escenario operacional de producción.

Además, ofrecerá información apropiada para controlar de manera adecuada el (LAG) de pozos y yacimientos, y de esta manera tomar las mejores decisiones con respecto al comportamiento de productividad de los mismos.

### **1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Luego de plantear todos los aspectos en referencia a la problemática de la investigación, se realiza la siguiente interrogante: ¿Cuáles serán los parámetros específicos que deben ser necesarios para el control y monitoreo de las variables físicas de inyección a gas para pozos petroleros.?

## **2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un sistema de control y monitoreo de variables físicas para la inyección de gas en pozos petroleros.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analizar las diferentes variables físicas para el control y monitoreo de inyección de gas.

Determinar las variables físicas a controlar en el proceso de inyección.

Diseñar el sistema de control y monitoreo para el proceso de inyección de gas.

Construir un prototipo de control y monitoreo de variables físicas para el proceso de inyección de gas.

Demostrar mediante pruebas el perfecto funcionamiento del prototipo.

### **3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio adquiere relevancia teórica en cuanto a conceptualizar un sistema de control y monitoreo para la automatización de inyección a gas de pozos petroleros con el propósito de maximizar la producción y disminuir la inyección a gas de acuerdo al escenario operacional de la producción, que servirá como aporte a la automatización y control de procesos en el área de la ingeniería

Además, aplica la integración de tecnologías de vanguardia que son utilizadas en el campo de la automatización y el control automático industrial las cuales son complementadas con disciplinas paralelas al área tales como los sistemas de control y supervisión de datos, la instrumentación industrial, el control de procesos, las redes de comunicación industrial y los sistemas de gestión de la información empresarial que permitan la toma de decisiones confiables y oportunas.

Actualmente, el control de procesos industriales exige sistemas de automatización con elevado grado de confiabilidad y disponibilidad, una operación clara y objetiva además de facilidad para equipos de mantenimiento en la gerencia de activos, conjuntamente ofrecerá información



predictiva y apropiada de la cantidad de gas inyectada al pozo o yacimiento para así dar solución a los problemas de medición y control de la inyección a gas a proveer, para así de esta manera mejorar decisiones con respecto al comportamiento de la productividad.

Dentro del marco metodológico, el siguiente estudio podrá ser utilizado como referencia para otras investigaciones de control y monitores de procesos de sistema de control con la finalidad de mejorar y dar continuidad operativa a los procesos de producción.

Por otra parte, en lo práctico la presente investigación contribuye a solventar problemas de un control y monitoreo para la inyección a gas en pozos petroleros, que ayudara a supervisar y controlar los procesos de inyección a gas mediante las variables: presión, apertura de válvulas, entre otras. Para así garantizar la maximización de la producción promedio de los pozos petroleros monitoreando las diferentes variables a su vez optimizar su efectividad.

#### **4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El tiempo estimado de la presente propuesta está comprendida desde el mes de mayo de 2016 hasta abril de 2017 con una duración de 11 meses, etapa donde se realizaran todas las actividades necesarias para el logro de objetivo planteados.

Desde el punto de vista temático constituye un aporte de acuerdo al

Plan de la Patria (2013-2019) que busca el fortalecimiento de todos los sectores que generan un compromiso de las universidades Venezolanas, vinculado con el objetivo estratégico 1.5.1. Contribuyendo a dar respuesta a las necesidades del entorno, al bienestar social y a la soberanía nacional, en correspondencia a la línea de investigación del control y automatización de procesos en el área de conocimiento de automatización sustentada por los autores Ogata (2010), Creuss (2010), Sanchez (2003), Kuo (1996), Galiana (1987)



UNIVERSIDAD  
Privada  
DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN

## CAPÍTULO II

---

# MARCO TEÓRICO

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico es un conjunto de ideas, generalmente ya conocidas, de un tema determinado que permite organizar los datos existente para lograr que de ella puedan desprenderse nuevos conocimientos, así como también, es un instrumento que ayuda a interpretar la realidad; es por ello que este capítulo indica el estudio y análisis de enfoques teóricos y antecedentes en general, relacionados con la metodología del mismo.

#### **1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Los antecedentes son indagaciones previas que sustentan el estudio, tratan sobre el mismo problema o se relacionan con otros, Sirven de guía al investigador y le permiten hacer comparaciones aportando ideas sobre cómo se trató el problema.

Con la finalidad de documentar y sustentar el presente trabajo especial de grado fue necesario realizar revisiones de investigaciones anteriores que guardan relación directa e indirecta al tema desarrollar. A continuación se presentaran una serie de estudios realizados que respaldan la información necesaria para la investigación que tiene como propósito presentar

fundamentos teóricos de diversos trabajos proyectados a las variables a investigar.

En un trabajo presentado por Quevedo (2010), titulado Diseño de un sistema de monitoreo y control de gas de cola en plantas procesadoras de H<sub>2</sub>S basados en un proceso de Claus Tuvo como objetivo fundamental proponer un sistema de monitoreo y control, en el cual permitirá la optimización del proceso de gas de cola de plantas procesadoras de H<sub>2</sub>S mediante el proceso de Claus.

En efecto surge debido a la falta de control que tiene, en la actualidad, la industria petrolera sobre el alto contenido de elementos nocivos en las emanaciones gaseosas que resultan de los procesos de recuperación de azufre, presentándose un alto porcentaje de contaminación ambiental. Esta investigación estuvo sustentada por la teoría de los autores Chávez (1994), Hernández Fernández y Baptista (1998).

La investigación se tipificó como descriptiva y no experimental; desarrollando una metodología que corresponde a un eclecticismo de la teoría de Grench (2001), la cual consiste en las siguientes fases: análisis de la situación actual, criterios y requisitos necesarios en el sistema, y el análisis de factibilidad, técnica, operativa y económica de la propuesta. El aporte de esta investigación fue los requisitos necesarios para realizar el proceso del sistema de control y monitoreo donde se toma en cuenta el presupuesto de los instrumentos para así lograr un sistema automatizado y eficiente.

Por otra parte en un trabajo presentado por “Alvarado” (2010), en el cual plantearon el Desarrollo de un Sistema de control en múltiples de

inyección de gas Lift, realizada en la Universidad Rafael Beloso Chacín, cuyo objetivo principal fue desarrollar un sistema de control en múltiples de inyección de gas a través de simulaciones para así controlar la variable deseada y a su vez monitorear de manera exitosa todas las variables requerida, la investigación fue tipo descriptiva y no experimental.

Para recaudar la información utilizaron técnicas de recolección de datos, como la observación directa y la entrevista no estructurada. La investigación consto de 4 fases, que son: análisis del sistema de monitoreo y control actual, definición de variables a medir y a controlar, planteamiento y análisis de alternativas y diseño detallado.

Para alcanzar su propuesta se llevó a cabo un diseño con todas las variables existentes en el campo de trabajo, obtenidas mediante las técnicas de recolección de datos, arrojando como resultado un diseño de alta efectividad, con la mejor tecnología disponible en la actualidad, simplificando el uso de instrumentos y elementos de control, obteniendo un mayor rendimiento en el consumo de energía y reducción de costos, respondiendo ante las perturbaciones introducidas en el sistema, al momento de realizarle todas las pruebas necesarias mediante la simulación por computadora, controlando la variable requerida en el sistema. Dicho trabajo apporto a la presente investigación información técnica referente a los pasos para la aplicación de un sistema de control.

Otra investigación citada, corresponde a la realizada por Bavaresco (2011), basada en Sistema de monitoreo y control automatizado para

extrusoras de empaques de plásticos flexibles caso: Plástico del Sur, C.A, cuyo objetivo principal fue desarrollar un sistema de monitoreo y control automatizado para extrusoras de empaques plásticos flexibles. El tipo de estudio fue descriptivo con un diseño de campo, y la técnica empleada para la recolección de datos fue la observación directa junto con entrevistas estructuradas mediante la aplicación de un cuestionario.

La metodología utilizada para llevar a cabo dicha investigación está basada en la propuesta por Angulo (1986), adaptando la fase que propone este se logró definir las correctas para garantizar el propósito de la investigación, quedando resumida en las ocho (8) siguientes: I) Definición del Problema, II) Definición de Especificaciones, III) Esquema General del Hardware, IV) Ordinograma General, V) Ordinograma Modulares y Codificación del Programa, VI) Depuración de Software, VII) Implementación de Hardware, y por último VIII) Integración del Hardware con el Software.

Cabe destacar que, los resultados de la investigación a través del programa desarrollado mediante el Software de programación STEP 7 para PLC SIEMENS SIMTIC se cumple con el objetivo principal de la optimización de los procesos, comprobado por el correcto funcionamiento del sistema de control en el prototipo, concluyendo así el desarrollo del controlador apto para aplicarse a la extrusión de empaques plásticos flexibles.

Dicho estudio tiene un aporte significativo para el presente trabajo de grado, debido que, al igual que el mismo, está orientado a la realización de un sistema de control y monitoreo, sirviendo así, como referencia para los

fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo de la actual investigación.

Por otra parte se tomo en cuenta la investigación planteada por Colmenarez (2011). El cual plantearon el Desarrollo su trabajo de investigación en la universidad Dr. Rafael Beloso Chacín, titulado: Sistema de control para la automatización de un múltiple de inyección de gas lift. Su objetivo principal fue controlar todas las variables existentes en la instalación donde se controlara, registrara y transmitirá todas las fluctuaciones en el sistema haciendo un múltiple de inyección de gas más eficiente y generando menores pérdidas para hacer el proceso más versátil y autónomo y así de tal manera tener un control confiable.

El tipo de investigación se consideró proyectiva descriptiva, documental con un diseño de guion de entrevista, la metodología a utilizar para solución de la problemática planteada en la presente investigación en la propuesta por savant (1992) quien plantea un método ordenado compuesto por cinco fases. FASE I: Definición del problema. FASE II: Subdivisión del problema. FASE III: Creación de la documentación. FASE IV: Construcción del prototipo y FASE V: Finalización del diseño. Los aportes utilizados fueron la ampliación del conocimiento de automatización en pozos petroleros.

## **2. BASES TEÓRICAS**

Dada la naturaleza de esta investigación, hoy se puede referenciar diferentes trabajo de investigación que arrojan grandes logros en materia de lo que aquí se plantea teniendo en cuenta que está directamente



relacionadas con las variables de estudios, así como constituye una excelente herramienta teórica de consulta y análisis para la presente tesis. Otros elementos fundamentales que permiten nutrir los soportes conceptuales en los que se basa el presente trabajo, lo determinan las fuentes de carácter científico y tecnológico. Cada uno de estos aportes es un componente relevante, necesario para construir y sustentar las teorías que definirán los horizontes de la presente investigación.

La presente, es una recopilación de las bases teóricas en las cuales se apoyó este proyecto de investigación, en ella se definen conceptos básicos de sistema de control, sus tipos y los diferentes equipos mecánicos que participan en la automatización del sistema, adicionalmente, se explican los diferentes tipos de gas que nos servirá como apoyo para la realización del proyecto.

## **2.1. SISTEMA DE CONTROL**

Para el autor Creus (2010, p 1) un sistema de control puede definirse como aquel que compara el valor de la variable, o condición a controlar, con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto. Un sistema de control puede tener varios componentes. Para mostrar las funciones de cada componente en la ingeniería de control, por lo general se usa una representación denominada diagrama de bloques.

Para llevar a cabo el ajuste en el proyecto de investigación, es

necesario realizar un control tal como lo requiera el proceso y la variable, para ello se diseña el lazo de control que corresponda y permita tener el proceso controlado.

### **2.1.1. VARIABLES DE UN SISTEMA DE CONTROL**

Haciendo referencia a Ogata (2010, p. 2) En todos sistema de control aparecen claramente diferenciados una serie de elementos característicos que es necesario clasificar.

#### **2.1.1.1 VARIABLE CONTROLADA O VARIABLE MANIPULADA**

Define que la variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La señal de control o variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Normalmente, la variable controlada es la salida del sistema. Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar la desviación del valor medido respecto del valor deseado.

#### **2.1.1.2. PROCESOS**

El autor mencionado define un proceso como una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden uno al otro en una forma relativamente fija y que conduce a un resultado o propósitos determinados, o una operación

artificial o voluntaria progresiva que consiste en una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado o propósito determinado. Se llama proceso a cualquier operación que se vaya a controlar.

### **2.1.1.3. SISTEMA**

Un sistema es una combinación de componente que realiza un objeto determinado. Un sistema no necesariamente es físico. Por tanto, la palabra sistema debe interpretarse como una implantación de sistemas físicos, biológicos, económicos y similares

### **2.1.1.4. PERTUBARBACIONES**

Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y es una entrada.

### **2.1.1.5. CONTROL REALIMENTADO**

El control de realimentado se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tienden a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y algunas entradas de referencia y lo continúa haciendo con base en esta diferencia. Aquí solo se especifican con este término las perturbaciones impredecibles, dado que las perturbaciones predecibles o conocidas siempre

puedan compensarse dentro de un sistema.

### 2.1.2. COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Los componentes básicos de un sistema de control se pueden describir de acuerdo a lo establecido por (Kuo, 1996 p2) mediante:

- (1) Objetivos de control.
- (2) Componentes del sistema de control.
- (3) Resultados o salidas.

La relación básica entre estos tres componentes se puede observar en la Grafico 1. En términos más técnicos, los objetivos se pueden identificar como entradas, o señales actuantes y los resultados también se llaman salidas, o variables controladas y en general, el objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma prescrita mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control. (kuo, 1996 p.2)



**Figura 1. Componentes básicos de un sistema de control.**  
**Fuente: Kuo (1996)**

### 2.1.3. ESTRATEGIA DE CONTROL

El objetivo principal del diseño de un sistema de control es poder mantener la variable controlada en el punto de control. Cuando se logra esto,

se debe ajustar el controlador de manera que se reduzca al mínimo la operación de ensayo y error que se requiere para mantener el control. Por lo cual, es necesario conocer las características del proceso que se va a controlar, una vez conocidas, se puede diseñar el sistema de control y obtener las características del controlador que mejor combine con la del proceso

#### **2.1.4. TIPOS DE SISTEMA DE CONTROL**

Según Ogata (2010, p. 8) los sistemas de control se dividen en los siguientes:

(1) Sistemas de control realimentados. Es un sistema que mantiene una relación determinada entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control.

(2) Sistema de control en lazo cerrado. Se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación y llevar la salida del sistema a un valor deseado

(3) Sistemas de control en lazo abierto. en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

Para llevar a cabo el diseño de un lazo de control es importante mencionar que el proceso lo conforman básicamente instrumentos como el medidor, controlador, transmisor y elementos finales de control, no obstante, si se requiere, se utilizan otros instrumentos que amplíen el lazo. En este caso, las variables que se controlan son flujo, presión, temperatura y nivel.

### **2.1.5. SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO**

De acuerdo a lo expuesto por Ogata (2010, p. 17). Los sistemas de control automáticos son aquellos que se encargan de realizar la comparación del valor efectivo de la salida de una planta con el valor deseado, determinar la desviación y producir una señal de control que reduzca la desviación a cero o a valor pequeño

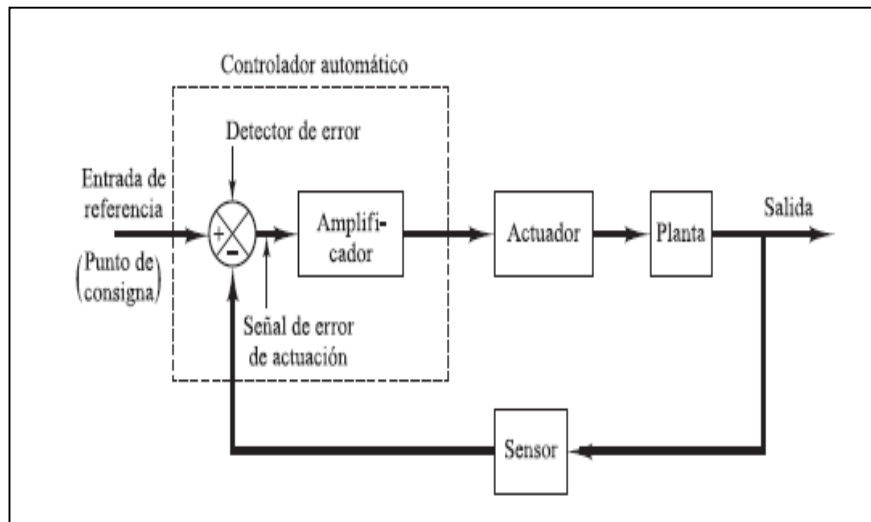
La forma en que el sistema de control automático produce una señal de control se denomina acción de control. Los dispositivos utilizados para el comenzar el control son análogos o digitales los cuales establecen una comparación entre el valor establecido y el valor actual de la variable controlada para reducir el error en el valor actual.

### **2.1.6. DIAGRAMAS DE BLOQUES**

Para Ogata (2010, p. 18). Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Tales diagramas muestran las relaciones existentes entre los diversos componentes. En un diagrama de bloques todas las variables del sistema se enlazan unas con otras mediante bloques funcionales. El bloque funcional o simplemente bloque es un símbolo para representarla operación matemática que sobre la señal de entrada hace el bloque para producir la salida.

### 2.1.7. CONTROLADORES AUTOMATICOS

Para Ogata (2010, p. 19) Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control. La Figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor



**Figura 2. Diagrama de bloques de un sistema de control industrial.  
Fuente: Ogata (2010, p. 21)**

Actualmente, los procesos industriales son monitoreados y verificados por medio de sistemas que controlan sus variables, en este sentido, se puede decir que un sistema es automatizado cuando las variables que

intervienen en el mismo, pueden ser manipuladas, monitoreando su respuesta al proceso para lograr mantenerlas, si se es necesario, dentro de un rango requerido aplicando acciones correctivas en el sistema y así la ejecución o resultados sean los deseados.

Dentro del proceso de inyección es necesario manipular y verificar variables como flujo, presión, temperatura, para así verificar qué acciones correctivas son las indicadas para que el proceso de inyección de gas se produzca de una forma exitosa.

#### **2.1.8. TIPOS DE CONTROL**

Los controladores producen una señal que reducen el error que existe entre la señal de salida y la entrada del sistema, Para lograr obtener el control de la variable del proceso, es pertinente realizar una acción que permita obtener el tipo de control que se debe aplicar para llevar a cabo la corrección del proceso.

##### **2.1.8.1. CONTROL DE DOS POSICIONES (ON/OFF)**

Según Ogata (2003, p. 63), en un sistema de control el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas, que para muchos casos son simplemente encendido y apagado. Este control es relativamente simple y Económico, por lo cual su es extremadamente común en sistemas de control industrial y doméstico.



### **2.8.1.2. CONTROL PROPORCIONAL**

Ogata (2003, p. 65) lo define como un controlador proporcional es aquel dispositivo corrector final el cual no está obligado a tomar una posición de todo o nada, por el contrario, tiene un rango continuo de posiciones posibles. La posición exacta a tomar va a ser proporcional a la señal de error del sistema de control.

En todo caso, un sistema de control proporcional es aquel donde la señal de salida del sistema es proporcional a la entrada del mismo, este sistema resuelve el problema de comportamiento inestable, mediante la modulación de la salida del dispositivo de control. Sin embargo, reduce el error mas no lo elimina.

### **2.8.1.3. CONTROL INTEGRAL**

Según Ogata (2003, p. 65) El controlador que utiliza la acción de control integral, el valor de la salida varia en razón proporcional a la señal de error donde la variable es ajustable donde, si se duplica el valor de error, el valor de la salida varia a doble velocidad.

En este caso, el control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando la desviación en el tiempo. El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado.

#### **2.1.8.4. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL**

De acuerdo con Ogata (2003, p. 65) La acción de control proporcional integral es la más adecuada para ser utilizada en procesos donde los cambios de cargas son grandes y rápidos y el punto de ajuste varía considerablemente. El tiempo integral ajusta la acción de control integral, mientras que la acción proporcional afecta a la parte integral como proporcional de la acción de control.

#### **2.1.8.5 CONTROL PROPORCIONAL DERIVATIVA**

Según por lo expuesto por Ogata (2003, p. 66), La acción de control derivativa en ocasiones denominada control de velocidad, ocurre donde la magnitud de la salida del controlador es proporcional a la velocidad del cambio de la señal de error. Por tanto, en la acción de control proporcional derivativa (PD), El controlador derivativo se opone a desviaciones o errores de la señal de entrada, y da una respuesta que es proporcional a la rapidez con que se producen éstas, debido a esto, la respuesta del regulador diferencial cambia muy rápido, lo que haría no aconsejable su empleo.

#### **2.1.8.6. CONTROL PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVA**

La combinación de la acción de control proporcional, integral y una derivativa según Kuo (1996, p.112), asegura que: Debido a que el controlador PD puede añadir amortiguamiento aun sistema, esto sin afectar

la respuesta en estado estable. El controlador PI puede mejorar la estabilidad relativa y es error en estado estable al mismo tiempo. La acción de control PID combina las ventajas descritas anteriormente.

De manera que, si la señal de error varía lentamente en el tiempo, predomina la acción proporcional e integral y, mientras que si la señal de error varía rápidamente, prevalece la acción derivativa. Éste tiene la ventaja de ofrecer una respuesta muy rápida y una compensación de la señal de error inmediata en el caso de perturbaciones.

## **2.2. SISTEMA DE MONITOREO**

Es un conjunto de equipos formados por registradores e indicadores que permiten la recolección de todos los datos producidos durante un proceso dado, siendo estos almacenados en forma de registros del proceso o reportes de los operadores del sistema. Este conjunto de equipos toman sus datos de los elementos primarios de audición, los cuales pueden ser: radios, analizadores de errores, monitoreo de vibración, entre otros, según sea el proceso.

En este sentido bacells y romeral (1998) dicen que un sistema de monitoreo es aquel capaz de visualizar un proceso desde la pantalla de un computador, operacionalmente en el sistema que permite la evaluación de las variables de un proceso industrial permanentemente en tiempo real. Dichos procesos pueden ser controlados manualmente, en forma neumática o automatizada. Además el monitoreo abarca la observación de las

perturbaciones originadas por agentes externos.

Es un sistema de supervisión que tiende a indicar el estado de una variable de manera constante, así como notificar cambios que sufre la misma cuando se ve afectada por agentes externos. Este sistema se puede observar en los procesos, manuales y automáticos, siendo este último donde más se utiliza. Para realizar un monitoreo el sistema recoge la información de los equipos encontrados en el campo transmitiéndola a través de un canal de comunicación hasta un centro de control donde se recibirán los datos para ser evaluados y poder tomar decisiones si fuera necesario.

Se trata de una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre operadores de control de producción proporcionando comunicación con los dispositivos y observando las variables de proceso en forma instantánea desde la pantalla del computador, además provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa.

El aprovechamiento de estos sistemas radica en que deben ser sistemas de arquitectura abierta, es decir, capaces de crecer y adaptarse según las modalidades cambiantes de la empresa, también pueden comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con equipos de las plantas; y por supuesto que deben ser programas sencillos, fáciles de usar y de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, con interfaces amigables para todo operador o usuario que tenga conocimientos sobre los sistemas de control y los diferentes tipos de controladores lógicos

programables (PLC).

Es importante destacar que un sistema de monitoreo es una técnica capaz de poner a prueba el desarrollo tecnológico que día a día ofrecen los campos de la electrónica y la computación utilizando en sus instalaciones equipos como sensores, interface comunicacional entre equipos periféricos y la computadora, manejo de la programación para el funcionamiento del sistema.

Además, los resultados de un proceso determinado pueden visualizarse de forma rápida sin necesidad de trasladarse al campo donde se realizaron los procesos, por lo que se obtienen resultados de gran confiabilidad y precisión.

El computador y el monitor son piezas claves en este tipo de sistemas, debido a la exactitud en los resultados del proceso y la transmisión de la información en el momento oportuno el usuario puede tomar las medidas correctivas indispensables al instante en que la variable analizada presente algunas anomalías.

Los sistemas de monitoreo están compuesto por las siguientes partes:

(1) Sensores: se encargan de recolectar la señal proveniente de los sistemas de monitoreo y traducirlos al formato apropiado requerido por el sistema de monitoreo.

(2) Unidad de proceso: es el encargado de comparar las señales tomadas por sensores. Además de estos, toma las acciones programadas de alarmas, cuando la señal proveniente de los sensores sobrepasa los

parámetros prefijados de operación normal.

(3) Unidad de programación: son todos aquellos mecanismos por medio de los cuales es programado el sistema de monitoreo.

(4) Unidad de salida: son los dispositivos mediante los cuales los sistemas de monitoreo van a presentar la información, bien sea de operación normal o de alarma. Estos dispositivos suelen ser lámparas, impresoras, pantallas de video, dispositivos sonoros como timbres o sirenas, entre otros.

### **2.2.1 SCADA.**

Un sistema sacada (Supervisory Control And Data Acquisition) es un sistema de adquisición de datos y control supervisorio cuyo propósito general es el de adquirir información y procesarla en tiempo real, permitiendo al usuario solicitar, desplegar, observar y controlar información concerniente a los procesos que supervisa.

Según Boscan, Ringo y Sánchez, Mariana (1996, P17), es un sistema computarizado, capaz de monitorear o supervisar las condiciones de las variables más importantes de un proceso o conjunto de instalaciones localizadas en diversas áreas geográficas, presentando manera adecuada información importante para la supervisión y la toma de decisiones por parte de uno o varios operadores en un centro de control en el cual pueden realizarse operaciones para modificar el estado de dicho proceso o instalaciones.

Con acceso en tiempo real, los sistemas SCADA encuentran su aplicación no solo para adquisición campos de datos, sino también factores normalmente fuera de alcance y control del operador, la optimización del proceso se puede convertir en un procedimiento estándar, en un lugar de emplearlo como un recurso esporádico. Es un sistema de supervisión, existen tres tareas críticas a ejecutarse:

- ✓ Recolección periódica, procesamiento y monitoreo del sistema a controlar.
- ✓ Control remoto de dispositivos y reemplazo de valores en la base de datos para el sistema.
- ✓ Presentación de alarmas y despliegues en el comportamiento del sistema de operadores.

### **2.2.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA SCADA**

- **UNIDAD MAESTRA**

La unidad maestra de un sistema SCADA normalmente está conformada por un sistema redundante, compuesto por dos computadoras donde uno de ellos opera como maestra y el otro como respaldo. Las maestras de respaldo mantienen energizada y debe contar con la información de las bases de datos, despliegues, cargas, entre otros, actualizados.

Esto permite asumir el completo control del sistema al ocurrir una falla en

la maestra en línea. Este tipo de configuración permite maximizar la disponibilidad y confiabilidad del sistema.

La unidad maestra de interfaces inteligente entre operador y el proceso o la planta a supervisar y controlar. Tiene la tarea de comunicarse con las unidades remotas, ubicadas en sitios distantes y el procesamiento de la información suministradas por estas. Es decir, la unidad maestra procesa la información (datos) del campo proveniente de sensores remotos. Procesa esta data para ser desplegada en las estaciones de trabajo y produce mensajes en la impresora. Además, convierte las entradas (comandos) efectuados por el operador, en los teclados, a data que es transferida a través de líneas de comunicación a los controladores y finalmente al equipo a ser controlado.

- **UNIDAD TERMINAL REMOTA (RTU).**

Es la que se encarga de recoger información (presión, flujo, temperatura, condiciones generales de la estación, equipos como cargadores de baterías, entre otros) desde el lugar de instalación donde será procesada. Tiene la capacidad de procesamiento y toma de decisiones, para luego transmitirlo a la sala de control.

La RTU puede ser pasiva, cuando solo las señales recibidas por los instrumentos y transductores de la sala de control, es decir, sin agregar y sin reducir datos, y puede ser inteligente (controlador), cuando es pasiva y



además, es programable y tiene la capacidad de manipular señales para controlar los procesos requeridos.

### 2.2.3 FUNCIONES DE LOS SISTEMAS SCADA.

Las funciones principales de los sistemas SCADA son las siguientes:

- ✓ **Supervisora:** consiste en la revisión continua de las variables del proceso (presión, flujo, nivel, etc.) y la indicación de cambios de estado, eventos, alarmas, paros en los equipos y condiciones de proceso. Esta función sirve de soporte al operador de la sala de control en el momento de la toma de decisiones, el cual requiere de la operación dos etapas: selección y control, para garantizar que el operador no tome acciones equivocadas.
- ✓ **Control:** mediante esta función el sistema SCADA, conjuntamente con el operador, efectúa el control de proceso de la estación o de la planta. En el control automático, la unidad maestra (MTU) o la unidad terminal remota (RTU) toma alguna acción sobre un equipo o proceso de acuerdo al contenido del programa preestablecido para la operación óptima de ese equipo o proceso. En el control manual, la MTU o la RTU ejecutara la acción que en forma manual introduzca el operador desde la sala de control.
- ✓ **Adquisición de datos:** mediante esta función el sistema SCADA se

encarga de recolectar la información proveniente de campo a intervalos predeterminados de tiempo y de esta manera poder efectuar cálculos y tratamientos especiales de esta, que luego son procesado en primer lugar por la RTU y luego transmitida por la MTU para su manipulación.

## **2.3 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE INYECCIÓN**

Dentro del proceso de inyección de gas, intervienen compuestos que son utilizados debido a sus propiedades o características fundamentales debido al entorno en el que son utilizados al ser unificados en el proceso de inyección.

### **2.3.1 FLUJO**

Según Creus (1997, p. 52) El concepto de flujo indica el movimiento o traslado de una cantidad de masa, o de un volumen de materia a través de un área a lo largo de una trayectoria. El flujo, gasto o caudal son sinónimos e indican el volumen o la cantidad de materia que se traslada durante un intervalo de tiempo determinado.

Según Amaya (2011, p. 115) El de flujo es uno de los aspectos más importantes en el control de procesos; de hecho, bien puede ser la variable más medida. Existen muchos métodos confiables y precisos para medir flujo. Algunos son aplicables solamente a líquidos, otros

solamente a gases y vapores; y otros a ambos. El fluido puede ser limpio o "sucio", seco o húmedo, erosivo o corrosivo. Las condiciones del proceso tales como presión, temperatura, densidad, viscosidad, etc., pueden variar.

El mismo autor continúa diciendo que todos estos factores afectan la medición y deben ser tomados en cuenta en el momento de seleccionar un medidor de flujo. Es necesario por lo tanto, conocer el principio de operación y características de funcionamiento de los diferentes medidores de flujo disponibles.

### **2.3.1.1 FACTORES QUE AFECTAN EL FLUJO DE UN FLUIDO A TRAVÉS DE UNA TUBERÍA.**

Los factores que mayormente afectan el flujo de un fluido a través de una tubería son:

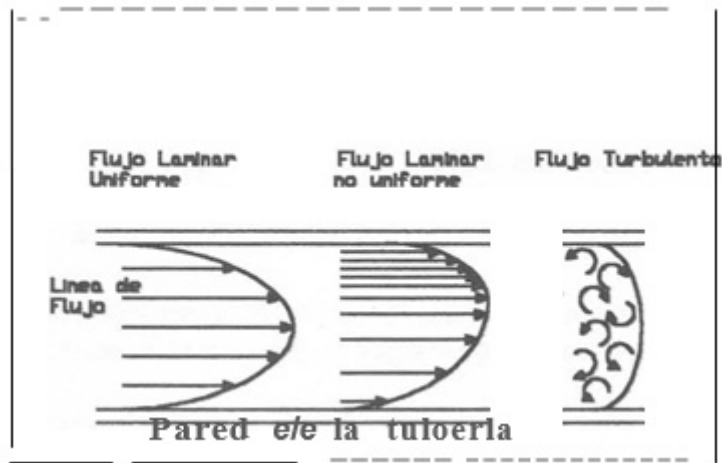
#### **A) VELOCIDAD DEL FLUIDO**

El fluido en una tubería se puede mover de acuerdo a un patrón de flujo determinado, dependiendo en alto grado, de su velocidad. Estos patrones de flujo se conocen como "laminar" y turbulento".

El flujo laminar es referido algunas veces como un flujo viscoso, se distingue por el hecho de que las moléculas del fluido siguen trayectorias

paralelas cuando el fluido se mueve a través de la tubería; tal como se muestra en la figura 3

El flujo turbulento, por otra parte, se caracteriza por patrones erráticos debido a que la turbulencia crea remolinos que mueven las moléculas del fluido a lo largo de trayectorias irregulares, tal como se muestra en la figura 3.



**Figura 3. Velocidad del flujo.**  
Fuente: Amaya (1997, p.117)

El término de velocidad, cuando se aplica al flujo de fluido en tuberías se refiere a la velocidad promedio del fluido. Se debe utilizar la velocidad promedio ya que la velocidad del fluido varía a través de la sección transversal de la tubería.

## **B) LA FRICCIÓN.**

La fricción de la tubería reduce la velocidad del fluido, por lo tanto, se considera un factor negativo. Debido a esta fricción, la velocidad del fluido es menor cerca de la pared que en el centro de la tubería. Mientras más lisa

es una tubería, menor es el efecto de la fricción sobre la velocidad del fluido.

### **C) VISCOSIDAD**

Otro factor que afecta la velocidad de un fluido es la viscosidad. La viscosidad es una medida cuantitativa de la tendencia del fluido a resistir la deformación. Los fluidos que fluyen libremente tienen viscosidades bajas; los fluidos que parecen resistir a fluir libremente tienen viscosidades altas.

La viscosidad de un líquido depende principalmente de su temperatura y en menor grado de su presión. La viscosidad de los líquidos generalmente disminuye al aumentar la temperatura y la viscosidad de los gases normalmente aumenta al aumentar la temperatura. La presión tiene muy poco efecto sobre la viscosidad de los líquidos. Su efecto sobre la viscosidad de gases solamente es significativo a altas presiones.

### **D) DENSIDAD.**

La densidad de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen. La densidad de los líquidos cambia considerablemente con la temperatura, mientras que los cambios por variaciones en la presión son depreciables. La densidad de los gases y vapores es mayormente afectada por los cambios en la presión y la temperatura. Muchas

mediciones de flujo se realizan sobre la base de mediciones de volumen, de modo que la densidad del fluido debe ser conocida o medida para determinar la verdadera masa de flujo.

### **E) PRESIÓN Y TEMPERATURA.**

Los efectos de la presión y la temperatura ya han sido descritos en el análisis que se hizo sobre la densidad y la viscosidad. El método más común de medición de flujo, el método de diferencial de presión, asume que tanto la presión como la temperatura permanecen constantes. En algunas aplicaciones esta suposición es válida. En otras es necesario hacer compensación por cambios en la presión o temperatura del fluido.

### **F) MEDIDORES DE FLUJO DIFERENCIALES.**

Los medidores de flujo de tipo diferenciales son los medidores comúnmente más utilizados para medir flujo. Entre ellos pueden mencionarse: La placa de orificio, el tubo Venturi, el tubo pitot, la tobera y el medidor de impacto. Estos medidores miden el flujo de un fluido indirectamente; creando y midiendo una presión diferencial por medio de una obstrucción al flujo. El principio de operación se basa en medir la caída de presión que se produce a través de una restricción que se coloca en la línea de un fluido en movimiento. Esta caída de presión está

relacionada al flujo, siendo éste proporcional a la raíz cuadrada del diferencial de presión.

### **2.3.2 TEMPERATURA**

Según Galiana (1987, p. 56) El grado de calor de los cuerpos. Es la magnitud que permite expresar el grado de calentamiento de los cuerpos. La manifestación de las cantidades de calor que contiene un cuerpo es tanto más elevada cuanto mayor sea la agitación térmica de sus átomos y moléculas que es la que engendra el calor.

En todo proceso industrial, es de suma importancia tener controlada o visualizado el valor de la temperatura, bien sea de agentes, dispositivos o líquidos que intervengan en un proceso, debido a que cambios de temperatura pueden alterar procesos o dañar equipos, por lo que es necesario que se tomen acciones de control que regule el grado de calentamiento de equipos.

En este sentido, multitud de propiedades fisicoquímicas de los materiales o las sustancias, varían en función de la temperatura a la que se encuentren.

### **2.3.3 PRESIÓN**

Sánchez (2003, p. 37) asegura que, la presión se define como la fuerza normal ( $F_x$ ) que, distribuida uniformemente, actúa sobre una superficie dada.

En otras palabras, la presión es una fuerza que se mide dependiendo de la superficie donde sea aplicada.

Por lo que indica el autor, es indispensable controlar una variable la cual pueda afectar respuestas del sistema según sea la superficie a la que esté dispuesta, por ello la inyección del gas debe tener un control de esta variable que permita una dosificación pertinente de acuerdo a la cantidad de producto que se requiera en el momento.

#### **2.3.4 PLACA DE ORIFICIO**

Según Amaya (1997, p.147) La placa de orificio está constituida por una placa delgada perforada, la cual se instala en la tubería utilizando bridas especiales tal como se muestra en la figura 4. Generalmente se construye de acero inoxidable con un espesor que oscila entre 1/8 y 1/2 pulgada. Otros tipos de materiales tales como Monel, Niquel, Hastelloy se utilizan cuando se necesita prevenir la corrosión o contaminación. Las tomas de presión colocadas antes y después de la placa, permiten medir la presión diferencial producida por la placa de orificio.





**Figura 4. Tipos de placa de orificio.**  
**Fuente: Amaya (1997, p. 128)**

El orificio de la placa puede ser de tres tipos: Concéntrico, Excéntrico y Segmenta. Las placas de orificio de tipo excéntrico y segmenta! se utilizan principalmente en aplicaciones de fluidos que contienen materiales en suspensión o condensado de vapor. Las placas de orificio de tipo concéntrico se recomiendan para aplicaciones de líquidos limpios, de baja viscosidad; para la mayoría de los gases; y vapor a baja velocidad.

### **2.3.5 VALBULAS DE CONTROL.**

Para Amaya (1997, p. 213) Una válvula de control regula la alimentación de material o energía a un proceso ajustando la abertura a través de la cual el material fluye; comportándose como un orificio variable en una línea.

En sistemas de control, la señal de salida del controlador actúa sobre la

Válvula a través de un actuador, el cual provee la potencia mecánica necesaria para operar la válvula de control. Algunas veces puede existir un mecanismo auxiliar tal como un Posicionador

### **2.3.6 METODOS DE PRODUCCIÓN**

En la producción del petróleo existen diversos tipos en los cuales un pozo puede ser explotado, cada tipo es elegido dependiendo de las condiciones mecánicas y geológicas impuestas por la naturaleza del yacimiento.

#### **2.3.6.1. FLUJO NATURAL**

Es el proceso en el cual el petróleo fluye a la superficie a causa de la energía (diferencia de presión entre el fondo del pozo y la superficie) suministrada por:

(1) El gas que se encuentra sobre la capa de petróleo en el yacimiento o el gas que se encuentra disuelto dentro de la capa petróleo.

(2) Fuerza de empuje generada por la capa de agua ubicada debajo del petróleo.

(3) La compactación de las capas de tierra debido al proceso de explotación (a largo plazo puede generar el fenómeno de subsidencia).

(4) Este es el método de producción más económico y es por eso que una gestión adecuada de la producción del pozo de una manera natural maximizara la rentabilidad del yacimiento, para ello es recomendable la

utilización de reductores o estranguladores en pozos de flujo natural para mantener la energía del gas y controlar la producción y la presión del pozo.

### **2.3.6.2 MÉTODOS ARTIFICIALES**

Cuando la energía del yacimiento es suficiente para llevar los fluidos desde el fondo del pozo hasta la superficie se dice que el pozo produce por flujo natural. Por lo general, dicha energía disminuye en la medida que se extraen los fluidos del yacimiento, ocasionando una declinación de la tasa de producción del pozo.

En yacimientos donde existe empuje hidráulico fuerte, la energía prácticamente se mantiene con el tiempo o disminuye lentamente, pero la columna de fluido en el pozo aumenta de peso en la medida que aumenta el porcentaje de agua, esto trae como consecuencia una disminución de la tasa de producción.

En ambos casos, el pozo eventualmente dejara de producir a menos que se des complemente la energía del yacimiento o se disminuya el peso de la columna de fluido. Para complementar la energía del yacimiento se utilizan los métodos de extracción o levantamiento artificial.

### **2.3.6.3 LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR GAS**

En el campo de la producción de pozos petroleros se define como METODO DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL a la utilización de una fuente externa de energía para levantar los fluidos del yacimiento desde el fondo del

pozo hasta la superficie. El objetivo de los métodos de levantamiento artificial es minimizar los requerimientos de energía en la cara de la arena productora para maximizar el diferencial de presión a través del yacimiento y provocar, de esta manera la mayor afluencia de fluidos sin que se generen problemas de producción, de arena, codificación de agua, migración de finos, entre otros.

Los métodos o sistemas de levantamiento artificial pueden agruparse en función de la fuente externa de energía que utilizan para levantar los fluidos del yacimiento: A) Levantamiento por inyección de gas, cuya fuente de energía externa es el gas a alta presión proveniente de una planta compresora de gas o de un yacimiento de gas. B) Levantamiento artificial por bombeo, donde la fuente externa de energía es una bomba accionada por un motor desde la superficie o desde el subsuelo.

Los métodos de mayor aplicación en la industria petrolera en la actualidad son levantamiento artificial por gas (LAG) continuo o intermitente, bombeo mecánico por varillas de succión (BMC), bombeo electro-sumergible (BES), bombeo de cavidades progresivas (BCP) y bombeo hidráulico jet (BHJ).

Existen otros métodos que se utilizan en menor escala tales como, el bombeo hidráulico reciprocante (BHR), levantamiento artificial por gas con cámaras de acumulación ("Chamberlift"), entre otros.

Los tipos de bomba utilizadas por los métodos de levantamiento por bombeo son:

- (1) BES Bomba dinámica centrífuga.
- (2) BCP Bomba de desplazamiento positivo rotativo.
- (3) BM Bomba de desplazamiento positivo reciprocante de una acción.
- (4) BHR Bomba de desplazamiento positivo reciprocante de doble acción.
- (5) BHJ Bomba dinámica tipo chorro.

#### **2.3.6.4 LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL POR INYECCION CONTINÚA DE GAS**

El levantamiento artificial por inyección continua de gas (LAG Continuo) se considera una extensión del método de producción por flujo natural y consiste en suplementar el gas de formación mediante inyección continua de gas en la columna de fluido del pozo con el propósito de aligerarla, para así disminuir la presión fluyente en el fondo y generar el diferencial de presión requerido para que la arena productora aporte la tasa de producción deseada.

El gas se inyecta a la columna de fluidos del pozo a través de una válvula reguladora de presión que se denomina válvula de LAG o válvula de "Gas Lift" En el levantamiento artificial por gas continuo los diferentes mecanismos de levantamientos involucrados son:

- (1) Reducción de la densidad del fluido y del peso de la columna, lo que aumenta el diferencial de presión aplicado al área de drenaje del yacimiento.
- (2) Expansión del gas inyectado lo cual empuja la fase líquida.

(3) Desplazamiento de tapones líquido por grandes burbujas de gas (patrón de flujo tipo pistón).

La eficiencia del levantamiento se mide por el consumo de gas requerido para producir cada barril normal de petróleo, la máxima eficiencia aumenta en la medida que se inyecta por el punto más profundo posible (60 a 120 pies por encima de la empacadura superior) la tasa de gas adecuada de acuerdo al comportamiento de producción del pozo.

### **3.- SISTEMA DE VARIABLES.**

Esta investigación se organizó en dos variables de estudio:

Sistema de Control, Sistema de Monitoreo.

#### **3.1.- DEFINICIÓN NOMINAL.**

Control

Monitoreo

#### **3.2 DEFINICIÓN CONCEPTUAL.**

##### **Sistema de Control:**

Según Creus (2010 p. 1) Lo define como aquel que compara el valor de la variable, o condición a controlar, con un valor deseado y toma una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto.

**Sistema de Monitoreo:**

Según Bacells Romeral (1998), Lo define como aquel capaz de visualizar un proceso desde la pantalla de un computador, operacionalmente en el sistema que permite la evaluación de las variables de un proceso industrial permanentemente en tiempo real.

**3.3 DEFINICIÓN OPERACIONAL.**

En este mismo orden de ideas, se puede decir que los sistemas de control son dispositivos electrónicos, capaces de manejar y procesar las variables que se presentan en el proceso de inyección de gas donde el operador pueda proporcionar un valor deseado a la variable del flujo de gas a controlar. Del mismo modo el sistema de monitoreo permite la visualización de las variables en tiempo real, donde el controlador es capaz de tomar decisiones de abrir o cerrar una electroválvula mediante una señal alámbrica, eso con el fin de controlar la variable que se esté visualizando.



UNIVERSIDAD  
Privada  
DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN

**CAPÍTULO III**

---

---

# MARCO METODOLÓGICO



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El actual trabajo de investigación, está reservado a establecer un Sistema de control y monitoreo de variables físicas para la inyección de gas en pozos petroleros, con esta investigación se recopiló información veraz y confiable a través del empleo de técnicas para recabar los datos. En el mismo sentido, la metodología es la parte del informe que detalla cómo se hizo la investigación, es decir el tipo, diseño, técnica de recolección de datos y los diferentes procedimientos que se realizaron durante la investigación.

#### **1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION**

Una vez definido los objetivos de la investigación puede establecerse el tipo y diseño de la misma y adoptar diferentes modalidades, por ello se considera, que es proyectiva descriptiva con diseño de campo no experimental.

De acuerdo al propósito es de tipo investigación proyectiva al respecto Hurtado (2008, p. 114) señala que “una investigación proyectiva es aquella donde el objetivo consiste generar una propuesta, diseño, programa, plan acción o invento, que permita resolver una problemática con base en la generación de un conocimiento nuevo, producto de un proceso de indagación metódica”.

Al mismo tiempo, Zorrilla (2007, p.125) define la investigación proyectiva o también conocida como proyecto factible, “como la elaboración de una propuesta o modelo para solucionar un problema, intenta responder preguntas sobre sucesos hipotéticos del futuro (de allí su nombre) o del pasado a partir de datos actuales”

De igual forma, Baca (2006, p 79) define “El proyecto factible como la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, tendente a resolver una necesidad humana” Un proyecto factible se puede describir como un plan que si se le asigna determinado monto de capital y se le proporciona insumos de varios tipos, podrá producir un bien o un servicio útil al ser humano o a la sociedad en general.

En torno a lo planteado, se considera esta investigación como proyectiva ya que busca una solución a una situación o problema que previamente ha sido estudiada con la finalidad de dar una pronta y efectiva respuesta, tal es el caso de la investigación a desarrollar cuyo objetivo es desarrollar un sistema de control y monitoreo de variables físicas en pozos petroleros, con la finalidad de brindar un mejor manejo, visualización y control en la aéreas petroleras.

Por otra parte, tomando en cuenta la presente investigación y el enfoque que se pretende establecer en términos generales, el estudio más adecuado es el tipo descriptivo. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de cualquier grupo, persona o fenómeno que sea sometido a análisis.

En el mismo orden de ideas, para Arias (2006 p. 24), la investigación descriptiva “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”. Basado en esto, a través de este trabajo se describe la situación por lo cual atraviesa los pozos de inyecciones de gas, esto es debido a la ausencia de un sistema de control y monitoreo que permita la visualizar en tiempo real las variables.

Ahora bien, la estrategia general que se adopta para responder al problema central de este trabajo es la investigación de campo, Sabino (2002 p.23), Señala que hace ver la importancia real de la investigación porque se palpan de mejor manera, las necesidades y efectos que posee la prestación de servicios en un determinado lugar, por todo esto es de vital importancia el presente estudio.

El mismo autor resalta que es una investigación de campo, “Ya que se realiza en el mismo sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Permitiendo el conocimiento más a fondo del problema por parte del investigador, permitiéndole manejar los datos con más seguridad.” Para este caso, los datos aportados sobre las variables a manipular con respecto a la inyección de gas se obtendrán de diferentes usuarios potenciales que se encuentra en el área de trabajo.

Asimismo, Chavez (2000, p 18) plantea que la investigación de campo “es aquella en que el mismo objeto sirve como fuente para el investigador consiste en la observación, directa y en vivo, de cosas, comportamiento de personas, circunstancias en que ocurren ciertos hechos, por ese motivo la naturaleza de las fuentes determina la manera de obtener datos.”

Por consiguiente, el diseño de campo hace ver con mayor precisión la importancia de la investigación porque permite visualizar las necesidades y carencia que puede obtener un proceso, lo cual le da mayor peso a este tipo de investigación. También es considerada una investigación de campo, debido a que la información fue extraída de una situación real, a través del investigador con el objeto de realizar una exploración de la situación actual que es el Sistema de Control y Monitoreo de variables físicas para la inyección de gas en pozos petroleros.

Según la manipulación de las variables, es una investigación no experimental, debido a que en ningún momento los autores manipulan las variables objeto de estudio, solo se limitan a recolectar la información tal como la manejan o se presenta en la industria. Con respecto a las investigaciones no experimentales, Hernández y otros (2003, p. 191), es la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables de estudio.

## **2. TECNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

De acuerdo a los objetivos planteados y al tipo de investigación referida las técnicas para la recolección de datos, según Tamayo y Tamayo (2002, p.94), es la expresión operativa del diseño de investigación, especificación concreta de cómo se hará la investigación. La recolección de los datos depende en gran parte del tipo de investigación y del problema planteado para la misma, y puede efectuarse desde la simple ficha bibliográfica, observación, entrevista, cuestionario o encuestas y aun mediante ejecuciones de investigaciones para este fin.

Según Hurtado (2000, p. 164), expone “Las técnicas de recolección de datos, comprenden procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuesta” El mismo autor continua diciendo, “los instrumentos constituyen un conjunto de partes e instrucciones que orientan la atención del investigador hacia un tipo de información específica para impedir que se aleje del punto de interés”. Una de las maneras de escoger la técnica más adecuada para la recolección de la información es determinar la forma en que esta se presenta según sus indicios, ellas son observando, escuchando o leyendo.

Para este trabajo de investigación esta técnica de recolección de datos es utilizada para el entendimiento y desarrollo del sistema de control y monitoreo, el cual es el principal objeto de estudio en la investigación. Se observa que no hay ningún tipo de monitoreo en tiempo real de las variables a estudiar.

Además, otra técnica utilizada es la entrevista, la cual según Tamayo y Tamayo (2003, p.184), es la relación directa establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos o grupos con el fin de obtener testimonios orales”.

En el presente proyecto de investigación, dicha entrevista estará enfocada a varios operadores de la planta de inyección de gas del lago de Maracaibo con la finalidad de determinar las especificaciones del nuevo sistema de control y monitoreo describiendo su funcionamiento y características, con la finalidad de brindar aportes más concretos sobre las respectivas mediciones de las variables a estudiar.

Adicional a esto se empleó la técnica de la observación directa, según Sierra Bravo (2002 p. 15) encierra una serie de procedimientos para examinar la fuente donde se encuentran los hechos, objeto de estudio, lo que permitió obtenerlos y registrarlos con el fin de facilitar el conocimiento de la realidad.

Asimismo, la observación directa sugiere y motiva los problemas y conduce a la necesidad de la sistematización de los datos, tomando en cuenta la problemática presentada en el sistema de control y monitoreo en los pozos petroleros, por lo tanto se apoyó en este método como instrumento para formar ideas concretas y precisas de la problemática presentada.

### **3. METODOLOGIA UTILIZADA**

La metodología a utilizar para la solución de la problemática planteada en la presente investigación es la propuesta por Savant (2000), quien plantea un método ordenado compuesto por cinco fases.

#### **FASE I: DEFINICION DEL PROBLEMA**

De acuerdo al autor, este paso implica establecer lo que se supone debe realizar el producto incluyendo especificaciones y necesidades especiales. Esta fase consiste en describir lo que debe hacer el diseño, se especifican los requerimientos y necesidades y se resalta su importancia. Para la correcta determinación de los requerimientos del sistema es importante analizar el funcionamiento y comportamiento de los equipos instalados.

Específicamente en la situación de objeto de estudio se realizara una revisión documental básico del proceso de inyecciones a gas a los pozos, con el objetivo de definir parámetros de operación y control requeridos para el funcionamiento automatizado del proceso. A fin de establecer funciones precisas para la operación que se debe realizar en el sistema de control y monitoreo para así poder cumplir con los requerimientos necesarios para automatización.

## **FASE II: SUBDIVISION DEL PROBLEMA**

Esta fase consiste en dividir problemas en diseños más pequeños, es decir, definir los mejores subconjuntos que faciliten los trabajos para la obtención rápida y económica del producto. En la siguiente fase se definirá el modelo del sistema de control y monitoreo requerido al nivel de la automatización, se especificaran las características como: la instrumentación requerida, arquitectura del sistema, entre otros. Para ello se tomara en cuenta el levantamiento de información, con la finalidad de definir las especificaciones del diseño del sistema.

## **FASE III: CREACIÓN DE LA DOCUMENTACION**

Crear la documentación consiste en indicar como construir, mantener, utilizar y actualizar el producto diseñado. Se desarrollara la documentación soporte requerida para el diseño del sistema de control y monitoreo propuesto para los pozos petroleros.

#### **FASE IV: CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO**

La construcción del prototipo consiste en la elaboración física del sistema. De acuerdo a las especificaciones obtenidas se desarrolla el sistema de control y monitoreo propuesto para la automatización de variables físicas para la inyección a gas en pozos petroleros.

#### **FASE V: FINALIZACION DEL DISEÑO**

Savant (2000 p.15) define que en esta etapa se realiza el diseño, y se realiza una serie de simulaciones dentro de un programa computarizado para evaluar su calidad, funcionamiento, y aplicación. En esta fase se demuestra mediante pruebas el correcto funcionamiento del sistema de control y monitoreo del diseño antes propuesto.



#### 4. CUADRO DE ACTIVIDADES.

**CUADRO 1.  
ACTIVIDADES.**

<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>FASE DE LA METODOLOGIA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RECURSOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar las diferentes variables físicas para el control y monitoreo de inyección de gas.</li> </ul>	FASE I: DEFINICION DEL PROBLEMA.	Especificación de los requerimientos y necesidades del sistema. Definición de parámetros de operación y control.	Entrevista no estructurada. Observación directa.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar las variables físicas a controlar en el proceso de inyección.</li> </ul>	FASE II: SUBDIVISION DEL PROBLEMA.	Definición del modelo del sistema de control y monitoreo. Caracterización de las especificaciones técnicas.	Manuales. Especificaciones técnicas.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar el sistema de control y monitoreo para el proceso de inyección de gas.</li> </ul>	FASE III: CREACION DE LA DOCUMENTACION.	Elaboración de planos y diagramas esquemáticos.	Manuales de equipos a utilizar.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Construir un prototipo de control y monitoreo de variables físicas para el proceso de inyección de gas.</li> </ul>	FASE IV: CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO.	Elaboración física del sistema.	Planos de instrumentación. Software para la programación del sistema.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Demostrar mediante pruebas el prototipo.</li> </ul>	FASE V: FINALIZACION DEL DISEÑO.	Realización de simulaciones. Pruebas del sistema.	Instrumentos de medición de las variables. Programa computarizado

**Fuente: Chacín, Estrada, Pérez (2016)**



UNIVERSIDAD  
Privada  
DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN

## CAPÍTULO IV

---

# RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACION**

Partiendo de este capítulo se desarrollará las diferentes fases que fueron desarrolladas en la investigación, explicando y definiendo cada una de ellas, éstas conllevaron al cumplimiento del objetivo general planteado, como fue implementar un sistema de control y monitoreo de inyección de gas para pozos petroleros.

#### **FASE I DEFINICION DEL PROBLEMA**

Tomando en cuenta la problemática que se presenta en la inyección de gas y visualización de parámetros para el estudio del comportamiento de producción en pozos petroleros en tiempo real, se comenzó con el estudio del proceso de automatización en el cual se encuentra enmarcada la explotación por inyección artificial de gas.

En ese mismo sentido las herramientas que se usaron para recaudar la información y recolección de datos fue la observación directa y la entrevista no estructurada, donde se tomó en cuenta las variables existente en el campo de trabajo dando como resultado el levantamiento de la información y los pasos a seguir para la elaboración del sistema de control y monitoreo.

El proceso empieza en las planta compresoras de gas, estas, generan gas de alta de entre 1650psi a 1900psi que es entregado a los diferentes múltiples de gaslift (MG) conectados por troncales, luego por líneas de gas se conectan a los diferentes pozos, para ser inyectado por los diferentes mecanismos de control manual o automático existente en pocos pozos, conformados por el sistema de monitoreo de la sala de control.

El sistema de control se encarga de regular el paso de gas para mantener una inyección optima lo cual conlleva a una producción estable del pozo. Tomando en cuenta que en la sala de control, es donde por requerimiento de ingeniera se controla la variable de inyección de gas a nivel de pozos y se visualiza el comportamiento de entrada de gas y salida de crudo.

Debido a que los pozos petroleros no cuentan con sistemas de control automatizados, estos son monitoreados por gráficos que duran 24hrs a nivel del pozo, el operador debe dirigirse a la ubicación de pozo retirar el grafico y llevarlo a la oficina donde se harán observaciones si es estable o no por lo cual se pierde mucho tiempo en la respuesta que se debe dar, lo que conlleva a una diferida de producción, la inyección de gas suministrada por el múltiple es manipulada por el operador y no toma en cuenta la presión de salida del pozo.

Este proyecto se basa en el sistema de control y monitoreo a nivel de pozos productores de crudo, ya que a nivel de MG, no representan estabilidad de la inyección de gaslift por las distancias que hay desde el MG

y los actuadores de control y cada pozo en el campo. El comportamiento del pozo es dinámico y es necesario que el equipo desarrolle respuestas rápidas para su estabilidad.

Los sistemas de control y monitoreo instalados a nivel de pozos son más estables en la inyección de gas, su respuesta es mucho más rápida y se pueden visualizar las variables de entrada de gas y salida de crudo, sin embargo estos equipos instalados presenta fallas en la falta de mantenimiento, actualización de componentes y software, falla en la alimentación eléctrica y falla en los equipos de transmisión que son recurrentes, lo que causa que la inyección de gas no sea optima a lo que conlleva a una producción deficiente.

## **FASE II SUBDIVISION DEL PROBLEMA**

En vista a la problemática actual como son las grandes distancias que existen entre la sala de operaciones y los pozos, la inyección de gas en forma manual y la falta de información de variables en tiempo real necesaria para el estudio de comportamiento de producción de pozos petroleros. Se lleva a exponer detalladamente el modelo y estructura de los equipos a utilizarse con las especificaciones y parámetros técnicos del diseño del sistema, para tener una mejor referencia de los requerimientos.

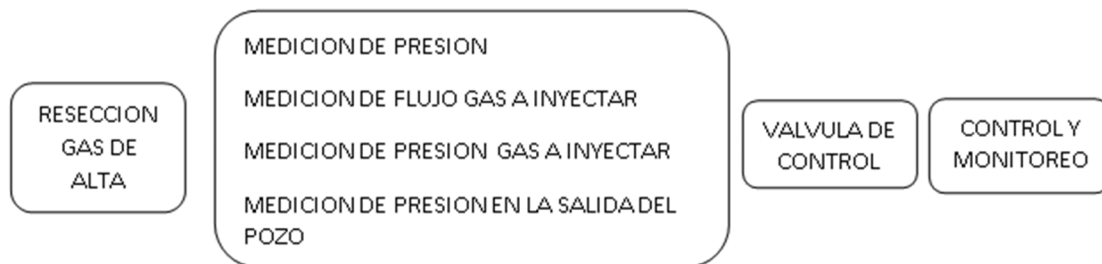
Se tuvo que tomar en cuenta que existen parámetros que influyen en el diseño del sistema de control y monitoreo, ya que éstos cambian en cada tipo de pozo, esta información de los parámetros en cada pozo se obtiene mediante un estudio realizado que determina el tipo de levantamiento que se

requiere.

A continuación se nombran algunos parámetros a considerar: Diámetro de la línea de producción, gravedad específica del crudo, viscosidad del crudo, densidad del gas de formación, porcentaje de agua en crudo, entre otros.

Se deben considerar otros parámetros que no pertenecen al pozo, pero afectan directamente al proceso de producción del mismo, como son: densidad del gas de levantamiento, viscosidad del gas de levantamiento, diámetro de la placa de orificio, diámetro de la línea de inyección de gas.

Existen otras variables que se deben tomar en consideración para el diseño del sistema de control y monitoreo, como también para su buen funcionamiento, a continuación se define el sistema de control y monitoreo permitiendo conocer mucho más estas variables presentes en el sistema y proceso por el cual pasa el gas de levantamiento, que es inyectado al cabezal del pozo para la extracción del crudo.



## 1- RECEPCIÓN DEL GAS

El gas de alta se origina en plantas compresoras de gas seco que son diseñadas dependiendo del comportamiento y formación de los yacimientos

de petróleo, ya que, éstos presentan una determinada presión. Las plantas envían gas seco comprimidos a altas presiones mediante tuberías de gran diámetro llamadas troncales a los diferentes múltiples de gas (MG), éstos a su vez distribuyen el gas a todos los pozos asociados al MG por tuberías de menor diámetro a la entrada de la carrera de medición.

## **2- MEDICIÓN**

### **MEDICIÓN DE PRESION GAS DE ALTA**

En la medición interviene la variable PRESIÓN DE GAS DE LEVANTAMIENTO (GLP) Presión que existe antes de la válvula de control, entrada a la carrera de medición, gas que viene del Múltiple de Gas.

### **MEDICIÓN DE FLUJO DE GAS A INYECTAR.**

En la medición interviene la variable PRESION DIFERENCIAL DE GAS (GLDP) Es la diferencial de presión ( $\Delta P$ ) que existe entre la presión del CHP y la presión del GLP.

### **MEDICIÓN DE GAS A INYECTAR**

En la medición interviene la variable PRESION DEL CASING (CHP) Presión que existe después de la válvula de control, entrada en el orificio anular (presente en todo el espacio anular).

## **MEDICIÓN DE PRESION EN LA SALIDA DEL POZO**

En la medición intervienen dos variables PRESION DEL TUBING (THP)  
Es la presión obtenida en el espacio tubular del pozo, salida de los fluidos y  
PRESION DE LA LINEA DE FLUJO (PLP)

### **3- VALVULA DE CONTROL**

La válvula de control con actuador se encarga de regular la cantidad de gas adecuado para la producción del pozo evitando el retorno del gas y estabilizando la presión que en ese momento esté circulando por las tuberías.

### **4- CONTROL Y MONITOREO.**

Para el control y monitoreo fue necesario conocer los parámetros indicados anteriormente, donde se indicó en sí, el proceso que se está llevando a cabo, para eso fue necesario ciertos instrumentos de medición que conjuntamente con una tarjeta lógica basada en microprocesadores servirán para monitorear y controlar el sistema de inyección a gas.

### **FASE III: CREACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN.**

Ya culminadas las variables por etapas existentes para la extracción del crudo necesarios para la elaboración del prototipo se procedió a la creación de la documentación donde se hizo énfasis en las características de cada uno de los elementos que se seleccionaron para la construcción del prototipo del



mismo modo se elaboró un diseño esquemático donde se visualiza de manera general la elaboración del prototipo. A continuación se presentan los dispositivos utilizados para la elaboración del sistema.

### **ACTUADOR ELECTRICO.**

Los actuadores eléctricos ejecutarán el comando de ajuste porcentual de la válvula de control de flujo generado desde el computador para abrir o cerrar la válvula proporcionalmente hasta alcanzar de forma automática el valor ideal de inyección para el pozo.

Este equipo cumple la función de acoplarse sobre el vástago de la válvula que se encuentra instaladas actualmente en el diseño, por lo tanto, no se requiere la procura de otro tipo de válvulas para que el actuador sea instalado.



**Figura 5. Actuador Eléctrico.  
Fuente:Rotork.**

**Cuadro 2.**

Características Del actuador Eléctrico.	
Marca	Rotork
Alimentación	24 VDC
Comando de señal de entrada	4 a 20 ma
Operación	Automatica o Manual
Máxima cantidad de vueltas	5 vueltas
Peso	16 lbs (7.5 kg)

### TRANSMISOR DE FLUJO (FT)

Es un instrumento de medida para la medición volumétrica del fluido, se colocara en línea con la tubería que transportara el fluido, su función principal es medir la presión que exista en la salida del casing y la presión diferencial del gas, que luego será transmitida por una señal eléctrica por un protocolo de comunicación. Ver figura5



**Figura 6. Transmisor de Flujo (FT)**  
**Fuente: Scanner 2000. (2017)**

## TRANSMISORDE PRESIÓN (PT)

El Transmisor de presión es un sensor transductor de presión, convierte la presión en una señal eléctrica, cuyo objetivo principal es de censar las variables en la presión de levantamiento de Gas (GLP), Presión de casing (CHP) Presión del Tubing (THP) y la Presión de la Línea de Flujo (PLP)



**Figura 7. Transmisor de presión**  
**Fuente:Wilka**

Las características más significantes del transmisor, se muestran a continuación:

**Cuadro 3.**  
**Característica del Transmisor de presión PT**

<b>Campo de medidas</b>	0 a 200 PSI
<b>F.S.O (salida de fondo de escalada)</b>	1 a 5 V
<b>Estructura</b>	Condiciones ambientales severas
<b>Tiempo de respuesta</b>	1 ms.

## SIXTRAK

Es un controlador que funciona para la comunicación del sistema de control y de las variables que se encuentran en el proceso de inyección, permite obtener las señales del proceso y enviar la información a un sitio remoto donde se puede visualizar en tiempo real todas las variables presente en el proceso de inyección, todas estas variables son visualizadas a través del scada enviadas por la Rtu.



**Figura 8. RTU**  
**Fuente: Sixnet**

## COMPRESOR DE AIRE.

Según EletronicaVeneta (1997, p 11) dicha unida consta de un depósito de proceso y un compresor accionado por un motor eléctrico, cuya función es aumentar la presión que vamos a simular como el gas a inyectar en el proceso de inyección esto con el fin de obtener cierto nivel de presión estable para la elaboración del prototipo.



**Figura 9. Compresor de Aire.  
Fuente: AMCO TOOLS**

#### **TOTALFLOW XSERIES (ABB)**

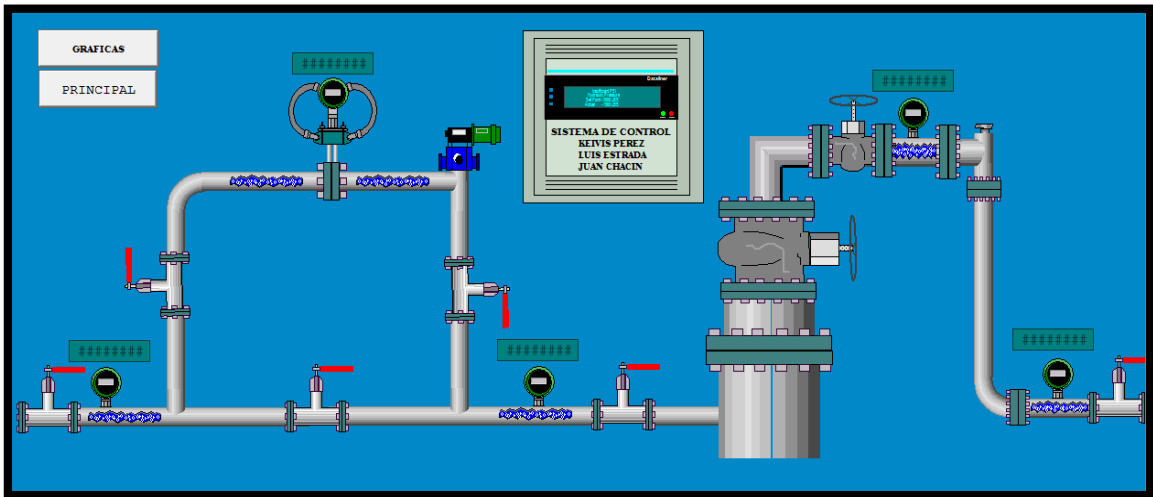
Es una unidad basada en microprocesadores diseñada para automatizar, monitorear y controlar el sistema de manera tal que junto con los instrumentos nombrados anteriormente servirá para el control y monitoreo de todas las variables a estudiar.

La Tarjeta de control Totalflow Xseries (ABB): Consta con los siguientes elementos:

#### **Cuadro 4. Característica del TotalFlow**

Cinco (5) entradas analógicas (AI) (1-5v)(4-20mA).
Dos (2) entradas digitales (DI).
Dos (2) salidas digitales (OI).
Dos (2) puertos de comunicación (com1/com2) con enlace R232 y R485.
Puerto para salida del display.
Puerto para banco de baterías.
Puerto para cargador (panel solar).
Batería para memoria Backup.
Programa de configuración del equipo PCCU

A continuación se presenta la estructura que muestra la operación del sistema de control y monitoreo de inyección a gas para pozos petroleros. Figura 10.



**Fig. 10. Diagrama del sistema de control.**  
**Fuente: Chacín, Estrada, Pérez (2017)**

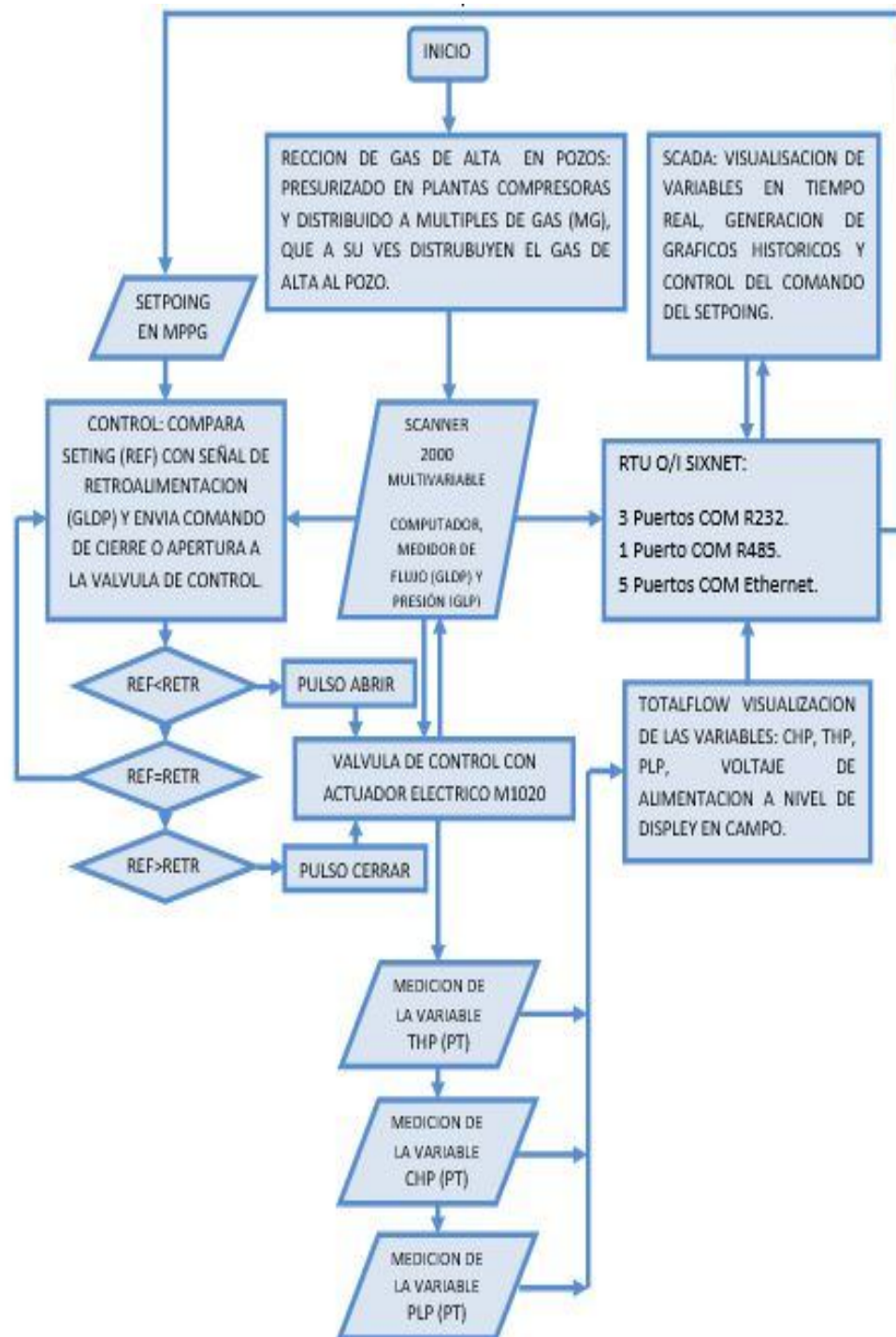
En la etapa del control del Totalflow Xseries (ABB), Se tendrá un sistema de lazo cerrado donde se compara la variable del flujo de gas tomada de un FT con señal alámbrica de 4-20mA (GLDP) con un setpoint ya establecido por requerimiento, este setpoint puede modificarse dependiendo del comportamiento de la entrada del gas por el Operador a nivel del Sistema Scada y transmitido al controlador (esta operación se hace de forma remota y en tiempo real), al ser comparado el controlador es capaz de tomar la decisión de abrir o cerrar una electroválvula mediante una señal alámbrica, la

medición del FT es guardada mediante la recepción de datos del Scada para su eventual análisis mediante gráficas históricas.

Del mismo modo en la etapa de visualización se tendrá el transmisor de flujo (FT) y cuatro (4) transmisores de presión (PTs) de salida 1-5vdc que se encargan de medir las variables GLDP, GLP, CHP, THP, PLP, voltaje de la batería, voltaje del rectificador, dirección, nombre del pozo.

Cabe destacar que las variables serán tomadas a nivel de campo con señales alámbricas a las entradas analógicas del controlador Totalflow Xseries (ABB) y enviadas de forma remota al Scada donde pueden ser visualizadas en tiempo real y almacenadas en la base de datos del scada para su eventual análisis mediante gráficas históricas, en esta etapa a nivel de campo el equipo puede mostrar las variables medidas al Operador del pozo mediante la visualización directa en el display del equipo controlador Totalflow Xseries (ABB) permitiendo obtener los datos y compararlos si es necesario con los obtenidos mediante el scada.

Visto de otra manera se presenta un diagrama de flujo (Fig. 8) explicando el proceso detallado del proyecto partiendo de una recolección de datos de la presión para controlar el cual llega a la válvula de control para poder regular dicha variable y continuar su medición realizando el proceso de inyección de gas para extracción de crudo todas estas presiones serán visualizadas en el sistema SCADA.



**Fig. 11. Diagrama de Flujo**  
**Fuente: Chacín, Estrada, Pérez (2017)**



#### **FASE IV CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO.**

Ya elaborada la documentación se detallara la elaboración física del sistema partiendo con la fabricación paso a paso del hardware para culminar con la configuración del software para así completar la interacción entre ambos y así culminar el sistema de control conjuntamente con la visualización de las variables.

Para la elaboración física del prototipo se usó tubos pvc simultáneamente con válvulas de bola y con toda la instrumentación previamente mencionada, se comenzó a elaborar el montaje de cada uno de los elementos.



**Fig 12. Construcción del prototipo 1**  
**Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017).**

En la figura 12. Se empezó a elaborar el diseño para el control y monitoreo del sistema, donde se tomó una serie de medidas las cuales se visualizaron en el campo. Del mismo modo se empezó la construcción del prototipo donde se usaron tubos pvc 1" para soportar la presión emitida directamente del compresor. Una vez realizado la conexión de la tubería se procede a la integración de 5 válvulas de bola las cuales permiten la apertura y cierre del flujo de la presión inyectada de manera manual.



**Fig 13. Construcción del prototipo 2.**  
**Fuente: Chacín, Estrada, Pérez (2017).**

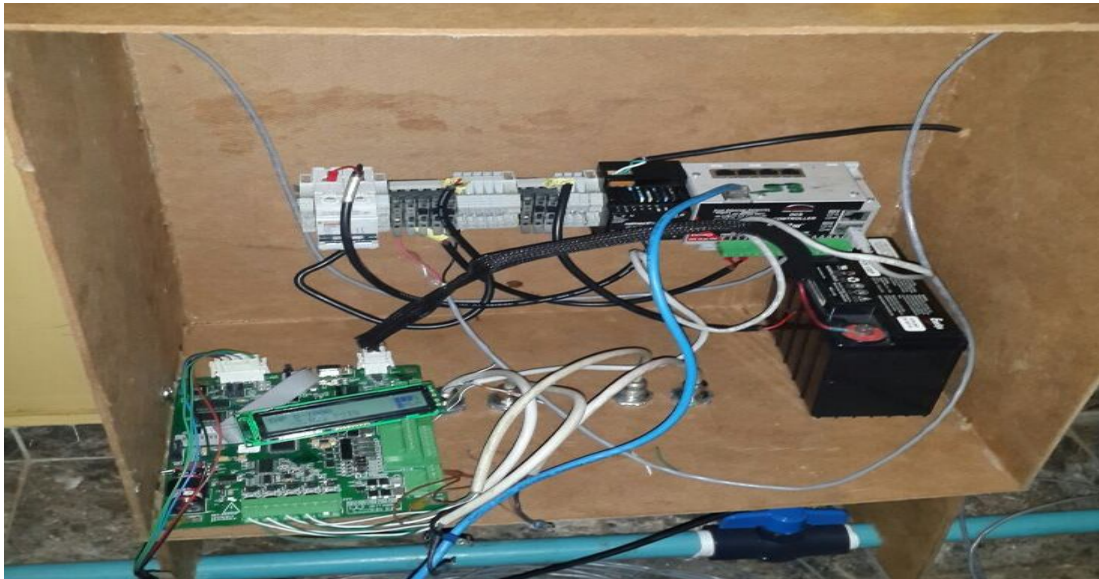
Continuando con la construcción del prototipo se efectuó la conexión del actuador el cual permite abrir y cerrar de manera automática la válvula de control principal, esto lo hace mediante una señal analógica de 4-20 ma con la función de regular la presión que va a ingresar en el sistema. Del mismo

modo se realizó las pruebas de solo apertura y cierre de válvula para la calibración de la válvula de control esto se logra mediante el programa PCCU.



**Fig 14. Construcción del prototipo 3.  
Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017).**

Siguiendo con el ensamble del sistema se procede a instalar el transmisor de Flujo “Scanner 2000” el cual permite la verificación de las variables que pasan por la carrera de medición. Una vez instalada se continuo realizando pruebas de calibración pero ahora inyectando presión por una de sus entradas.



**Fig 15. Construcción del prototipo 4.**  
**Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017).**

Ya realizado las pruebas de calibración del actuador eléctrico y transmisor de flujo se comenzó con la instalación de la tarjeta totalflow, que es el controlador principal del sistema el cual es alimentado con una batería de 12VDC. El micro controlador ejecuta la función de controlar el proceso de inyección. Permite que esta sea controlada a través de un valor deseado que varía entre los 4 a 20 ma.

Para que el totalflow pueda controlar todas las variables que se da en el proceso de inyección de gas se procedió a instalar 5 Transmisores de presión que trabajan de 0-1000 psi los cuales se encarga de la supervisión de las presiones que entran de distintos puntos del sistema con el fin de visualizar el flujo de aire de distintos puntos y así poder realizar el control.



**Fig 16. Construcción del prototipo 5.  
Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017).**

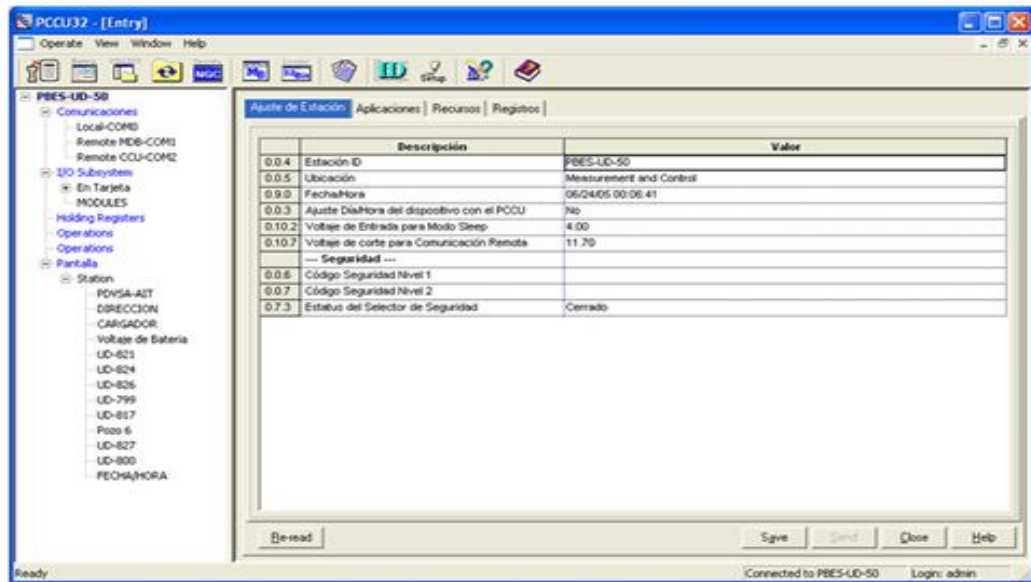
Una vez instalado y funcionando el totalflow con sus transmisores de presión se necesita un canal de comunicación apropiado para la interconexión de equipos para ello se emplea la sixnet que es el encargado de la conversión y comunicación entre equipos mediante los protocolos de comunicación 485-232 con lo cual permite el completo funcionamiento del sistema, estos equipos estarán conectados mediante un cableado de red distribuidos por todo el sistema.

## **PROGRAMACIÓN.**

### **PASOS PARA INTERACTUAR CON EL PROGRAMA**

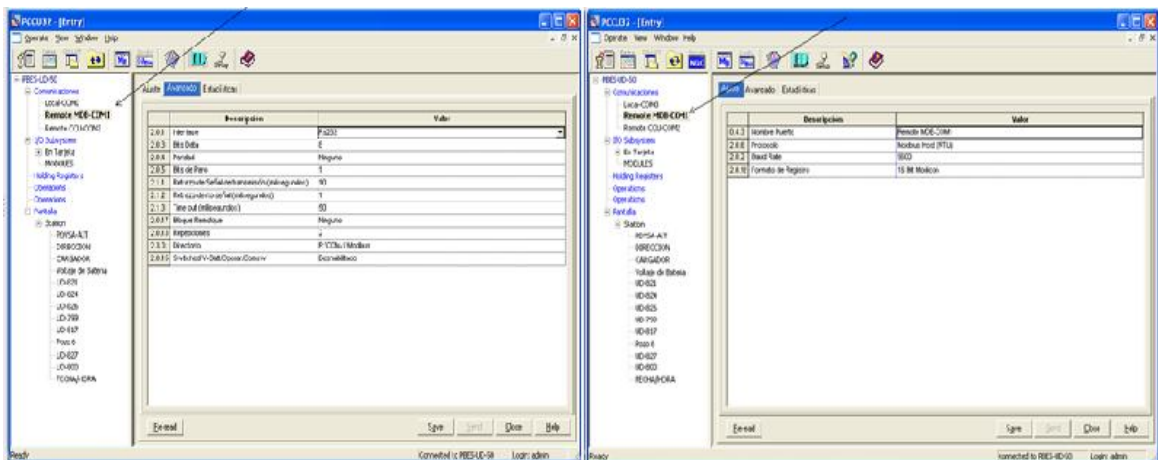
A continuación se presentara un tutorial de cómo se ejecuta el programa para poder interactuar con el sistema de control:





**Fig 17. PCCU 1.**  
Fuente: Chacín, Estrada, Pérez (2017).

En la figura 17. Se observa la pestaña principal donde se accede a los detalles del sistema y permite el ajuste de la hora que se inició el programa.

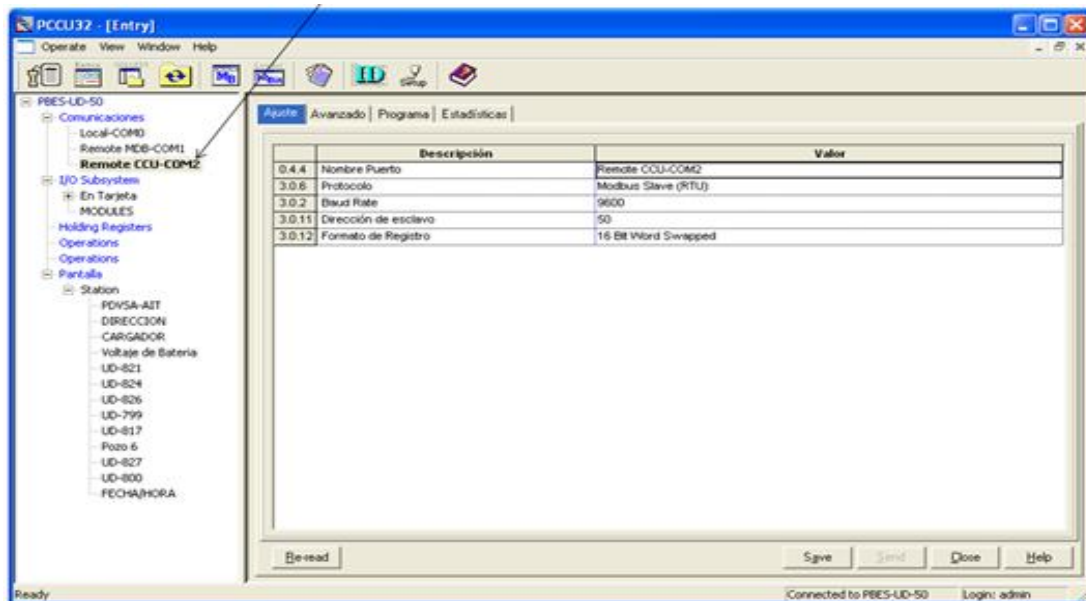


**Fig 18. PCCU 2.**  
Fuente: Chacín, Estrada, Pérez (2017).

Después de visualizar los detalles se debe desplegar el submenú que se encuentra en la parte izquierda y ubicar la pestaña "Remote MDB-COM1"

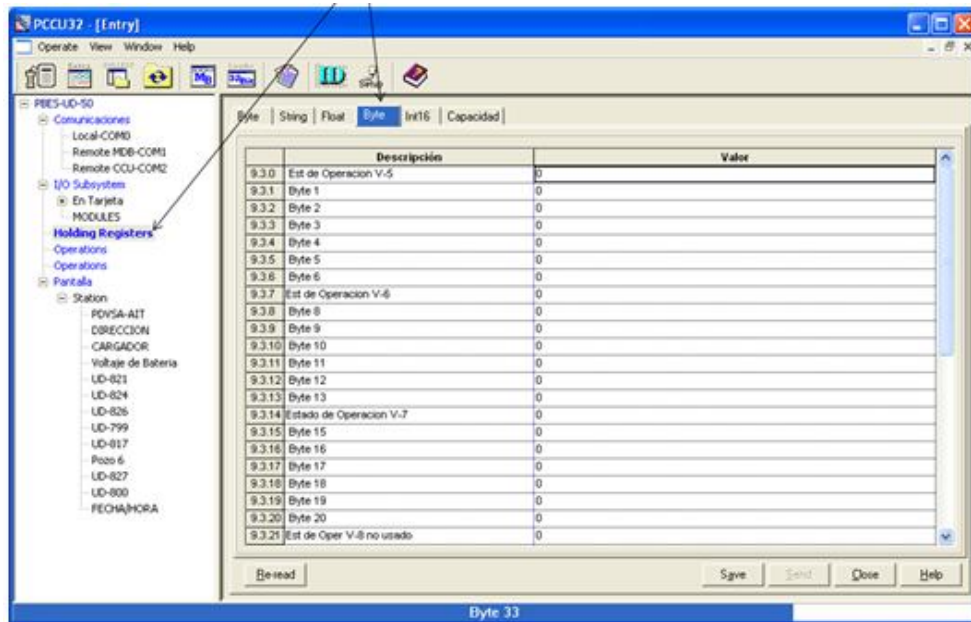
en la parte de comunicación. Se procede a dar Clic se despliega varios datos. Esta función permite al usuario configurar los parámetros para el puerto de comunicación 1 y así llevar a cabo la interrogación a los variadores y las señales modbus.

De la misma manera podemos observar en el “Remote MDB-COM2” (FIG 19), la comunicación para el enlace con el SCADA donde se puede modificar la velocidad, dirección entre otros parámetros a controlar.



**Fig 19. PCCU 3.**  
**Fuente: Chacín, Estrada, Perez (2017).**

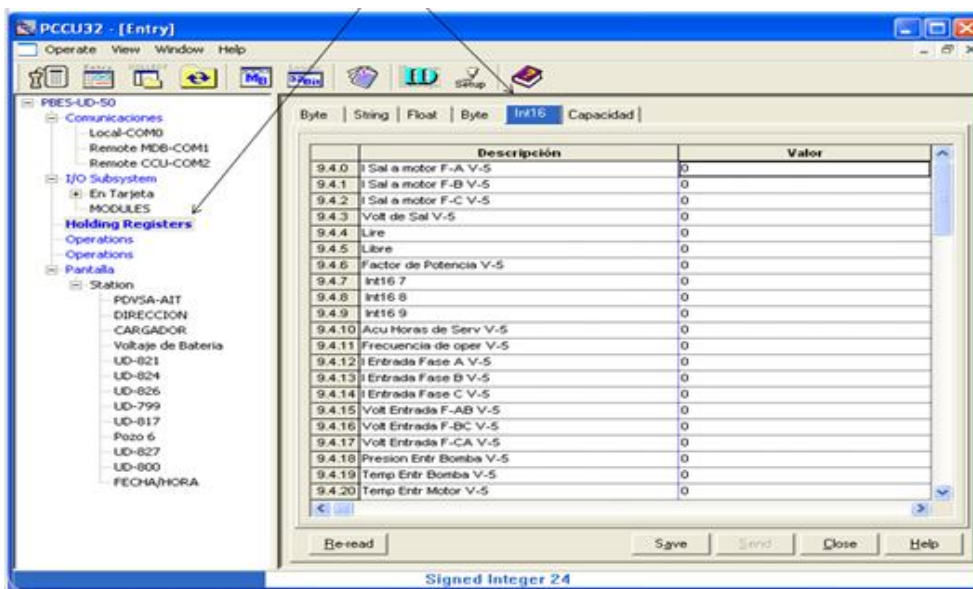
En la figura 20 se observa el submenú Holding Register donde se encuentran las tablas de bytes donde se depositan las señales de campo discretas. Estas señales son adquiridas por el SCADA empleado en el prototipo las cuales podemos editar una vez iniciado el programa.



**FIG 20. PCCU 4.**

Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017)

Dentro del mismo holding register en una pestaña llamada Int16 donde se encuentra la tabla de enteros en el cual se depositan todas las señales de campo analógicas vistas por el sistema (FIG 21).



**Fig 21. PCCU 5.**

Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017).

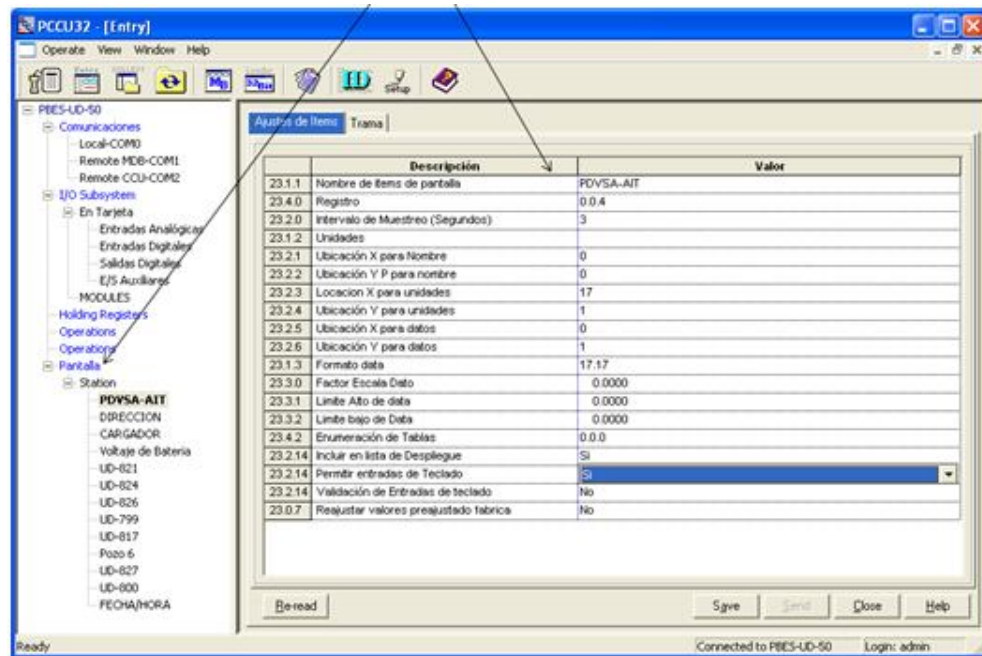


	Descripción	Valor
7.2.4096	ED 1	Abierto
7.2.4097	ED 2	Abierto
7.2.4098	ED 3	Abierto
7.2.4099	ED 4	Abierto
<b>cantidad de Pulso actual seg.</b>		
7.0.12298	EP 1	1
7.0.12299	EP 2	1
<b>Contador Pulso seg Anterior</b>		
7.0.12290	EP 1	0
7.0.12291	EP 2	0
<b>Contador Total de Pulso</b>		
7.0.12292	EP 1	1
7.0.12293	EP 2	1

**Fig 22. PCCU 6.**  
**Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017).**

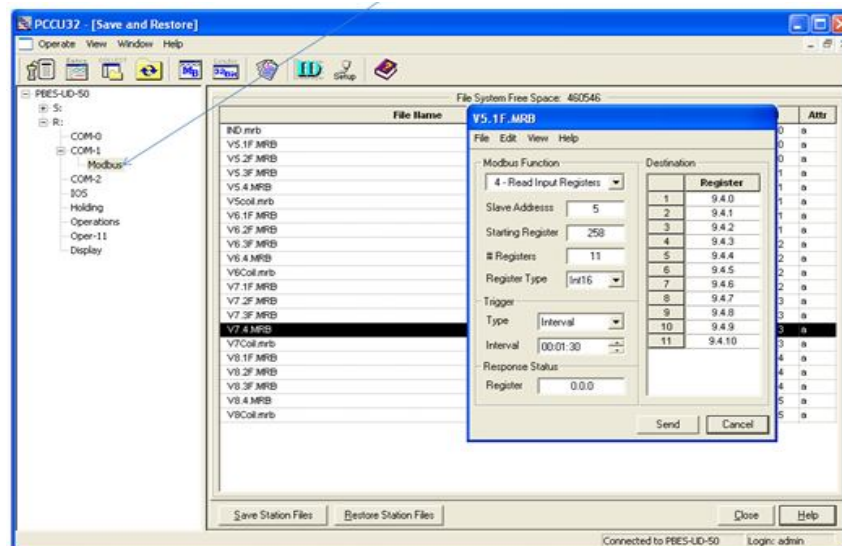
Adicional al Holding register, otra forma de visualizar los datos físicos que se encuentran en el total flow es a través de las I/O ahí no solo se observa las entradas discretas (FIG 22), sino que, se detallan las entradas analógicas y el nombre de cada variable ya configurado para medir.

Para configurar las variables que se desea mostrar se va al menú pantalla, se observa una tabla donde los parámetros que pueden visualizarse en el sistema de control (FIG 23). Para luego poder ser editados.

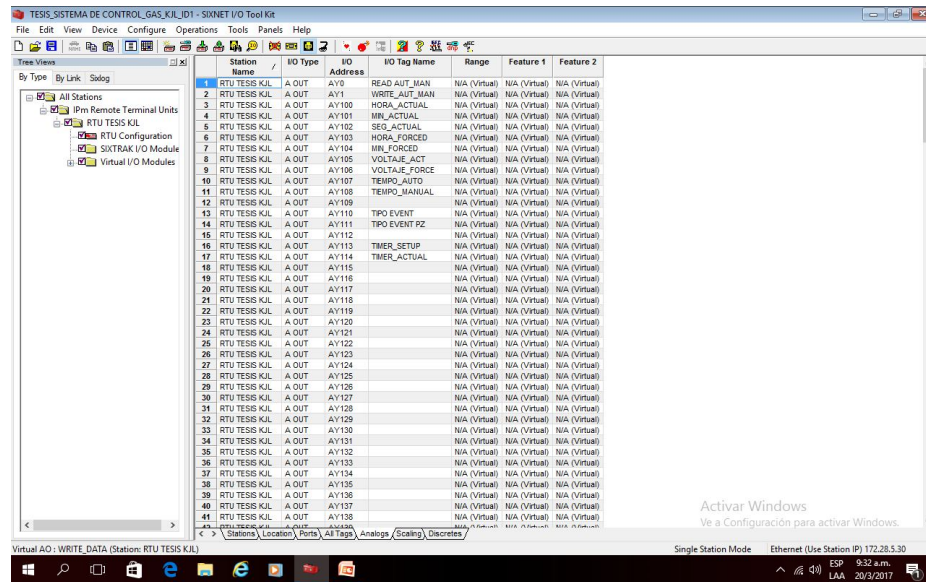


**Fig 23. PCCU 7.**  
**Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017).**

Una vez configurada las variables y editadas tal manera que podamos visualizar en pantalla. se procede a configurar las diferentes tablas que van a interrogar a los variadores y asi poder ser ejecutados (FIG 23).



**Fig 24. PCCU 8.**  
**Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017)**



**Fig 25. Monitoreo.**  
**Fuente: Chacin, Estrada, Perez (2017).**

En la figura 25 se visualiza la pantalla principal de la configuración de la RTU donde se va a visualizar la apertura o el cierre de la válvula a través de una señal analógica de 4 a 20 ma. Así mismo se podrá visualizar en tiempo real todas las variables que se están presentando en el sistema de inyección que será transmitido a través de un cable Ethernet.

## FASE V: FINALIZACION DEL DISEÑO.

Tomando en cuenta la integración del software conjuntamente con la instrumentación que integran el sistema de control y monitoreo se pudieron realizar varias simulaciones dando como resultado el perfecto funcionamiento de la variable deseada y a su vez se pudo observar a través del scada la visualización de las variables físicas.

En las simulaciones, se utilizó un compresor de aire que genera una presión máxima de 110Psi. como gas de alta en la entrada de la carrera de medición, dicha presión es censada por el transmisor de presión identificado con el nombre de GLP y envía de forma alámbrica la señal analógica (1–5v) a la tarjeta TOTAL FLOW, el gas de alta pasa por la placa de orificio generando un diferencial de presión ( $\Delta p$ ) que es tomado por el transmisor de flujo identificado con el nombre de GLDP y transmite esta información analógica (4-20Ma) de forma alámbrica con protocolo R-485 a la RTU y esta la envía a la tarjeta controladora en protocolo R-232.

Siguiendo en el mismo orden de ideas, en las simulaciones se logró determinar el funcionamiento de la tarjeta TOTAL-FLOW mediante un programa matemático ya establecido, compara el punto de ajuste (Setpoint) con la variable GLDP en unidades de MPPG donde se denota lo siguiente: cuanto el setpoint es mayor al GLDP el comando es para cerrar la válvula, de lo contrario abrir la válvula y si es igual mantener posición de la válvula, todo esto tomando en cuenta las necesidades de inyección de gas que se requiera para la producción estable del Pozo recomendado por el Operador, la tarjeta controladora envía una señal analógica (4-20mA) al actuador eléctrico el cual mueve una válvula que regula el gas de entrada al pozo.

De manera tal, gracias a la simulación se logró calibrar el 0% y 100% del actuador eléctrico esto para conocer el recorrido de la válvula que

regula la inyección de gas, aguas debajo de la válvula de control, se encuentra el transmisor de presión con el nombre CHP, esta señal analógica (1-5v) va a la tarjeta TOTAL-FLOW al igual que los sensores de salida del pozo como son el THP que es la presión del cabezal y el PLP presión de la línea de producción, las pruebas arrojaron información importante para el ajuste de calibración de todas las variables como son el GLP, GLDP, CHP, THP y PLP.

En conclusión mediante la simulación se logró verificar todas las pruebas a los equipos de todas las variables físicas que intervienen en el proceso de inyección del gas al pozo viajaron de forma satisfactoria a la tarjeta controladora y que esta comunicara mediante la RTU de forma bidireccional al SCADA vía Ethernet, los resultados fueron positivos.

## CONCLUSIONES

Según los objetivos previamente establecidos por los investigadores en el presente estudio se procedió a elaborar las actividades planteadas, obteniendo los resultados pertinentes con lo que se pudo llegar a la formulación de las siguientes conclusiones.

En cuanto al análisis de las diferentes variables físicas para el control y monitoreo de inyección de gas, se obtuvo gracias a la observación directa y la entrevista no estructurada, donde se tomaron en cuenta las variables existente en el campo de trabajo dando como resultado el levantamiento de la información y los pasos a seguir para la elaboración del sistema de control y monitoreo.

Del mismo modo se pudo determinar mediante el análisis del problema que existe grandes distancias entre la sala de operación y los pozos, la inyección de gas en forma manual y la falta de información de las variables en tiempo real para el estudio y el comportamiento de la producción de pozos petroleros.

Asimismo, con el siguiente objetivo se determinó las variables físicas a controlar en el proceso de inyección donde se tuvo que tomar en cuenta los parámetros existente que influyen en el diseño del sistema y control, la información de los parámetros en cada pozo se obtiene mediante un estudio realizado que determina el tipo de levantamiento que se requiere.

Para proponer el diseño del sistema de control y monitoreo fue necesario estudiar las alternativas tanto en equipos como en materiales, planteando comparaciones con los sistemas de control con los sistemas presentes en la actualidad, dejando en claro un cierto grado de atraso al momento de la recolección de datos.

Dentro de este orden de ideas, procedimos a la construcción del prototipo para ello se utilizó el software de programación provisto por el fabricante de la tarjeta, conjuntamente se instaló toda la instrumentación requerida para la realización del sistema de control y monitoreo de variables físicas para el proceso de inyección de gas.

Y finalmente se demostró mediante pruebas el funcionamiento del prototipo arrojando excelentes resultados al momento de realizarle todas las respectivas simulaciones, controlando de manera exitosa la variable requerida por el sistema, captando las variables necesarias en ese momento y mostrando el valor real.

## RECOMENDACIONES

Una vez, elaboradas las conclusiones, se procede a realizar las recomendaciones las cuales se realizan en base al diseño del prototipo ya estudiado, las cuales sugiere:

- Diseñar un manual de usuario para la implementación y utilización del sistema de control y monitoreo de inyección a gas.
- Dictar cursos y charlas para el uso e implementación del sistema de control.
- Implementar un periodo de prueba adecuado para verificación el correcto funcionamiento del sistema.
- Incluir una mayor cantidad de variables para el monitoreo del proceso.
- Obtener instalaciones las medidas deben ser óptimas para mayor seguridad y poseer mayor funcionamiento al sistema de control.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### LIBROS

- Arias (2000). Técnicas de investigación. México, Cuarta edición.
- Baselis y Romeral (1998). Interferencias electromagnéticas en electrónica. México: Editorial AlfaOmega.
- Chávez. N. (2000). Introducción a la investigación educativa. Maracaibo, Editorial Universal.
- Creuss, A. (2010) Instrumentación Industrial 8va Edición México. Editorial Alfaomega. Marcombo.
- Galiana, A (1987) Gran Diccionario de las ciencias. Larousse. Barcelona, España
- Hurtado J. (2000). Metodología De la investigación Holística. Editorial SYPAL.
- Kúo B (1996) Sistema de control Automatizado.
- Ogata K. (2010) Ingeniería de control moderna 5ta Edición. Madrid, España. Editorial Prentice Hall.
- Ordaz G. Romero R. y Hernández F. (2003). Medición y control de procesos industriales. Editorial Alfaomega.
- Sánchez, J. (2003) Control Avanzado de procesos. Madrid, España. Editorial Díaz Santos.
- Sabino C, (2002). Como hacer un proyecto de investigación. Caracas-Venezuela. Editorial Panapo.
- Savant. C. (2000). Diseño electrónico, Circuitos y Sistemas. E.U.A: Editorial Addison Wesley.
- Sierra, B. (2002). Diccionario practico de estadísticas y técnicas de investigación científica. Madrid, Paraninfo.
- Tamayo y Tamayo M. (2003). El proceso de la investigación científica. Fundamento en la investigación. Manual de evaluación de proyectos, México: Editorial Limusa.

Zorrilla, S. (1998). Introducción a la metodología de la investigación. México: Editorial océano.

## TESIS DE GRADO

Quevedo, H. (2010), **Sistema de monitoreo y control de gas de cola en plantas procesadoras de H<sub>2</sub>S basados en un proceso de Claus.** Trabajo Especial de Grado (Ingeniero Electrónica) Universidad Rafael Beloso Chacín. Maracaibo – Venezuela.

Alvarado, H. (2010), **Sistema de control en múltiples de inyección de gas Lift.** Trabajo Especial de Grado (Ingeniero Electrónica) Universidad Rafael Beloso Chacín. Maracaibo – Venezuela.

Colmenarez, E (2011), **Sistema de control para la automatización de un múltiple de inyección de gas lift.** Trabajo Especial de Grado (Ingeniero Electrónica) Universidad Rafael Beloso Chacín. Maracaibo - Venezuela.

Babaresco, O. (2011), **Sistema de monitoreo y control automatizado para extrusoras de empaques de plásticos flexibles caso: Plástico del Sur, C.A.** Trabajo Especial de Grado (Ingeniero Electrónica) Universidad Rafael Beloso Chacín. Maracaibo – Venezuela.



UNIVERSIDAD  
Privada  
DR. RAFAEL BELLOSO CHACÍN

---

# Anexos

**ANEXO 1**

**ENTREVISTA NO ESTRUCTURADA**

## ENTREVISTA NO ESTRUCTURADA

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

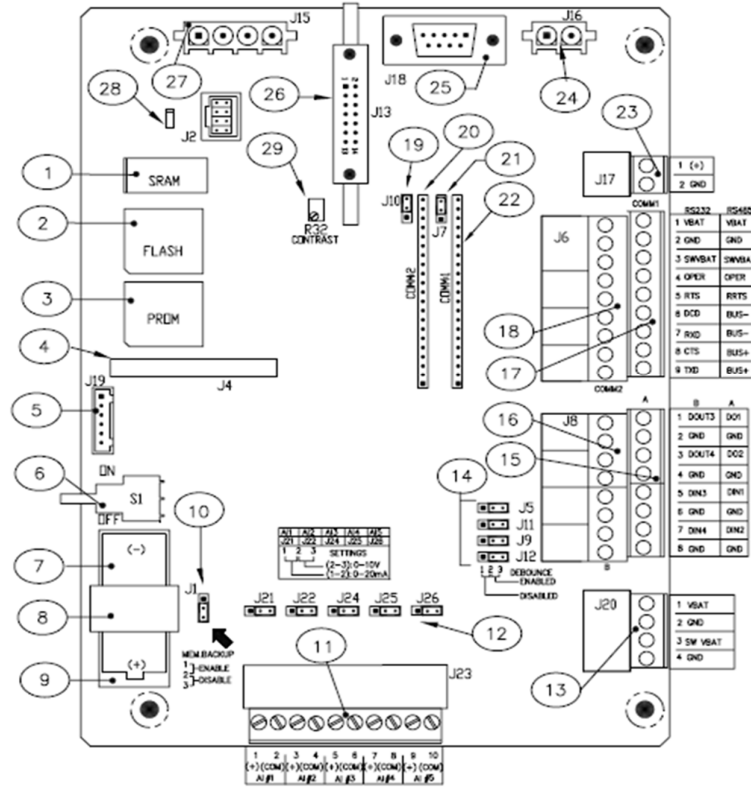
### PREGUNTAS

1. ¿Cuántos operarios trabajan en el proceso?
2. ¿Las variables que se da en un proceso de inyección se puede visualizar en tiempo real?
3. ¿Cuáles son los materiales y herramientas que se usan para el proceso de inyección?
4. ¿Se poseen manuales de algún tipo?
5. ¿Poseen diagramas del proceso?
6. ¿Qué tipo de levantamiento artificial se usa?
7. ¿Qué rango de presión se maneja en el sistema de gas de alta presión?

**ANEXO 2**

**ESPECIFICACION DE LA TARJETA XRC-195.**

**XRC-195 Board Specifications, Cont.**



**XRC-195 Board Specifications, Cont.**

**Table 1-1 XRC Board Component Descriptions**

ID Number	Description	ID Number	Description
1	SRAM (Lithium backed)	15	A-PI/DI/DO Connectors
2	Flash Program Memory	16	B- PI/DI/DO Connectors
3	Prom Loader/Utilities Memory	17	Remote Comm 1: Connectors
4	Factory Maintenance Interface	18	Remote Comm 2: Connectors
5	Keypad Connector	19	Remote Comm 2: RS-485 Term. Jumper
6	Security Switch	20	Remote Comm 2: Module Plug-in
7	Lithium Battery	21	Remote Comm 1: RS-485 Term. Jumper
8	Battery Cover	22	Remote Comm 1: Module Plug-in
9	Battery Mounting Bracket	23	External Charger Connector
10	Memory Backup Enable/Disable	24	Battery Connection
11	Analog Input Connectors	25	I/O Module Interface
12	Analog Input Selection Jumper	26	LCD Display Interface
13	Aux. Power Output Connectors	27	PCCU Interface
14	DeBounce Enable/Disable	28	SDRIVE: 32K E2Prom
		29	Contrast Potentiometer