

**SOPORTE AL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE PRECOMMISSIONING,  
COMMISSIONING Y PUESTA EN MARCHA DE LA UNIDAD 5100.**



**JUAN DAVID LÓPEZ DOMÍNGUEZ.**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA  
2015**

**SOPORTE AL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE PRECOMMISSIONING,  
COMMISSIONING Y PUESTA EN MARCHA DE LA UNIDAD 5100.**

**JUAN DAVID LÓPEZ DOMÍNGUEZ**

**Monografía De Práctica Empresarial Presentada Para Optar Al Título De  
Ingeniero Electrónico**

**Profesor Supervisor  
JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA  
Ingeniero Electrónico**

**Supervisor Consorcio IISCM  
NAIRO GONZÁLEZ VARGAS  
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA  
2015**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Bucaramanga, Noviembre de 2015**

## CONTENIDO

Pág.

### 1 Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN .....	12
2 CONSORCIO .....	13
2.1 DESCRIPCIÓN DEL CONSORCIO .....	13
2.2 CONSORCIO IDOM INELECTRA SCHRADER CAMARGO MORELCO (HISTORIA) .....	13
2.3 ORGANIGRAMA .....	15
3 OBJETIVOS .....	17
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
3.2 <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> .....	17
4 PLAN DE TRABAJO PROPUESTO .....	18
4.1 ACTIVIDADES .....	18
4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	18
5 MARCO TEORICO .....	20
5.1 SISTEMA TURBO GENERADOR .....	20
5.1.1 <i>Turbina de Gas</i> .....	21
5.1.2 <i>Caja de engranajes</i> .....	22
5.1.3 <i>Generador eléctrico</i> .....	23
5.1.4 <i>Subsistemas del Turbo Generador</i> .....	23
5.2 SISTEMA DE CALDERA RECUPERADORA DE CALOR .....	25
5.3 SISTEMAS CONTRA INCENDIO .....	26
5.3.1 <i>DAEI (Detección, Alarma, Extinción Incendio)</i> .....	26
5.3.2 <i>Sistema de Fire &amp; Gas Turbo</i> .....	27
5.3.3 <i>Sistema de Fire &amp; Gas de la planta</i> .....	27
6 DESARROLLO PLAN DE TRABAJO .....	28
6.1 PRECOMISIONAMIENTO .....	28
6.2 COMISIONAMIENTO .....	37
6.2.1 <i>Prueba de lazo para transmisores de presión</i> .....	39
6.2.2 <i>Pruebas de lazo para los Transmisores de temperatura</i> .....	39
6.2.3 <i>Pruebas de lazo para Válvulas de control y accesorios</i> .....	40
6.2.4 <i>Prueba de lazo para transmisores de nivel</i> .....	40
6.2.5 <i>Prueba de lazo para transmisores de flujo</i> .....	40
6.2.6 <i>Pruebas Funcionales</i> .....	43
6.2.7 <i>Prueba IPF</i> .....	43

<b>6.3 ARRANQUE</b> .....	44
<b>6.3.1 Arranque Turbo Generador</b> .....	44
<b>6.3.2 Arranque Caldera Recuperadora</b> .....	46
<b>7 APORTES AL CONOCIMIENTO</b> .....	47
<b>CONCLUSIONES</b> .....	48
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	49
<b>ANEXOS</b> .....	50
<b>ANEXO A</b> .....	51
<b>ANEXO B</b> .....	52
<b>ANEXO C</b> .....	53
<b>ANEXO D</b> .....	54

## LISTADO DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Cronograma de Actividades 2015	18

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Logotipo Empresa IDOM	13
<b>Figura 2.</b> Logotipo Empresa Inelectra International	14
<b>Figura 3.</b> Logotipo Empresa Schrader Camargo	14
<b>Figura 4.</b> Logotipo Empresa Morelco	15
<b>Figura 5.</b> Organigrama	16
<b>Figura 6.</b> Turbo Generador	20
<b>Figura 7.</b> Diagrama del Turbo Generador	20
<b>Figura 8.</b> Turbina	22
<b>Figura 9.</b> Subsistemas del Turbo Generador	23
<b>Figura 10.</b> Escape del Turbo Generador	24
<b>Figura 11.</b> Caldera Recuperadora	25
<b>Figura 12.</b> Diagrama de la Caldera Recuperadora	25
<b>Figura 13.</b> Formato Precomisionamiento y Comisionamiento.	30
<b>Figura 14.</b> Controlador CP-5107	31
<b>Figura 15.</b> Estación de D, Estación de A, Modulo monitor, Estación Manual.	31
<b>Figura 16.</b> Sirena y Luz Estroboscópica Interior.	32
<b>Figura 17.</b> Modulo Monitor (MM).	32
<b>Figura 18.</b> Campana, Modulo de control.	32
<b>Figura 19.</b> ECARO 25	33
<b>Figura 20.</b> CILINDROS ECARO 25	33
<b>Figura 21.</b> Gabinete de Comunicación.	34
<b>Figura 22.</b> Gabinete de Bornes	34
<b>Figura 23.</b> Gabinete de Relés.	35
<b>Figura 24.</b> Gabinete del Pc y tarjetas controladoras.	35
<b>Figura 25.</b> Tarjetas Lógicas.	36
<b>Figura 26.</b> RTU - GCS - NP	36
<b>Figura 27.</b> Equipo de Trabajo	38
<b>Figura 28.</b> Equipo de Trabajo	38

<b>Figura 29.</b> Certificado de Pruebas Lazos Analógicos	41
<b>Figura 30.</b> Certificado de Pruebas Lazos Discretos	42
<b>Figura 31.</b> Encendido de arranque del Turbo Generador GE	45

## GLOSARIO

**PRUEBAS DE LAZO**<sup>1</sup>: Antes de conectar el sistema de control al proceso se prueba que las variables procedentes del área de proceso lleguen al sistema de control sin perturbación y sin afectar a otras señales; se verifican límites de las variables, umbrales de alarmas, rangos, unidades de ingeniería, diagramas dinámicos, la operación de las interfaces con el operador y los lazos de control proceso.

**PRUEBAS FUNCIONALES**<sup>2</sup>: La prueba de circuitos es la parte más importante del trabajo de instrumentación por ser el paso anterior inmediato al arranque de la planta. Para ello se simulan las condiciones de operación de la planta con el fin de hacer operar el equipo. Cada circuito (loop) consta de varios equipos de campo y otros tantos de tablero; todos deberán funcionar cumpliendo con la secuencia y valores fijados por el proyecto y más tarde ajustados en los aparatos durante su calibración. Si el cable está correcto, libre de falsos contactos o conexiones a tierra y las conexiones en el punto exacto que les corresponde, en términos generales puede decirse que el circuito está correcto y listo para su revisión y entrega a la operativa

**SENSOR**<sup>3</sup>: Dispositivo que recibe directamente magnitudes (señales) del exterior y las transforma en otra magnitud, generalmente en variables eléctricas para que se puedan procesar y manipular fácilmente.

**P&ID**<sup>4</sup>: Un P&ID es lo que se define como un diagrama de tuberías e instrumentación (DTI) también conocido del idioma inglés como piping and instrumentation diagram/drawing (P&ID) y es un diagrama que muestra el flujo del proceso en las tuberías, así como los equipos instalados y el instrumental.

---

<sup>1</sup> PRUEBA DE LAZO [En línea] <http://myslide.es/documents/pruebas-lazo.html> [citado el 15 de Septiembre de 2015]

<sup>2</sup> PRUEBA FUNCIONALES [En línea] <http://documents.mx/documents/pruebas-lazo.html> [citado el 15 de Septiembre de 2015]

<sup>3</sup> SENSOR [En línea] [http://www.avid-romangonzalez.com/Sensores\\_y\\_Actuadores.pdf](http://www.avid-romangonzalez.com/Sensores_y_Actuadores.pdf) [citado el 15 de Septiembre de 2015]

<sup>4</sup>P&ID [En línea] <http://www.pirobloc.com/blog-es/que-es-un-piping-and-instrumentation-diagram/#.VjvSImQvcxd> [citado el 15 de Septiembre de 2015]

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TÍTULO:** SOPORTE AL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE PRECOMMISSIONING, COMMISSIONING Y PUESTA EN MARCHA DE LA UNIDAD 5100.

**AUTOR(ES):** JUAN DAVID LÓPEZ DOMÍNGUEZ

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA.

**DIRECTOR(A):** JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

### **RESUMEN**

La labor desempeñada durante el proceso de prácticas empresariales en Consorcio Idom Inelectra Schrader Camargo Morelco fue de dar soporte en cuanto al desarrollo de trabajos de precomisionado, comisionado y puesta en marcha de la unidad 5100, para esto se direcciono personal instrumentista, se realizaron planes de desarrollo de las actividades con el personal de GE y personal de MACCHI, se realizaron pruebas de lazo, calibración de instrumentos, llenado de documentos, pruebas funcionales, pruebas IPF, acompañamiento para el arranque del turbo generador y la caldera recuperadora 5100 e inspecciones posteriores a los arranques iniciales.

**PALABRAS CLAVES:** Precomisionado, Comisionado, Puesta en Marcha, Sensores, Instrumentos.

**VºBº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** SUPPORT THE DEVELOPMENT OF THE WORK OF PRECOMMISSIONING, COMMISSIONING AND STARTING UNIT 5100.

**AUTHOR:** JUAN DAVID LÓPEZ DOMÍNGUEZ

**FACULTY:** FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

**DIRECTOR:** JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

### **ABSTRACT**

The work done during business practices in consortium Idom Inelectra Schrader Camargo Morelco was support for the development of pre-commissioning works, commissioning and start up of the unit 5100, for this staff was routed instrumentalist, plans were made development activities with GE staff and staff MACCHI, loop testing, instrument calibration, filled documents, functional testing, IPF, support for starting the turbo generator and the recovery boiler 5100 and subsequent inspections to be conducted initial starting.

**KEYWORDS:** Precommissioning, Commissioning, Start up of the plant, Sensors, Instruments.

**VºBº DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## INTRODUCCIÓN

El presente documento expone el proceso realizado como practicante en el área de PCA en el Consorcio Idom Inelectra Schrader Camargo Morelco, labor que inicio el 15 de mayo del 2015 como práctica empresarial (según el Acta 017-2013 aprobada por el Comité de Prácticas Empresariales de Ingeniería Electrónica) y finalizada el 15 de septiembre de 2015. También evidencia las actividades realizadas durante el proceso de la práctica.

Dicho lo anterior se debe tener en cuenta que los objetivos planteados en esta practica fueron para darle finalidad a un proceso de construcción de una planta cogeneradora de vapor y energía y los procesos involucran hacer acompañamiento en el precomisionado, comisionado, arranque de la planta y se pasaron reportes sobre lo construido y lo que hace falta, por otra parte otro objetivo fue la realización de las pruebas de lazo que corroboraron que lo construido estaba de acuerdo a lo planeado por ingeniería, a su vez se realizaron pruebas funcionales que verificaron que todos los instrumentos trabajaban correctamente con el sistema y para finalizar se hizo acompañamiento en la arrancada de la planta para verificar que la planta genere 35 MW de potencia y 400000 libras de vapor por hora.

Para lograr el cumplimiento del objetivo principal propuesto y debido a la gran responsabilidad que tenía esta práctica, se recibio capacitacion y acompañamiento en el proceso para afianzar los conocimientos en Ingeniería Electrónica e intrumentacion.

## 2 CONSORCIO

### 2.1 DESCRIPCIÓN DEL CONSORCIO

Idom Inelectra Schrader Camargo Morelco, es un consorcio cuya finalidad es realizar la contratación con Ecopetrol Refinería Barrancabermeja, de una nueva planta cogeneradora de vapor y energía llamada unidad – 5100, haciendo Precomisionamiento, Comisionamiento e iniciar el proceso de arrancada de la planta.

### 2.2 CONSORCIO IDOM INELECTRA SCHRADER CAMARGO MORELCO (HISTORIA)

El consorcio está conformado por cuatro empresas que entrare a detallar a continuación:



Figura 1. Logotipo Empresa IDOM

Idom<sup>5</sup> nació en 1957, como fruto del esfuerzo y del trabajo integrador del ingeniero Rafael Escolá (Barcelona 1919 - Bilbao 1995). Apoyado por un joven ingeniero, Luis Olaortúa (1932-2003), Rafael Escolá hizo de Idom una Asociación de profesionales en la que las personas cooperan entre sí, unidas por el trabajo y por la propiedad de la Firma, buscando el desarrollo profesional y humano, así como el mejor servicio al Cliente.

Rafael y Luis fueron también pioneros en la prestación de servicios profesionales e independientes de ingeniería, en una época en la que los ingenieros trabajaban, mayoritariamente, como empleados de las grandes empresas industriales.

La evolución del mercado y las nuevas necesidades de los clientes, hicieron que Idom iniciara un camino de permanente crecimiento, tanto en servicios como en

---

<sup>5</sup> IDOM Descripción-Colombia [En línea] <http://www.idom.com/es/quienes-somos/historia/> [citado el 15 de Septiembre de 2015]

personas, que ha conducido a un Grupo líder y multidisciplinar en el que ejercen su actividad profesional más de 2.500 personas, distribuidas en 34 oficinas ubicadas en dieciséis países a lo largo de 5 continentes.



**Figura 2.** Logotipo Empresa Inelectra International

Inelectra International a Tiger Company<sup>6</sup> es una compañía de ingeniería y construcción especializada en los sectores energético, industrial y minero. Con más de 40 años de experiencia y más de 700 profesionales especializados, ofrecemos a nuestros clientes todo el espectro de los servicios de ingeniería, y de proyectos IPC, en sus distintas modalidades de contratación.



**Figura 3.** Logotipo Empresa Schrader Camargo

Schrader Camargo<sup>7</sup>, empresa del Grupo Xignux, está posicionada como el referente en Colombia para proyectos de Montajes Electromecánicos, Ingeniería, Procura y Construcción, en los sectores de Petróleo y Gas, Energía, Minería e Industria. Schrader Camargo busca la satisfacción del cliente en la ejecución de sus proyectos, con estándares de clase mundial en seguridad, calidad y manejo del medio ambiente. En los 52 años Schrader Camargo ha participado en el desarrollo de los sectores que han determinado el crecimiento del país y la región.

---

<sup>6</sup> Inelectra International Descripción-Colombia [En línea] <http://tiger-cos.com/Inelectra-Internacional.aspx> [citado el 15 de Septiembre de 2015]

<sup>7</sup> Schrader Camargo Descripción-Colombia [En línea] [http://www.schradercamargo.com.co/about\\_us](http://www.schradercamargo.com.co/about_us) [citado el 15 de Septiembre de 2015]



**Figura 4.** Logotipo Empresa Morelco

Morelco S.A<sup>8</sup>., es una compañía fundada en el año 1977 en la ciudad de Cali, con una orientación hacia el sector eléctrico. Desde sus inicios ha estado en continuo crecimiento, lo cual le ha permitido expandirse hacia otros sectores de la economía a nivel nacional e internacional.

Actualmente desarrolla actividades de Diseño, Procura, Construcción, Montaje, Mantenimiento y Operación presentando soluciones integrales en el campo de la Ingeniería, acordes con las necesidades de los Clientes, con altos estándares de calidad, salud ocupacional, responsabilidad social y de respeto al medio ambiente sustentados en un Sistema de Gestión integral certificado en las normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001 y con certificación del Consejo Colombiano de Seguridad.

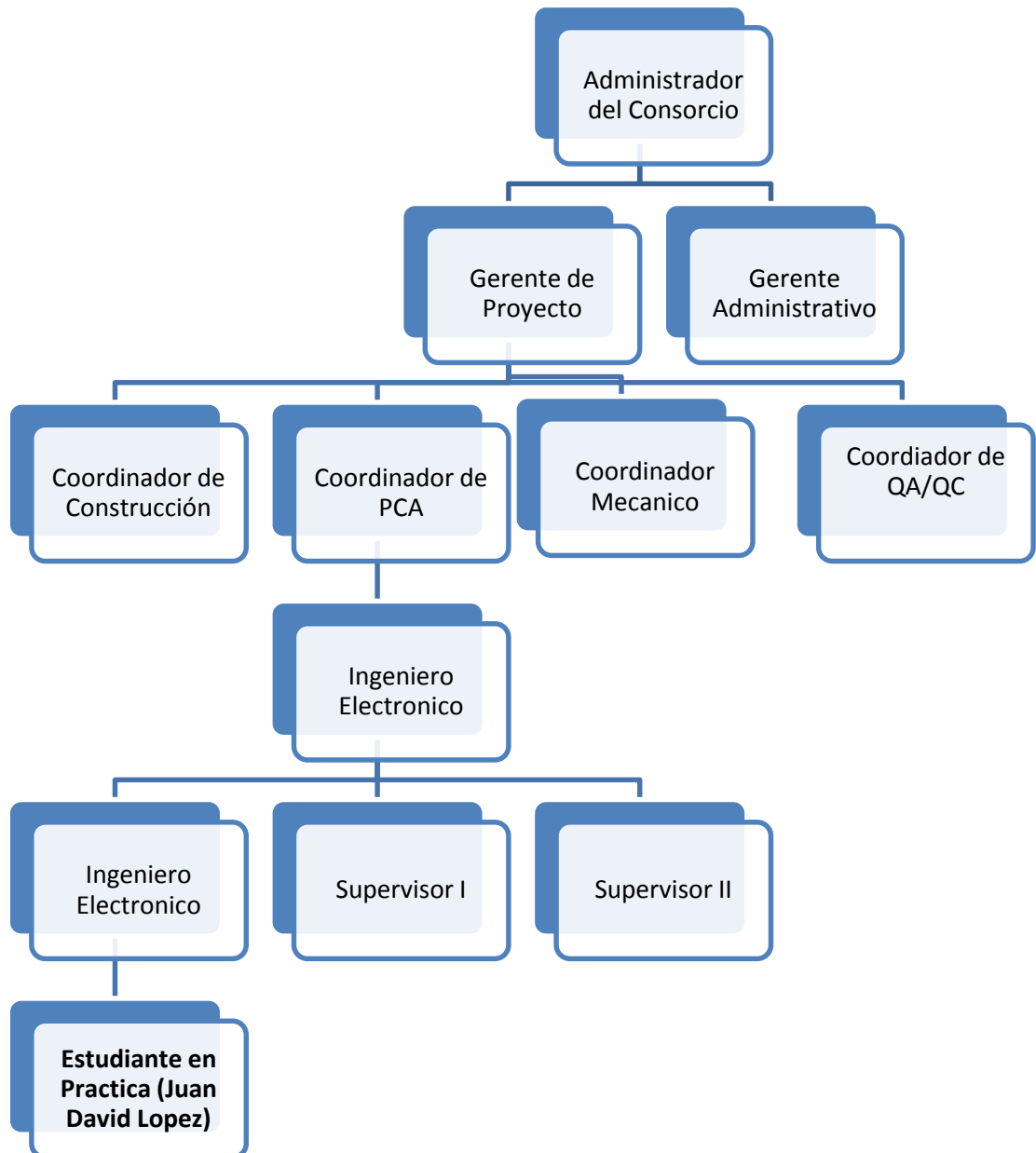
### **2.3 ORGANIGRAMA**

La empresa se encuentra organizada de la siguiente manera, un administrador del consorcio quien se encarga de supervisar tanto la parte operativa como la parte administrativa, explicare la parte operativa en la cual sigue un gerente del proyecto quien se encarga de tomar las decisiones al nivel técnico del proyecto seguido al gerente se encuentran los coordinadores de las diferentes áreas explicare el área de PCA(Precomisionamiento Comisionamiento y Arranque) seguido al coordinador de PCA se encuentra un Ing. Electrónico el cual comanda una cuadrilla de dos supervisores un Ing. electrónico y un estudiante en practica.

---

<sup>8</sup> Morelco S.A. Descripción-Colombia [En línea] <http://www.morelco-sa.com/es/quienes-somos/historia-.html> [citado el 15 de Septiembre de 2015]

Figura 5. Organigrama



Fuente: Autor.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Precomisionar, comisionar y arrancar el proyecto de la UNIDAD 5100 (Turbo Generador TG 5100, Caldera Recuperadora B5100 y Caldera Convencional B5120 en la Refinería de Barrancabermeja, ECOPETROL S.A)

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Garantizar la integridad de las instalaciones, de los instrumentos de la UNIDAD 5100 desenergizado todos los instrumentos
- Verificar y Testear los instrumentos instalados energizados y los que son conectados Neumáticamente.
- Gestionar que todos los instrumentos estén funcionando correctamente.
- Apoyar a poner en marcha el Turbo Generador 5100 y las Calderas combinando la ingeniería y la lógica en todos los instrumentos.
- Adquirir habilidades y conocimiento en el manejo de los diferentes equipos para la realización de pruebas de lazo y funcionales.

## 4 PLAN DE TRABAJO PROPUESTO

### 4.1 ACTIVIDADES

- Realizar precomisionado de DAEL, mediante la revisión de todos los elementos de este sistema y valorado en un formato de “Precomisionamiento y Comisionamiento”.
- Realizar seguimiento a los avances de la RTU, mediante pruebas de lazo y formatos de prueba de lazos.
- Realizar Precomisionado del Turbo Generador, mediante pruebas de lazo con un equipo de trabajo y el personal de GE también se llenaran los respectivos Formatos finalizados las pruebas de lazo se harán pruebas funcionales y queda el turbo listo para la puesta en marcha.
- Realizar Precomisionado de la Caldera B-5100(Caldera Recuperadora de Calor), mediante pruebas de lazo y pruebas funcionales.

### 4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 1. Cronograma de Actividades 2015

ACTIVIDAD	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Inducción general sobre el consorcio.	X															
Reconocimiento de toda la planta.	X	X														
Precomisionado al Sistema DAEL. Terminado el precomisionado se puso en marcha y fue entregado a Ecopetrol quedando en custodia de ellos.				X	X	X										

ACTIVIDAD	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Acompañamiento a la RTU, verificando los lazos, continua en proceso (la empresa Soltec falta definir señales por ingeniería)						X	X									
Inicio Precomisionado del turbo, verificación de todos los instrumentos del turbo en frio( llenar formatos)								X	X	X						
Se inicia Pruebas de Lazo del Turbo Generador 5100 con los Italianos de GE										X	X	X				
Se inicia Pruebas Funcionales del Turbo Generador 5100 con los Italianos de GE												X	X	X		
Se inicia Pruebas Funcionales de la caldera Recuperadora B-5100														X	X	X

Fuente: Autor.

## 5 MARCO TEORICO

El desarrollo de la práctica se dio en la nueva unidad de cogeneración U-5100 que está conformada por una turbina a gas TG-5100 para la generación de 35 MW de electricidad, que operará con gas natural como combustible. Los gases de salida de la combustión se utilizarán para la generación de vapor de media presión en la caldera de recuperación de calor B-5100 (HRSG).

En esta sección se indicarán los términos y sistemas intervenidos para ayudar a comprender en su totalidad las actividades relacionadas con el proceso de prácticas desempeñado y se describen de la siguiente manera:

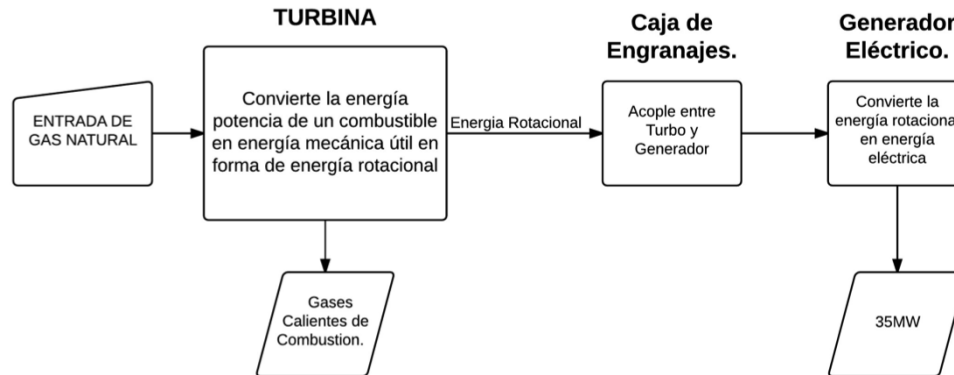
### 5.1 SISTEMA TURBO GENERADOR

**Figura 6.** Turbo Generador



Fuente: Autor.

**Figura 7.** Diagrama del Turbo Generador



Fuente: Autor.

La nueva unidad de procesos, cuenta con un generador de 35 MW/h el cual tiene un sistema de control autónomo y un sistema de seguridad y protección embebido. El turbogenerador está integrado al sistema de control de la planta BPCS por medio de una red TCP/IP; las señales y alarmas del TG también estarán disponibles en las pantallas del DCS de la unidad de Cogeneración.

El sistema general del turbo generador está compuesto principalmente por los siguientes elementos:

Una turbina a gas modelo MS6001B DLN con combustible dual, una caja de engranajes y un generador eléctrico.

Cada elemento se describe a detalle a continuación:

### 5.1.1 Turbina de Gas<sup>9</sup>.

Es una máquina de conversión de energía que convierte la energía potencia de un combustible en energía mecánica útil en forma de energía rotacional. Funciona de

<sup>9</sup> Turbina de Gas [En línea] [https://mysolar.cat.com/es\\_MX/products/gas-turbine-overview.html](https://mysolar.cat.com/es_MX/products/gas-turbine-overview.html) [citado el 15 de Septiembre de 2015]

la siguiente manera: el aire es absorbido al interior de la turbina donde se comprime, se mezcla con el gas combustible y se enciende. El gas caliente resultante se expande a gran velocidad a través de una serie de alabes de forma aerodinámica transfiriendo la energía creada de la combustión para hacer girar un eje de salida, la energía térmica residual del gas de escape caliente puede ser aprovechada en una variedad de procesos industriales.

**Figura 8.** Turbina



Fuente: Autor

### **5.1.2 Caja de engranajes.**

Este elemento es un sistema sellado y aislado al cual solo se le suministra aceite para su correcto funcionamiento.

Acopla el Turbo y el Generador Eléctrico.

### 5.1.3 Generador eléctrico<sup>10</sup>.

Es un aparato capaz de mantener una diferencia de cargas eléctricas entre dos puntos (Voltaje) utilizando el principio de inducción electromagnética que establece que si un conductor eléctrico es movido a través de un campo magnético, se inducirá una corriente eléctrica que fluirá a través del conductor.

Con este sistema se produce energía de 35 MW/h.

### 5.1.4 Subsistemas del Turbo Generador.

El turbo generador esta compuesto por una serie de subsistemas que le permiten la generación de energía eléctrica, tal como se evidencia en la figura 9.

**Figura 9.** Subsistemas del Turbo Generador



Fuente: Autor.

El turbo generador para la salida de los gases calientes posee un escape de gran tamaño el cual comunica el turbo y la caldera recuperadora, este escape tiene un recubrimiento en perlita y fibra de vidrio la cual le permite mantener la temperatura de del gas para que llegue a la caldera recuperadora y esta energía calórica sea aprovechada al máximo.

---

<sup>10</sup> Generador Electrico. [En línea] <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-un-generador-electrico/> [citado el 15 de Septiembre de 2015]

**Figura 10.** Escape del Turbo Generador



Fuente: Autor.

A continuación se nombran los subsistemas que componen el turbo generador

- Instrumentación de la turbina de gas (dispositivos de control / medición)
- Sistema de lubricación
- Sistema de enfriamiento y sellado de aire
- Sistema de aceite de desconexión
- Sistema de aire para instrumentos
- Sistemas de agua de enfriamiento
- Sistema de medios de arranque
- Sistema de combustible gaseoso
- Sistema de combustible líquido
- Sistema de aire de atomizado
- Sistema de detección y protección contra fuego
- Sistema de inyección de vapor
- Sistema de calentamiento del sangrado de entrada
- Sistema de alimentación hidráulica
- Sistema de calefacción y ventilación
- Sistema de limpieza
- Sistema de lavado del compresor
- Sistema de inyección de agua

- Sistema de alabes de guía de entrada
- Sistema de entrada y escape
- Sistema de detección de gas peligroso
- Sistema de purga de combustible
- Sistema de monitoreo de desempeño
- Sistema de inhibición de combustible
- Sistema de caja de engranajes accesoria y de carga

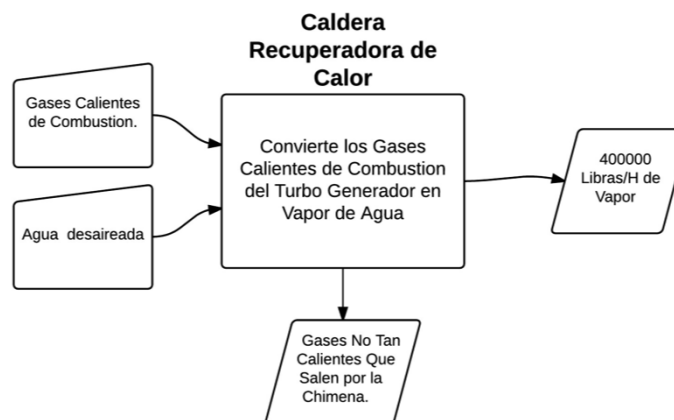
## 5.2 SISTEMA DE CALDERA RECUPERADORA DE CALOR

Figura 11. Caldera Recuperadora



Fuente: Autor.

Figura 12. Diagrama de la Caldera Recuperadora



Fuente: Autor.

Es un elemento encargado de aprovechar la energía de los gases de escape de una turbina de gas y los transforma en vapor.

### **5.3 SISTEMAS CONTRA INCENDIO**

La planta cuenta con tres sistemas contra incendio:

#### **5.3.1 DAEI (Detección, Alarma, Extinción Incendio).**

Que consiste en un sistema que detectara el humo o fuego, dará un aviso mediante una alarma y finalmente lo extinguirá mediante un agente limpio que neutralizara el fuego, este sistema se encuentra instalado en 3 sectores, se encuentra en el cuarto de control, cuarto técnico, y subestación eléctrica ET-220, este sistema es controlado por un controlador de marca Fike.

Los instrumentos que conforman este sistema, y son los siguientes:

- 48 Sensores de Humo Identificados con el Tag DS-51001 – hasta el Tag DS-51048.
- 3 Módulo Relay Identificados con el Tag MR-51001 – hasta el Tag MR-51003.
- 16 Estaciones Manuales Identificadas con el Tag MS-51003.
- 14 Módulos de control Identificados con el Tag MC-51006.
- 24 Módulos Monitor Identificados con el Tag MM-51123.
- 9 Sirenas y Luces Estroboscópica Interior Identificadas con el Tag IHL-51001.
- 3 Sirenas y Luces Estroboscópica Exterior Identificadas con el Tag OHL-51001.
- 2 Estaciones de Desconexión Identificadas con el Tag MD-51001.
- 3 Estaciones de Aborto Identificadas con el Tag MA-51001.
- 3 Estaciones de Descarga Identificadas con el Tag MF-51001.
- 2 Selector de cilindro Identificadas con el Tag MI-51001.
- 8 Switch Identificado con el Tag PS-51001.

- 6 Cable detector de calor Identificado con el Tag LHD-51001.
- 4 Válvulas identificadas con el Tag IPV-51001.
- 2 Campanas identificadas con el Tag BHL-51001.
- 1 Controlador identificado con el Tag CP-5107

### **5.3.2 Sistema de Fire & Gas Turbo.**

Sistema contra incendio que se encuentra dentro del turbo generador y es controlado por un panel de Promel este posee 10 sensores de temperatura y 10 sensores de gas, este sistema es para la protección del turbo el cual entra en funcionamiento cuando detecta fuego o una temperatura elevada fuera de control y manda un shut down al turbo y esparce un agente limpio el otro caso es cuando detecta gas natural en rangos fuera de control y manda un shut down al turbo.

### **5.3.3 Sistema de Fire & Gas de la planta.**

Que se encuentra en todas las áreas externas, teniendo encuentra puntos importantes de las calderas, este sistema contra incendio es controlado mediante un PLC Honeywell, se encarga de detectar y alarmar fuegos o escapes de gas natural en la planta.

## 6 DESARROLLO PLAN DE TRABAJO

Las etapas de desarrollo que se tuvieron en cuenta para la ejecución del proyecto fueron: Precomisionamiento, Comisionamiento y acompañamiento al arranque, a continuación se procederá a profundizar en cada una de ellas con el fin de dar a conocer los lineamientos y labores desempeñadas durante el proceso de prácticas.

### 6.1 PRECOMISIONAMIENTO

Para realizar el Precomisionamiento, las actividades principales a realizar durante el proceso de la práctica fueron:

Verificaciones sistemáticas de conformidad a los diferentes sistemas, realizadas en cada elemento de la unidad, tales como cualquier tipo de instrumental instalado, motores eléctricos, válvulas, disyuntores, cables eléctricos y del instrumental, etc., para verificar visualmente las condiciones del equipo, la calidad de la instalación, el cumplimiento de lo establecido en los planos y especificaciones del proyecto, las instrucciones del proveedor, las reglas de seguridad, las reglamentaciones, las normas y las buenas prácticas de construcción<sup>11</sup>.

En esta fase se hicieron las siguientes inspecciones visuales en cada uno de los sistemas:

- Se verifico que el Tag del instrumento corresponda con P&ID
- Se verifico que los instrumentos estén en la posición correcta.
- Se revisó las conexiones mecánicas y eléctricas estén de acuerdo con lo previsto por el proyecto
- Que los drenajes, descargas, y válvulas de aislamiento estén correctamente instaladas.
- Se verifico que todos los transmisores hayan sido montados de acuerdo con las especificaciones.

---

<sup>11</sup> CONSORCIO IDOM INELECTRA SCHRADER CAMARGO MORELCO. Volumen II TPC. 112 paginas

- Se verifico que las válvulas de bloqueo y "By-Pass" hayan sido instaladas correctamente.
- Se revisó que las conexiones con el proceso sean correctas en lo que se refiere a pendiente y aislamiento.
- Se verifico que los posicionadores estuviesen correctamente conectados con el vástago de la válvula de control.
- Se verifico que las conexiones con el proceso estuvieran de acuerdo con los listados de materiales por lo que se refiere al tubo o tubing, los racores y las válvulas.
- Se revisó que las cajas de conexión estén cableadas adecuadamente y estuvieran instaladas en la posición planimetría prevista.
- Se verifico que los ductos de Conduit estuvieran sellados en los puntos que requería.

La finalidad de estas inspecciones visuales era el cumplimiento a cabalidad de los parámetros, por lo que si encontraba cualquier incumplimiento en los parámetros de los sistemas, se debía informar al área de construcción, para hacer los ajustes respectivos. Dentro de mis labores de práctica se apoya al área de construcción gestionando personal de PCA para finalizar esta tarea.


Finalizada las inspecciones visuales, se pasa a una etapa más intrusiva, las cual comprendía las siguientes actividades:

- Se comprobó la continuidad de los cables de señalización de la instalación a la sala de control y a su respectivo gabinete y puntos de bornera.
- Se Identificaron los cables de acuerdo con las especificaciones y los esquemas de cableado.
- Se acompañó al personal a realizar mediciones a las resistencias de aislamiento donde se corrobora una resistencia mínima de 2 megohmios entre los conductores, y entre éstos y la tierra.

Todas estas labores fueron desarrolladas dejando como evidencia el formato Precomisionamiento y Comisionamiento de instrumentación y control por cada instrumento , los cuales son auditados por el ente interventor "Applus".

El modelo de este formato se muestra en la Figura 13 este formato era diligenciado en campo y se realizó uno por cada instrumento.

Figura 13. Formato Precomisionamiento y Comisionamiento.

		<b>PRECOMISIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL CHECK LIST</b>			Documento: IT-IN-333-06-F06 Pagina: 1 Revision: 0 Fecha: ENERO 2015
AREA / UBICACIÓN: U-5100 /Cuarto técnico - Techo falso - Piso 2				TAG: DS-51030	
SISTEMA: 1346-5100-I-002 SISTEMA DE DETECCIÓN.			SUBSISTEMA: 1346-5100-I-002-001 SISTEMA DE DETECCIÓN, ALARMA Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS (DAEI).		
SERVICIO: SENSOR DE HUMO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	N/A	
1	EL TAG ES EL CORRECTO				
2	EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO				
3	LA INSTALACIÓN DEL INSTRUMENTO ESTA DE ACUERDO CON P&ID Y CON LAS RECOMENDACIONES DEL VENDOR.				
4	EL INSTRUMENTO CUMPLE CON LOS TÍPICOS DE MONTAJE.				
5	LOS SOPORTES SON LOS ADECUADOS Y PROTEGEN EL EQUIPO CONTRA VIBRACION				
6	EL INSTRUMENTO ESTA INSTALADO DE ACUERDO CON LA DIRECCIÓN DE FLUJO DEL PROCESO				
7	EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA CONECTADO CORRECTAMENTE A PROCESO				
8	EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA CABLEADO HASTA LA JB CORRESPONDIENTE				
9	EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA CONEXIONADO Y MARQUILLADO				
10	EL EQUIPO SE ENCUENTRA ENERGIZADO.				
11	EL INSTRUMENTO SE ENCUENTRA CONEXIONADO A TIERRA.				
12	FORMATO DE MEGGEO DE CABLES.				
13	FORMATO LIBERACIÓN MECANICA.				
14	FORMATO DE PRUEBA DE LAZO.				
15	VERIFICAR PLANOS RED LINE CONTRA LO INSTALADO EN CAMPO.				
16					
OBSERVACIONES:					
	REALIZADO POR	REVISADO POR	VERIFICADOR POR	INTERVENTORIA	
NOMBRE	WALTER AGUAS MORENO	NAIRO GONZALEZ VARGAS	YANETH ROZO MORENO	RICARDO MARTINEZ PARADA	
FIRMA					
CARGO	SUPERVISOR INSTRUMENTOS PCA	ING. INSTRUMENTACION PCA	INGENIERA QA/QC	ESP. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	
FECHA					

Fuente: Consorcio IISCM

A continuación ilustrare algunos instrumentos a los cuales se les realizo actividades de Precomisionamiento del sistema de DAEI:

Este instrumento es el que controla los demás equipos del sistema

**Figura 14.** Controlador CP-5107



Fuente: Autor.

A continuación se ilustra una imagen y se puede visualizar un botón rojo donde al activarse inicia una cuenta regresiva para descargar el agente limpio el cual tiene un costo aproximado de 90 millones de pesos y esta descargar se realiza en minuto y medio; el botón amarillo que sigue es el botón de aborto o hombre muerto el cual inhabilita la descarga mientras se encuentre presionado, la manija roja es una estación manual la cual libera las puertas y hace sonar las alarmas.

**Figura 15.** Estación de Descarga(MF Botón Rojo), Estación de Aborto(MA Botón Amarillo), Modulo monitor(MM caja blanca) Estación Manual(MS Manija Roja)



Fuente: Autor.

Las sirenas se activa cuando se produce una alarma en el panel al activarse dos sensores de diferentes zonas observar figura 16.

**Figura 16.** Sirena y Luz Estroboscópica Interior(IHL Caja Roja)



Fuente: Autor.

En la siguiente imagen se muestra el modulo monitor que son las casillas que monitorean y verifican el estado de los sensores.

**Figura 17.** Modulo Monitor (MM).



Fuente: Autor.

**Figura 18.** Campana (BS Color Rojo), Modulo de control(MC Caja blanca).



Fuente: Autor.

Este sistema utiliza un agente limpio llamado ECARO 25 de la empresa Fike cada descarga de estos cilindros cuesta aproximadamente 90 millones ver figura 20.

**Figura 19.** ECARO 25



Fuente: <http://upsistemas.co/images/ecaro.jpg>

**Figura 20.** CILINDROS ECARO 25



Fuente: <http://www.integral-energy.com/seguridadindustrial/recargadegas.php>

Otro sistema que se le realizo Precomisionamiento fue el sistema de la RTU y se hablar a continuación de este sistema

La RTU es un sistema controla las casillas de la subestación eléctrica, adicionalmente la RTU se comunica con el CCP; que es el centro de control de potencia de todo Ecopetrol y envía las señales de cuanto es la generación de energía de la planta.

La RTU también envía y recibe señales del turbo generador GT-5100 para llevar el adecuado control de la generación de energía, transmitiéndolo al CCP para así controlar la potencia que genera esta planta. El modulo que de comunicación con el CCP se muestra en la figura 21, el conexionado entre los relés y las casillas de la subestación de se evidencia en la figura 22 los relés se evidencian en la figura 23, y las tarjetas que reciben y controlan la información entre el CCP y la

subestación se observan en las figuras 24 y 25; se puede ver el conjunto completo de la RTU en la figura 26.

**Figura 21.** Gabinete de Comunicación.



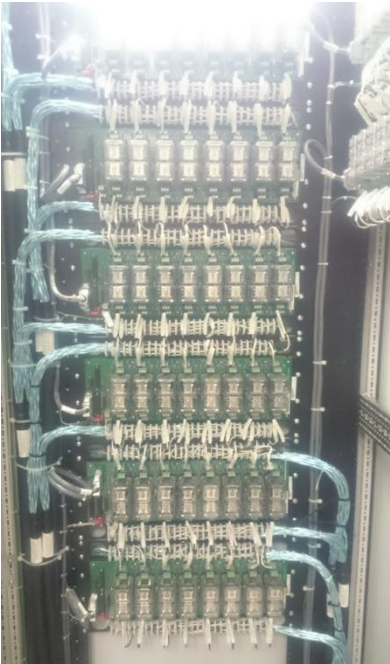
Fuente: Autor.

**Figura 22.** Gabinete de Bornes



Fuente: Autor.

**Figura 23.** Gabinete de Relés.



Fuente: Autor.

**Figura 24.** Gabinete del Pc y tarjetas controladoras.



Fuente: Autor.

**Figura 25.** Tarjetas Lógicas.



Fuente: Autor.

**Figura 26.** RTU(se encuentran relés) - GCS(Borneras) – NP(Comunicación)



Fuente: Autor.

## 6.2 COMISIONAMIENTO

En esta fase para iniciar los procesos de Comisionamiento se realizaron las siguientes actividades:

- Se le informa a interventoría, los que se encuentran en el campo y otros en el cuarto técnico para que den aval de las pruebas que se van a realizar
- Energización de todos los instrumentos de los diferentes sistemas
- Se realizó calibración de los instrumentos en campo utilizando hart 475 de Emerson Process Management.
- Se realizó ajuste del cero de los instrumentos y ajuste de la señal de salida.
- Mediante un documento llamado I/O List se verifica el rango de los instrumentos y se verifica las alarmas por alto y por bajo de los instrumentos que informe esta lista que tengan alarmas.

Al finalizar estas actividades, se procedió a iniciar las pruebas de lazo a todos los elementos de los diferentes sistemas, introduciendo una señal simulada del transmisor al receptor y desde este último al elemento final de control, a su vez se puso en condiciones de funcionamiento todos los componentes auxiliares de la cadena principal es decir alarmas, interbloqueos, cortes y disparos de los sistemas.

Cabe resaltar que a los sistemas de emergencia o bloqueos se le realizó comprobaciones en secuencia individual y la salida de los transmisores en general fue de 4-20 mA, con protocolo Hart.

A continuación se muestra el equipo de trabajo en la figura 27 y figura 28.

**Figura 27.** Equipo de Trabajo(Derecha Izquierda Supervisor, Ing. Electrónico, Especialista de GE, Juan Lopez, Supervisor)



Fuente: Autor.

**Figura 28.** Equipo de Trabajo(Derecha Izquierda Juan Lopez, Especialista MACHHI)



Fuente: Autor.

Las pruebas de lazo se realizaron en específico para cada tipo de instrumento las cuales son los siguientes:

### **6.2.1 Prueba de lazo para transmisores de presión<sup>12</sup>.**

- Se Verifico que el número de identificación del instrumento coincidiera con el de la hoja de datos.
- Se usó el calibrador neumático, según el rango a medir y se aplicó una presión igual al 0, 25, 50, 75, 100% del rango en forma ascendente y descendente, verificando que la salida de corriente del transmisor fuera la correcta para los cinco puntos, en el cuarto de control en el sistema del DCS.
- Al alcanzar las tolerancias indicadas por el fabricante se marcó el transmisor con la fecha y el certificado de calibración.

### **6.2.2 Pruebas de lazo para los Transmisores de temperatura<sup>12</sup>.**

- Se verifico que el número de identificación del instrumento coincida con el de la hoja de datos.
- Se retiraron las conexiones de la RTD e instalar una resistencia variable (de la década de resistencias o simulador).
- Con la década de resistencias y la tabla del RTD, se simulo los valores correspondientes a 0, 25, 50, 75, y 100% del rango en forma ascendente y descendente. Se Verifico que la salida de corriente del transmisor es correcta para los cinco puntos.
- Se desconectó la década y se conectó el sensor verificando la temperatura ambiente para asegurar que el conexionado haya sido correctamente realizado.
- Se desconectó uno de los terminales de la RTD y se verifico que la salida máxima o mínima del transmisor esté de acuerdo con lo especificado y se reconecto.
- Cuando se alcanzó las tolerancias indicadas por el fabricante se marcó el indicador con la fecha y certificado de calibración y se devolvió al sitio inicial.

---

<sup>12</sup> CONSORCIO IDOM INELECTRA SCHRADER CAMARGO MORELCO. GRB-MA0011889-12001-ID-INS-ET-001\_1 EspeTecn montaje. 37 paginas

### **6.2.3 Pruebas de lazo para Válvulas de control y accesorios<sup>12</sup>.**

- En cada válvula de control se aplicaron precisas señales de entrada; el valor de dichas señales fue conforme con las especificaciones del proyecto.
- Las señales se hicieron variar dentro de los límites mínimos y máximos, para controlar la acción efectiva de la válvula y/o posicionador.
- Se corrigió debidamente la desviación del vástago de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- La calibración de las válvulas de control fue una actividad a realizar "in situ".

### **6.2.4 Prueba de lazo para transmisores de nivel<sup>12</sup>.**


- Se Verifico que el número de identificación del instrumento concediera con el de la hoja de datos.
- Se aplicó un nivel de 0, 25, 50, 75, 100% del rango en forma ascendente y descendente, verificando que la salida de corriente del transmisor fuera la correcta para los cinco puntos, en el cuarto de control en el sistema del DCS.
- Al alcanzar las tolerancias indicadas por el fabricante se marcó el transmisor con la fecha y el certificado de calibración.

### **6.2.5 Prueba de lazo para transmisores de flujo<sup>12</sup>.**

- Se Verifico que el número de identificación del instrumento concediera con el de la hoja de datos.
- Se usó un DPI según el rango a medir y se aplicó un flujo igual al 0, 25, 50, 75, 100% del rango en forma ascendente y descendente, verificando que la salida de corriente del transmisor se comporte de manera cuadrática en el sistema del DCS, en el cuarto de control.
- Al alcanzar las tolerancias indicadas por el fabricante se marcó el transmisor con la fecha y el certificado de calibración.




Con el documento que se muestra a continuación se realizaron las pruebas de lazo analógicas

Figura 29. Certificado de Pruebas Lazos Analógicos

		<b>CERTIFICADO DE PRUEBAS LAZOS ANALOGICOS</b>				DOCUMENTO N°: IT-IN-333-06-F01 REVISION: 0 FECHA: AGOSTO- 2014															
TAG TRANSMISOR:			INDICACIÓN EN EL DCS																		
MODELO:			TAG CONTROLADOR:																		
RANGO:			RANGO:																		
TIPO DE LAZO: CERRADO <input type="checkbox"/>		ABIERTO <input type="checkbox"/>		ACCIÓN: DIRECTA <input type="checkbox"/>		INVERSA <input type="checkbox"/>		INDICACIÓN DE SALIDA: DIRECTA <input type="checkbox"/>		INVERSA <input type="checkbox"/>											
%	ENTRADA		SALIDA		%	ESPERADA		LEIDA		ALARMAS											
	VALOR	UNID. DE ING	VALOR	UNID. DE ING		VALOR	UNID. DE ING	VALOR	UNID. DE ING	TRIP	COLOR										
0					0					-	-										
25					50					-	-										
50					70.71					-	-										
75					86.6					-	-										
100					100					-	-										
TAG DE LA VALVULA: TIPO DE VALVULA: MODELO: FABRICANTE:				ACCIÓN: <input type="checkbox"/> CERRADA <input type="checkbox"/> ABIERTA <input type="checkbox"/> ULTIMA POSICIÓN		FALLA: <input type="checkbox"/> NEUMÁTICO <input type="checkbox"/> ELÉCTRICO <input type="checkbox"/> HIDRÁULICO		TIPO DE ACTUADOR: ALIMENTACIÓN: ALIMENTACIÓN: ALIMENTACIÓN:													
CONTROLADOR		SALIDA ESPERADA		SALIDA REAL		INDICACIÓN DEL RECORRIDO DE LA VALVULA		TRANSMISOR DE POSICIÓN													
INDICACIÓN DE SALIDA EN %		DCS		CAMPO		DCS		CAMPO		% ESPERADO DE POSICIÓN EN CAMPO		% REAL DE POSICIÓN EN CAMPO		% ESPERADO DE POSICIÓN EN CAMPO		% DE INDICACIÓN EN DCS					
0														N/A		N/A					
25														N/A		N/A					
50														N/A		N/A					
75														N/A		N/A					
100																					
OBSERVACIONES:																					
Nota: Los campos donde no aplique ninguna información deben ser llenados con las siglas N/A de No Aplica.																					
REALIZADO POR		REVISADO POR				APROBADO POR				GESTORÍA											
NOMBRE:		BLADIMIR GONZALEZ PRENT				NAIRO GONZALEZ VARGAS				YANETH ROZO MORENO				RICARDO MARTINEZ P.							
CARGO:		ING. ELECTRONICO PCA				ING. ELECTRONICO PCA				INGENIERA QA/QC				ESP. INSTRUMENTACION							
FIRMA:																					
FECHA:																					

Fuente: Consorcio IISCM

Figura 30. Certificado de Pruebas Lazos Discretos

  		<b>CERTIFICADO DE PRUEBAS LAZOS DISCRETOS</b>		DOCUMENTO N°: IT-IN-333-06-F02 REVISIÓN: 0 FECHA: AGOSTO-14	
SEÑAL DISCRETA DE ENTRADA			SEÑAL DISCRETA DE SALIDA		
TAG DEL INSTRUMENTO:		CONTACTO		TAG DEL INSTRUMENTO O SEÑAL:	
PUNTO DE AJUSTE:		NORMAL CLOSE: NC <input type="checkbox"/> NORMAL OPEN: NO <input type="checkbox"/>		TIPO DE INSTRUMENTO:	
PUNTO DE ACTIVACIÓN REAL		INDICACIÓN EN EL DCS		SOLENOIDE	
VALOR	UNID. DE ING	ACTIVA <input type="checkbox"/>	COLOR :NEGRO	CONTACTO DE RELE	
		INACTIVA <input type="checkbox"/>	ALM. INTERMITENTE: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	NORMAL CLOSE: NC <input type="checkbox"/>	NORMAL CLOSE: NC <input type="checkbox"/>
PUNTO REPOSICIÓN		ACTIVA <input type="checkbox"/>	SONIDO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	NORMAL OPEN: NO <input type="checkbox"/>	NORMAL OPEN: NO <input type="checkbox"/>
VALOR	UNID. DE ING	INACTIVA <input type="checkbox"/>	COLOR:	RELE	
			ALM. INTERMITENTE: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	NORMAL ENERGIZADO: NE <input type="checkbox"/>	LAMPARA
			SONIDO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	NORMAL DEENERGIZADO: ND <input type="checkbox"/>	ENCENDIDA <input type="checkbox"/>
					APAGADA <input type="checkbox"/>
					COLOR:
					INTERMITENTE:
					SI NO
Observaciones:			Observaciones:		
REALIZADO POR		REVISADO POR		APROBADO POR	
NOMBRE:		NOMBRE:		NOMBRE:	
BLADIMIR GONZALEZ PRENT		NAIRO GONZALEZ VARGAS		YANETH ROZO MORENO	
CARGO:		CARGO:		CARGO:	
ING. ELECTRONICO PCA		ING. ELECTRONICO PCA		INGENIERA QA/QC	
FIRMA:		FIRMA:		FIRMA:	
FECHA:		FECHA:		FECHA:	

Fuente: Consorcio IISCM

## **6.2.6 Pruebas Funcionales**

El procedimiento que se debe seguir para las pruebas funcionales es dado por el vendors, es decir GE o MACCHI, por lo cual el consorcio solo debe hacer acompañamiento para llenarlo, durante las pruebas funcionales la interventoría debe acompañar en todo momento el proceso y firmar todos los documentos.

Las pruebas funcionales consisten en simular varios instrumentos para ver el comportamiento de un sistema en común, de esta forma probando el funcionamiento de todo que funcione correctamente. Por ejemplo el sistemas de lubricación del turbo se prueban todos los instrumentos (los niveles de aceite, los sensores de temperatura de este sistema, los sensores de presión de aceite, las bombas) y de esta forma se prueba cada subsistema para verificar que toda la unidad del turbo generador trabaje de la mejor manera, de igual forma se realizo para caldera recuperadora

La simulación de los instrumentos se pretende hacer de la forma mas real posible, de igual forma como se realizaron las pruebas de lazo se tienen que revisar todos los rangos de los instrumentos, alarmas y los historiales de las alarmas.

Durante las pruebas funcionales también se realizan las pruebas preliminares de los shut down que se vuelven a realizar acompañados de Ecopetrol en las pruebas IPF.

## **6.2.7 Prueba IPF**

Esta pruebas se realizan por parte de Ecopetrol, las realiza el ingeniero Alexander Serpa quien es el encargado de recibir la planta por parte de instrumentación, el realiza el formato de estas pruebas y es formado por el, el vendors, interventoría y el consorcio.

Estas pruebas consisten en probar los sistemas mas críticos de la planta ya que estos sistemas realizan disparos de protección y apagan por completo la caldera o el turbo generador, son las pruebas mas importantes por que son las que resguardan las vidas humanas, por si llega a ocurrir algún evento no deseado o impredecible, aparte resguarda la vida del turbo generador y la caldera, ya que estos actúan enseguida si algo esta trabajando mal.

Finalizadas estas pruebas a cabalidad y satisfacción por parte de todos los involucrados se pueden hacer los últimos ajuste para dar el arranque al sistema.

## **6.3 ARRANQUE**

### **6.3.1 Arranque Turbo Generador**

Para el arranque del turbo generador se tubo muchos procedimientos en cuenta por ejemplo la llegada del gas a la planta fue el aspecto mas importante, puesto que en el caso de haber una fuga se puede generar un incendio o una explosión se tuvieron muchos cuidado.

Para la llegada del gas primero se hicieron pruebas de hermeticidad con nitrógeno duran varias horas, seguido a esto se dio el aval para que en la línea circulara gas natural durante toda una tarde la planta estuvo sin personal y estuvo personal calificado de Ecopetrol tomando muestras en el aire para verificar que no hubieran lecturas de gas presentes en el ambiente, pasada estas pruebas se dio la autorización para retirar los ciegos en las tuberías antes de la entrada del gas al turbo y a la caldera.

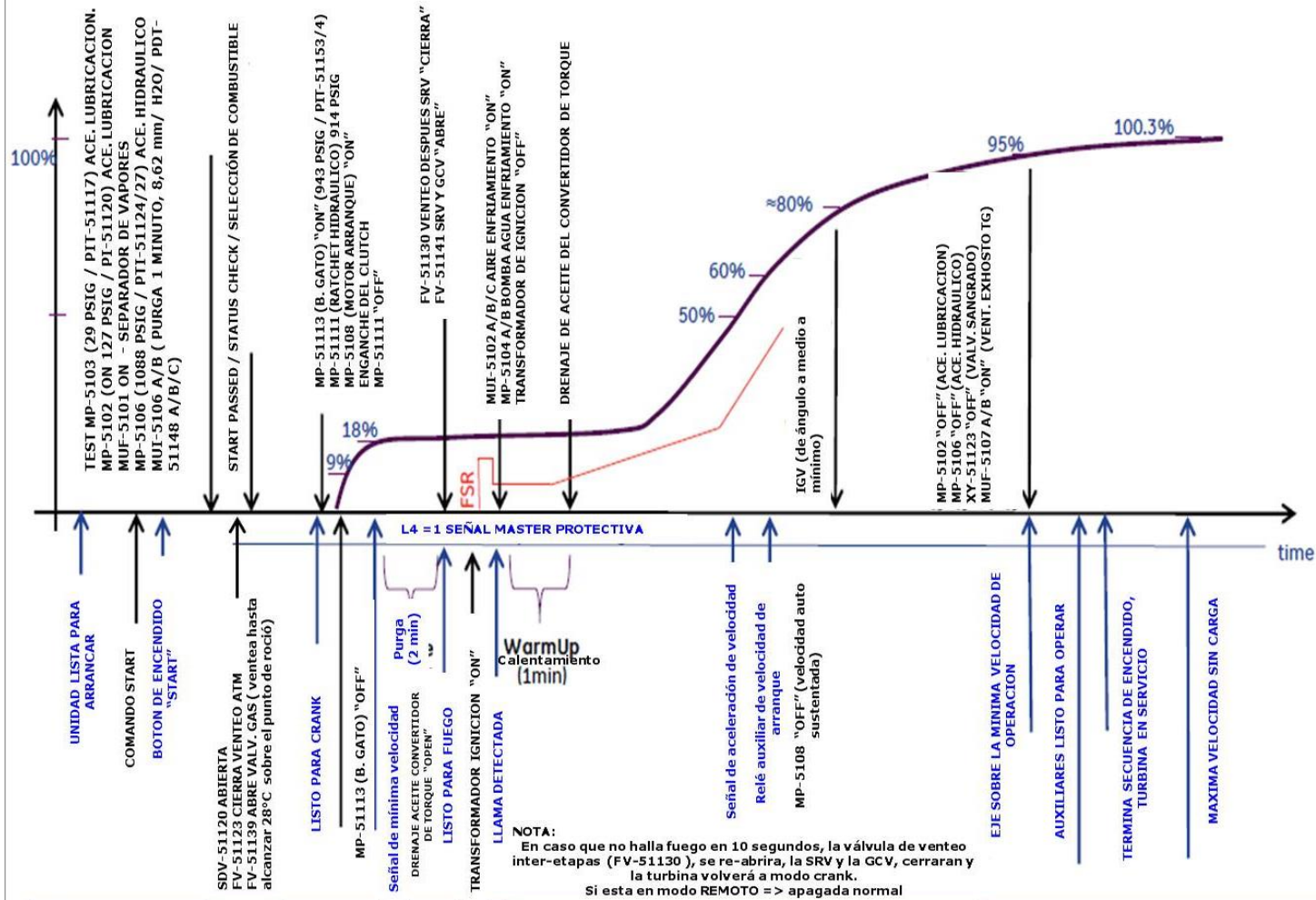
Para el arranque del turbo generador se acordono el área y se pararon los trabajos de soldaduras durante un par de días para darle mas seguridad a la planta, solo estaban permitidos ciertas parejas de instrumentista para darle los ajustes finales que salían de momento.

El personal de Ecopetrol(operadores) informaban cuando necesitaban verificar en concreto algo sobre algún instrumento, puesto que es un momento primordial y de mucho estrés por lo que retiraron al personal del consorcio y solo requerían el consorcio para tareas puntuales.

A continuación ilustrare con una imagen los pasos para darle arranque en el turbogenerador.

Figura 31. Encendido de arranque del Turbo Generador GE

## MS 6001B SECUENCIA DE ENCENDIDO



### **6.3.2 Arranque Caldera Recuperadora**

Para el arranque de la caldera recuperadora se tuvo como consideración realizar las pruebas IPF, y seguido a esto se inicia con el hervido y la pasivación que son procesos químicos los cuales le dan un recubrimiento especial para proteger la tubería por donde pasa el vapor.

Para dar arranque a la caldera se debe realizar primero una purga al hogar y se deben arrancar los ventiladores de aire de enfriamiento y sello luego que esta purga y los niveles de agua desairada son los adecuados se verifica que la tubería del super heater este libre de agua por lo cual se abren los drenajes durante el arranque y se procede a abrir la guillotina entre la caldera y el turbo generador y seguido a esto se abre porcentualmente a un 20% el damper que permite el paso de los gases calientes del turbo generador hacia la caldera, dependiendo de la carga del turbo generador se puede encender los quemadores para la producción de mas vapor, para que se arranquen los dos quemadores de la caldera la carga que debe tener el turbo generador debe ser mayor o al menos el 50% de producción de energía.

## 7 APORTES AL CONOCIMIENTO

El cargo de estudiante en practica desempeñado en el consorcio Idom Inelectra Schrader Camargo Morelco fue una experiencia grandiosa y muy enriquecedora tanto a nivel intelectual , profesional y personal.

Es un aporte que se complementa con el conocimiento adquirido en la universidad, puesto que es una experiencia que se fusiona con lo aprendido teóricamente, por ejemplo la clase de instrumentación, la cual enseña a interpretar P&ID y en la práctica tuve que llegar a implementar este conocimiento enseguida para poder continuar con mi proceso dentro de la práctica. Otro aspecto muy importante y relevante es la formación humana que se adquiere en la universidad el cual se trabaja en la práctica, por lo que una de mis funciones es gestionar un trabajo en equipo con unas personas a mi cargo por lo que es muy importante saber dirigir, controlar, organizar correctamente para cumplir con lo establecido y a cabalidad.

Otro aspecto importante en resaltar que aprendí durante mi practica fue los protocolos de trabajo seguro, son conocimientos muy importantes y ponerlos en practica a diario es imprescindible para salvar nuestras vida y las vidas de las demás personas, por ejemplo si se va hacer el ingreso al hogar de la caldera o a cualquier lugar dentro de la caldera debemos asegurarnos mediante la instalación de un saes en la casilla del motor del ventilador que es un candado de color verde que significa instrumentos con nuestro numero de radio el cual bloquea que la casilla pueda ser energizada y por lo tanto no deja que el motor arranque por ningún motivo, de esta manera aseguramos que durante nuestra estancia en la caldera el ventilador este apagado y no tengamos problemas durante la ejecución del trabajo. De esta manera son muchos detalles y aspectos que se deben tener en cuenta para trabajar en instalaciones industriales peligrosas, es un gran conocimiento que me deja esta practica y debo ponerla en uso en todo momento que me encuentre en instalaciones industriales.

Esta practica deja en mi un campo bastante amplio hacia la electrónica y puedo ver todas las oportunidades que existen para los ingenieros electrónicos en la industria petrolera y energética.

## CONCLUSIONES

- Se logró garantizar la integridad de todos los instrumentos en estado de desenergizado según la verificación del formato de Precomisionamiento y Comisionamiento de acuerdo a los ítems señalados en este documento.
- A efecto de verificar y testear los instrumentos instalados se realizó con satisfacción y de la manera correcta las pruebas de lazo y pruebas funcionales en apoyo con la interventoría para darle aval a las pruebas y asegurar que todos los instrumentos de la planta unidad 5100 funcionen correctamente.
- Teniendo en cuenta los parámetros establecidos para garantizar, verificar, testear y gestionar, se obtuvo los resultados esperados, puesto que se dio con éxito el arranque del turbogenerador y la caldera recuperadora de calor, combinando la ingeniería y la lógica de todos los instrumentos.
- Durante los cuatro meses en que se desarrollo la practica universitaria para acceder al titulo de ingeniero electrónico se adquirieron conocimientos y responsabilidades, ganando experiencia en el ámbito industrial, sobre procesos del petróleo y procedimientos de seguridad que se aplican en esta industria, desarrollando competencias de trabajo en equipo y sobre todo de liderazgo.
- De acuerdo a la finalidad del proyecto se adquirieron experiencias en la parte profesional sobre los equipos utilizados para realizar las pruebas de lazo y pruebas funcionales y demás equipos utilizados en la industria, y conocimientos en la parte de control de PLCs.

## BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup>PRUEBA DE LAZO [En línea] <http://myslide.es/documents/pruebas-lazo.html> [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>2</sup>PRUEBA FUNCIONALES [En línea] <http://documents.mx/documents/pruebas-lazo.html> [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>3</sup>SENSOR [En línea] [http://www.avid-romangonzalez.com/Sensores\\_y\\_Actuadores.pdf](http://www.avid-romangonzalez.com/Sensores_y_Actuadores.pdf) [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>4</sup>P&ID [En línea] <http://www.pirobloc.com/blog-es/que-es-un-piping-and-instrumentation-diagram/#.VjvSlmQvcxd> [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>5</sup>IDOM Descripción-Colombia [En línea] <http://www.idom.com/es/quienes-somos/historia/> [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>6</sup>INELECTRA INTERNATIONAL Descripción-Colombia [En línea] <http://tiger-cos.com/Inelectra-Internacional.aspx> [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>7</sup>SCHRADER CAMARGO Descripción-Colombia [En línea] [http://www.schradercamargo.com.co/about\\_us](http://www.schradercamargo.com.co/about_us) [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>8</sup>MORELCO S.A. Descripción-Colombia [En línea] <http://www.morelco-sa.com/es/quienes-somos/historia-.html> [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>9</sup>TURBINA DE GAS [En línea] [https://mysolar.cat.com/es\\_MX/products/gas-turbine-overview.html](https://mysolar.cat.com/es_MX/products/gas-turbine-overview.html) [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>10</sup>GENERADOR ELECTRICO. [En línea] <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-un-generador-electrico/> [citado el 15 de Septiembre de 2015]
- <sup>11</sup>CONSORCIO IDOM INELECTRA SCHRADER CAMARGO MORELCO. Volumen II TPC. 112 paginas
- <sup>12</sup>CONSORCIO IDOM INELECTRA SCHRADER CAMARGO MORELCO. GRB-MA0011889-12001-ID-INS-ET-001\_1 EspeTecn montaje. 37 paginas

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

Volumen II TPC

(VER CD)

# **ANEXO B**

SOI0000829

(VER CD)

# **ANEXO C**

GRB-MA0011889-12001-ID-INS-ET-002\_0 Es Tecnic

(VER CD)

# **ANEXO D**

SOM6636015 PLANOS ELECTRICOS

(VER CD)