

*DISEÑO DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN PARA
MEMORY GAUGES “PPS”.*

Julian Camilo Espinosa Villamizar

Código: 2093251

Universidad Santo Tomás

División de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Electrónica

Bogotá D.C

2015

*DISEÑO DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN PARA
MEMORY GAUGES “PPS”.*

Proyecto de Grado, modalidad monografía presentada como requisito para
optar al Título de Ingeniero Electrónico.

Julian Camilo Espinosa Villamizar

Código: 2093251

Directores del Proyecto:

ING. DIEGO A. TIBADUIZA BURGOS. PhD.

Universidad Santo Tomás

ING. JUAN A. RAMIREZ O.

Halliburton Latin America

Universidad Santo Tomás

División de Ingenierías

Facultad de Ingeniería Electrónica

Bogotá D.C

2015

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado, mis padres por la enseñanza y los valores inculcados, mi hermana, mi novia y a todas aquellas personas que por una u otra cosa me ayudaron al desarrollo de este.

“Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.”

AGRADECIMIENTOS

A Dios, guía y ayuda en cada momento de debilidad.

A mis padres Alberto y Deissy, gracias a ellos este proyecto se desarrolló con éxito, por todo el apoyo incondicional dado en el transcurso de mi vida y mi carrera, velando por mi bienestar y educación, gracias a ellos he logrado llegar muy alto y ser la persona que soy hoy en día, y mi hermana Erika, por estar siempre incondicional cuando más la he necesitado, y a mi novia, por la mano amiga y amorosa, dada en el desarrollo de mi investigación.

A todo el personal de Halliburton por, permitirme aprender sobre el sector, aplicar los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, darme la oportunidad de desarrollar esta investigación y finalmente mostrar mi perfil profesional; Proveerme del apoyo en todo lo necesario para el éxito de este; a personas como Ing. Juan A. Ramírez, Ing. Julian Diosa, Johan Bernal, Jose E. Perdomo, Jorge A. Gomez P.

A mis profesores de enseñanza en la Universidad Santo Tomas, los cuales me forjaron con los mejores conocimientos, al tutor, Ing. Diego A. Tibaduiza por el apoyo brindado, agradeciendo su paciencia, tiempo y dedicación que tuvo para que esto se desarrollara de la mejor manera.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	11
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2.	ANTECEDENTES	13
1.3.	JUSTIFICACIÓN	14
1.4.	OBJETIVOS	16
1.4.1.	GENERAL	16
1.4.2.	ESPECIFICOS	16
1.4.3.	RESULTADOS OBTENIDOS	16
1.5.	FACTIBILIDAD.....	18
1.6.	VISION HUMANISTICA	19
2.	MARCO TEORICO.....	21
2.1.	Conceptos Básicos	21
2.1.1.	Yacimiento.....	21
2.1.2.	Porosidad.....	21
2.1.3.	Permeabilidad.....	21
2.1.4.	Hidrocarburos.....	21
2.1.5.	Petróleo	22
2.1.6.	Presión.....	23
2.1.7.	Temperatura	24
2.1.8.	Calibración.....	24
2.2.	Extracción de hidrocarburos	24
2.2.1.	La vida de un pozo	26
2.2.2.	Tipos de pozos	30
2.3.	Petróleo en Colombia.....	31
2.3.1.	Reseña Histórica	31
2.3.2.	Exploración en Colombia.....	31
2.4.	Calibración en presión y Temperatura de Memory Gauges “PPS” [15].....	32
2.4.1.	Balanza de Peso muerto (Dead Weight Tester)	33
2.5.	Reseña de Halliburton.....	34
2.5.1.	Historia [17].....	34

2.5.2.	Perfil operativo.....	36
3.	DOWNHOLE GAUGES (MEMORY GAUGES).....	37
3.1.	Definición	37
3.1.1.	Sensor.....	38
3.1.2.	Electrónica	40
3.1.3.	Batería	41
4.	RESULTADOS OBTENIDOS	42
4.1.	Equipos necesarios para la puesta en marcha del laboratorio.	42
4.1.1.	Equipos Necesarios.....	42
4.1.2.	Cotizaciones y costos del equipo necesario	45
4.1.3.	Pruebas de funcionamiento	46
4.2.	Procedimiento para la Calibración de Memory Gauges	51
4.2.1.	Procedimiento de Calibración.....	51
4.3.	Propuesta del laboratorio, basados en el ámbito técnico de la norma NTC – ISO/ IEC 17025:2005	59
4.3.1.	Propuesta.....	59
4.4.	Labores realizadas durante el periodo de práctica empresarial.....	64
5.	CONCLUSIONES GENERALES	72
	BIBLIOGRAFÍA	73
	ANEXOS	76
	Anexo 1: Documento de Salida del Laboratorio “DAS”	76
	Anexo 2: Documentación presentada a la DIAN para la entrada de las herramientas al país.	77
	Anexo 3: Orden de trabajo para servicio de calibración.	78
	Anexo 4: Certificado de Origen de las Herramientas	79
	Anexo 5. Orden de transporte de DHL	80
	Anexo 6. Tracking de las herramientas enviadas.....	81
	Anexo 7. Documento de llegada al Base y al Laboratorio de DAS	82
	Anexo 8. Cotización de la balanza de peso muerto	83
	Anexo 9. Cotización Termómetro.....	84
	Anexo 10. Cotización Horno Jung.....	85
	Anexo 11. Cotización accesorios “PPS”	93
	Anexo 12. Cotización accesorios “Spartek”	94

Anexo 13. Cotización accesorios “Metrolog”	96
Anexo 14. Certificado de calibración Termohigrometro.	97
Anexo 15: Certificado de calibración del Horno Jung	103
Anexo 16: Diagrama eléctrico del Horno	105
Anexo 17: Norma NTC – ISO/ IEC 17025:2005, sección 5 “Requisitos Técnicos” [24]	108
Anexo 18: Carta de Reconocimiento	130

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Composición química promedio del petróleo en sus tres estados de la Materia [6]</i>	22
<i>Tabla 2: Líneas de servicios (PSL) de Halliburton a nivel mundial [15]</i>	36
<i>Tabla 3: Equipos y herramientas necesarios para la implementación del laboratorio.</i>	43
<i>Tabla 4: Conexiones y accesorios.</i>	44
<i>Tabla 5: Herramientas especializadas para los MG.</i>	45
<i>Tabla 6: Precios y Cotizaciones.</i>	45
<i>Tabla 7: Calibración de MG “PPS” de 20 Kpsi con DWT, formato local de Halliburton Brasil.</i>	55
<i>Tabla 8: Verificación de la calibración del MG “PPS” de 20 Kpsi con DWT, formato local de Halliburton Brasil.</i>	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1: Memory Gauge “PPS”</i>	12
<i>Figura 2: Equipo o Taladro de Perforación</i>	25
<i>Figura 3: Segmentos de vida de un pozo.</i>	26
<i>Figura 4 A y B: Ejemplos de perforación. [9]</i>	28
<i>Figura 5: Ejemplo de Perforación e ubicación de la tubería de revestimiento.</i>	29
<i>Figura 6 : Proceso de Calibración para herramientas de fondo de Pozo.</i>	33
<i>Figura 7 : Procedimiento para la Calibración de las herramientas de fondo de Pozo.</i>	34
<i>Figura 8 : Erle P. Halliburton en sus inicios [15]</i>	35
<i>Figura 9 : Cilindro de Cuarzo de la Empresa Quartzdyne [17]</i>	38
<i>Figura 10: Transductor de Cuarzo de la Empresa Quartzdyne [17]</i>	39
<i>Figura 11: Constitución interna de un sensor y parte electrónica de un transductor Quartzdyne [17]</i>	39
<i>Figura 12: Diagrama de bloques de la parte electrónica de un transductor Quartzdyne [17]</i>	40
<i>Figura 13: Especificaciones de un Memory Gauge “PPS” PPS-28. [2]</i>	41
<i>Figura 14: Embalaje Horno Jung</i>	46
<i>Figura 15: Horno Jung</i>	47
<i>Figura 16: Embalaje de la PRT</i>	48
<i>Figura 17: Embalaje de la PRT en el estuche</i>	48
<i>Figura 18: Montaje del blindaje de Ferrita.</i>	49
<i>Figura 19: Toma de temperatura con el sistema Fluke.</i>	49
<i>Figura 20: Lectura del sistema del Terminal Fluke.</i>	50
<i>Figura 21: Termohidrómetro</i>	50
<i>Figura 22: Diagrama de bloques, estructuración del procedimiento para Calibración.</i>	51
<i>Figura 23: Memory Gauges dentro del horno [13]</i>	53
<i>Figura 24: Selección dentro del “PPS MEM Gauge Calibration and Verification” [13]</i>	53
<i>Figura 25: Parámetros a configurar en el software. [13]</i>	54
<i>Figura 26: Reconocimiento del Serial del MG en el software y generación del archivo .dat [13]</i>	54
<i>Figura 27: Difference Pressure y (Counts) Temp en verde. [13]</i>	56
<i>Figura 28: Accedendo al archivo de Calibración creado en el anterior proceso. [13]</i>	56
<i>Figura 29: Introduciendo los valores “3303”. [13]</i>	57
<i>Figura 30: Ventana de Comandos al final de la ejecución del programa. [13]</i>	57
<i>Figura 31: Note pad generado por el software “CURVEFIT.exe”. [13]</i>	58
<i>Figura 32: Transductor empleado antiguamente</i>	64
<i>Figura 33: Primera versión del Software.</i>	65
<i>Figura 34: Transductor nuev, empleado en la Bahía de Presión, referencia PX41S0-30KG5V</i>	66
<i>Figura 35: Segunda versión del software implementado.</i>	67
<i>Figura 36: Última versión del software implementado</i>	67
<i>Figura 37: Botones, pestañas e indicadores de inicio, finalización de la prueba, indicadores de presión actual y máxima, hora y fecha de inicio de la prueba, duración y finalización de la prueba.</i>	68
<i>Figura 38: Pestaña de Simulación de las pruebas</i>	69
<i>Figura 39: Pestaña de Zoom durante la prueba</i>	69
<i>Figura 40: Pestaña de calibración del Zero de la prueba</i>	69
<i>Figura 41: Forma de guardar la carta de presión al finalizar la prueba</i>	70
<i>Figura 42: Dirección a guardar la imagen</i>	70
<i>Figura 43: Prueba para certificación de Manifolds empleados para muestreo en Superficie</i>	71

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1: Documento de Salida del Laboratorio “DAS”</i>	<i>76</i>
<i>Anexo 2: Documentación presentada a la DIAN para la entrada de las herramientas al país.</i>	<i>77</i>
<i>Anexo 3: Orden de trabajo para servicio de calibración.....</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 4: Certificado de Origen de las Herramientas.....</i>	<i>79</i>
<i>Anexo 5. Orden de transporte de DHL.....</i>	<i>80</i>
<i>Anexo 6. Tracking de las herramientas enviadas.....</i>	<i>81</i>
<i>Anexo 7. Documento de llegada al Base y al Laboratorio de DAS.....</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 8. Cotización de la balanza de peso muerto.....</i>	<i>83</i>
<i>Anexo 9. Cotización Termómetro.....</i>	<i>84</i>
<i>Anexo 10. Cotización Horno Jung</i>	<i>85</i>
<i>Anexo 11. Cotización accesorios “PPS”</i>	<i>93</i>
<i>Anexo 12. Cotización accesorios “Spartek”</i>	<i>94</i>
<i>Anexo 13. Cotización accesorios “Metrolog”</i>	<i>96</i>
<i>Anexo 14. Certificado de calibración Termohigrometro.</i>	<i>97</i>
<i>Anexo 15: Certificado de calibración del Horno Jung</i>	<i>103</i>
<i>Anexo 16: Diagrama eléctrico del Horno.....</i>	<i>105</i>
<i>Anexo 17: Norma NTC – ISO/ IEC 17025:2005, sección 5 “Requisitos Técnicos”</i>	<i>108</i>
<i>Anexo 18: Carta de Reconocimiento.....</i>	<i>130</i>

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria petrolera, las grandes empresas se valen de instrumentos, herramientas y terceros para certificar sus procesos y así entregar servicios con muy altos estándares de calidad a sus clientes.

En Halliburton Latin America se tienen varias líneas de servicios, entre ellas Testing and Subsea (TSS), las cuales ofrece servicios de adquisición para la recolección de muestras o datos sobre la presión, Volumen y temperatura del yacimiento pudiendo ser adquiridas en fondo de pozo o en cabeza de pozo (Superficie). Estas son analizadas y empleadas para la obtención de datos fundamentales para la industria como productividad del yacimiento, permeabilidad, presión inicial del yacimiento entre otros, todo el anterior proceso de obtención de datos o muestras es llamado “Well Testing”. [1]

Para la obtención de estos datos de temperatura y presión, son empleados tanto sistemas electrónicos como mecánicos, pero el área de enfoque del trabajo elaborado en el desarrollo de la práctica estará enfocado en los sistemas electrónicos. Los sistemas electrónicos empleados para este proceso son propiedad del SubPsl Data Acquisition Services (DAS) perteneciente al PSL Testing & Subsea, la cual está encargada de su administración, todas estas herramientas están comprendidas entre válvulas electrónicas para apertura y cierre de pozo, Memory Gauges, hasta sistemas de adquisición de datos en tiempo real. [1]

Todos estos sistemas de adquisición de datos empleados están constituidos primariamente por un sensor encargado de tomar la información del medio donde se está realizando la prueba, seguido de este, existe un transductor que convierte la presión aplicada en una señal eléctrica; luego de esto una parte electrónica encargada del procesamiento digital y almacenaje de los datos adquiridos en la prueba y finalmente la fuente de alimentación.

Figura 1: Memory Gauge “PPS”



Memory Gauge “PPS” [2]

Todos los sistemas electrónicos que poseen sensores empleados en la industria petrolera deben ser llevados a un proceso de calibración y certificación con el fin de asegurar y garantizar una alta precisión y resolución en la medición adquirida por el sensor y así entregar datos confiables al cliente; este proceso de calibración y certificación es realizado por el fabricante de la herramienta y dicho proceso tarda aproximadamente 6 meses, todo esto conlleva a la pérdida de tiempo y dinero a falta de la herramienta en óptimas condiciones para trabajos donde es necesaria y adicionalmente a todo esto la inexistencia de laboratorios de calibración especializados en Memory Gauges “PPS” para Colombia.

Este procedimiento de calibración de las Memory Gauges se realiza por estándares de calidad propuestos por Halliburton, donde un certificado de calibración de cualquiera de las herramientas empleadas por el sector tiene una vigencia de un 1 año desde su última fecha de calibración, a base de esto se toma como una necesidad más para la implementación del laboratorio para calibración de Memory Gauges “PPS” buscando minimizar todo los costos anexos para realizar el proceso de calibración con el fabricante.

1.2. ANTECEDENTES

De acuerdo a la revisión hecha en internet y por conocimiento de la misma empresa, al momento de la formulación de esta propuesta, se encontró que únicamente las siguientes compañías realizan la calibración de los Memory Gauges.

1. Los fabricantes de las Memory Gauges ofrecen los servicios de calibración para cada una de las herramientas suministradas por los mismos, las empresas como Spartek Systems (Canadá), Pioneer Petrotech Services “PPS” (Canadá) y Metrolog (Francia), son los fabricantes y proveedores de la línea TSS de Halliburton Latin America SRL Colombia, siendo estos los que realizan la calibración de sus herramientas.
2. En la seccional de Halliburton Brasil, la empresa Pioneer Petrotech Services “PPS” proporcionó un procedimiento completo para la calibración de sus herramientas a la seccional de Halliburton Brasil, donde se contemplan todos los ítems a tener en cuenta para una correcta calibración, teniendo en cuenta parámetros como la gravedad en el sitio donde se va a realizar la calibración puesto que esta influye en la medida tomada por el transductor de presión, esto se sustenta basado en que la Tierra no es esférica al ser un esferoide achatado, el diámetro ecuatorial es mayor a la altura de los polos tanto norte como sur variando la gravedad en proporción a la latitud; Así mismo se incluye la temperatura como parámetro para la calibración, estos son algunos de los procedimientos empleados para proporcionar la información necesaria al software y hardware para la calibración.

Por todo lo anterior se evidencia que para lograr optimizar los costos y tiempos usados actualmente en Halliburton Latin America, para la validez de la calibración de las herramientas, puede ser viable adoptar el procedimiento empleado por la seccional de Halliburton Brasil para la calibración y certificación proporcionado por la empresa Pioneer Petrotech Services “PPS” .

Al enviar las herramientas a los proveedores internacionales, genera que no se pueda disponer de la herramienta en un 100% para su uso, puesto que se deben tener en cuenta todos los tiempos para su proceso de recalibración con su respectivo fabricante; esto creando pérdidas monetarias al PSL Testing and Subsea, por la inexistencia de las herramientas necesarias para el desarrollo de la solución solicitada por el cliente a causa de su necesidad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Con el fin de entregar datos confiables y trabajar con altos estándares de calidad para los clientes, Halliburton entre sus políticas de Calidad, tienen procedimientos dirigidos de llevar a cabo todas sus herramientas a un proceso de certificación y calibración, que se emplean tanto en operaciones de campo como en las instalaciones de la empresa.

Los “Memory Gauges” usadas para la adquisición de datos de temperatura y presión en fondo de pozo tienen sensores que deben ser calibrados y certificados para asegurar y garantizar una alta precisión y resolución en la medición adquirida por el sensor.

Por ejemplo, el proceso de calibración y certificación que se lleva a cabo con el fabricante Spartek Systems (Canadá) de las herramientas conlleva a una extensiva gestión administrativa y logística que se relaciona a continuación:

1. Exportación temporal de las Memory Gauges ,
 - Embalaje y entrega formal de los quipos al PSL de logística, Abril 7 de 2014 (ver Anexo1).
 - Consecución de documentos necesarios para presentar ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia (DIAN) para su salida del país, 9 de Junio de 2014 (ver anexo 2).
 - Arribo de los equipos a Canadá, calibración por parte del fabricante y devolución de la herramienta a Colombia, 9 de septiembre de 2014 (ver anexo 2, 4, 5, 6).
 - Recepción de los equipos en Base Funza de Halliburton Latin America, 16 de Septiembre de 2014 (ver anexo 7)

Tiempo Total: 5 meses y 9 días de acuerdo a los procesos realizados en los últimos años.

2. Gastos administrativos de la operación:
 - Servicio de calibración valor USD 7,640.00 (ver anexo 3)
 - Fletes ida y regreso valor aproximado USD 900.00
 - Seguros valor aproximado USD 640.00
 - Nacionalización en Colombia USD 1.737,40 (ver anexo 2)
 - Agenciamiento y otros USD 280.00

Los gastos totales del proceso son: USD 11,197.4

Todo esto conlleva a la pérdida de tiempo y costos extras del procedimiento que se tiene que hacer para la calibración y certificación de los equipos, hace que la herramienta no esté en óptimas condiciones para trabajos donde es necesaria, además de la inexistencia de laboratorios de calibración especializados en Memory Gauges “PPS” en Colombia.

Se planteó la idea del diseño de un laboratorio de calibración para Memory Gauges “PPS” para el cual puede suplir la necesidad de mantener todos los equipos y herramientas en los estándares de calidad de la compañía, así mismo el laboratorio cumpla con la normatividad Colombiana y adicionalmente el laboratorio podrá prestar servicios a las demás sucursales de Halliburton a Latinoamérica.

Con el desarrollo de este laboratorio de Calibración se optimizaran teniendo en cuenta la inversión inicial necesaria para su implementación:

- ✓ Los tiempos empleados en el envío y recepción de las herramientas calibradas,
- ✓ El tiempo del personal encargado de esta labor,
- ✓ Los recursos monetarios empleados para este proceso.

Entre los campos de Acción de la Ingeniería Electrónica se encuentra el Sector petrolero. Aunque a simple vista se podría pensar que quienes menos aportan al sector son los ingenieros electrónicos, son en realidad estos quienes son los más demandados para el desarrollo y dirección de proyectos necesarios para las operaciones en campo, como para las operaciones desarrolladas en los talleres y demás instalaciones, entre esto podemos resaltar la Instrumentación Industrial, desarrollo de aplicaciones, dirección y gestión de proyectos, todo esto enfocado a las Industrias Petroleras; por lo anterior es importante que el perfil del Ingeniero Electrónico de la Universidad Santo Tomas siga profundizando el enfoque hacia el sector Hidrocarburos.

Con este enfoque es importante que el estudiante que se encuentre a puertas de realizar su práctica profesional, vea el sector como una excelente opción para iniciar su experiencia en la vida laboral, sin descuidar los otros diversos enfoques dados por la Facultad de Ingeniería Electrónica, entre los que se puede resaltar la orientación dada hacia la Robótica Industrial y Móvil, medicina, Eficiencia Energética, Instrumentación Industrial, entre otros.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. GENERAL

- Diseñar y documentar la metodología para la implementación de un laboratorio de calibración de Memory Gauges “PPS”

1.4.2. ESPECIFICOS

- Buscar y proponer los equipos necesarios para la puesta en marcha del laboratorio.
- Documentar la metodología y los pasos a seguir para la calibración de Memory Gauges en el nuevo laboratorio, considerando las variables temperatura y presión.
- Diseñar la propuesta del laboratorio bajo las normativas Colombianas impuestas por los entes reguladores para optar por la certificación del mismo.

1.4.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos a partir de los objetivos planteados, para la implementación del Laboratorio de Calibración fueron:

- Buscar y proponer los equipos necesarios para la puesta en marcha del laboratorio.
 - Fueron varias las fuentes empleadas para el desarrollo de este objetivo, las cuales fueron: el manual dado por la empresa “PPS” a Halliburton Brasil, personal enviado a entrenamientos en Brasil, por parte de Testing and Subsea (TSS) Colombia, conversaciones vía e-mail con personal de Brasil y documentación dada por personal de Colombia al practicante, a base de todo esto, se pudo desarrollar una buena propuesta donde se contemplaban todos los equipos e instrumentos necesarios para la puesta en marcha del laboratorio.
- Documentar la metodología y los pasos a seguir para la calibración de Memory Gauges en el nuevo laboratorio, considerando las variables temperatura y presión.
 - Se desarrolló el procedimiento, documentándolo con imágenes y los pasos a seguir para el progreso de calibración de los MG; teniendo en cuenta las variables geológicas del sitio donde se va a realizar la calibración.

- Diseñar la propuesta del laboratorio bajo las normativas Colombianas impuestas por los entes reguladores para optar por la certificación del mismo.
 - A base de las especificaciones solicitadas por la Norma NTC – ISO/ IEC 17025:2005, sección 5 “Requisitos Técnicos”, fue diseñada la propuesta donde se evidencio la existencia de varios de los requisitos solicitados por la norma para ser aplicada al laboratorio; pero así mismo se hallaron carencias de otros requerimientos solicitados por la norma para un diseño optimo del laboratorio bajo esta normativa, de esta forma generando oportunidades de mejora para esta propuesta.

Una mayor explicación e información detallada sobre el desarrollo de los objetivos puede remitirse al Capítulo 4, donde el lector encontrara toda la información correspondiente.

1.5. FACTIBILIDAD

El proceso que se está realizando para la calibración de estas herramientas, previamente descrito, justifica el planteamiento de la idea por parte de la dirección del PSL Testing and Subsea de implementar un laboratorio especializado de Calibración de Memory Gauges “PPS”, con el fin de realizar la calibración en Colombia y así empezar a mitigar todos los gastos de dinero y tiempo relacionados en este proceso, para lo cual se han venido direccionando recursos del PSL para la implementación del mismo, solicitando esporádicamente cada uno de los implementos, herramientas y documentación necesaria para la implementación.

Entre los recursos necesarios para la puesta en marcha del mismo es importante contemplar la mano de obra técnica necesaria, personal entrenado en la calibración de lo Memory Gauges, el cual está compuesto por 3 integrantes, 2 Ingenieros con estudios en el sector Petrolero y 1 Técnico Electrónico, quienes actualmente se están entrenando en la seccional de Halliburton Brasil, además se posee documentación exclusiva para Halliburton dada por el fabricante para realizar las calibraciones.

Por otra parte es importante tener en cuenta las limitaciones de esta investigación, donde se contemplan las siguientes: falta de presupuesto para la compra de los instrumentos necesarios, la ausencia de un espacio destinado para la ubicación del Laboratorio de calibración, demoras en la gestión del PSL de Compras para dichos recursos necesarios, retrasos en el transporte de los equipos y herramientas por parte del PSL de Logística, la falta de tiempo por parte del equipo destinado para esta tarea, donde este no podrá dejar a un lado sus labores definidas por sus superiores o supervisores además el corto tiempo dado al practicante para desarrollar esta investigación.

Estos son algunos de los puntos más relevantes de la viabilidad y limitaciones que se pueden presentar para el desarrollo de esta investigación, que hasta el momento se han evaluado; adicionalmente a esto se debe tener en cuenta la poca información que se posee con respecto al tema, ya que son secretos industriales del proveedor de las Memory Gauges y la información que es de propiedad de Halliburton Latín América S R L Sucursal Colombia, que está sujeta a ser evaluada para su uso en esta investigación en base a los lineamientos de las políticas de confidencialidad firmadas al inicio de la práctica por parte del practicante.

1.6. VISION HUMANISTICA

La Universidad Santo Tomas en la carrera de Ingeniería Electrónica y en los demás programas académicos, ha promovido en cada una de sus cátedras el pensamiento humanista de Santo Tomas de Aquino, que “*consiste en promover la formación integral de las personas, en el campo de la educación superior, mediante acciones y procesos de enseñanza-aprendizaje, investigación y proyección social; para que respondan de manera ética, creativa y crítica a las exigencias de la vida humana y estén en condiciones de aportar soluciones a la problemática y necesidades de la sociedad y del país.*” [3]

Esta investigación se ha proyectado con una visión humanística que generará confianza, capacidad y conciencia en las personas que lleven a cabo el proceso de calibración, ya que son herramientas que deben estar en óptimas condiciones de trabajo para garantizar el éxito de las operaciones, la seguridad del entorno y de sus trabajadores.

Alineada con la cultura organizacional que tiene Halliburton a nivel mundial, que es reconocer y aplicar a todos sus trabajadores, y en este caso los que harán parte del laboratorio; principios y valores éticos como la responsabilidad, el compromiso, la honestidad, el respeto y la tolerancia que están inmersos en el desarrollo de sus actividades.

Dentro de los estándares de calidad que tiene Halliburton, se ha adoptado la estrategia ZERO, que tiene como objetivo comprometer a sus colaboradores a CERO incidentes de *Health, Safety and Environment (HSE)* y CERO tiempo no productivo cada día, por lo tanto debe cumplirse para este caso también, desde la implementación y en la futura puesta en marcha del laboratorio.

Halliburton opera mediante un Código de Conducta en los Negocios - *Code of Business Conduct (COBC)*. Compuesto de 17 políticas que establecen las normas, principios, leyes y regulaciones que afectan a los principales aspectos de sus operaciones. El Código también establece las consecuencias de violaciones, incumplimiento y comportamientos ilegales, inmorales o inaceptables. Estas políticas se aplican a todo el mundo – incluyendo la Junta de Directores, funcionarios, empleados y agentes de la Compañía.

La siguiente cita es un comunicado a los empleados por parte de Dave Lesar, Chief Executive Officer de Halliburton, donde se resume el código de conducta que tiene la compañía a nivel mundial:

“Carta a los empleados:

A todos los empleados de Halliburton Company y sus subsidiarias:

El Código de la Empresa Halliburton de Conducta es una guía para cada consejero, funcionario, empleado y agente en la aplicación de prácticas jurídicas y éticas de su trabajo diario. El Código describe no sólo nuestras normas de integridad, sino también algunos de los principios específicos y áreas de la ley que es más probable que nos afectan.

No hay calidad más importante que la integridad. Esto se aplica a una empresa tal como lo hace a un individuo. La integridad es un valor fundamental en nuestro Código de Conducta en los Negocios. Pueden surgir ciertas situaciones que no están previstas en nuestro Código de Conducta en los Negocios. Si usted tiene alguna pregunta acerca de la legalidad o conveniencia de una acción, o el sentido del Código, debe comunicarse con el Departamento Jurídico de la Empresa.

Dave Lesar ”

Los trabajadores de Halliburton deben demostrar sus competencias para probar que en su desempeño laboral, pueden hacer su trabajo de manera segura, eficaz y coherente. Los empleados que participan en el programa de competencias tienen una mayor conciencia de lo que se espera de ellos y de sus colegas. Este conocimiento ayuda a los empleados a identificar las situaciones en las que creen que ellos, sus compañeros de trabajo, o el medio ambiente está en peligro.

Este proyecto se adaptará a los estándares de calidad que tiene la empresa y a una visión más humana; ya que el personal que trabaja desde el planteamiento, construcción e implementación del laboratorio de calibración, trabajarán objetiva, idónea, analítica y creativamente, en pro de un beneficio mutuo.

“Todo hombre debe ser para todo hombre un familiar y amigo”

Santo Tomas de Aquino.

2. MARCO TEORICO

2.1. Conceptos Básicos

En esta sección se enunciarán los conceptos básicos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

2.1.1. Yacimiento

Deposito conformado por un cuerpo de rocas ubicadas en el subsuelo terrestre con un grado alto de porosidades y permeabilidades [3], siendo estas lo suficientemente porosas o fracturadas para la acumulación natural de hidrocarburos como crudo y gas natural, donde este componente es el más crítico de un sistema petrolero [4] [5].

Entre los hidrocarburos que se pueden encontrar en dichos yacimientos se puede encontrar:

- Petróleo Negro.
- Petróleo Volátil.
- Gas condensado (retrogradado).
- Gas húmedo.
- Gas seco.
- Asfalténicos.

2.1.2. Porosidad

Es el porcentaje del volumen de roca de poros o espacios donde podría ser ocupado por fluidos. Los poros pueden o no poder ser unidos. [6]

2.1.3. Permeabilidad

La capacidad que tiene la roca para atravesar fluidos sin alterar su estructura interna, su medida es normalmente en darcies o milidarcies, las formaciones que dejan transmitir los fluidos fácilmente como las areniscas se describen como permeables.

2.1.4. Hidrocarburos

Es un compuesto orgánico contenido en las rocas de un yacimiento petrolífero donde se pueden encontrar átomos de Hidrógeno y Carbono, adicionalmente se pueden encontrar en cantidades menores átomos de azufre, nitrógeno y oxígeno, gracias a sus condiciones de presión y temperatura se pueden encontrar en

estados gaseosos, líquido o sólido, y a su vez poseen la capacidad de crear largas cadenas de átomos dependiendo del número y arreglo de átomos de carbono en las moléculas, creando diversos productos como gases licuados del petróleo, gasolinas, querosén, combustibles residuales, aceites lubricantes, parafinas.

2.1.5. Petróleo

Según la etimología *petro* = *roca* y *óleum* = *aceite* significando aceite de roca; este siendo una mezcla de compuestos orgánicos de hidrocarburos naturales en pequeñas cantidades que resultan de la descomposición de materia orgánica de origen animal o vegetal, almacenada en los sedimentos de las rocas por miles de años, ubicándose en las porosidades de la roca, encontrándose como una mezcla homogénea, este se produce en lo interior de la tierra. [4] [7]

Gracias a las presiones extremadamente altas en el subsuelo de la tierra, los hidrocarburos se encuentran presentes en estado de petróleo líquido, pero en superficie gracias a una pérdida de presión y temperatura se pueden encontrar en forma gaseosa, líquida, sólida o semisólida; los que se encuentran de forma líquida son llamados petróleo, gaseosa es llamado gas natural y los sólidos o semisólidos son conocidos como asfálticos.

Entre su composición química se puede encontrar aproximadamente un 82 - 87% de su peso de carbono y 11,7 – 14,7% de hidrogeno. En la tabla 1.1 se observan la constitución promedio de los componentes químicos presentes en los tres estados de la materia que se puede encontrar en un yacimiento. [7]

Tabla 1: Composición química promedio del petróleo en sus tres estados de la Materia [7]

Elementos	Petróleo Crudo (% en peso)	Gas natural (% en peso)	Asfalto (% en peso)
Carbono	82,2 - 87,1	65 - 80	80 - 85
Hidrógeno	11,7 - 14 ,7	ene-25	8,5 - 11
Sulfuro	0,1 - 14,7	0,2	2,0 - 8,0
Nitrógeno	0,1 - 1,5	1,0 - 15	0 - 2
Oxígeno	0,1 - 4,5	-	-

2.1.6. Presión

2.1.6.1. Definición

Magnitud escalar la cual corresponde a la fuerza aplicada a una superficie plana, donde se tiene en cuenta la superficie plana con área A , se es aplicada una fuerza F de forma igual sobre toda la superficie y por ende la presión P viene descrita por la siguiente ecuación:

$$p = \frac{F}{A}$$

Para el Sistema Ingles el cual esta adoptado por el sector petrolero, la presión es medida en libras por pulgada cuadrada (psi).

2.1.6.2. Presión Atmosférica

La presión atmosférica es el peso ejercido por una gran cantidad de masa de aire localizada en la atmosfera terrestre sobre la superficie terrestre.

2.1.6.3. Presión en un Yacimiento

La presión ejercida en los poros del yacimiento por los fluidos, están contemplados por las presiones hidrostáticas o las presiones ejercidas por columnas de agua desde el fondo de pozo hasta el nivel del mar, a raíz de esto la presión en el yacimiento cambia a medida que los fluidos del yacimiento se producen y se ubican en las diferentes porosidades de las rocas en la formación. [4]

Los primeros instrumentos empleados para la medición de presión en el sector petrolero median solo un punto de presión luego de esto fueron incluidos los medidores de presión continua en 1930. [8]

Luego unos años en 1970 se introdujeron los medidores electrónicos el cual entregaba una mejor precisión y resolución que los medidores mecánicos que empleaban el tubo Bourdon, entregando mediciones entre intervalos de pocos segundos de esta forma adquiriendo miles de puntos los cuales ayudaran a determinar la presión en el yacimiento. [8]

2.1.7. Temperatura

Es una magnitud física que refleja la medida de calor que posee un cuerpo, un objeto o el medio ambiente, esta magnitud refleja la energía interna o energía cinética de un sistema termodinámico, siendo está relacionada con los movimientos de las moléculas dentro del sistema termodinámico ya sean rotacionales o expresados en vibraciones donde los movimientos de las moléculas a altas velocidades se interpreta en alta temperatura y viceversa.

2.1.8. Calibración

“Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función de calibración, un diagrama de calibración, una curva de calibración o una tabla de calibración. En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente.” [9]

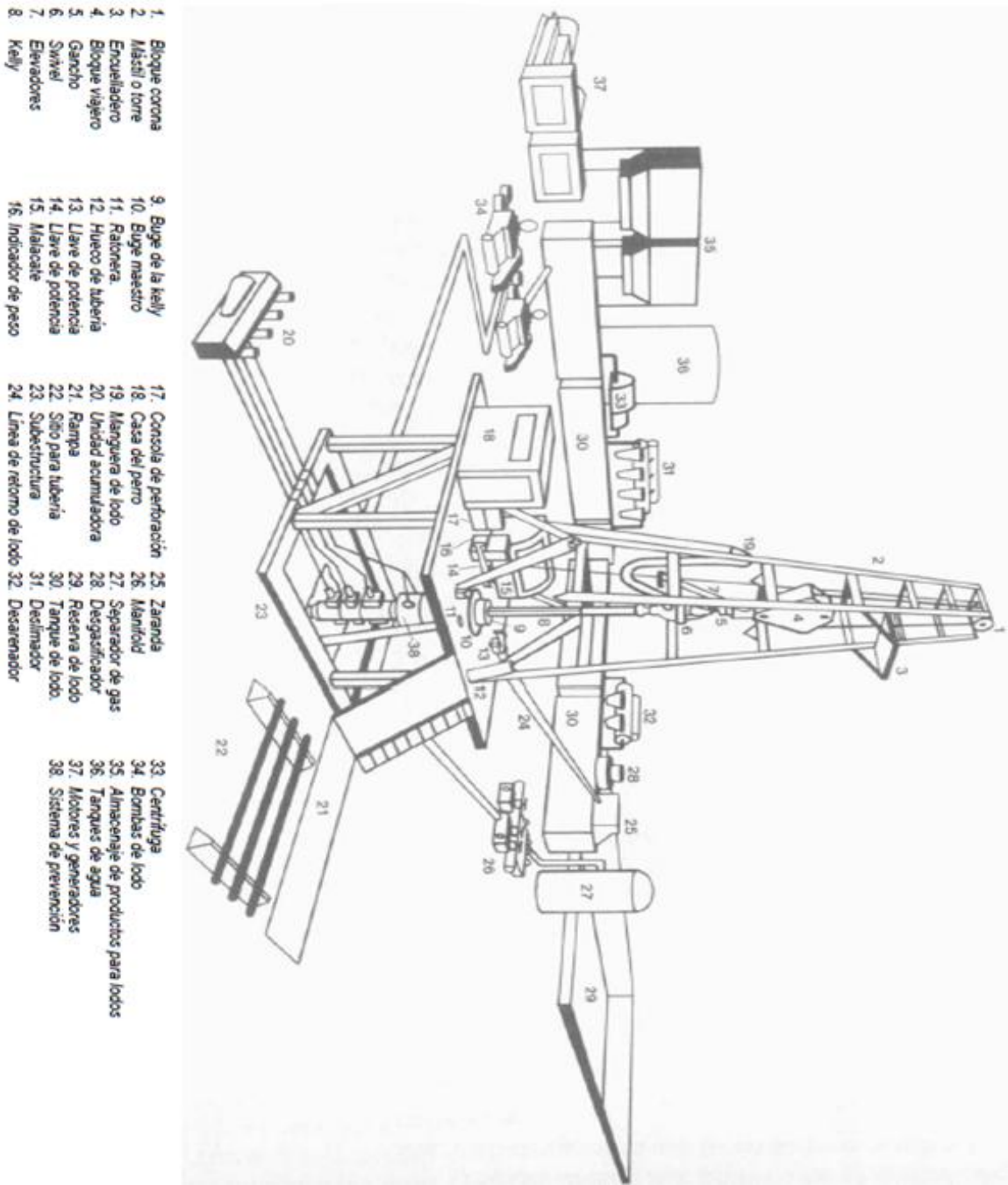
2.2. Extracción de hidrocarburos

En la extracción de hidrocarburos son muchos los recursos empleados para dicha acción, recursos técnicos, profesionales y logísticos todas con el objetivo de conectar el yacimiento con la superficie. Son tres las empresas o los tipos de empresas las cuales son las directamente involucradas en el negocio.

La primera es la empresa Operadora, donde puede ser una sola empresa o la unión de un consorcio de empresas, las cuales poseen los recursos monetarios suficientes y los derechos de explotación, para realizar pruebas con un alto riesgo de fracaso en zonas donde se podrán encontrar hidrocarburos, adicionalmente a esto son las encargadas de la selección de la Compañía Perforadora; actualmente las empresas mundialmente conocidas, las cuales juegan el papel de operadoras son Mobil, Shell, ChevronTexaco, OXY, BP, Tallisman Energy y a nivel del territorio Colombiano pertenecientes al grupo empresarial Ecopetrol y a Operadoras a nivel internacional se encuentran empresas como Equion Energia (Ecopetrol y Tallisman Energy), Hocol (Ecopetrol y el grupo inglés Knightsbridge Petroleum y francés Maurel et Prom), Pacific Rubiales Energy.

La Compañía Perforadora es la encargada de suministrar el equipo necesario para la perforación, el cual es el Taladro de Perforación y el equipo especializado para la operación, entre las compañías internaciones encontramos H&P, Sperry Drilling, Nabors Drilling, Precision Drilling.

Figura 2: Equipo o Taladro de Perforación [10]

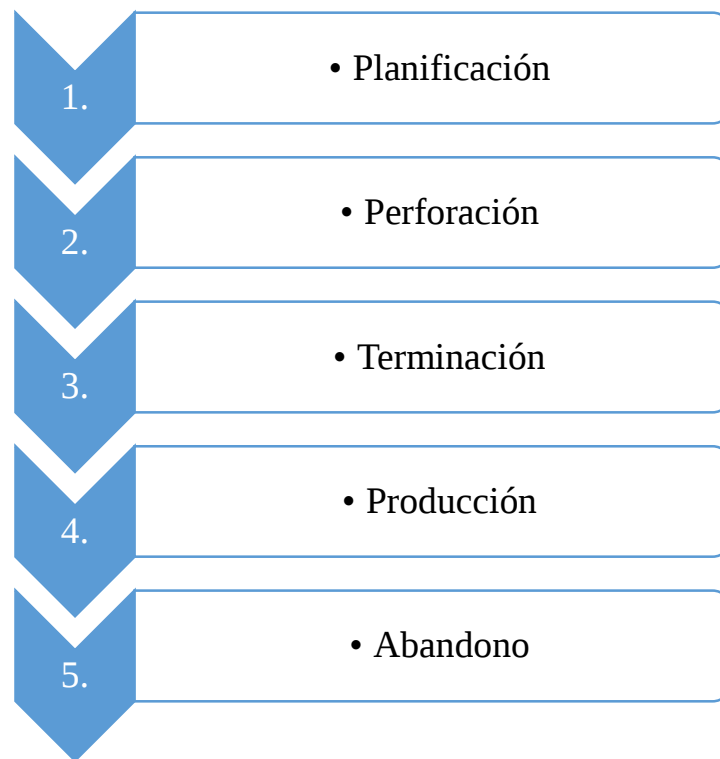


Y finalmente la Compañía prestadoras de Servicios, las cuales se encargan de suministrar Lodos, Geologías, Brocas, Pruebas de Well Testing, víveres, transporte; entre estas empresas prestadoras de servicios, conocidas a nivel mundial y con presencia en Colombia tenemos a Halliburton, Schlumberger, Weatherford.

2.2.1. La vida de un pozo

El ciclo de vida de un pozo o yacimiento se puede dividir en cinco grades segmentos los cuales son:

Figura 3: Segmentos de vida de un pozo.



2.2.1.1. Planificación

En la planificación se encuentran todos los estudios previos que se realizaron al terreno para la determinación de la posible existencia de petróleo, entre los pasos empleados esta la toma de imágenes satelitales o imágenes de radas del área de interés; con estas imágenes se permite identificar las características del terreno como tipo de rocas, vegetación, fuentes hídricas, fallas geológicas.

Empleando gravimetría e información magnética se puede determinar información de manera general sobre los tipos de rocas presentes en la formación y el espesor que posee la secuencia sedimentaria en dicha región. [11]

Y finalmente se toman muestras de las rocas presentes en el área de interés y son analizadas en laboratorios especializados. Toda esta información es usada por el geólogo el cual puede determinar la existencia o no de un hallazgo de hidrocarburos y así poder iniciar la exploración o continuar con métodos de análisis más especializados.

2.2.1.2. Perforación

El yacimiento se explora mediante la perforación de un hoyo con diámetros entre las 5 a las 50 pulgadas de diámetro en la tierra, empleando un equipo de perforación que hace girar la sarta de perforación la cual está compuesta por tubos de acero que se van acoplando a medida que gana profundidad la perforación y en donde el primer tubo lleva en su punta una broca de perforación especializada para el tipo de formación a atravesar. Adicional es empleando un fluido de perforación encargado para: mantener las paredes del pozo compactas, evitando posibles derrumbes, funcionando como fluido de lubricación para la broca, usado para sacar a la superficie el material rocoso que se va perforando; este fluido es llamado “Lodo” y es bombeado desde la superficie por dentro de la sarta de perforación, figuras 4 A y B. [11]

Después de realizar la perforación hasta la profundidad deseada, secciones de tubos llamados *casing* o tubería de revestimiento ligeramente más pequeño que el diámetro interno del pozo son bajadas y ubicadas internamente, proporcionando integridad estructural al pozo recién perforado y protección a la formación; el cemento es empleado para fijar el casing al diámetro interno del pozo figura 5.

Luego de ser instalado el *casing* en el lugar correcto se procede a seguir perforando a mayores profundidades con un diámetro interno más pequeño que el anterior perforado y al terminar esta operación, se baja más tubería de revestimiento con un diámetro interno mucho más pequeño que el anterior ubicado y así sucesivamente hasta llegar a la zona de interés donde se puede encontrar el hidrocarburo o la zona de interés a explotar. [12]

2.2.1.2.1. Tipos de *Casing*

Existen tres tipos de casing empleados en el sector los cuales son:

- Conductor: Esta es la primera tubería en ser instalada, incluso antes de ser movido el taladro, ayuda a prevenir el derrumbe de la base del taladro.
- Superficial: Ayuda a una buena cementación, aislando zonas de agua fresca.
- Intermedio: Es empleada para ajustar zonas inestables de hoyo.

Figura 4: A y B: Ejemplos de perforación. [11]

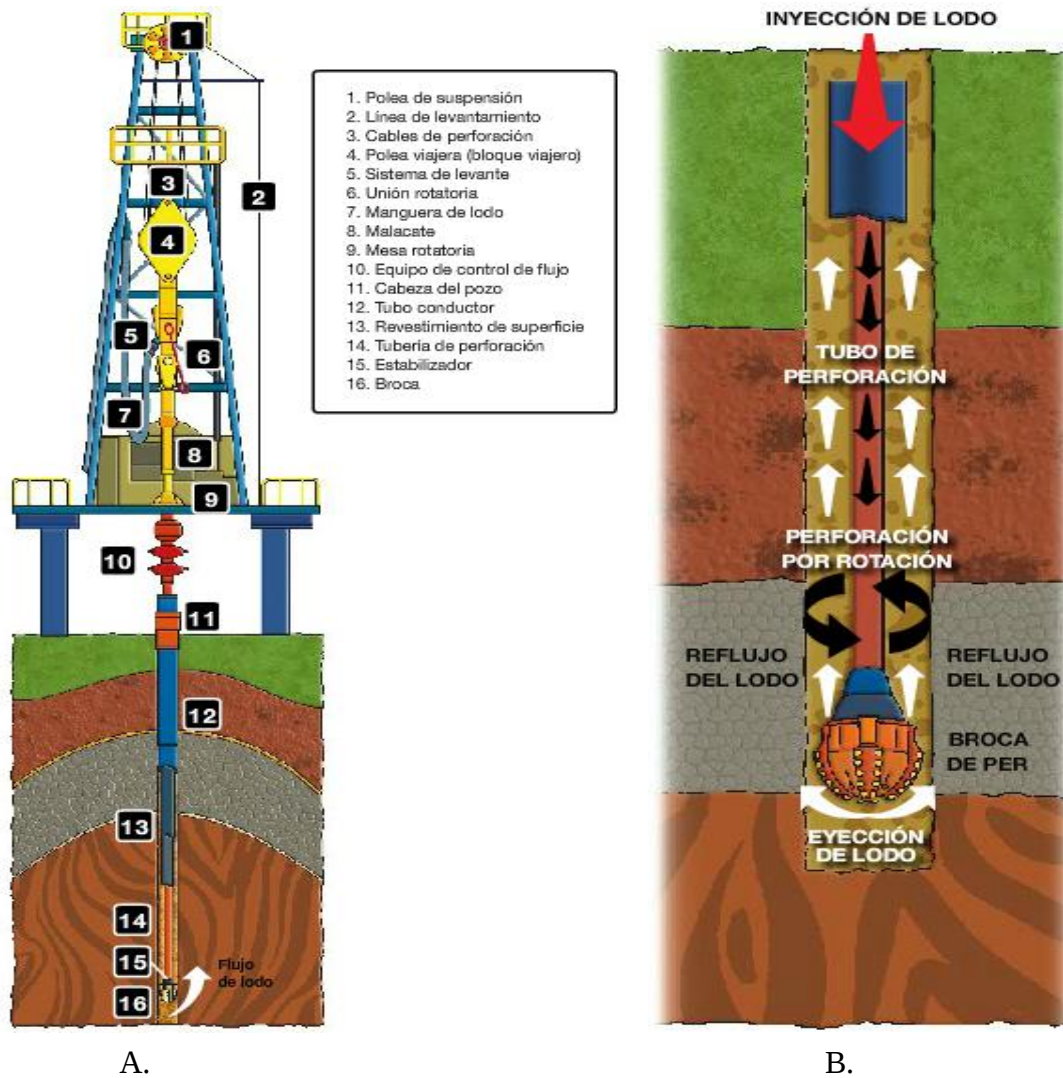
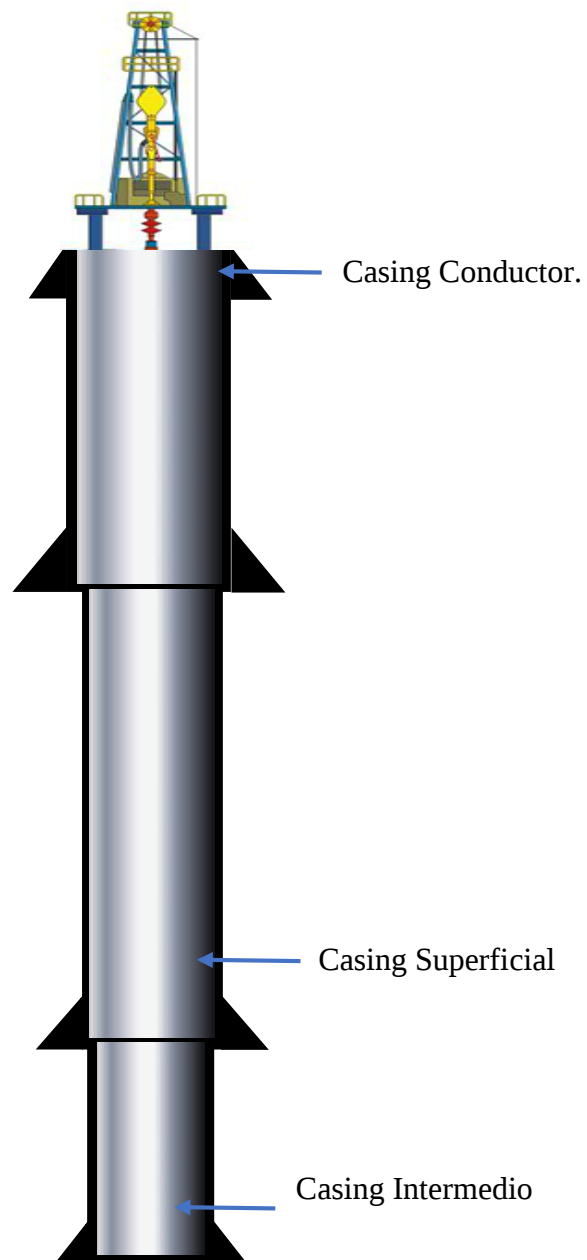


Figura 5: Ejemplo de Perforación e ubicación de los tipos de tubería de revestimiento.



2.2.1.3. Terminación

Luego de terminado el proceso de perforación y ubicación de la tubería de revestimiento se accede a la zona de producción donde se hacen huecos al casing con cañones cargados de pólvora, permitiendo la comunicación entre la zona donde se encuentra el hidrocarburo y el interior del casing, de esta forma el petróleo pasara a través de estos orificios siendo extraído por medio de una sarta de producción fluyendo hacia la superficie.

2.2.1.4. Producción

Si el pozo posee la suficiente energía generada por la presión subterránea puede llevar el hidrocarburo acompañado de gas, agua y sedimentos hacia la superficie donde se ubica en cabeza de pozo una colección de válvulas llamadas árbol de navidad o arboles de producción encargado para la regulación de presión, flujos de control y acceso al pozo, luego de esto es llevado a las facilidades de producción, separación, almacenamiento y transporte a sus diferentes fines.

Pero si por lo contrario el pozo no posee la suficiente energía para bombear el hidrocarburo a superficie, es necesario emplear métodos de extracción como bombas electro sumergibles, Bombeo Mecánico “Machín”, inyección de agua, vapor o CO₂ empleados para ayudar al bombeo del fluido hacia superficie.

2.2.1.5. Abandono

Un Pozo es abandonado cuando la tasa de producción de barriles, no cubre los gastos de funcionamiento más los impuestos llegando a un límite económico; hay que tener en cuenta que cuando se eleva el límite económico, la vida útil del pozo se acorta y por el contrario, cuando se baja el límite económico, la vida útil del pozo se alarga.

En el caso que se abandone se procede en retirar la tubería de producción, seguido de esto se llenan cesiones del pozo con tapones de cemento, en cabeza de pozo se corta el casing sobresaliente y se suelda una tapa metálica y es cerrado el pozo; cabe resaltar que dentro del pozo queda una cantidad significativa de crudo irrecuperable y se fue extraído de un 20% a 40% de su cantidad de crudo total.

2.2.2. Tipos de pozos

Existen dos maneras muy grandes de clasificar los pozos petroleros, una de ellas es clasificar por pozos en tierra o pozos en alta mar, por ejemplo un pozo alta mar va dirigido a un deposito o reservorio debajo del océano pero debido a los altos costos para la perforación un pozo en alta mar es mucho más costoso que un pozo en tierra; los pozos en tierra más representativos para Colombia son La Cira-Infantas, en

Barrancabermeja; Chuchupa, en La Guajira; Caño Limón, en Arauca; y Cusiana-Cupiagua, en Casanare, [11] la otra forma de clasificación es por su contribución al desarrollo de un recurso, entre estos se encuentran:

- Pozos exploratorios, los cuales son perforados con el fin de explorar nuevas áreas donde se sospecha la presencia de hidrocarburos, también empleados para encontrar los límites del yacimiento.
- Pozos de producción, empleados para la producción de hidrocarburos líquidos y gaseosos. [12]

2.3. Petróleo en Colombia

2.3.1. Reseña Histórica

Las primeras apariciones del “Aceite de piedra” en Colombia datan de la conquista española, en un caserío de los indios Yariguíes situado en donde actualmente está la ciudad de Barrancabermeja, a este caserío llegaron las tropas de Gonzalo Jiménez de Quesada en su expedición realizada durante los años de 1536 a 1537, donde vieron lugares donde brotaba el “Aceite de roca” los cuales empleaban los indios Yariquíes como un reconfortante corporal, también lo empleaban como impermeabilizante para sus canoas, posteriormente fue usado por las tropas de Gonzalo Jiménez de Quesada para impermeabilizar sus embarcaciones.

2.3.2. Exploración en Colombia

La exploración en Colombia se ha realizado por medio de concesiones entregadas a diversos entes tales como personas naturales como empresas pequeñas las cuales terminaban siendo cedidas a empresas multinacionales con representación en Colombia. [11]

Las primeas explotaciones datan del año 1886 dadas a el escritor Jorge Isaac por medio de un contrato firmado con el Gobierno nacional para la explotación de terrenos situados entre el Golfo de Urabá y la Guajira, unos años después se firmó la concesión de Mares en 1905 entre el Gobierno Nacional y Roberto Mares para la explotación comprendida en la zona de Barrancabermeja, unos años después se extendió esta concesión siendo negociada con la Tropical Oil Company. [11] [13]

En 1918 se encontraron los primeros yacimientos llamados como la Cira-Infantas, con 800 millones de barriles de petróleo recuperables que hasta el día de hoy producen crudo.

Para 1951 se revocó la concesión de Mares, pasando todos estos bienes al gobierno nacional; gracias a la ley 165 de 1948 se creó una figura, la cual administrara los recursos petroleros del país, la Empresa Colombiana de Petróleos, Ecopetrol, asumiendo este rol a partir de este año.

Luego se revocaron las otras concesiones otorgadas por el gobierno y asumiendo el control de las diferentes operaciones de exploración, producción, transporte, refinación y comercialización de los hidrocarburos, siendo la única empresa administradora de todos los recursos de petróleo y gas procedentes de Colombia hasta el día de hoy.

Ecopetrol emplea un modelo de contratación de exploración y producción enfocada en la competitividad en el área internacional, siendo una empresa industrial comercial del Estado por acciones, donde el Ministerio de Hacienda y Crédito Público posee el 80% de las acciones y el 20% restante hace parte de terceros. [11] [14]

2.4. Calibración en presión y Temperatura de Memory Gauges “PPS” [15]

Para el desarrollo de la propuesta del Laboratorio de Calibración, es significativo tener presente como se es realizado el proceso de calibración para las MG empleando un Dead Weight Tester y un horno.

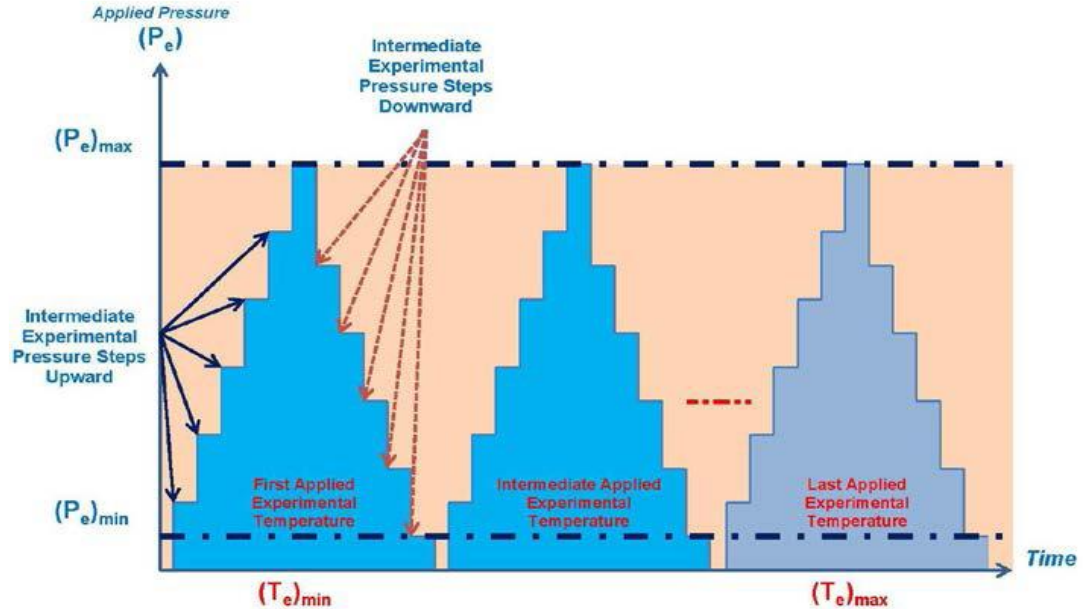
La calibración de un medidor de presión y temperatura (o cualquier otra herramienta de fondo de pozo que se utiliza para adquirir parámetros en de yacimiento de petróleo y gas) determina la función de transferencia matemática utilizada para calcular el parámetro medido real de la respuesta del dispositivo de medición sobre su rango calibrado. El término calibración se entiende generalmente como una calibración estática, aunque hay excepciones, y el medidor PPS de cuarzo es uno de ellos.

Durante la calibración, en diferentes condiciones de temperatura estabilizadas, una serie de presiones precisamente conocidas (generadas por una balanza de peso muerto o (Dead Weight Tester)) se aplican al sensor sobre su rango de operación plena. Estos ciclos de presión conocidas se repiten cada vez que el valor de la condiciones de temperatura estabilizadas como se muestra en la figura 6.

Luego de realizar estos ciclos, el software empleado para este proceso, realiza un ajuste polinómico con los coeficientes tomados durante la calibración y determina una ecuación matemática que calibran las lecturas del medidor.

En la figura 7 se encuentra explicado el proceso detallado para realizar calibraciones a los MG.

Figura 6 : Proceso de Calibracion para herramientas de fondo de Pozo.

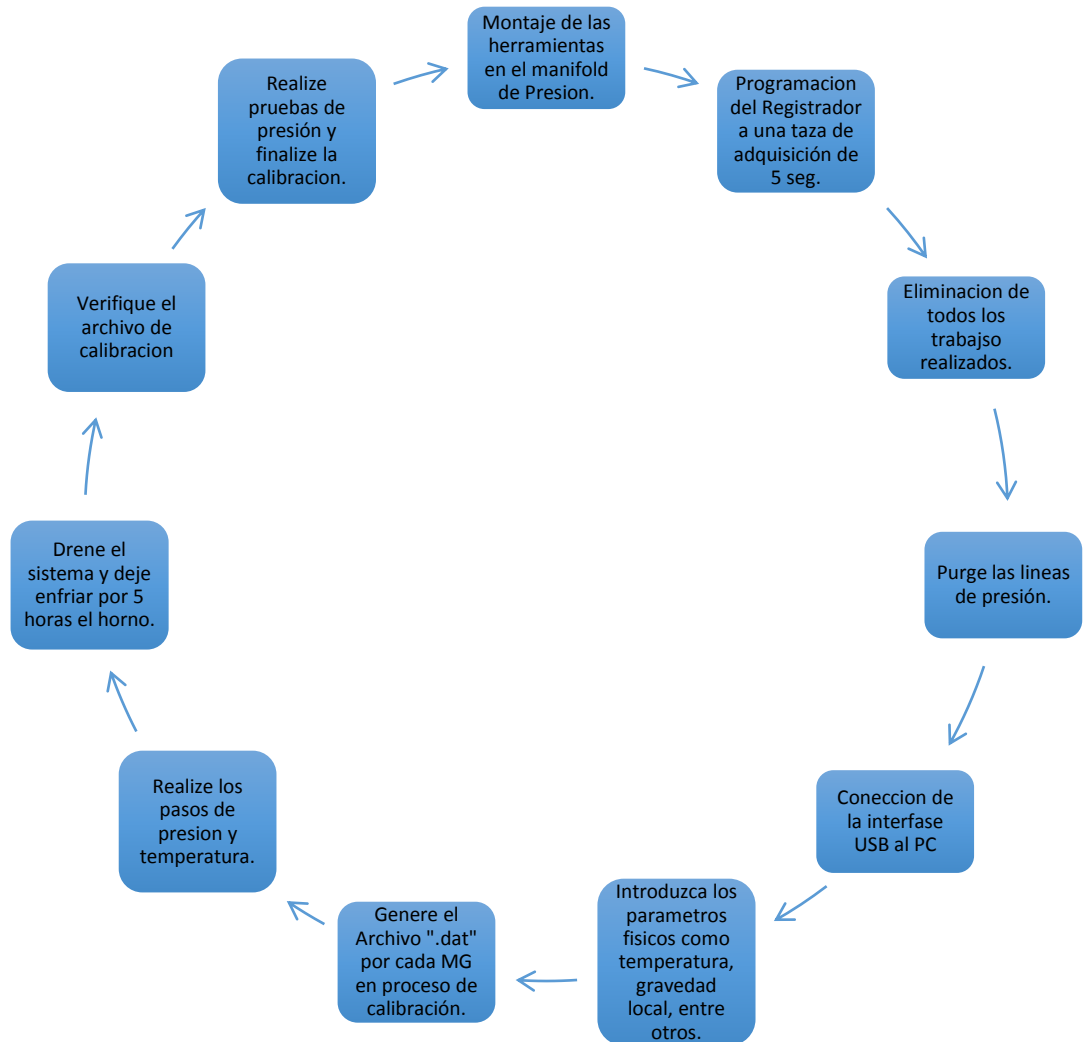


2.4.1. Balanza de Peso muerto (Dead Weight Tester)

La balanza de pesos muerto es un instrumento que proporcionar un método más confiable y exacto para medir presiones superiores a 1 Kgf/cm².

Esta trabaja basándose en el principio de balancear pesos conocidos contra la fuerza producida por la acción de una presión desconocida en un pistón hidráulico de área conocida. Cuando estas fuerzas alcanzan equilibrio y balance, la presión desconocida iguala el total de las pesas y el pistón, y de esta manera queda determinado el valor de la presión. Este instrumento tiene una bomba autónoma para generar presión, la cual emplea un fluido newtoniano el cual trabaja como fluido transmisor de la presión aplicada por la bomba permitiendo a la balanza checar y calibrar otros instrumentos en laboratorio. [16]

Figura 7 : Procedimiento para la Calibracion de las herramientas de fondo de Pozo.



2.5. Reseña de Halliburton

2.5.1. Historia [17]

Halliburton es uno de los mayores proveedores de servicios y soluciones a nivel mundial en la industria del Petróleo y Gas, con sus 2 sedes principales en Houston Texas y Dubái, en los Emiratos Árabes Unidos, tiene presencia en más de 80 países con más de 140 nacionalidades diferentes con más de 80.000 empleados en todo el mundo.

Figura 8 : Erle P. Halliburton en sus inicios [15]



Fundada en 1919, comenzó con el fundador Erle P. Halliburton con una visión de expansión e innovación llevándolo con \$1000 USD y una solicitud de préstamo de un carro, un equipo de mulas y una bomba, construyó una caja de mezcla de madera y comenzó cementando un pozo de petróleo en Duncan, Oklahoma.

Para 1930, inauguro sus primeros laboratorios de investigación en cementación, ofreciendo sus servicios de acidificación para romper la resistencia en las formaciones de piedra y así aumentar la producción de petróleo y gas, iniciando su primer trabajo en plataforma petrolífera en alta mar empleando una unidad de cementación y un equipo de perforación en el Campo criolla en el Golfo de México este fue el comienzo de lo que se convertiría más amplio servicio en alta mar en el mundo.

Para 1926, vendió 5 unidades de cementación a una compañía Inglés en Birmania, iniciando operaciones del Hemisferio Oriental a raíz de esto Erle P. Halliburton envió a sus hermanos para abrir nuestro negocio en Alberta, Canadá a su vez se abrió negocio con Venezuela en 1940, 1946 gracias a su tecnología de punta tenía presencia Colombia, Ecuador, Perú y el Medio Oriente; en 1951 en Argentina y una filial en Inglaterra.

En 1984, Halliburton proporciona todo el equipo necesario para la implementación de la primera plataforma de múltiples pozos en alta mar de China; para 1986 Halliburton se convirtió en la primera compañía estadounidense en llevar a cabo un trabajo de servicios petroleros en la parte continental de China.

Entre 1990 a 2007 se ha encargado de abrir sucursales en el hemisferio Occidental, realizando la división de servicios en dos, Terminación y Producción o Completion and Production, y perforación y evaluación o Drilling and Evaluation.

Hoy en día, Halliburton ofrece más amplia gama del mundo de productos, servicios y soluciones integradas para la exploración de petróleo y gas, desarrollo y producción.

2.5.2. Perfil operativo

La Compañía presta servicios a la industria del petróleo y gas, “upstream” encargada de la localización de los hidrocarburos, gestión de los datos geológicos, perforación y evaluación de la formación, así como la construcción, terminación y la optimización de la producción a lo largo de la vida productiva del pozo.

Halliburton está constituida por 13 líneas de servicio de productos (PSL). Estas PSL operan en dos grandes divisiones: Terminación y Producción o Completion and Production y perforación y evaluación o Drilling and Evaluation, de esta forma genera servicios integrados con mayores resultados financieros, e implementación de estrategias para el desarrollo de tecnologías. Llegando a las reservas cada vez más difíciles de llegar de forma convencional, ubicadas en los hemisferios occidental y hemisferio oriental.

Tabla 2: Líneas de servicios (PSL) de Halliburton a nivel mundial [17]

Drilling and Evaluation Division	
Baroid	Sperry Drilling
Drill Bits & Services	Testing & Subsea
Landmark	Wireline & Perforating
Completion and Production Division	
Artificial Lift	Completion Tools
Boots & Coots	Multi-Chem
Cementing	Production Enhancement
Supporting Both Divisions	
Consulting & Project Management	

3. DOWNHOLE GAUGES (MEMORY GAUGES)

3.1. Definición

Es un medidor de presión y temperatura electrónico el cual toma muestras y registros de presiones, temperaturas y tiempo en fondo de pozo, estos datos se almacenan en una memoria interna del registrador, para luego ser descargados a un ordenador; La descarga de la información adquirida, se realiza cuando el conjunto de herramienta se ha recuperado del fondo de pozo y llevados a la superficie, los datos pueden ser descargados para el análisis, cuando el medidor se conecta a un ordenador mediante el software proporcionado por el fabricante, empleando una interfaz USB. Los datos permanecerán en la memoria del medidor hasta que se reprogramme para un nuevo trabajo. [1] [4] [18]

Las muestras de presión y temperatura adquiridas en fondo de pozo, son empleadas con el fin de evaluar la productividad del pozo, los límites del yacimiento, factor Skin o daño a la formación, realizando una serie de operaciones matemáticas, empleo de personal y equipos especializados se pueden obtener un estimado del tipo de fluido que se encuentra en el pozo en un intervalo de profundidad, también se puede saber la conectividad entre un pozo y otro, adicionalmente a eso se emplean para diversas operaciones donde desean conocer o corroborar temperaturas del pozo, o presión del fluido que aporta el pozo.

Para las mediciones de presión de fondo de pozo, estos incluyen medidores helicoidales del tubo de Bourdon, medidores de voltaje, medidores de cristal de cuarzo, zafiro, piezo resistivos y medidores de lectura superficial. [17]

Características y beneficios: [18]

- Bajo consumo de energía
- Estabilidad de calidad de datos
- Gran capacidad de memoria
- Lectura superficial
- Disparador Presión
- Baterías inteligentes bajas que pueden ofrecer hasta dos años el fondo del pozo
- Grabación de alta resolución y alta estabilidad incluso a altas temperaturas

Los MG están constituidos por 3 partes fundamentales las siguientes son:

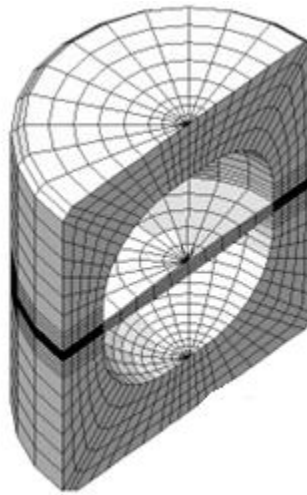
3.1.1. Sensor

El tipo de sensor empleado para las Memory Gauges (MG) es un transductor de presión y temperatura el cual puede ser fabricado en 3 tipos de material como lo son el cuarzo, zafiro y piezo-resistivos, los cuales son cristales resonantes. Estos sensores en su mayoría de los casos son diseñados, elaborados y manufacturados por la empresa Quartzdyne.

3.1.1.1. Sensor de presión y temperatura del fabricante Quartzdyne

Sensor de presión de Quartzdyne, es un resonador de cuarzo que cambia de frecuencia en respuesta a la presión ejercida, su estructura es un cilindro hueco de paredes gruesas con extremos cerrados. Un resonador es un cilindro hueco cizallado por la mitad dividiendo el cilindro en 2, su funcionamiento está basado en la presión ejercida por el fluido en el exterior comprimiendo hidrostáticamente el cilindro de cuarzo, produciendo una tensión de compresión interna en el resonador cambiando la frecuencia de vibración del sensor cambia en respuesta a este estrés. [19]

Figura 9 : Cilindro de Cuarzo de la Empresa Quartzdyne [19]



Debido a la frecuencia pueden medirse con mayor precisión que cualquier otro parámetro, la frecuencia de salida del sensor proporciona la medida de presión aplicada en una alta resolución y gracias a las propiedades del cuarzo el cual es un material perfectamente elástico, proporcionando estabilidad y respetabilidad al sensor. El resonador de cuarzo tiene un alto Q, lo que significa que su vibración se puede conducir con muy poca energía eléctrica. Esto proporciona una larga vida útil en aplicaciones que funcionan con baterías. [19]

El "transductor" es todo el conjunto requerido para producir las señales de salida digitales o frecuencia. Cada transductor se basa en tres resonadores de cuarzo: el sensor de presión, un sensor de temperatura, y un cristal de referencia.

Figura 10: Transductor de Cuarzo de la Empresa Quartzdyne [19]

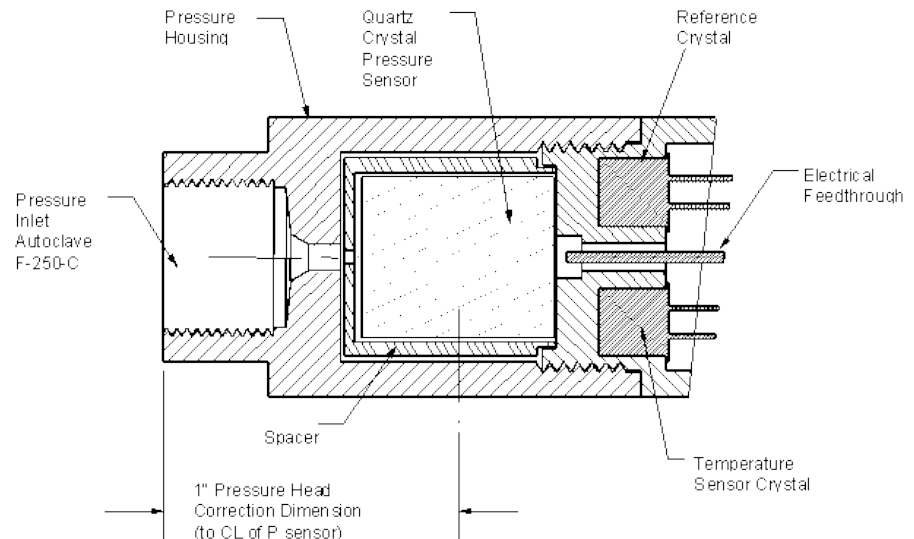
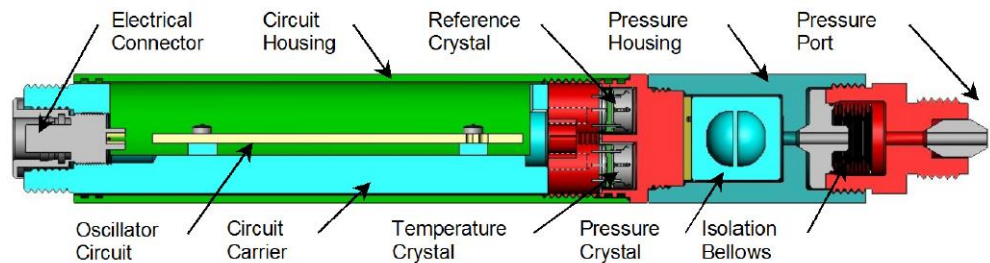


Figura 11: Constitución interna de un sensor y parte electrónica de un transductor Quartzdyne [19]



3.1.1.2. Resolución

La resolución en los MG es el cambio más pequeño de temperatura y presión que un registrador puede registrar, por ejemplo: la resolución de un medidor es de .01 psia tanto para presión, esto nos indica que puede detectar y registrar un cambio de presión de .01 psia. [20]

3.1.1.3. Exactitud

La exactitud aplicada a los MG se interpreta como el margen de error que poseen los registradores de presión y temperatura con respecto a un patrón verdadero, por decir un ejemplo: Si un MG posee una exactitud de $\pm 0.02\%$ de su lectura a full escala, se interpreta de la siguiente manera con una medida tomada de 16000 psia el registrador tiene una exactitud de ± 3.2 psia. [20]

3.1.1.4. QA / QC

Un sistema de QA / QC es empleado como un proceso de control de calidad (validación y verificación), donde el QA se realiza antes que se recogen los datos mientras que el QC se realiza después de que se recogieron los datos. Garantía de Calidad (QA) En el desempeño de servicios, asegurando la calidad de cualquier proceso sistemático de comprobación para ver si un producto o servicio que se realizan, está cumpliendo los requisitos especificados. Estos proceso garantiza la calidad de los equipos trabajaran de la mejor; por otro lado el Control de Calidad (QC) es un procedimiento o conjunto de procedimientos destinados a garantizar que un producto o servicio realizado se adhiere a un conjunto definido de criterios de calidad o cumple con los requisitos del cliente o cliente, ayudando a asegurar que los datos recogidos son exactos y verificables. [21]

3.1.2. Electrónica

La electrónica está compuesta osciladores, contadores de frecuencia e interfaces para comunicaciones con el PC, siendo estas almacenadas en una memoria interna del Registrador y así permitiendo ser descargados a un Pc por medio de una interface USB y un software.

Un circuito oscilador proporciona estímulo a los elementos de cuarzo, la conversión de sus frecuencias de resonancia naturales en señales eléctricas. La frecuencia del cristal de referencia se mezcla con las frecuencias de los dos sensores para hacer estas señales más fáciles de contar y transmitir. También proporciona el transductor con una base de tiempo estable que se puede utilizar en contador de frecuencia.

Figura 12: Diagrama de bloques de la parte electrónica de un transductor Quartzdyne [19]

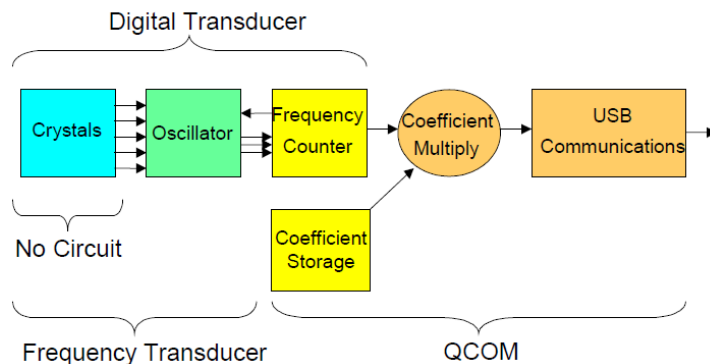


Figura 13: Especificaciones de un Memory Gauge “PPS” PPS-28. [2]

www.pioneerps.com

PPS28 Quartz Memory Gauge

The PPS28 Quartz Memory Gauges are developed for critical well testing. They are also designed to be run by Wireline and/or Service personnel with limited computer knowledge or experience in running memory gauges. The gauge doesn't need to be reprogrammed after every run as long as you are using the same sample rate. The software also allows you to download and generate a report or ASCII file for emailing with ease.

Applications:

- Pressure Gradients
- Pressure Build-up Tests
- Drill Stem Tests
- Production Tests
- Post Stimulation Evaluation
- Interference Tests
- Fracture Monitoring
- Injection Pressure Monitoring
- Perforation Monitoring

Specifications

Sensor Type	Quartz
Service	H ₂ S Services
Metrology—Pressure	
Drift—psi/yr	<0.02% FS
Accuracy—psi full scale	± 0.02% (full scale), ± 0.015% (full scale) Typically
Resolution—psi	0.00006%
Range—psi	Up to 25 kpsi
Metrology—Temperature	
Rating—°C	150 (302 °F), 177 (351 °F)
Accuracy—°C	± 0.2
Resolution—°C	0.005
Characteristics	
Power Source	2-4 AA or 1-2 CC lithium packs
Communication	USB/RS232
Data Set	Time/Pressure/Temperature
Maximum Outside Diameter—Inches	0.75 (19.1-mm)/ 1.25 (31.8-mm)/1.27 (32.3-mm)
Overall Length—Inches	21 (533.4-mm)/23 (584-mm)
Housing Material	Inconel 718/Stainless Steel 17-4/MP35N
Sampling Rate	0.1 sec to 18 hours per sample
Memory Capacity	2,000,000 data sets
Work Mode	MRO (SRO Optional)
Programming Modes	Conventional/Advanced
Operating System	Windows 2007/XP/Vista



3.1.3. Batería

Para la alimentación de los Memory Gauges, son empleadas baterías de litio cloruro de trionilo, las cuales pueden entregar hasta 12 veces su capacidad total y su vida útil es de 10 años, estas características las hacen las más empleadas para estas aplicaciones; para su diversas aplicaciones estas viene por celdas de 3.7 v, siendo de esta forma fácil para la unión en serie o paralelo, partiendo en configuraciones de 7.4v hasta 14.8v.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo el lector encontrará los desarrollos a los objetivos planteados a través de la investigación, especificando cada uno de los procesos llevados a cabo para el cumplimiento de los objetivos.

La investigación y el desarrollo de esta se desarrolló en las instalaciones de Halliburton Latin America en la base locativa de Funza, específicamente en el laboratorio de DAS (Data Acquisition Services), empleando la investigación cuantitativa aplicada, puesto que se busca la implementación de un laboratorio especializado para la calibración de Memory Gauges “PPS”, teniendo en cuenta que la población general involucrada serán las Memory Gauges donde encontramos, memorias con fabricantes como Spartek Systems, Metrolog, Pioneer Petrotech Services “PPS” siendo la muestra enfocada solo en las Memory Gauges del fabricante “PPS”.

Para la recolección de datos, esta investigación se basó en un laboratorio experimental de Calibración de Memory Gauges ya implementado y funcional ubicada en la seccional de Halliburton Brasil, donde el fabricante “PPS” otorgó un manual instructivo para la realización de la calibración de sus productos, gracias a este material se podrá realizar un mejor tratamiento de la información recolectada de las variables a tratar y la puesta en marcha del laboratorio en la seccional de Colombia.

4.1. Equipos necesarios para la puesta en marcha del laboratorio.

4.1.1. Equipos Necesarios

De acuerdo con el procedimiento descrito por la empresa Pioneer Petrotech Services “PPS”, es necesario, para realizar las calibraciones de los MG conocer ciertas variables físicas en el lugar donde se va a realizar esto como: [15]

- Gravedad local.
- Presión atmosférica entre 13 – 14.9 psi
- Humedad 10 – 70 % RH
- Temperatura del laboratorio 21 – 25 °C

A demás factores de calibración de las balanzas de peso muerto como temperatura y gravedad donde se realizó la calibración de estas y la temperatura dentro del horno, todas estas son necesarias para realizar las calibraciones y tener un ambiente controlado en el laboratorio, adicionalmente se tuvo en cuenta los recursos necesarios tanto técnicos como humanos.

Todo el equipo técnico necesario para la ejecución del laboratorio se enuncia en las tablas 3, 4, 5 adicionalmente a esto se gestionara la correspondiente cotización y se realiza la compra de algunos de los instrumentos necesarios para la adecuación del laboratorio.

Debido a que la práctica empresarial está limitada en tiempo y a que el presupuesto debe ser aprobado por una junta directiva de la empresa que puede realizar ajustes o modificar el cronograma así como las demoras existentes en los procesos de compra y adquisición de equipos, no se planteó realizar el montaje completo del laboratorio; A medida que fueron llegando los instrumentos solicitados para la puesta en marcha del laboratorio, se procedió a realizarles pruebas a cada uno para verificar su correcto funcionamiento (Soportado con documentos y procedimientos establecidos por el fabricante de cada instrumento) y finalmente se enviaron a certificación y calibración por parte de un tercero contratado por Halliburton Latin America.

Paralelamente a todo el proceso anteriormente nombrado, se soportará en un documento formal cada paso seguido en el proceso.

Tabla 3: Equipos y herramientas necesarios para la implementación del laboratorio.

Item	Nombre	Descripción	Cantidad
1	DWT	Balanza de peso muerto de 500 psi a 30Kpsi.	1
2	Terminal 5000	Terminal encargado del control de la DWT	
3	Horno	Horno necesario para la calibración	1
4	Termómetro (PRT) Fluke	Empleada para la medición de temperatura dentro del horno	1
5	Terminal Fluke	Terminal empleado para el control y lectura de la medida del Termómetro Fluke.	1
6	Barómetro	Empleado para la medición de presión atmosférica y temperatura dentro del Laboratorio de Calibración.	1
7	Termohigrómetro	Toma de humedad y temperatura ambiente en el laboratorio.	1
8	Enerpac	Bomba Enerpac de 30kpsi	1
9	USB Cable	PPS USB download interface cable	6
10	USB Hub	USB Hub con 4 puertos	2
11	Computador	Con Windows y los Software empleados para la calibración	1
12	Banco de Baterías	Banco de baterías junto con sus respectivos reguladores de voltaje	1

Tabla 4: Conexiones y accesorios.

Item	Nombre	Descripción	Cantidad
1	Válvulas de Aguja de ¼" OD conexión HP 30kpsi	Válvulas para control de presión aplicadas por el DWT y la Enerpac	5
2	Manómetros 30Kpsi	Manómetro empleado para corroborar la presión aplicada por el DWT y la	5
3	Conexiones macho ¼" HP	Usadas para la conexión entre los diferentes instrumentos para 30kpsi	18
4	"Splitter" de ¼" HP	Para la instalación de los manómetros de control.	2
5	"Cruz" de ¼" HP	Distribución del fluido presurizado hacia los diferentes manómetros del panel de distribución	2
6	Manifold para presión	Manifold para soporte y aplicación de presión a los MG.	1
7	Tubing en Acero Inoxidable para 60Kpsi de ¼" OD x 0.083" ID	Tubing empleado para las líneas de presión del laboratorio.	10mts
8	Panel de Calibración para Manómetros y válvulas	Panel para montaje de los manómetros y las válvulas para control de la presión aplicada a los MG.	1
9	Cable Trifásico	Cable trifásico para alimentación del horno de 2m	1
10	Clavija Trifásica		1

Para transmisión de datos y ejercer presión a los MG son necesarias algunas herramientas las cuales se enuncian en la tabla 5 y son proporcionadas por el fabricante de los MG.

Cabe resaltar que las MG empleadas en DAS son Modelos PPS 50.

Tabla 5: Herramientas especializadas para los MG.

Item	Nombre	Descripción	Cantidad
1	Pressure Sub	PPS28 1.25"/1.27" Pressure Sub – 4 ports (9/16" – 18 HP)	2
		PPS50 SQ 1.25" Oil Trap with 9/16"-18HP	2
		PPS50 SQ 1.25" Oil Trap with ¼ "-NPT	2
2	Extensión de Cable	Extensión de Cable para PPS60 Gauge – 1.5m cable con conector Fisher de 12 pines (enchufe) en uno y dos conector lateral de 4 pines Lemo (receptáculo) en el otro lado	5

4.1.2. Cotizaciones y costos del equipo necesario

A continuación se muestra en la tabla 6 los precios estimados de los instrumentos más importantes para el laboratorio, junto con sus precios en dólares y pesos Colombianos para este valor se empleó una tasa de cambio de 2,386.50 del día 23 de Enero del 2015, anexando cotizaciones de los accesorios necesarios para la calibración de los MG de los fabricantes Spartek y Metrolog, en los anexos se encuentran las cotizaciones de los instrumentos.

Tabla 6: Precios y Cotizaciones.

Item	Nombre	Precio Pesos Colombianos	Precio USD	Anexo
1	DWT y accesorios	\$211'169,452.5	\$88,485.00	Anexo 8
2	Horno Jung	\$28'686,654.96	\$12,020.38	Anexo 9
3	Termómetro Fluke y accesorios	\$18'731,638.5	\$7,849.00	Anexo 10
4	Accesorios "PPS"	\$11'335,875	\$4,750.00	Anexo 11
5	Accesorios "Spartek"	\$20'390.256	\$8,544.00	Anexo 12
6	Accesorios "Metrolog"	\$12'887,100	\$5,400.00	Anexo 13
Inversión aproximada en equipos USD:			\$127,048.38	

4.1.3. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento realizadas a los instrumentos fueron realizándose a medida que los instrumentos fueron llegando a la Base de Testing and Subsea en Funza; Estas pruebas se realizaron sobre los procedimientos brindados por los fabricantes para realizar dichas pruebas, en otros casos solo se adjuntó un registro fotográfico de su funcionamiento, puesto que el fabricante no especifica procedimiento de pruebas; todas estas pruebas se documentaron de la siguiente manera.

4.1.3.1. Horno Jung 25025.

El horno Jung 25025 fue recibido el día 28 de enero en la base de Testing and Subsea en las Figura 14 se evidencian las condiciones de embalaje del horno como fue recibido en la bodega, en las figuras 14 y 15 se muestra el embalaje y el horno sucesivamente, en los anexos 15 y 16, se encuentran el diseño esquemático del horno y el certificado de calibración del horno.

Figura 14: Embalaje Horno Jung



Figura 15: Horno Jung



4.1.3.2. Termómetro Fluke.

El procedimiento de pruebas para el Termómetro Fluke “*Chub-E4 Thermometer Readout*” esta descrito en el manual técnico donde indica en la sección 3. *Quick Start*, donde contempla los procedimientos necesarios a tener en cuenta con el “*Chub-E4 Thermometer Readout*” y “*The Platinum Resistance Thermometer (PRT) models 5627A*”, como lo son:

- Desempaque del producto.
- Cuidados con la manipulación de los productos.
- Precauciones y cuidados para la conexión de la PRT.
- El uso y ubicación de los “*Clamp-on Ferrites*”
- Conexión a la red eléctrica.
- Encendido del medidor.
- Toma de temperatura.

4.1.3.2.1. Desempaque y cuidados con la manipulación del producto

Es de vital cuidado el desempaque de los instrumentos empleados para la medición de temperatura, puesto que son instrumentos muy sensibles a golpes y afectaciones.

Figura 16: Embalaje de la PRT



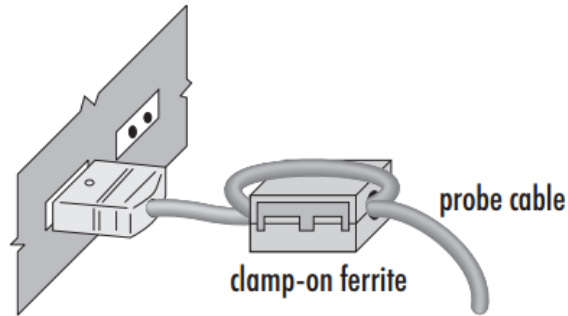
Figura 17: Embalaje de la PRT en el estuche.



4.1.3.2.2. Conexión de la PRT y ubicación de los “*Clamp-on Ferrites*”
La sonda PRT es ubicada al respaldo del módulo 1529 utilizando conectores patentados mini-DWF (PRT); La ubicación de los “*Clamp-on Ferrites*” ayuda a eliminar interferencia electromagnética en el ambiente donde se está empleando la PRT, eliminando interferencia y garantizando una mejor medida por parte de módulo de lectura.

Para la ubicación de estos “*Clamp-on Ferrites*” son usados abrazaderas para la sonda de prueba generando un bucle en el cable cerca del conector y la abrazadera de ferrita.

Figura 18: Montaje del blindaje de Ferrita.



4.1.3.2.3. Alimentación DC y encendido.

El sistema posee una fuente de energía de 15Vdc para la alimentación del sistema, adicional de una batería recargable dentro del sistema; el proceso de encendido es dado por un botón switch ON / OFF, al encenderse el sistema realiza una rápida revisión de su sistema y periféricos.

4.1.3.2.4. Toma de temperatura

Luego de realizar la revisión del sistema, el medidor indica la temperatura registrada por la PRT, entre la documentación, recomienda no exponer el sensor a golpes y sobre temperaturas.

Figura 19: Toma de temperatura con el sistema Fluke.



Figura 20: Lectura del sistema del Terminal Fluke.



4.1.3.3. Termohidrómetro.

En las pruebas de funcionamiento del termohigrometro, no se pudieron realizar bajo estándares del fabricante ya que este no brindo la suficiente información para realizar estas pruebas; a falta de esto se adjuntó un registro fotográfico y en el (anexo 14) se encuentra el certificado de calibración de este instrumento.

Figura 21: Termohidrómetro



4.2.Procedimiento para la Calibración de Memory Gauges

La metodología diseñada para el proceso de Calibración de los MG en el laboratorio en Colombia, está basado en el Manual “PPS DWT Calibration System, User Manual (Application Note for Halliburton Brazil in Macae) de la empresa Pioneer Petrotech Services Inc, adicionalmente a esto los software son proporcionados por el fabricante.

El procedimiento está estructurado de la siguiente manera:

Figura 22: Diagrama de bloques, estructuración del procedimiento para Calibración.



4.2.1. Procedimiento de Calibración.

1. Objeto

Este procedimiento busca explicar el paso a paso de todo el proceso de Calibración de los MG “PPS” empleando una Balanza de peso muerto.

2. Responsables

El supervisor es el encargado de realizar la asignación y supervisión del personal designado para la calibración y adicional estará de apoyo para la solución de dudas sobre procedimientos y procesos llevados en el proceso de calibración.

El personal autorizado a seguir el procedimiento descrito a continuación es el encargado de revisar y emplear la última versión del software y el firmware empleado para este proceso, adicional de comunicar alguna anomalía con respecto a este proceso.

3. Procedimiento

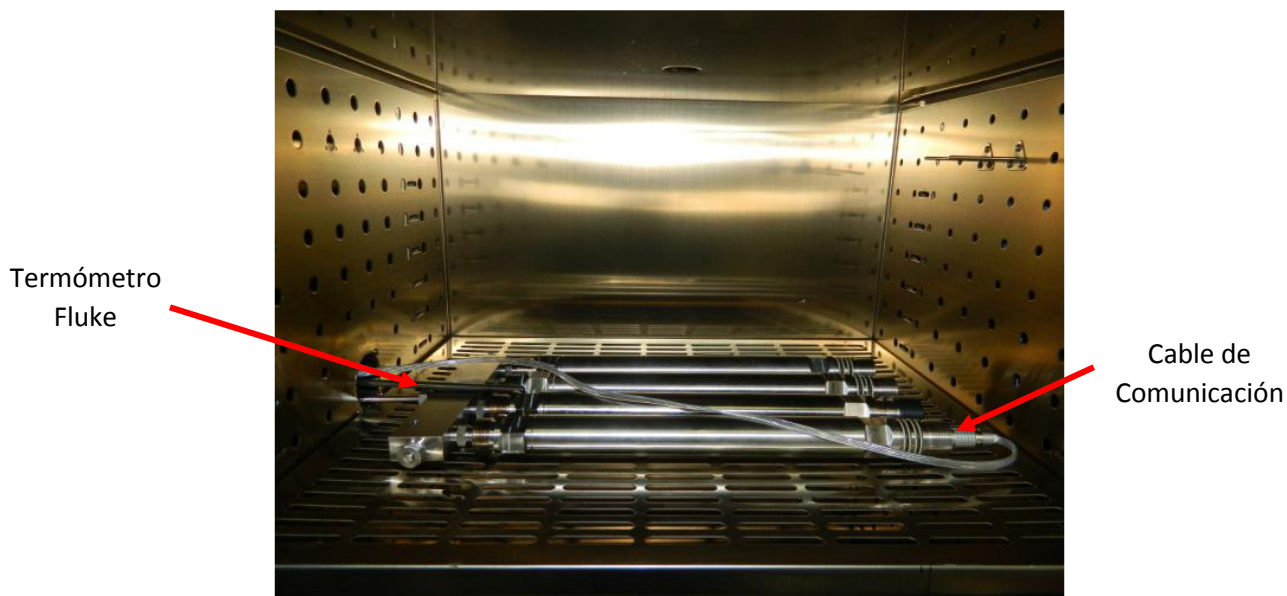
Para el correcto desarrollo de este procedimiento tenga en cuenta todos los procedimientos y normativa HSE necesaria para el desarrollo.

- Siga los procedimientos para un trabajo seguro como lo son, análisis de riesgos, permisos de trabajo, advertencias de seguridad, uso del equipo de protección personal.
- Realice una inspección visual a todos los componentes en búsqueda de daños o desgaste por uso y si es así, limpiar con cuidado.
- Realice una inspección a las certificaciones de los equipos empleados en este proceso de calibración como: la balanza de peso muerto, termohigrómetro, barómetro, termómetro, manómetros
- Materiales necesarios
 - Memory Gauge PPS
 - Balanza de peso muerto.
 - Horno
 - Interfaces USB
 - Termómetro Fluke
 - Hub USB
 - Manómetros
 - Barómetro
 - Termohigrómetro

4. Adecuación del sistema.

- Conecte los MG al manifold de presión con cuidado sin aplicar torque excesivo ya que la conexión es HP.
- Programe los MG a una tasa de adquisición de 5s y elimine los puestos de trabajo existentes empleando los software de PPS Hotshop o SmartView.
- Ubique el manifold con los MG dentro del horno.
- Retire el aire del sistema utilizando la salida de aire a presión.
- Coloque el termómetro Fluke sobre los MG, empleando la cinta para fijarlo correctamente, con el fin de obtener los datos más estables.
- Instale los cables de comunicación con los MG en sus correctos conectores.

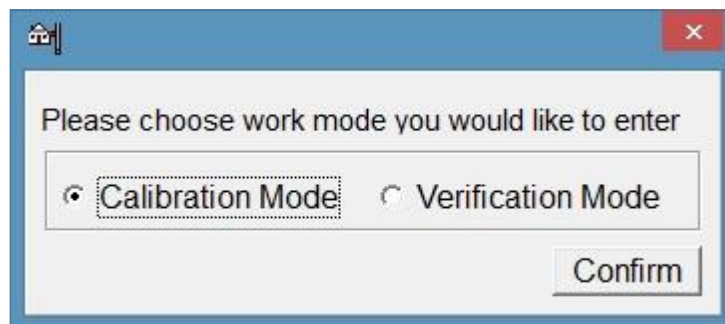
Figura 23: Memory Gauges dentro del horno [13]



4.1.PPS Registro de calibración

1. Conecte la interfaz de comunicación del USB Hub al PC, abra el programa “*PPS MEM Gauge Calibration and Verification V1.0 Build 2013.03.26*” y seleccionar el modo de calibración.

Figura 24: Selección dentro del “*PPS MEM Gauge Calibration and Verification*” [13]



2. Los siguientes parámetros deben ser colocados en el programa
 Calibrado G = DWT gravedad donde fue calibrado (m / s^2) - la gravedad estándar
 Calibrada T = DWT temperatura donde fue calibrado ($^{\circ} C$) - la temperatura estándar
 Expansión térmica = Coeficiente de dilatación de DWT
 Local G = Gravedad en la posición de DWT (m / s^2) - la gravedad sitio
 Local T = Temperatura de se encuentra el DWT ($^{\circ} C$)
 Atm. Presión = Presión atmosférica Local (kPa)

Presión de las masas = la presión nominal de las masas (psi)
 Temperatura del horno = Temperatura dentro del horno (° C)
 Chamber Pres= presión (psi) aplicada - es calculada por el software

Figura 25: Parámetros a configurar en el software. [15]

Local G	9.81124	m/s ²	Calibrated G	9.80665	m/s ²
Local T	23.0	degC	Calibrated T	20.0	degC
Atm. Pressure	101.1	kPa	Thermal Expansion	1.10E-05	
Mass Pressure	0	psi	Sample Rate	1	s
Chamber Temp	25.000000	degC	Chamber Pres	14.663315	psi

3. Seleccione el puerto de comunicación. Una vez establecida la conexión, el número de serie de herramientas aparecerá automáticamente.
4. Por cada registrador que ser calibrado, haga clic en "Abrir" para generar el archivo ".dat" y guarde este archivo con el serial del MG. Para continuar con un punto de calibración, seleccione el mismo archivo ".dat" y se añadirán los datos al final del archivo.

Figura 26: Reconocimiento del Serial del MG en el software y generación del archivo .dat [15]

MEM Gauge Calibration and Verification Software V1.0 2013.03.08

PPS MEM Gauge

Save Data to Files

S/N	Quartz	Coef File Loaded	COM Port	Log Files	Pressure [Counts]	Temp [Counts]	Pressure [psi]
1. 7960	☐	☒	3 115200	Close 7960.dat Open	8617709	9012281	12.778
2. 8659	☐	☒	10 115200	Close 8659.dat Open	8657602	8818562	12.601

5. Cerrar el horno y esperar alrededor de 3 horas hasta que la temperatura es estable a temperatura ambiente. No aplique ningún tipo de presión para los medidores de peso muerto (el indicador medirá la presión atmosférica local, por ejemplo 14.6psi).

Es importante configurar el sistema y los MG en la tarde y comenzar la calibración en la mañana siguiente día, es primordial asegurar que SÓLO una presión atmosférica se aplique a los MG.

6. Introduzca los pesos de acuerdo a la tabla 8 y presurizar el sistema de la Enerpac, una vez que el pistón se eleve, inclinar la balanza.
7. Importante realizar la calibración teniendo en cuenta los pasos de temperatura también enunciados en la tabla 8.
8. Recuerde que al realizar cada paso de presión con cada temperatura debe, retirar los pesos, incrementar la temperatura y esperar 4 horas a que la temperatura del horno este estabilizada en ese momento debe ingresar los nuevos parámetros como: Temperatura local (termohigrómetro), Presión atmosférica (Barómetro), Temperatura estándar (Termómetro Fluke) y Presión aplicada con las pesas, dele click en “Save data to files” y continúe el proceso de calibración.

Tabla 7: Calibración de MG “PPS” de 20 Kpsi con DWT, formato local de Halliburton Brasil. [15]

CALIBRAÇÃO PPS		
Passos nas Temperaturas (°C): Tamb / 50 / 75 / 100 / 125 / 150 / 165		
Pressão Nominal (psi)	Pesos	Pressão Real (psi)
Patm	0	0
500	200.1 / 500.1	510.1399
2500	5.1 / 2.1 / 200.1 / 200.2	2515.8792
4500	5.1 / 5.2 / 4.1 / 100.1	4521.6494
6500	5.1 a 5.4 / 1.1	6587.3012
8500	5.1 a 5.5 / 2.1 / 500.1	8533.1819
10500	5.1 a 5.6 / 4.1 / 100.1	10509.0054
12500	5.1 a 5.8 / 500.1 / 200.1 / 100.1	12514.7847
14500	5.1 a 5.9 / 2.1 / 500.1	14520.5379
16500	5.1 a 5.10 / 4.1 / 200.1	16526.2972
18500	5.1 a 5.12 / 1.1	18562.0132
20000	5.1 a 5.13 / 500.1 / 200.1 / 100.1	19998.9797

9. Rellene la “Mass Pressure”, con la presión aplicada, y comprobar la estabilización de la presión a través de la columna “Difference Pressure” y “(Counts) Temp”. Cuando están verdes, introduzca la temperatura leída por el termómetro Fluke en “Chamber Temp” y haga click en “Save Data to Files”.

Figura 27: Difference Pressure y (Counts) Temp en verde. [15]

Log Files		Pressure (Counts)	Temp (Counts)	Pressure (psi)	Temp (degC)	Average Pressure	(Counts) Temp	Difference Pressure	(Counts) Temp
7960.dat	Close	8617709	9012281	12.778	25.711	8617680	9012257	29	24
8659.dat	Close	8657602	8818562	12.601	24.515	8657537	8818566	65	-4

Después de realizar todas las medidas de presión, drenar la presión del sistema y ajuste a la temperatura. El tiempo de estabilización de la temperatura es de 5 horas.

Al final de todo el proceso de calibración, apagar el horno, esperar a que el descenso de la temperatura del horno a ambiente.

4.2. Verificación

Para comprobar que el archivo S/N.dat a sido bien generado y la calibración es buena, el software a emplear es "CURVEFIT.exe". Este software sólo puede ejecutarse en ordenadores con sistema operativo Windows XP, desde la ventana de comandos.

1. Guarde los archivos .dat que se analizarán en el mismo software carpeta CURVEFIT.exe.
2. Abra la ventana de comandos CMD.
3. Cambie los directorios para llegar a la carpeta donde se almacena el software (mediante el comando CD).
4. Introduzca el comando: CurveFit "nombre de archivo", Figura 19.
5. Introduzca los números en la secuencia se solicitan: 3 3 0 3, Figura 20.
6. Aparecerá un mensaje y la ventana de comandos ahora se puede cerrar.

Figura 28: Accesando al archivo de Calibración creado en el anterior proceso. [15]

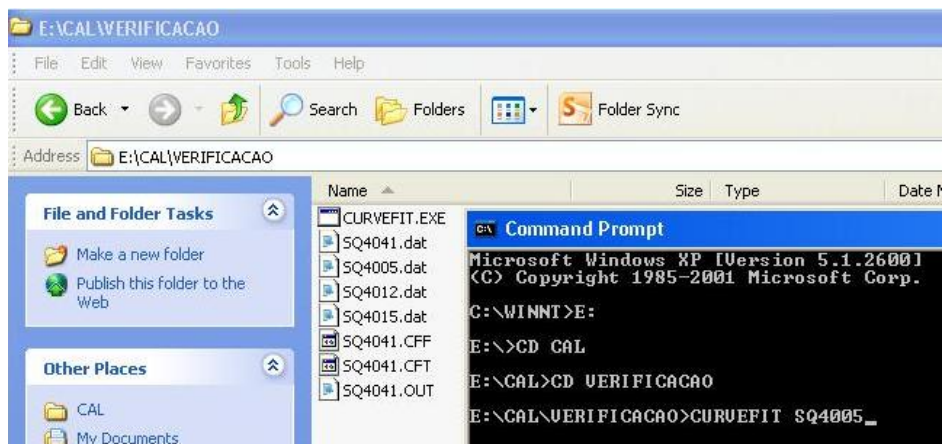
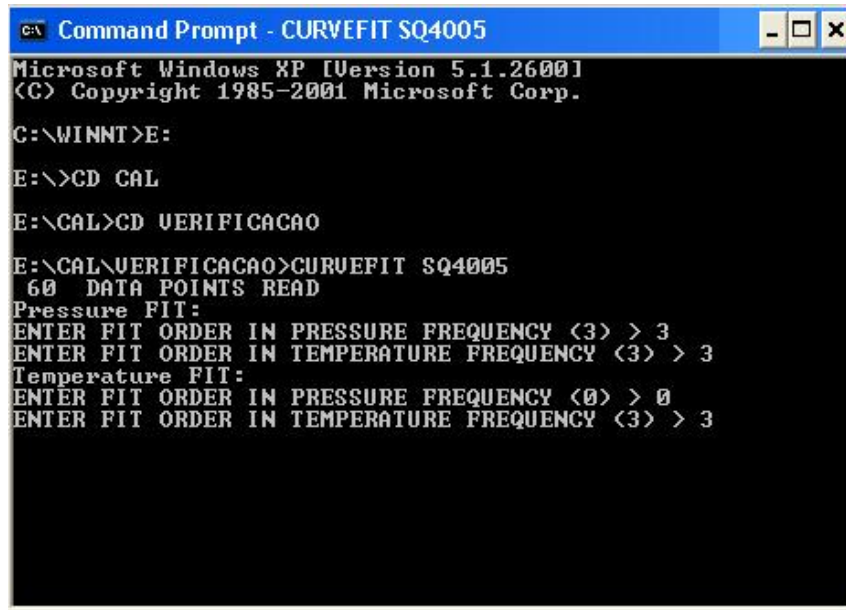


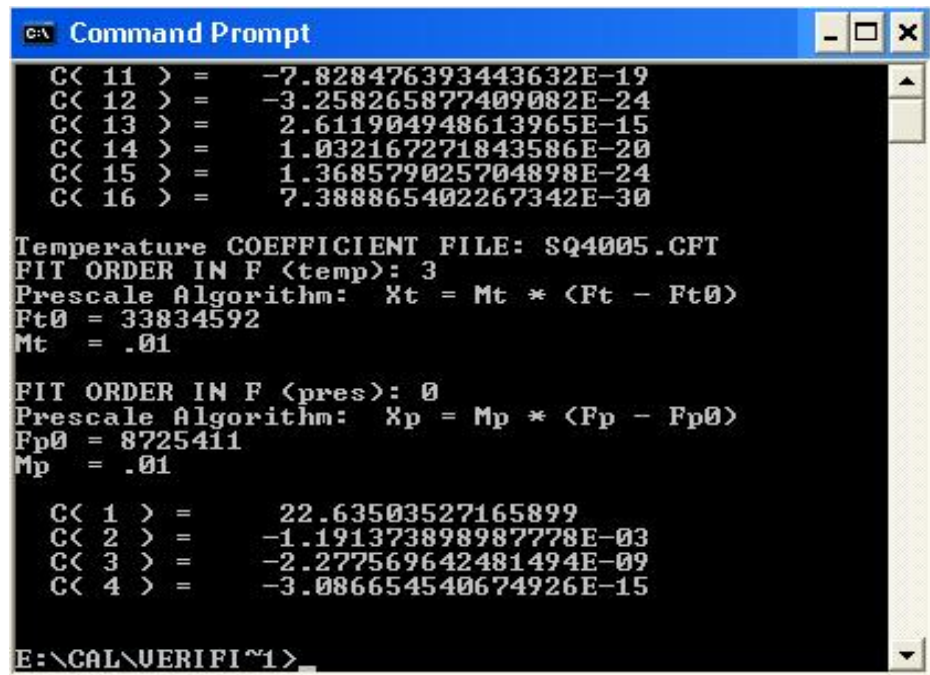
Figura 29: Introduciendo los valores “3303”. [15]



```
C:\> Command Prompt - CURVEFIT SQ4005
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\WINNT>E:
E:\>CD CAL
E:\CAL>CD UERIFICACAO
E:\CAL\UERIFICACAO>CURVEFIT SQ4005
60 DATA POINTS READ
Pressure FIT:
ENTER FIT ORDER IN PRESSURE FREQUENCY <3> > 3
ENTER FIT ORDER IN TEMPERATURE FREQUENCY <3> > 3
Temperature FIT:
ENTER FIT ORDER IN PRESSURE FREQUENCY <0> > 0
ENTER FIT ORDER IN TEMPERATURE FREQUENCY <3> > 3
```

Figura 30: Ventana de Comandos al final de la ejecución del programa. [15]



```
C:\> Command Prompt

C< 11 > = -7.828476393443632E-19
C< 12 > = -3.258265877409082E-24
C< 13 > = 2.611904948613965E-15
C< 14 > = 1.032167271843586E-20
C< 15 > = 1.368579025704898E-24
C< 16 > = 7.388865402267342E-30

Temperature COEFFICIENT FILE: SQ4005.CFT
FIT ORDER IN F <temp>: 3
Prescale Algorithm: Xt = Mt * (Ft - Ft0)
Ft0 = 33834592
Mt = .01

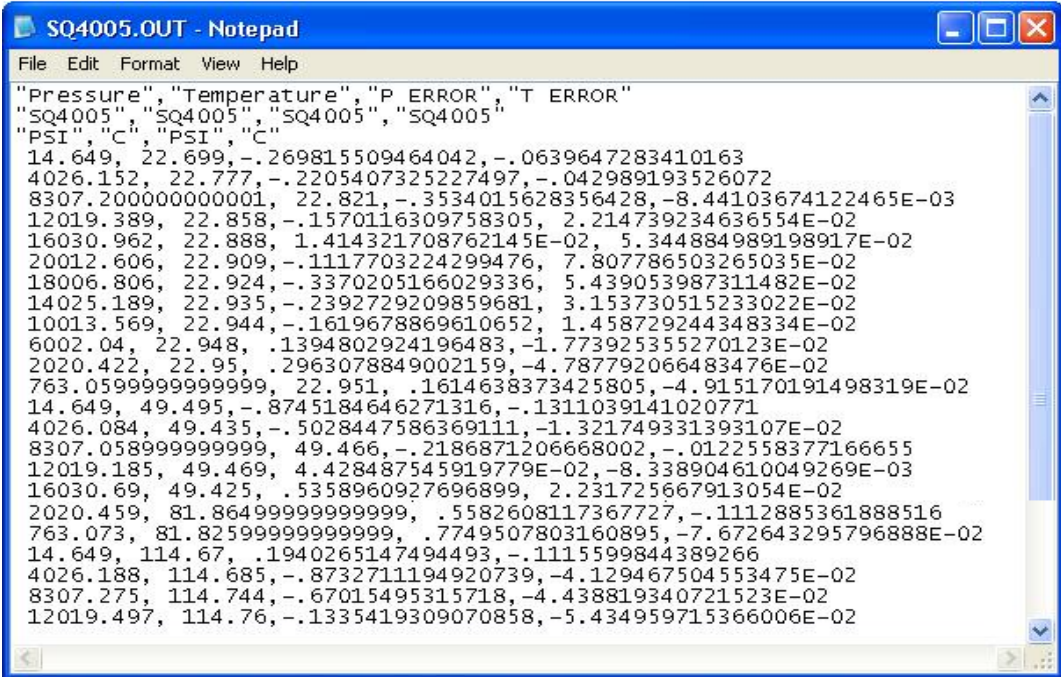
FIT ORDER IN F <pres>: 0
Prescale Algorithm: Xp = Mp * (Fp - Fp0)
Fp0 = 8725411
Mp = .01

C< 1 > = 22.63503527165899
C< 2 > = -1.191373898987778E-03
C< 3 > = -2.277569642481494E-09
C< 4 > = -3.086654540674926E-15

E:\CAL\UERIFI~1>
```

Se generará en la carpeta del software tres archivos: .CFF, .CFT y .out, utilizan esta última para analizar los datos. Cuando se abre con los datos de la libreta de notas aparecerá desorganizada, lo que complica el análisis.

Figura 31: Note pad generado por el software “CURVEFIT.exe”. [15]



```
"Pressure", "Temperature", "P ERROR", "T ERROR"
"SQ4005", "SQ4005", "SQ4005", "SQ4005"
"PSI", "C", "PSI", "C"
14.649, 22.699, -.269815509464042, -.0639647283410163
4026.152, 22.777, -.2205407325227497, -.042989193526072
8307.200000000001, 22.821, -.3534015628356428, -8.44103674122465E-03
12019.389, 22.858, -.1570116309758305, 2.214739234636554E-02
16030.962, 22.888, 1.414321708762145E-02, 5.344884989198917E-02
20012.606, 22.909, -.1117703224299476, 7.807786503265035E-02
18006.806, 22.924, -.3370205166029336, 5.439053987311482E-02
14025.189, 22.935, -.2392729209859681, 3.153730515233022E-02
10013.569, 22.944, -.1619678869610652, 1.458729244348334E-02
6002.04, 22.948, .1394802924196483, -1.773925355270123E-02
2020.422, 22.95, .2963078849002159, -4.787792066483476E-02
763.0599999999999, 22.951, .1614638373425805, -4.915170191498319E-02
14.649, 49.495, -.8745184646271316, -.1311039141020771
4026.084, 49.435, -.5028447586369111, -1.321749331393107E-02
8307.058999999999, 49.466, -.2186871206668002, -.0122558377166655
12019.185, 49.469, 4.428487545919779E-02, -8.338904610049269E-03
16030.69, 49.425, .5358960927696899, 2.231725667913054E-02
2020.459, 81.86499999999999, .5582608117367727, -.1112885361888516
763.073, 81.82599999999999, .7749507803160895, -7.672643295796888E-02
14.649, 114.67, .1940265147494493, -.1115599844389266
4026.188, 114.685, -.8732711194920739, -4.129467504553475E-02
8307.275, 114.744, -.67015495315718, -4.438819340721523E-02
12019.497, 114.76, -.1335419309070858, -5.434959715366006E-02
```

Para facilitar la visualización y análisis de datos, se emplea Excel.

Copie todo el contenido del archivo .out cuando se abre en el Bloc de notas y pegar en Excel. Ir a la opción Pegar y seleccione "Usar Asistente para importar texto". En la ventana que se abre, seleccione "Siguiente", seleccione la opción "coma" y luego la opción "Finalizar".

Eliminar la primera línea que no contiene datos y ajustar los datos generados de manera que no se muestran en la notación científica. Las dos últimas columnas representan los errores obtenidos en las lecturas de presión y temperatura, respectivamente. Este error no debe exceder de 2. Por último, guardar los datos generados en la extensión .csv (gaugeSN.csv).

Luego de generar el archivo (gaugeSN.csv), incorpórelo dentro del firmware de la MG empleando el software “SmartView”.

Para probar la eficacia del proceso, los registros deben ser sometidos a pruebas de presión y temperatura de acuerdo a la tabla 9.

Tabla 8: Verificación de la calibración del MG “PPS” de 20 Kpsi con DWT, formato local de Halliburton Brasil.

VERIFICAÇÃO PPS		
Passos nas Temperaturas (°C): 50 / 80 / 110 / 140 / 165		
Pressão Nominal (psi)	Pesos	Pressão Real (psi)
Patm	0	0
700	1.1 / 200.1 / 200.2	719.6824
3500	5.1 / 5.2 / 500.1 / 200.1	3503.8179
7500	5.1 a 5.4 / 4.1 / 100.1	7515.3274
11500	5.1 a 5.7 / 2.1 / 500.1	11526.8599
15500	5.1 a 5.10 / 1.1	15568.3352
19500	5.1 a 5.12 / 4.1 / 200.1	19519.9752

- Si los resultados son positivos, puede finalizar el proceso de calibración de los MG.

4.3.Propuesta del laboratorio, basados en el ámbito técnico de la norma NTC – ISO/ IEC 17025:2005

La norma NTC – ISO/ IEC 7025:2005 es la normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) donde se documentan todos los pasos y requisitos que son necesarios a cumplir por los laboratorios de ensayo y calibración; está basado en las normas ISO 9001 e ISO 9000 las cuales están enfocadas en la Calidad, empleándolas en aportar como principal objetivo la acreditación de la competencia de las entidades de Ensayo y calibración, demostrando que los laboratorios de ensayo y calibración son técnicamente competentes y son capaces de producir resultados técnicamente válidos. [22] [23]

Para el desarrollo de la propuesta, se emplearon y se analizaron algunos aspectos técnicos que están contemplados en la norma NTC – ISO/ IEC 17025 con el fin de alinear esta propuesta lo más posible a la norma, esta sección de la norma estudiada se encuentra en el anexo 14.

4.3.1. Propuesta

Entre las especificaciones técnicas encontradas, la norma contempla una serie de especificaciones a seguir al pie de la letra, con este fin, se tomaron en cuenta los siguientes ítems: [24]

- Factor humano;
- Las instalaciones y condiciones ambientales;

- Equipos;
- Métodos de ensayo y de calibración, y de la validación de los métodos;
- Trazabilidad de las mediciones;
- Manipulación de los ítems de ensayo y de calibración

Desarrollando consecutivamente cada factor se empezó por el factor humano, pero cabe resaltar que algunos de los ítems de la norma no son aplicables o no se pueden cumplir por factores no contemplados en el procedimiento dado por el fabricante.

4.3.1.1. Factor Humano

Entre los aspectos a tener en cuenta tenemos:

- El equipo encargado de este laboratorio debe tener todas las competencias específicas para la operación de los equipos, realizar ensayos y/o calibraciones, tener la potestad de evaluar y/o firmar los ensayos y resultados, avalar un informe de calibración; El factor humano, es de gran importancia definir los roles y los encargados para realizar estos procedimientos, como se enuncio en el punto 1.5 del Capítulo introductorio, el equipo técnico a emplear, es personal Colombiano con una base de estudios técnicos o profesionales, entrenado por la seccional de Halliburton Brasil para realizar dicho procedimiento cumpliendo con los estándares y procedimientos de la compañía, por otra parte se buscara una capacitación dada por el fabricante de los MG y del sensor empleado por PPS (*Quartzdyne*), con el fin de completar las competencias necesarias para cumplir este ítem de la norma, es importante tener en cuenta que el personal calificado debe: [24]
 - Desarrollar labores de supervisión, calidad y gestión del laboratorio.
 - Conocer sobre todas las especificaciones técnicas del producto a calibrar como: proceso de fabricación, modo de uso, defectos o degradaciones que pueda tener este durante su vida útil.
- El personal encargado de la dirección del Laboratorio debe formular un plan de entrenamiento para todo su personal, tanto intelectual como de sucesión.
- El uso de personal para solo y uso exclusivo del laboratorio, siendo competente y se rija por las normar y procedimientos establecidos por la empresa y el sistema de gestión de calidad.

4.3.1.2. Instalaciones y Condiciones Ambientales

- Las condiciones Ambientales y de las instalaciones eléctricas se debe asegurar que deben facilitar la realización correcta de las calibraciones, asegurando que las condiciones ambientales no invadan los resultados ni comprometan los resultados, en el caso de los MG es importante documentar el lugar donde se realiza la calibración y el lugar de ensayo de los MG con el fin de contemplar todos los posibles daños a los resultados obtenidos en los ensayos o la calibración.
- “El laboratorio debe realizar el seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales según lo requieran las especificaciones, métodos y procedimientos correspondientes, o cuando éstas puedan influir en la calidad de los resultados. Se debe prestar especial atención, por ejemplo, a la esterilidad biológica, el polvo, la interferencia electromagnética, la radiación, la humedad, el suministro eléctrico, la temperatura, y a los niveles de ruido y vibración, en función de las actividades técnicas en cuestión. Cuando las condiciones ambientales comprometan los resultados de los ensayos y/o de las calibraciones, éstos se deben interrumpir.” [22]

Es fundamental la ubicación del laboratorio en lugares donde no se pueda contaminar la calibración y este es un factor importante para los MG, puesto que se deben realizar tomas de temperatura, presión atmosférica entre otras ya mencionadas para realizar cada paso en el proceso de calibración.

- Debe estar aislado el lugar de calibración de áreas vecinas que puedan generar una contaminación cruzada.
- Se deben tomar medidas para asegurar el orden y la limpieza del laboratorio, además de un control de acceso al laboratorio con el fin de no afectar la medida ni la calidad de la calibración.

4.3.1.3. Métodos de Ensayo y Calibración

Son varios los métodos para calibración y ensayo de los MG, donde la norma contempla varios aspectos como la manipulación, el transporte, almacenamiento y preparación de las herramientas a calibrar.

Entre los procedimientos a los cuales el “*Laboratorio de Calibración para Memory Gauges “PPS”*” debe acogerse por ser parte de Halliburton son varios, dichos procedimientos son empleados a diario por todas las seccionales de Halliburton en el mundo y son acogidos y avalados por los clientes en Colombia y todo el mundo, estos siendo, métodos no normalizados empleados por el laboratorio, aceptados por los clientes y seguidos al pie de la letra por los

empleados para entregar un producto de excelente calidad; estos procedimientos están comprendidos en:

- Procedimientos para los mantenimientos de los MG.
- Procedimientos para las Pruebas de Presión y Temperatura para los MG.
- Pruebas QA/QC avaladas por los fabricantes.
- Estándares para las certificaciones y calibraciones de los Instrumentos y herramientas empleadas en la industria.

Es importante anunciar que dichos procedimientos son confidenciales y su uso o divulgación es solo para procesos llevados a cabo dentro de las instalaciones de Halliburton.

Estos procedimientos son sustentados por papeles donde se muestran las pruebas realizadas a los MG empleando patrones de comparación empleando instrumentos calibrados y certificados bajo entidades nacionales e internacionales.

Los computadores y software empleado para el manejo de la información como captar, procesar, registrar, almacenar o recuperar los datos de los ensayos o de las calibraciones, el laboratorio debe asegurarse de que:

- Mantenerse en correcto funcionamiento el computador empleado para el uso del software dado por el fabricante para manipulación de la información y asegurar un buen manejo de los datos de los ensayos y las Calibraciones.
- El software dado por el fabricante debe ser comprendido en su totalidad por parte del equipo del laboratorio, programas dados por los fabricantes, Pioneer Petrotech Services, Spartek systems y Metrolog.

4.3.1.4. Equipos

Como se manejó en el numeral 4.1 de este capítulo, se contemplaron todos los equipos necesarios sugeridos por el fabricante para la puesta en marcha de las calibraciones de sus herramientas, para el proceso de ensayos son empleados procedimientos globales estipulados por Halliburton (HLB) para realizar dichas pruebas, donde se contempla quien es el personal autorizado para realizar dichas pruebas para el caso de este laboratorio, pruebas de presión y de temperatura, tomando las respectivas medidas de seguridad y siguiendo con los estándares propuestos y cumplidos por la compañía.

- Estos equipos deben cumplir con todos los estándares de certificación y calibración propuestas por Halliburton para ser empleados en el aval de otras herramientas, dichas calibraciones son sustentadas por

documentos o certificados de calibración de terceros, los cuales están avalados por entes gubernamentales para desarrollar esta actividad económica.

- Los equipos poseen sus procedimientos de prueba para asegurar su correcto funcionamiento, estos deben estar disponibles para ser empleados en cualquier momento por el personal del laboratorio; estas pruebas deben realizarse por personal calificado y autorizado para este proceso.
- Se debe llevar una trazabilidad de cada equipo donde se contemplen los siguientes ítems:
 - *“La identificación del equipo y su software;*
 - *El nombre del fabricante, la identificación del modelo, el número de serie u otra identificación única;*
 - *Las fechas, los resultados y las copias de los informes y de los certificados de todas las calibraciones, los ajustes, los criterios de aceptación, y la fecha prevista de la próxima calibración;*
 - *El plan de mantenimiento, cuando corresponda, y el mantenimiento llevado a cabo hasta la fecha;*
 - *Todo daño, mal funcionamiento, modificación o reparación del equipo.” [24]*
- Se debe realizar un correcto etiquetado a los equipos empleados en el laboratorio con el fin de llevar un control de los equipos empleados, para conocer su estado actual, su fecha y su próxima calibración con el fin de prever daños o deterioros a los equipos.
- En la medida de lo posible tener equipos de back up para poder sustituir alguno en caso de daño, desgaste o pérdida de su calibración.

4.3.1.5. Trazabilidad a las mediciones.

Según los estándares de Halliburton todos los instrumentos de medida y patrones a emplear tanto en operaciones en campo, bases de operaciones y laboratorio de calibración, deben estar calibrados y certificados por una entidad cuyo fin sea este, la cual está avalada por los estándares y entidades acreditadoras para todo el país, para Colombia la ONAC (Organización Nacional de Acreditación Colombiana), basándonos en los procedimientos llevados por la compañía, es posible dar una trazabilidad de los instrumentos empleados para las calibraciones.

El sistema SI puede ser empleado para realizar las calibraciones, pero este sistema no es el indicado para realizar el proceso de calibración empleando los procedimientos del fabricante, con el fin de buscar acercarnos a la certificación del laboratorio es posible realizar una adaptación al procedimiento al Sistema Internacional puesto que este procedimiento está basado en el Sistema Ingles.

Es importante desarrollar un plan para el seguimiento y verificaciones de las calibraciones y certificaciones de los patrones de medida empleados, para realizar

las calibraciones, con el fin de llevar una trazabilidad a todos los instrumentos usados para la causa. Entre el plan anteriormente planteado es importante describir procedimientos de bodegaje y transporte de estos patrones, todo esto para prevenir su contaminación o deterioro y preservar su integridad.

4.4.Labores realizadas durante el periodo de práctica empresarial.

Durante el periodo de práctica se realizaron diversas tareas propuestas por sus superiores, el día 16 de Octubre de 2014 se propuso por parte de la coordinación de TSS, mejorar o implementar el software y hardware empleado para la medición de presión usado en la Bahía de Presión, ubicada en la base de Funza donde laboran las líneas de TSS y HCT.

La propuesta dada por la Coordinación del PSL fue dada a base de una cotización de un proveedor de la línea TSS, donde empleando un software, una tarjeta de adquisición de datos y un transductor de presión, daban una solución a la problemática presentada con el viejo programa usado en la bahía de presión, acarreando una gran inversión para el PSL y una dependencia al proveedor de esta solución, a base de la propuesta del proveedor se propuso la implementación de este nuevo software y hardware, esta propuesta fue estudiada por el practicante y se dio inicio a la implementación puesto que el sistema planteado por el proveedor es conocido, ya que este fue trabajado por varios años en su vida universitaria.

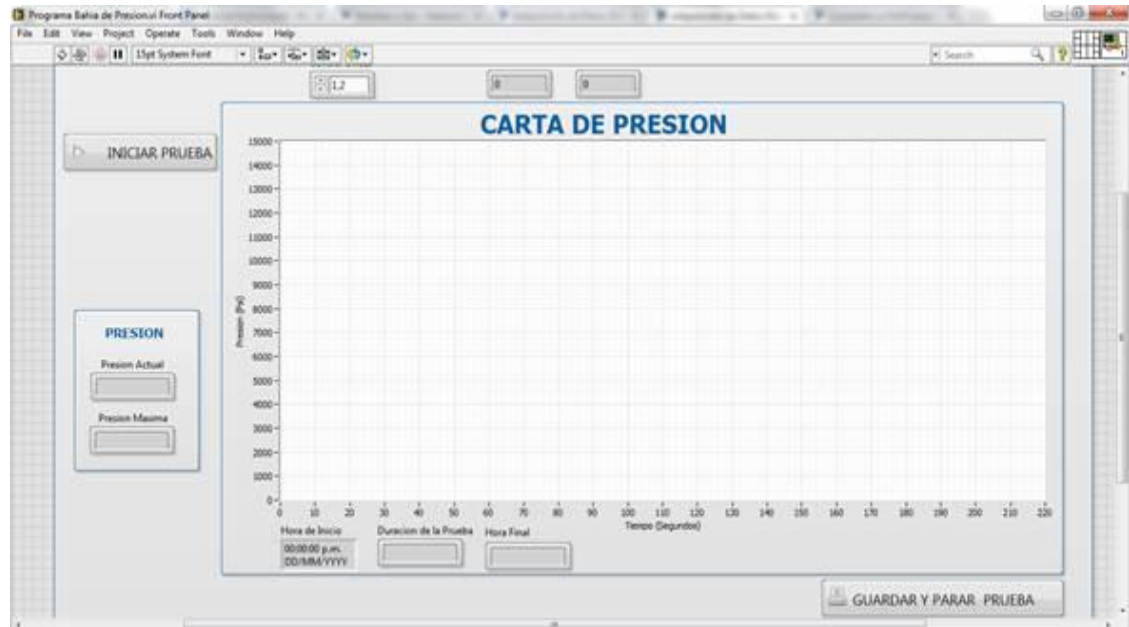
Este software empleado para la aplicación, es de la empresa National Instruments llamado “LabVIEW”, al igual que la tarjeta de adquisición de datos (NI DAQ) la cual es fabricada por la misma empresa, he inicialmente se empleó el transductor el cual estaba siendo usado en la bahía para esas fechas el cual se muestra en la figura 32.

Figura 32: Transductor empleado antiguamente.



Desde el 16 al 21 de octubre se diseñó y al obtener la NI DAQ con referencia USB - 6001 se terminó la primera versión del programa.

Figura 33: Primera versión del Software.



A raíz de problemas presentados por el transductor de presión, al realizarse las pruebas, con la bancada de transferencia del SubPsl Fluid Sampling Services, se tomó la decisión de emplear otro tipo de transductor donde su señal de salida fuera análoga, de esta forma sería más amigable la adaptación hacia el sistema; Luego de esto se empleó un transductor almacenado en las instalaciones del PSL, el cual era un préstamo a la línea, con este se logó probar el software diseñado, entregando respuestas no muy favorables a raíz de su calibración vencida, la gráfica generada no era muy legítima a la presión de prueba empleada, seguido de esto se realizaron arreglos matemáticos al programa y se realizaron pruebas al software y el hardware, entregando una mejor respuesta el sistema realizando, tomando como referencia esto, se decide enviar el programa a certificación y el transductor a calibración por parte de un 3ro empleado por Halliburton para la calibración de instrumentos de medida llamada Conamet S.A.S estos fueron enviados el 24 de Octubre a las instalaciones del 3ro, en esta visita se deja el transductor, el sistema NI DAQ y el laptop donde se encuentra el software diseñado.

Para el 30 de octubre se solicita de parte de Conamet a la línea de TSS, ser enviado el practicante creador del sistema, para ser calibrado, a raíz de problemas presentados por programa al ser usado por el personal de Conamet, al observar un mal procedimiento en la certificación y calibración del sistema se decide devolver todo el sistema a base Funza para cambios del hardware empleado.

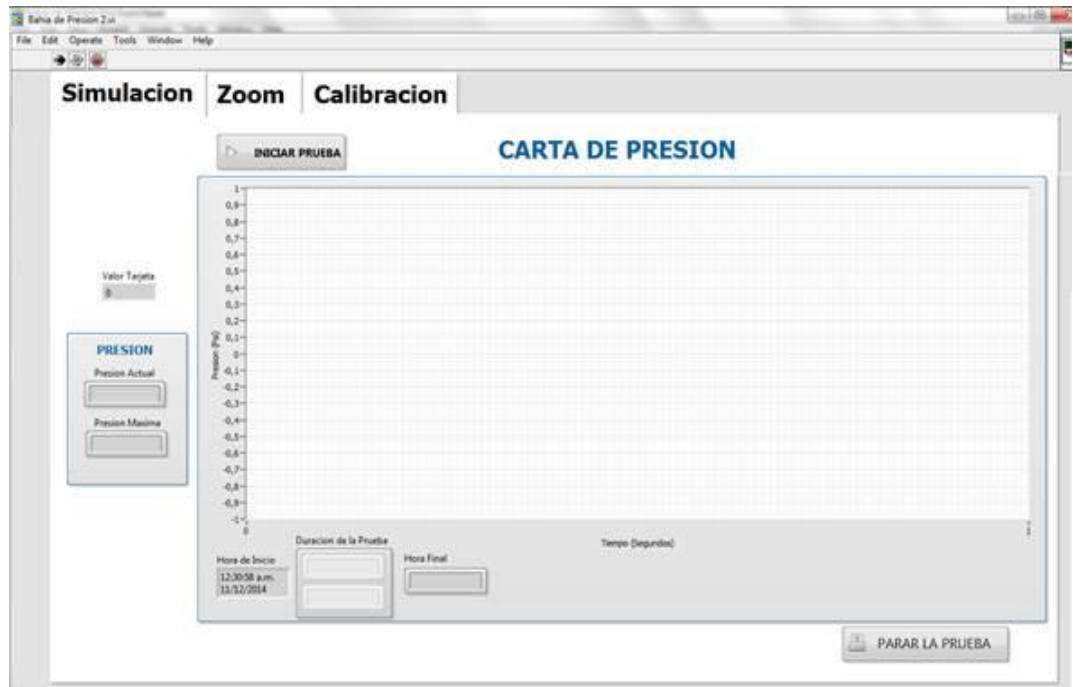
Después de lo ocurrido anteriormente se contempla la idea por parte del practicante de realizar la compra de un transductor nuevo con el fin de usar un elemento con calibración vigente y así detectar posibles problemas con el software diseñado; la propuesta dada por el practicante es la compra de del transductor PX41S0-30KG5V de la empresa “Omega” Omegadyne; esta compra es realizada por el PSL y este llega a Base Funza para la fecha del 21 de noviembre del 2014.

Figura 34: Transductor nuevo, empleado en la Bahía de Presión, referencia PX41S0-30KG5V



El 22 de noviembre se realiza la implementación del nuevo transductor al sistema y se realizan actualizaciones al software generando una segunda versión del mismo.

Figura 35: Segunda versión del software implementado.



En la semana del 24 al 29 de Noviembre se realizaron las pruebas al software y el hardware con la bancada de transferencia del SubPsl Fluid Sampling Services y posteriormente implementado todo el sistema en la bahía de presión, dando respuestas positivas a las modificaciones realizadas, finalmente se realizaron algunos ajustes al programa implementado y la última versión empleada en la bahía es la siguiente.

Figura 36: Última versión del software implementado.



Esta última versión esta implementada desde el 13 de Diciembre del 2014, donde está constituida por una interface HMI (Human-machine interface) amigable con el usuario donde muestra una serie de datos, botones y pestañas las cuales son: fecha de inicio de la prueba, duración de la prueba y hora de finalización de la prueba, datos de presión actual con la cual se está probando, presión máxima y hora de la presión máxima registrada en la prueba, botones de inicio, finalización de la prueba (Figura 37) y pestañas como simulación donde se visualiza la prueba que se está realizando (Figura 38) , pestaña Zoom donde ajustando un rango de valores superior e inferior permite visualizar de manera más detallada la prueba (Figura 39) y una pestaña de calibración donde solo personal autorizado puede realizar modificaciones del valor inicial de la prueba o del valor donde inicia en la escala mostrada de la gráfica en la pestaña de simulación (Figura 40).

Figura 37: Botones, pestañas e indicadores de inicio, finalización de la prueba, indicadores de presión actual y máxima, hora y fecha de inicio de la prueba, duración y finalización de la prueba.



Figura 38: Pestaña de Simulación de las pruebas.



Figura 39: Pestaña de Zoom durante la prueba

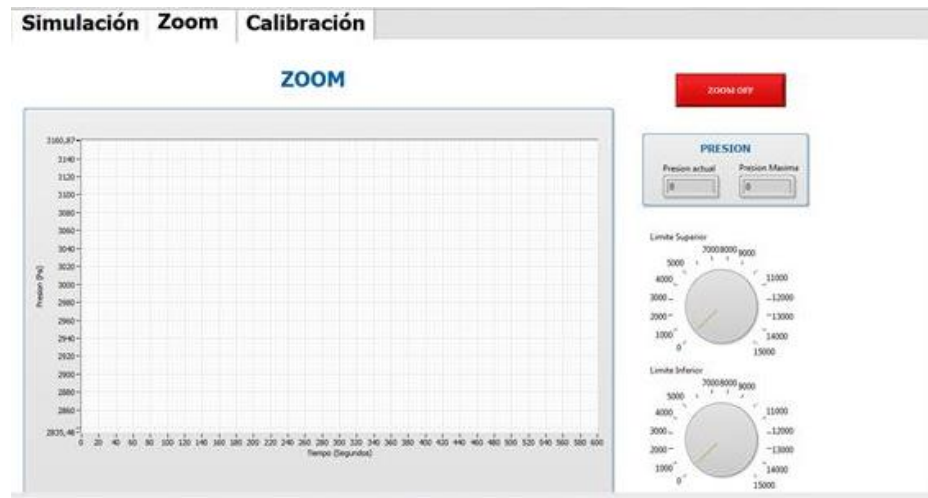
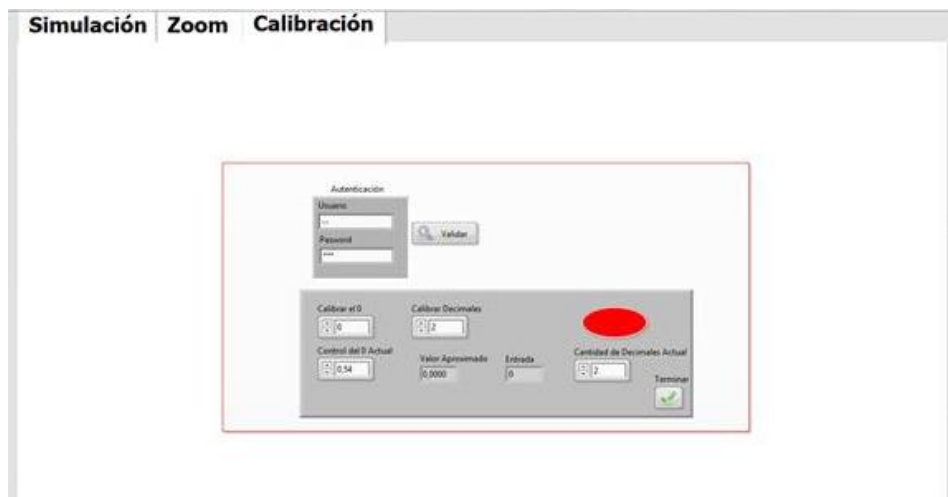


Figura 40: Pestaña de calibración del Zero de la prueba

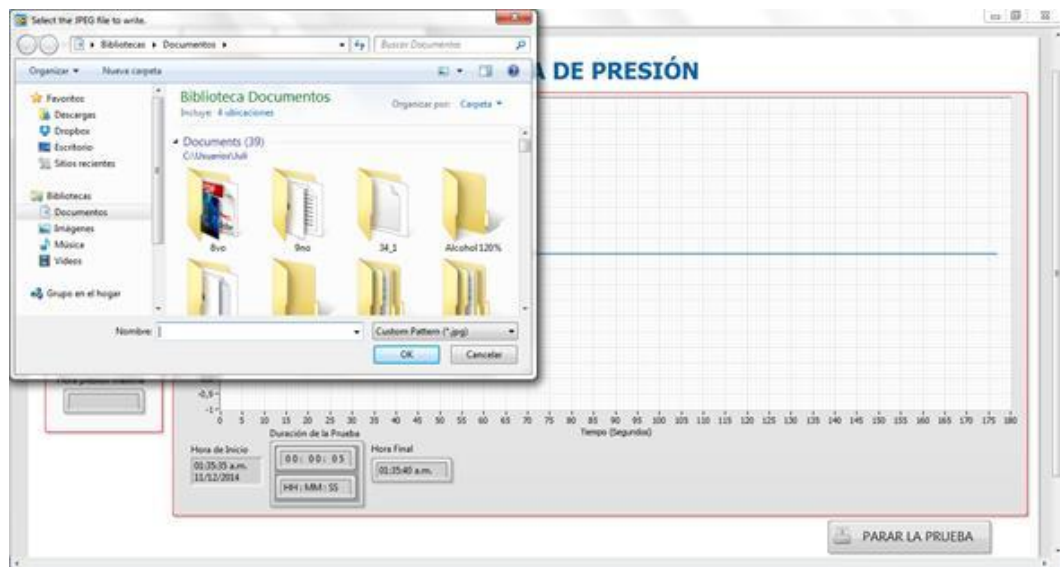


Otra ventaja del sistema es al finalizar la prueba la opción de adquirir la gráfica la prueba, el programa pregunta si desea o no desea guardar la carta de la prueba después de pulsar el botón de “Parar la Prueba”, esta es guardada como un formato de imagen (Figura 41 y 42.)

Figura 41: Forma de guardar la carta de presión al finalizar la prueba



Figura 42: Dirección a guardar la imagen.



Vale aclarar que este software está sujeto a cambios y mejoras de problemas presentados durante su ejecución del mismo adicionalmente se ha venido realizando el entrenamiento del personal del taller el cual hace uso de la bahía, para el buen uso del software.

A continuación se observan algunas pruebas realizadas con el nuevo sistema.

Figura 43: Prueba para certificación de Manifolds empleados para muestreo en Superficie



Finalmente este se encuentra trabajando en la bahía de presión; este está sujeto a cambios y mejoras de la versión del software.

A demás de todo este trabajo realizado y su satisfactorio resultado, la coordinación del PSL realizo un reconocimiento escrito al Practicante y a la Facultad de Ingeniería Electrónica por las excelentes labores realizadas con el proyecto desarrollado para el PSL y con sus estudiantes en su labor de enseñanza respectivamente. (Anexo 18)

5. CONCLUSIONES GENERALES

De los aspectos a tener en cuenta por los cuales se realizó esta propuesta de implementación del laboratorio fue, la reducción de gastos y tiempo empleado, al ser enviadas las herramientas a calibración con sus fabricantes; cabe resaltar que la inversión solo en equipos es alta, aproximadamente de \$127,048.38 USD, pero a cambio de esto se está ahorrando tanto dinero y tiempo, representado en trámites de exportación, trabajos a clientes que no son ejecutados por falta de las herramientas y vigencia de la calibración de los MG, según los lineamientos de la compañía.

Entre las opciones de mejora para el laboratorio están contempladas, el cambio del horno, puesto que este tarda mucho en estabilizar o cambiar su temperatura, implementar un sistema para pruebas, tanto de presión como de temperatura para los MG, después de haber realizado el proceso de calibración todo eso con el fin de realizarles pruebas dentro de un ambiente controlado.

La determinación de datos como la incertidumbre y el error en la medición, son valores de gran importancia en el momento de generar un reporte y un certificado de calibración, a raíz de esto es de vital importancia el uso de un patrón de referencia, de esta forma se puede validar el proceso de calibración realizado; la balanza de peso muerto es un posible candidato para ser validado como un patrón de referencia en presión.

Para optar por la certificación a nivel nacional del Laboratorio de Calibración es importante no solo cumplir con los lineamientos técnicos, si no a su vez las exigencias gerenciales establecidas por la norma, donde la norma ISO 9001 y la certificación, son los pilares para el desarrollo de este ítem.

El entrenamiento técnico del personal designado para realizar estas tareas es fundamental para el éxito del laboratorio, puesto que ellos serán los expertos y calificados para generar y firmar los reportes de calibración, adicional a esto tomar decisiones respecto a reparación local o envío a la fábrica de las herramientas para ser reparadas.

Para obtener una rentabilidad en este proceso de Calibración de los MG se propone, la extensión de este proceso a MG de los fabricantes Spartek y Metrolog, de esta forma no se enviarían ninguna herramienta al exterior, ganando tiempo y dinero, los cuales eran empleados para este proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Halliburton, Halliburton Well Testing, Carrollton, Texas : Halliburton , 2004.
- [2] P. P. S. Inc., «<http://www.pioneerps.com/>,» [En línea]. Available: <http://www.pioneerps.com/Pages/Products/pps28.html>. [Último acceso: Noviembre 2014].
- [3] U. S. Tomas., «Vision, Universidad Santo Tomas.,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.usta.edu.co/index.php/nuestra-institucion/mision-vision>. [Último acceso: 10 Marzo 2015].
- [4] S. Limited, «Oilfield Glossary,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.glossary.oilfield.slb.com/>. [Último acceso: Octubre 2014].
- [5] Wikipedia, «Wikipedia,» 26 Octubre 2014. [En línea]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Yacimiento_petrol%C3%ADfero. [Último acceso: octubre 2014].
- [6] G. E. King, 5000 Oilfield Terms: A Glossary of Petroleum Engineering Terms, Abbreviations and Acronyms, 2010.
- [7] M. P. d. Ferrer, Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos, Maracaibo, Venezuela, 2009.
- [8] A. Gringarten, «New Developments in Well Test Analysis,» de *New Developments in Well Test Analysis*, Charla Técnica, Abril 1991.
- [9] C. E. d. Metrología, «www.cem.es,» 2012. [En línea]. Available: <http://cmap.upb.edu.co/rid=1LYKF3N6R-M7X3LD-JN/vim%202012%20esp.pdf>. [Último acceso: 3 Noviembre 2014].
- [10] S. Muñoz, Artist, *Genealidades de la exploracion de Petróleo*. [Art]. Escuela de ingeniería de Petróleos UIS, 1986.
- [11] ECOPETROL, «Ecopetrol,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoysumundo/perforacion-exploratoria2.htm>. [Último acceso: 20 Diciembre 2014].
- [12] C. d. Artigio, «Centro de Artigio,» 2014. [En línea]. Available: http://centrodeartigio.com/articulos-para-saber-mas/article_43534.html. [Último acceso: 21 Diciembre 2014].

- [13] INDEPAZ , «Generalidades de la industria petrolera en Colombia,» *Indepaz*, vol. 1, n° 1, pp. 9 -16, 2013.
- [14] ECOPETROL, «Ecopetrol,» 2014. [En línea]. Available:
<http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoysumundo/petroleoencolombia2.htm>.
 [Último acceso: 30 Diciembre 2014].
- [15] Pioneer Petrotech Services Inc., PPS DWT Calibration System User Manual,
 (Application Note for Halliburton Brazil in Macae), Calgary , Canada, 2014.
- [16] PRIISA, «Proveedores de Instrumentacion Industrial,» Enero 2015. [En línea].
 Available: http://www.priisa.com.mx/pdf/balanza_pesos_muertos.pdf. [Último acceso:
 Enero 2015].
- [17] H. E. Services, «Halliburton Energy Services,» [En línea]. Available:
<http://www.halliburton.com/en-US/about-us/corporate-profile/default.page?node-id=hgeyxt5p>. [Último acceso: Noviembre 2014].
- [18] Halliburton Energy Services, «Electronic Memory Gauge Job Components,» de *Introduction to Halliburton Completion Tools for New Engineers - Data Adquisition and Fluid Sampling*, Carrolton, Texas, Halliburton, pp. 1- 19.
- [19] Quartzdyne, «Quartzdyne,» [En línea]. Available: <http://www.quartzdyne.com/>.
 [Último acceso: Noviembre 2014].
- [20] Halliburton Energy Services , «Types of Sensors,» de *Introduction to Halliburton Completion Tools for New Engineers - Data Adquisition and Fluid Sampling*, Carrolton, Texas, Halliburton, pp. 1-7.
- [21] Halliburton Energy Services, «Quality Assurance & Quality Control,» de *Introduction to Halliburton Completion Tools for New Engineers - Data Adquisition and Fluid Sampling*, Carrolton, Texas, Halliburton, pp. 1 - 2.
- [22] ICONTEC , «Tienda Icontec,» 2014. [En línea]. Available:
<http://tienda.icontec.org/brief/NTC-ISO-IEC17025.pdf>. [Último acceso: Enero 2015].
- [23] Instituto Nacional de Salud , «INS,» 2015. [En línea]. Available:
<http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/Citogenetica%20Clnica/Generalidades%20de%20la%20norma%2017025%20-INS-2013%20f.pdf>. [Último acceso: Enero 2015].

- [24] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC),
«REQUISITOS GENERALES,» de *NORMA TÉCNICA NTC-ISO/IEC 17025:2005,*
REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS LABORATORIOS DE
ENSAYO Y CALIBRACIÓN, Bogotá, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y
Certificación (ICONTEC), 2005, pp. 27 - 49 .
- [25] P. FREDDY HUMBERTO ESCOBAR M., «ANÁLISIS MODERNO DE PRESIONES
EN POZO,» Neiva, 2003.

Anexo 1: Documento de Salida del Laboratorio “DAS”

76

Anexo 2: Documentación presentada a la DIAN para la entrada de las herramientas al país.

		Declaración de Importación		Privada		500	
1. Año 2014 Espacio reservado para la DIAN (Antes de diligenciar este formulario leer cuidadosamente las instrucciones)				4. Número de formulario 032014001443123-3			
5. Número de Identificación Tributaria (NIT) 860051812		6. DIV. 2		31. Apellidos y nombres o Razón Social HALLIBURTON LATIN AMERICA S R L SUCURSAL COLOMBIA			
13. Dirección CR 7 71 52 P 7 TO B BRR ROSALES		15. Teléfono 3264000		12. Cód. Admón. 03		16. Cód. Dpto. 11	
17. Cód. Ciudad Municipio 001							
24. Número de Identificación Tributaria (NIT) 890404190		25. DIV. 5		26. Razón social del declarante autorizado AGENCIA DE ADUANAS GAMA S.A NIVEL 1		27. Tipo usuario 26	
29. Número documento de identificación 37535360				30. Apellidos y nombres OLARTE CABANZO CLAUDIA YAMILE		28. Cód. usuario 0027	
31. Clase importador 02		32. Tipo declaración Inicial		33. Cód. 1		34. No Formulario Anterior XXXXXXXXXXXXXXXX	
35. Año - Mes - Día XXXX - XX - XX		36. Cód. Admón. XX		37. Declaración de Exportación No. 6007568945849		38. Año - Mes - Día 2014 - 06 - 09	
39. Cód. Admón. 03							
40. Cód. lugar ingreso de las mercancías BOG		41. Cód. Depósito 501		42. Manifesto de carga No. 116575005517717		43. Año - Mes - Día 2014 - 09 - 12	
44. Documento de transporte No. 4678514470				45. Año - Mes - Día 2014 - 09 - 09		46. Cód. Admón. 03	
48. Nombre exportador o proveedor en el exterior SPARTEK SYSTEMS INC.		49. Dirección exportador o proveedor en el exterior 1 THEVENAZ IND TRAIL SYLVAN LAKE, AB, T4S 2J6		50. E-mail (403) 887 - 2443		51. Cód. País de origen 149	
52. No. de factura ORD-13262		53. Cód. Modo de transporte 4		54. Cód. Modo de transporte 249		55. Cód. Depósito 0	
56. Cód. Depósito 0		57. Empresa transportadora DHL EXPRESS COLOMBIA LTDA.		58. Tasa de cambio \$ cvs. 1,979.97			
59. Subpartida arancelaria 9026200000		60. Cód. Complemento XX		61. Cód. Modalidad C605		62. No. de cuotas o meses XX	
63. Valor cuota USD XXXX		64. Periodicidad del pago de la cuota XX		65. Cód. país de origen 149		66. Cód. Acuerdo XXX	
67. Forma de pago de la importación 90		68. Tipo de importación 99		69. Cód. país de compra 149		70. Cód. país de origen 149	
71. Peso bruto kgs. 23.00		72. Peso neto kgs. 20.70		73. Cód. Embalaje PK		74. No. de unidades 2	
75. Subpartidas 2		76. Cód. unidad comercial U		77. Cantidad dcm. 5.00			
78. Valor FOB USD 65,346.33		79. Valor fletes USD 409.54		80. Valor Seguros USD 326.74		81. Valor Otros Gastos USD 0.00	
82. Sumatoria de fletes, seguros y otros gastos USD 736.28		83. Ajuste valor USD -58,113.89		84. Valor aduana USD 7,968.72		85. Cód. registro o licencia X	
86. Número XXXXXXXXXXXX		87. Cód. año 99		88. Año XXXX		89. Programa No XXXXXXXXXXXX	
90. Cód. Interno del Producto 0							
91. Descripción de las mercancías PEDIDO 2014G1724 CODIGO UAP 404 DO E95202359 DECLARACION 1 DE 1;FACTURA(S):ORD-13262;NOS ACOGEMOS AL ART 138 DEL DECRETO 2685/99 REIMPORTACION POR PERFECCIONAMIENTO PASIVO, DECLARACION DE EXPORTACION 6007568945849 DEL 09/06/2014 // ITEM 1. S55067-QUARTZ(QD) - 177 C - 16000 PSI -3V 1.27D-SOUR PRODUCTO: REGISTRADOR MEMORIZADO DE PRESIÓN Y TEMPERATURA, USO O DESTINO: MEDIR PRESIÓN Y TEMP ERATURA DE FONDO DE POZO EN LA INDUSTRIA PETROLERA, MARCA: QUARTZDYNE // SPARTEK SYSTEMS, REFERENCIA: P/N: 10022419, MODELO: NO T IENE, PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO: ELECTRONICO // SERIAL: 21687, SAP 12030637// NUMERO DE IDENTIFICACION: 10008487, ID: 218612, I D N. 10008490, INCLUYE BOLSA CON 2 RETENEDORES EN PASTA, CATALOGO, CD DE INFORMACION // CANTIDAD: 1 UNIDAD (continúa al respaldo)		92. Recibo oficial de pago anterior No. XXXXXXXXXXXXXXXX		93. Fecha XXXX XX XX			
94. Levante No. 032014001147742		95. Fecha 2014 - 09 - 16		96. Nombre JUAN C. GARCIA		97. C.C. No. 6.72.78.408	
98. Pago Total \$ 0		99. Espacio para aut adhesivo de la entidad recaudadora (Número del adhesivo) CORPBANCA HELM Autoadhesivo 06807030586901 Fecha presentación 2014-09-16 11:49:00 Valor pagado \$0		100. Espacio reservado para la DIAN			

Fecha de Impresión: 2014-09-16 12:35:51

20142370099036

Anexo 3: Orden de trabajo para servicio de calibración.

SPARTEK SYSTEMS GEOPHYSICAL INSTRUMENTATION		COMMERCIAL INVOICE		
Shipper:		Date: September 9, 2014		
		Order NO: ORD - 13262		
		ORD - 13263		
		ORD - 13264		
		ORD - 13265		
		ORD - 13268		
Consignee:		Customer PO: 4200973005		
INCOTERMS: EX-Works Canada				
QTY	ITEM #	DESCRIPTION	UNIT PRICE	LINE TOTAL
		ORD - 13262 PO 4200973005		
1	10022419	SS5067 - Quartz (QD) - 177° C - 16000 psi - 3V 1.27D - Sour SN 21687	995.00	995.00
		ORD - 13263 PO 4200973005		
1	10022419	SS5067 - Quartz (QD) - 177° C - 16000 psi - 3V 1.27D - Sour SN 21688	995.00	995.00
		ORD - 13264 PO 4200973005		
1	10022422	SS5067 - Quartz (QD) - 177° C - 10000 psi - 3V 1.27D - Sour SN 21693	995.00	995.00
		ORD - 13265 PO 4200973005		
1	10011347	SS5067 - Quartz (QD) - 150° C - 10000 psi - 5V 1.27D SN 21039	725.00	725.00
		ORD - 13268 PO 4200973005		
1	10022422	SS5067 - Quartz (QD) - 177° C - 10000 psi - 3V 1.27D - Sour SN 21694	3,930.00	3,930.00
		All Prices in US Dollars		
GST # 899278980		SUBTOTAL	\$7,640.00	
		SALES TAX		
		TOTAL	\$7,640.00	



THANK YOU FOR YOUR BUSINESS!

Anexo 4: Certificado de Origen de las Herramientas



Canada Border
Services Agency

Agence des services
frontaliers du Canada

CERTIFICATE OF ORIGIN Canada-Colombia Free Trade Agreement

Please print or type

1. Exporter's name and address: Spartek Systems Inc. 1 Thevenaz Ind. Trail, Sylvan Lake, AB T4S 2J6 Canada Telephone: 4038872443 Fax: 4038874050 E-mail: debra.kwiatkowski@sparteksystems.com		2. Blanket period From: 2014 - 08 - 28 To: 2015 - 08 - 27 (yyyy-mm-dd) (yyyy-mm-dd)				
3. Producer's name and address: Same as Above Telephone: Fax: E-mail:		4.				
5. Description of Good(s)		6. HS Tariff Classification	7. Preference Criterion	8. Producer	9. Value Test	10. Country of Origin
10022419 SS5067 - Quartz (QD) - 177' C - 16000 psi - 3V 1.27D - Sour SN 21687 10022419 SS5067 - Quartz (QD) - 177' C - 16000 psi - 3V 1.27D - Sour SN 21688 10022422 SS5067 - Quartz (QD) - 177' C - 10000 psi - 3V 1.27D - Sour SN 21693 10011347 SS5067 - Quartz (QD) - 150' C - 10000 psi - 5V 1.27D SN 21039 10022422 SS5067 - Quartz (QD) - 177' C - 10000 psi - 3V 1.27D - Sour SN 21694		9026.20.4000 9026.20.4000 9026.20.4000 9026.20.4000 9026.20.4000	B B B B B	Yes Yes Yes Yes Yes	TV TV TV TV TV	CA CA CA CA CA
11. Observations:						
I certify that: The information in this document is true and accurate and I assume the responsibility for proving such representations. I understand that I am liable for any false statements or material omissions made on or in connection with this document. I agree to maintain, and present upon request, documentation necessary to support this Certificate, and to inform, in writing, all persons to whom the Certificate was given of any changes that would effect the accuracy or validity of this Certificate. The goods originate in the territory of one or both Parties, and comply with the origin requirements specified for these goods in the Canada-Colombia Free Trade Agreement. This Certificate consists of 1 pages, including all attachments.						
12. Authorized Signature: Name: Debra Kwiatkowski		Company: Spartek Systems Inc. Title: Shipping Manager / Customs Coordinator Telephone: 4038872443 Fax: 4038874050 E-mail: debra.kwiatkowski@sparteksystems.com				
Date: 2014-08-28 (yyyy-mm-dd)		Date:				

BSF459 E

Canada

[illegible]

Anexo 6. Tracking de las herramientas enviadas.

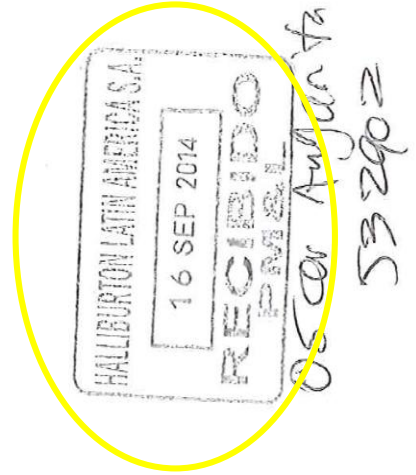
Resumen de resultados

 Guía Aérea: 4678514470 Envío retenido y Agente de Aduanas notificado.		Lunes, Septiembre 15, 2014 EN 08:05 Área de Servicio de Origen: > SOUTHERN ALBERTA, AB - SYLVAN LAKE - CANADA Área de Servicio de Destino: > BOGOTA - BOGOTA - COLOMBIA	
Lunes, Septiembre 15, 2014		Ubicación	Hora
25	Envío retenido y Agente de Aduanas notificado.	BOGOTA - COLOMBIA	08:05
Domingo, Septiembre 14, 2014		Ubicación	Hora
24	Envío retenido y Agente de Aduanas notificado.	BOGOTA - COLOMBIA	08:05
Sábado, Septiembre 13, 2014		Ubicación	Hora
23	Envío retenido y Agente de Aduanas notificado.	BOGOTA - COLOMBIA	08:05
Viernes, Septiembre 12, 2014		Ubicación	Hora
22	Documentación entregada al Agente de Aduanas según instrucción del destinatario.	BOGOTA - COLOMBIA	09:46
21	Envío retenido y Agente de Aduanas notificado.	BOGOTA - COLOMBIA	08:05
20	Proceso de Aduana iniciado en BOGOTA - COLOMBIA	BOGOTA - COLOMBIA	06:06
19	Estado del despacho.	BOGOTA - COLOMBIA	06:01
18	Llegada a un centro de tránsito de DHL en BOGOTA - COLOMBIA	BOGOTA - COLOMBIA	05:51
17	Actualización del estatus de aduanas	BOGOTA - COLOMBIA	03:40
16	Salida de un centro de tránsito de DHL en PANAMA CITY - PANAMA	PANAMA CITY - PANAMA	02:56
15	Envío en tránsito por PANAMA CITY - PANAMA	PANAMA CITY - PANAMA	02:54
14	Llegada a un centro de tránsito de DHL en PANAMA CITY - PANAMA	PANAMA CITY - PANAMA	00:44
Jueves, Septiembre 11, 2014		Ubicación	Hora
13	Salida de un centro de tránsito de DHL en MIAMI GATEWAY - USA	MIAMI GATEWAY, FL - USA	21:58
12	Procesado en MIAMI GATEWAY - USA	MIAMI GATEWAY, FL - USA	16:23
11	Actualización del estatus de aduanas	CINCINNATI HUB, OH - USA	10:55
10	Llegada a un centro de tránsito de DHL en MIAMI GATEWAY - USA	MIAMI GATEWAY, FL - USA	10:33
9	Salida de un centro de tránsito de DHL en CINCINNATI HUB - USA	CINCINNATI HUB, OH - USA	06:02
8	Procesado en CINCINNATI HUB - USA	CINCINNATI HUB, OH - USA	04:21
7	Proceso de Aduana finalizado en CINCINNATI HUB - USA	CINCINNATI HUB, OH - USA	02:17
6	Llegada a un centro de tránsito de DHL en CINCINNATI HUB - USA	CINCINNATI HUB, OH - USA	01:00
Miércoles, Septiembre 10, 2014		Ubicación	Hora
5	Actualización del estatus de aduanas	CINCINNATI HUB, OH - USA	20:22
4	Salida de un centro de tránsito de DHL en SOUTHERN ALBERTA - CANADA	SOUTHERN ALBERTA, AB - CANADA	17:37
3	Procesado en SOUTHERN ALBERTA - CANADA	SOUTHERN ALBERTA, AB - CANADA	17:34
2	Llegada a un centro de tránsito de DHL en SOUTHERN ALBERTA - CANADA	SOUTHERN ALBERTA, AB - CANADA	14:20
Martes, Septiembre 09, 2014		Ubicación	Hora
1	Envío retirado/recolectado.	SOUTHERN ALBERTA, AB - CANADA	15:43

Anexo 7. Documento de llegada al Base y al Laboratorio de DAS

ENTREGADO											NO
Box Number	Piezas	Dimensiones	Peso	Deposito	Planta Destino	Codigo Destino	Factura	Orden de Compra	Cula	Pedido	
				153							
				REPRESENTACION IATA CNA 98 X 41800.12-13	FUNZA	1650	ORD-13262	4230073605	4678514470	2014011724	
				REPRESENTACION IATA CNA 98 X 41800.12-13	FUNZA	1650	ORD-13262	4230073605	4678514470	2014011724	
				REPRESENTACION IATA CNA 98 X 41800.12-13	FUNZA	1650	ORD-13262	4230073605	4678514470	2014011724	
1	2	97 X 43 X 15 CM	23 KG	REPRESENTACION IATA CNA 98 X 41800.12-13	FUNZA	1650	ORD-13262	4230073605	4678514470	2014011724	
				REPRESENTACION IATA CNA 98 X 41800.12-13	FUNZA	1650	ORD-13262	4230073605	4678514470	2014011724	
				REPRESENTACION IATA CNA 98 X 41800.12-13	FUNZA	1650	ORD-13262	4230073605	4678514470	2014011724	
				REPRESENTACION IATA CNA 98 X 41800.12-13	FUNZA	1650	ORD-13262	4230073605	4678514470	2014011724	

Recibi 2 boxes
sin verificar con el equipo
Bavilio Suarez
CC 19338953
WTFU O94





Sold To:

Phone:

Email:



Page 1

Anexo 9. Cotización Termómetro

Quotation

Fluke Corporation
PO Box 9090 EVERETT WA 98206-9090
PHONE: 425.446.5500 FAX: 425.446.6177
FED TAX ID: 91-0606624 DUNS NO: 00 925 2065

CUSTOMER NO: 1209
ATTN:



QUOTE NO	DATE	EXP. DATE	PAGE
30392051			1 of 1

CUSTOMER REF NO: RFQ 15OCT2013
PAYMENT TERMS: TBA
AGREEMENT/CONTRACT NO:
ULTIMATE DEST: Brazil

TERMS OF SALE: EX WORKS EVERETT WA
COUNTRY REP: Fluke Do Brasil LTDA

Fluke is pleased to quote the following products. Resulting orders/inquiries should reference this quotation number.

LINE	ITEM #	QTY	UOM	UNIT PRICE	NET PRICE	ARO	UNIT WT
	MODEL DESCRIPTION				EXTENDED PRICE	WKS	

PRICES QUOTED HEREIN ARE FLUKE INTERNATIONAL PRICES. WARRANTY SERVICE IS AVAILABLE OUTSIDE THE UNITED STATES ONLY IF THE PRODUCT IS PURCHASED THROUGH A FLUKE AUTHORIZED SALES OUTLET IN THE COUNTRY OF USE OR IF PURCHASER HAS PAID THE APPLICABLE FLUKE INTERNATIONAL PRICE.

SHIP WKS/ARO IS BASED ON CURRENT AVAILABILITY, SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE AND BASED ON RECEIPT OF CONFIRMING ORDER. SHIP WEEKS DOES NOT REFLECT ON-DOCK DELIVERY.

1	1672258 1529-156.THERMOMETER.CHUB-E4,2-PRT,2-TC Harmonized Number: 9025.19.8080 ECCN : 3A992	1	EACH	5,335.00	5,335.00 5,335.00	2	5.00
2	1654558 5628-15-B, PROBE, SECONDARY PRT, 25 OHM, 2ND LEVEL, 15IN THIS ITEM COMES WITH A MFG-GENERATED CALIBRATION CERTIFICATE/REPORT W/DATA.	1	EACH	2,514.00	2,514.00 2,514.00	4	2.70

Harmonized Number: 9025.80.5000 ECCN : 3A992

Currency	Total Extended Price
USD	7,849.00

Fluke is ISO registered, Certificate No. U0018. All items are of USA origin unless otherwise noted. Prices quoted are valid for Sales/Shipments with ultimate destinations within US including US Territories unless otherwise noted. The use, sales, reexport, delivery or retransfer, directly or indirectly, of the items described herein, in or to any activities related to design, production, use or stockpiling or nuclear weapons or missiles is strictly prohibited.

Products quoted herein are offered only upon condition of full acceptance of Fluke's Terms & Conditions of sale, which are available for review at www.fluke.com, and can also be faxed upon request. Any additional Terms & Conditions in a Purchase Order or otherwise proposed, are rejected unless accepted by Fluke in writing. Accepting goods or services from Fluke will be assenting to all the referenced Fluke Terms & Conditions. Fluke's Thermal Imagers are controlled by the Bureau of Industry and Security United States Department of Commerce. Export shipments may require government approval in the form of an export license. Diversion of this product contrary to U.S. law is prohibited.

Anexo 10. Cotización Horno Jung



1

PROPOSTA nº 039582-0806 rev0

De acordo com a sua solicitação, apresentamos as principais características técnicas, bem como preço e demais condições de fornecimento para o seguinte equipamento:

- **Estufas laboratoriais**

Na certeza de oferecer a melhor solução para seu negócio, nos colocamos a disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Ramon Filipe Beims
Especialista de Mercado - Linha Laboratorial
E-mail: laboratorial@jung.com.br
Fone: +55 47 3144 8847

SUMÁRIO	
1 – DADOS TÉCNICOS	3
2 – DESCRIÇÃO DETALHADA	4
3 – CONDIÇÕES COMERCIAIS	6
4 – ITENS OPCIONAIS	8
5 – PEÇAS SOBRESSALENTES RECOMENDADAS	9
6 – GARANTIA E ASSISTÊNCIA TÉCNICA	9



Obs.: A imagem acima é meramente ilustrativa. O equipamento da foto é semelhante aos modelos cotados, entretanto, sua aparência, acessórios e funcionalidade podem se apresentar diferentes.

1 – DADOS TÉCNICOS

Modelo.....	ES25025
Aplicação	laboratorial
Temperatura máxima	250°C
Elementos de aquecimento.....	resistências blindadas em aço inoxidável
Potência	6 kW
Rede elétrica	110 V
Ligação.....	trifásico
Acionamento das resistências	relê de estado sólido – RES
Programador de temperatura	digital microprocessado com PID
Sensor de temperatura.....	PT100
Dimensões úteis.....	altura 500 mm
	largura..... 1000 mm
	profundidade 500 mm
Ventilador	acionamento..... direto
	tipo radial
	quantidade 1 peça
Isolamento térmico.....	fibra cerâmica e lã de vidro
Pintura externa	eletrostática cor cinza
Revestimento interno	chapas de aço pintadas com tinta alumínio
Porta	abertura superior (ver imagem na página 2)
Painel	acoplado à estufa



2 – DESCRIÇÃO DETALHADA

AVISO IMPORTANTE: Para que sua estufa seja adequada ao processo que deseja realizar informe ao vendedor todos os detalhes relevantes como, por exemplo: emissão de vapores, fuligem, gases inflamáveis, corrosivos, oxidantes, chumbo, enxofre, tensão e ligação disponíveis, velocidade de aquecimento mínima, variação máxima de temperatura, potência máxima.

2.1 Estrutura

A estufa é construída em chapas e perfis de aço laminados, garantindo uma estrutura rígida. Equipamentos com mais de 150 kg possuem olhais para içamento que facilitam a movimentação. Possui dois orifícios na parte frontal com diâmetro de 1" e 1,5".

2.2 Pintura

Pintura feita com tinta epóxi a pó, aplicada pelo processo eletrostático, e curada em estufa. O revestimento interno é pintado com tinta alumínio resistindo ao calor.

2.3 Porta

A porta está localizada na parte superior do forno – *conforme imagem na página 2.*

2.4 Isolamento

Através de lã de vidro e fibra cerâmica, isolante térmico que proporciona grande rendimento e economia de energia elétrica devido à sua alta resistência a temperatura e baixo peso.

2.5 Painel de controle

Montado em uma caixa metálica localizada na lateral da estufa, o painel condiciona todos os controles, acionamentos, sinalizações e programador de tempo e temperatura. Internamente, encontram-se os fusíveis e/ou disjuntores de proteção dos circuitos de força e de comando. A fiação é isolada com terminais prensados, com identificação nas extremidades. Para ligação à rede de energia elétrica, a estufa vem equipada com um cabo de 2,5 metros de comprimento. Todas as estufas são entregues sem plugue e tomada, é necessário fazer esta instalação no local para utilização do equipamento.

2.6 Elementos de aquecimento

Os elementos de aquecimento são blindados em aço inoxidável, com uma carga de superfície adequada. Um circulador mantém um fluxo constante do calor irradiado pelos elementos. As resistências recebem a ação direta do fluxo de ar e esta troca rápida de calor protege os elementos contra superaquecimento e lhes possibilita uma vida útil maior.

2.7 Circulador de ar com muflo

Um conjunto de ventilação composto de motor, eixo e rotor radial é montado na parte traseira da estufa e tem a função de succionar o ar e insuflar pelas laterais através uma segunda câmara entre a parede e a estufa. Essa configuração permite o máximo de homogeneização, pois o ar quente é distribuído uniformemente em todos os pontos da câmara. As partes móveis dentro da estufa são isoladas com tela de aço para evitar acidentes. O circulador pode ser acionado junto com o aquecimento automaticamente (recomendado) ou com botão específico no painel (informar ao vendedor sua preferência).

2.8 Programador de tempo e temperatura para rampas e patamares

O controlador N1200 é um programador eletrônico microprocessado de tempo e temperatura, com possibilidade de configuração de 20 programas de 9 segmentos (rampas ou patamares), com a



possibilidade de interligação entre eles, tanto para o aquecimento como para o resfriamento. Possui sistema PID (proporcional integral derivativo) auto-adaptativo, monitorando constantemente o processo e recalculando os parâmetros de ajuste de modo a obter a melhor resposta possível para o controle. O display digital mostra a temperatura em que o forno se encontra no aquecimento e no resfriamento.

2.9 Acionamento das resistências – Relê de Estado Sólido (RES)

O RES recebe o sinal do programador para ligar ou desligar os elementos de aquecimento, mantendo assim a temperatura desejada. Por tratar-se de um dispositivo eletrônico não sofre desgaste mecânico e reduz o efeito da inércia térmica por ser mais rápido, melhorando a homogeneização de temperatura e economizando energia durante a permanência no patamar.

2.10 Cavalete para suporte da estufa

Estrutura de aço equipada com rodízios serve como mesa e facilita o deslocamento da estufa. Possui uma divisória na parte de baixo, permitindo a colocação de acessórios, peças, etc. A altura de operação fica em 50 cm do chão.

2.11 Dispositivo de segurança

Quando a estufa estiver ligada e a porta for aberta, o dispositivo de segurança desenergiza as resistências, e, quando for fechado, ele as relia automaticamente.

2.12 Calibração em até 3 pontos

A malha de controle da estufa (termopar, programador de tempo e temperatura e cabos) pode ser calibrada em 3 pontos até 250°C com emissão de certificado acreditado pela CGCRE/INMETRO, rastreável a RBC.

Os pontos de calibração devem ser definidos pelo cliente.

2.12 Documentação

Serão fornecidos juntamente com a estufa: manual de operação e manutenção, esquema elétrico, certificado de garantia e catálogos.



Linha Laboratorial

6

3 – CONDIÇÕES COMERCIAIS

3.1 Tabela de preços

Volume em litros	Modelo	Dimensões internas ¹ (mm)	Preço da Estufa
250	ES25025	500 x 1000 x 500	31.191,00

1 - As dimensões úteis apresentadas na tabela estão na sequência altura, largura e profundidade.

3.2 Valores

Em Real (R\$).

3.3 Condições de pagamento

25% como confirmação do pedido	Na forma de depósito em conta corrente (ver item 3.5), boleto bancário ou cartão de crédito VISA ou Mastercard.
25% 3 dias antes do faturamento	
25% 30 dias após faturamento	
25% 60 dias após faturamento	

Outras condições de pagamento podem ser negociadas diretamente com o vendedor.

Qualquer forma de pagamento que possua parcelas com vencimento subsequente à entrega do produto, é condicionada à análise e aprovação cadastral.

3.4 Outras condições

Nossos produtos podem ser adquiridos através de FINAME, Cartão BNDES, PROGER e outras linhas de crédito.

3.5 Dados bancários para depósito

Banco do Brasil – Agência: 095-7 – Conta: 73397-0

Banco Itaú – Agência: 3246 – Conta: 02055-0

3.6 Faturamento

Informamos que os produtos/serviços descritos nesta proposta serão faturados através da empresa Fornos Jung Ltda. - CNPJ 75.277.525/0001-78 - Inscrição Estadual 250.745.615.

3.7 Validade da proposta

30 dias.

3.8 Frete

Os custos de transporte, seguros e demais despesas, descarregamento, movimentação e instalação correm por conta do cliente.

3.9 Try out

Os preços acima se referem ao equipamento completo, testado em nossas instalações. Ensaios especiais exigidos pelo cliente devem ser comunicados com antecedência, que deve ainda assumir custos de insumos para sua realização.

Fornos Jung Ltda. Rua Bahia, 3465 – 89031-002 – Blumenau/SC
Fone: 47 3327 0000 – Fax: 47 3144 8823
jung@jung.com.br - www.jung.com.br



LinhaLaboratorial

7

3.10 Supervisão de montagem, testes e partida técnica

Não inclusas no preço, poderão ser executadas por técnicos da Jung e/ou auxiliados por equipe do cliente. Viagens, estadas, traslado e alimentação correrão por conta do contratante. O custo será de R\$ 120,00/h em horário comercial e o deslocamento R\$ 0,90/km.

3.11 Prazo de armazenamento

Na conclusão da fabricação do produto o cliente será comunicado. Os produtos prontos que ficarem em nosso setor de despacho por um período superior a 10 dias geram cobrança de taxa de armazenamento de 0,5% do valor do produto/dia.

3.12 Prazo de entrega

90 dias após a confirmação do pedido. O presente prazo é meramente estimativo, podendo sofrer alteração, especialmente no caso de adaptações ou modificações a serem providenciadas na estrutura do equipamento. Qualquer alteração subsequente requerida pelo cliente irá influenciar no tempo de entrega do equipamento. Nos projetos que necessitam de aprovação do cliente o prazo está condicionado ao tempo gasto para a aprovação. Após o envio dos desenhos será somado ao prazo final a mesma quantidade de dias utilizadas para análise e aprovação.

Após ambas as partes aprovarem as alterações o prazo de entrega será restabelecido e contado a partir da data da aprovação por escrito fornecida pelo cliente.

3.13 Tributos

ICMS incluso:

- destinatário SC e sem inscrição estadual alíquota de 17% com redução na base de cálculo de 48,23%;
- destinatário RS, PR, SP, MG e RJ com inscrição estadual alíquota de 12% com redução na base de cálculo de 26,66%;
- destinatário nos demais estados com inscrição estadual, alíquota de 7% com redução na base de cálculo de 26,57%.

Redução na base de cálculo conforme artigo 9, inciso I, anexo 2 do RICMS/01-SC.

IPI alíquota zero, conforme tabela de incidência do IPI (TIPI) aprovada pelo decreto 4070 de 28.12.2001.

Os impostos desta proposta foram baseados na atual legislação tributária brasileira (federal, estadual e municipal) e leis de importação vigentes. Caso ocorram alterações estas serão repassadas para os preços.

3.14 Classificação fiscal

8514.30.11

**4 – ITENS OPCIONAIS**

Os **Itens Opcionais** não estão inclusos no preço do produto. Estes itens são indicados para otimização ou para necessidades específicas. Seus preços estão destacados individualmente na tabela a seguir:

DESCRIPTIVO	PREÇO (R\$)
4.1 Alarme de fim de ciclo Sinal sonoro emitido no painel que indica o término do processo.	410,00
4.2 Dispositivo para acionamento em horário programado Utilizado para que o equipamento aqueça, deixando-o pronto para a primeira carga antes da chegada do operador, e outras situações que requeiram agendar o uso. Pode-se definir data/horário para que o equipamento ligue ou desligue automaticamente.	788,00
4.3 Relatórios de tempo x temperatura através de software Software para geração de relatórios (na forma de tabelas e gráficos) de tempo versus temperatura de cada queima através de um computador ligado à estufa. Os dados são obtidos de dois termopares extra instalados na estufa. O computador não acompanha a estufa, deverá ser fornecido pelo cliente. Configurações mínimas: Microcomputador K6-2-450 MHz ou Pentium II com 64 MB de RAM, 10 MB livres de disco rígido e um monitor VGA com resolução mínima de 640 x 480 e mouse. Sistema Operacional Windows XP ou superiores. Uma porta serial RS-232 livre para realizar a comunicação com o aquisitor. O sistema terá melhor desempenho em computadores com configuração superior.	4.104,00
4.4 Calibração em até 5 pontos Além dos 3 pontos considerados, a malha de controle da estufa também pode ser calibrada em mais 2 pontos (5 no total) até 250°C com emissão de certificado acreditado pela CGCRE/INMETRO, rastreável a RBC.	631,00
4.5 Estudo de homogeneidade Teste que mede a temperatura em diversos pontos da estufa para verificar a variação de temperatura.	2.821,00

Anexo 11. Cotización accesorios “PPS”



Pioneer Petrotech Services Inc.
 #1, 1431 - 40 Ave., NE, Calgary, Alberta, Canada T2E 8N6
 Phone: 1-403-282-7669
 Fax: 1-403-282-0509
 Email: infopps@pioneerps.com

QUOTATION

To :

Quote :

Quote Rev #: 0

Date:

Pioneer Petrotech Services Inc. is pleased to provide the following quotation in accordance with technical requirements received from you.

Item	P/N	Qty	Description	Unit Cost USD	Total Cost USD
1	01-AC-0050-A2	4	PPS USB Gauge Interface Cable (4pin/6pin)	\$250.00	\$1,000.00
2	01-AC-1661-A	1	PPS50 1.25" Pressure sub - 4 ports	\$650.00	\$650.00
3	01-AC-1662-A	1	PPS50 1.25" SQ Pressure sub - 4 ports	\$650.00	\$650.00
4	01-AC-1663-A	1	PPS50 1.25" DQ Pressure sub - 4 ports	\$650.00	\$650.00
5	01-AC-1664-A	4	Extension cable for PPS25/28 Gauge (1.25") - 1.5m cable with 4-pin Lemo connector (plug) on one side and 4-pin Lemo connector (receptacle) on another side	\$120.00	\$480.00
6	01-AC-1665-A	4	Extension cable for PPS28 Gauge (1.27") - 1.5m cable with 6-pin Lemo connector (plug) on one side and on 4-pin Lemo connector (receptacle) on another side	\$150.00	\$600.00
7	01-AC-1666-A	4	Extension cable for PPS50 Gauge (Sapphire and Quartz) - 1.5m cable with one 12-pin Fisher connector (plug) on one side and two 4-pin Lemo connector (receptacle) on another side	\$180.00	\$720.00
Total Ex-Work Calgary, Canada					\$4,750.00

DELIVERY: 8 weeks from confirmation of P.O.

PAYMENT: Net 30 days term

This quotation is valid for 60 days, and is bounded by our company Terms and Conditions.

Best Regards,
 Jin Cai

FORM-47
 R03

Anexo 12. Cotización accesorios “Spartek”



Providing Our Customers with "Best In Class Technology"
www.sparteksystems.com

QUOTATION

Quote Summary

Quote To:	Quote #	QUO-18143-MCB24L (Rev: 2)
Address:	Customer:	Halliburton
Contact:	Date:	Effective To:
Telephone:	Payment Term:	Currency:
Mobile:	Requested Delivery Date:	
Fax:	Pricebook:	
Email:		
Sales Person:	Phone:	Email:
Bill To:	Ship To:	
	Shipping Method:	

Quote Details

LN	Item Code	Item Description	Unit	Qty	Price	Extended Amount
01		10014990 - Calibration Manifold - 4 Port - For Welded Subs - No Seal Glands <i>*4 sensors per manifold</i>	-	1	\$1,305.00	\$1,305.00
02		10020738 - Calibration Sub_Low Volume Quartz_ToughMet	-	4	\$525.00	\$2,100.00
03		10015240 - HIP - Collar - 0.375" Tubing - HF6 Connection	-	4	\$6.00	\$24.00
04		10015241 - HIP Gland 0.375" 60K <i>*one extra for the side port of the manifold if required</i>	-	5	\$11.00	\$55.00
05		10015239 - HIP Plug 0.375" 60K	-	5	\$12.00	\$60.00
06		10010410 - Adapter_HF4 (0.25" tubing - female) to HM6 (0.375" tubing - male) <i>*one for each side port, and one can be spare if only single connection is required.</i>	-	1	\$70.00	\$70.00
07		10009038 - Calibration Manifold_High Pressure_4 Port <i>*For Sapphire Gauges - 4 sensors per manifold</i>	-	1	\$2,550.00	\$2,550.00
08		10024065 - SS6310 - Calibration Power Supply Panel w/ Cables <i>*8 Sensor connections per panel</i>	-	1	\$1,510.00	\$1,510.00
09		10021833 - Spartek - Memory Calibration Software (MemoryCal + WinCurve) - Single License <i>*single license</i> <i>*QTY TBD as client may already have license</i>	-	0	\$7,500.00	\$0.00



SPARTEK SYSTEMS

GEOPHYSICAL INSTRUMENTATION

800 Wilcrest Suite 170
Houston TX 77042

Providing Our Customers with "Best In Class Technology"
www.sparteksystems.com

QUOTATION

LN	Item Code	Item Description	Unit	Qty	Price	Extended Amount
Line Items Total:						\$7,674.00
Total Tax:						\$0.00
Freight Amount:						
Total Amount:						\$7,674.00

Notes / Special Instructions

Terms and Conditions

- Taxes, duties and levies at port of destination or in transit not included.
- Final invoice is based on actual Equipment & Services ordered.
- All orders must be accompanied by an authorized company purchase order.
- Pricing is subject to change without notice after the expiry date of this quotation.
- All orders are subject to credit approval before processing.
- Spartek Systems Inc. products are subject to United States and foreign export control laws and regulations and must be purchased, sold, exported, reexported, transferred, or used in compliance with such export laws and regulations.
- Spartek Systems Inc. Terms and Conditions of Sale incorporated by reference.

Anexo 13. Cotización accesorios “Metrolog”



A SERCEL BRAND

SERCEL S.A.
1110, avenue l'Occitane, Technoparc 2, CS 17619
31676 Labège Cedex, France
Tel: (33) 5 61 34 80 74 Fax: (33) 5 61 20 41 31

To: Accounts Payable Department A:	Our proposal n°: 131009-P#9636-A Notre offre n°: _____ from: _____ de: _____
For the attention of: A l'attention de:	For your request n°: _____ pour votre demande n°: _____ Date: _____

Item Item	Description Description	Part number Référence	Qty Qté	Unit price Prix unit. US\$	Total price Prix total US\$
1	Power Supply for calibration of Metrolog gauges(4&5) up to 8 gauges	A.00.A.POW	1	4500	4500.00
2	Cable to power PRM/CGM4 and PRM/CGM5	A.00.A.TEST	1	300	300.00
3	Cable to power iGauge5/iQuartz5	A.00.A.TEST1	1	300	300.00
4	Cable to power CGM-B	A.00.A.TEST2	1	300	300.00

Payment terms: 60 days after invoice reception by wire transfer to Sercel's account Delivery terms: 2 weeks for all items (at the time of proposal)	Total ex-works	5400.00
	Packing + documents	.00
	Freight	.00
	Total	5400.00
	Other charges	.00
	Total in: US\$	5400.00

All our sales are subject to our General Terms and Conditions. Sold equipment remains Sercel's property until full payment of the invoice.
Toutes nos ventes sont soumises à nos Conditions Générales. L'équipement vendu reste la propriété de Sercel jusqu'au paiement complet de la facture.

Siège social: Sercel, 16, rue de Bel Air, 44470 Carquefou, France, S.A. au capital de 2 000 000 Euros
SIREN 378 040 497 RCS Nantes VAT n°: FR 25 378 040 497

Anexo 14. Certificado de calibración Termohigrometro.



**COMPAÑÍA NACIONAL DE
METROLOGÍA**
LABORATORIO DE HUMEDAD
CERTIFICADO No. CLH 74214

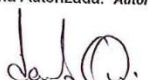


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION CERTIFICATE
FEH 02, Revisión 06, 2013-07-10

SOLICITANTE <i>Customer</i>	:	HALLIBURTON LATIN AMERICA S.A.
DIRECCIÓN <i>Address</i>	:	km 5,5 VIA SIBERIA - FUNZA PARQUE INDUSTRIAL
CIUDAD <i>City</i>	:	SAN DIEGO BODEGAS
	:	FUNZA - CUNDINAMARCA
INSTRUMENTO <i>Instrument</i>	:	TERMOHIGROMETRO (HIGROMETRO)
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	:	EXTECH
MODELO <i>Model</i>	:	42280
DIVISION DE ESCALA <i>Scale Division</i>	:	0,1 %HR
IDENTIFICACIÓN <i>Identification</i>	:	10054889
FECHA DE RECEPCIÓN <i>Date of Arrive</i>	:	2014 / 10 / 21
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of Report</i>	:	2014 / 10 / 22
FECHA DE EMISIÓN <i>Date of Issuance</i>	:	2014 / 10 / 22

Firma Autorizada: *Autorized Signatory*


Físico JEYSON ANGEL OCAMPO
Magíster en Ciencias
Director Técnico
Revisado y Aprobado



Sello
Certificado emitido bajo la norma ISO/IEC 17025:2005
Sistema de Calidad Certificado ISO 9001:2008

La medida su mejor aliado

Carrera 68C No. 68A-20 Bogotá - Colombia.
PBX: 5405431 Web www.conamet.com.co, email: metrologia@conamet.com
Pagina 1 de 3



**COMPAÑÍA NACIONAL DE
METROLOGÍA**
LABORATORIO DE HUMEDAD
CERTIFICADO No. CLH 74214



1. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Method

El método de calibración empleado es por comparación de las mediciones del instrumento a calibrar con el patrón, de acuerdo a la "Guía técnica sobre trazabilidad e incertidumbre en la calibración de higrometros de humedad relativa CENAM 2008".

La calibración fue realizada en las instalaciones de Conamet.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

Ambient Conditions

Las condiciones ambientales en el laboratorio durante la calibración del instrumento fueron:

Temperatura °C		Humedad Relativa %HR	
21,5	± 1,5	41,0	± 2

3. TRAZABILIDAD

Traceability

Conamet, mantiene los patrones de referencia en condiciones físicas adecuadas para su conservación, los cuales han sido certificados asegurando la trazabilidad en las calibraciones realizadas con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Certificado No. K008-W02129 de 2013-11 de Vaisala | trazabilidad Generador de soluciones salinas UG 8195 basados en puntos primarios comparado con el Centro de Metrología y Acreditación (MIKES, Finlandia) y el patrón Vaisala DMT 347 con número de serie F4630128 trazable a el NIST vía el Centro de Metrología y Acreditación (MIKES, Finlandia) y MSL.

4. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Measurement Results

Punto	Humedad de Referencia (%HR)	Valor indicado por el instrumento de prueba (%HR)	Corrección (%HR)	Incertidumbre expandida (%HR)
1 descendente	30,22	30,1	0,11	1,5
1 ascendente	31,80	31,6	0,19	1,5
2	49,76	52,5	-2,74	1,5
3	80,52	83,3	-2,78	1,5

La medida su mejor aliado

Carrera 68C No. 68A-20 Bogotá - Colombia.
PBX: 5405431 Web www.conamet.com.co, email: metrologia@conamet.com
Pagina 2 de 3



**COMPAÑÍA NACIONAL DE
METROLOGÍA**
LABORATORIO DE HUMEDAD
CERTIFICADO No. CLH 74214



5. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre de la medición fue estimada conforme a OIML G1 -100 "GUIDE TO THE EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT" Edición 2008 y se declara la incertidumbre expandida con un factor de cobertura de $k=2$, para un intervalo de confianza de aproximadamente 95,45%.

6. DECLARACIONES

Comments

Este certificado de calibración no puede ser reproducido en su totalidad, excepto con autorización del laboratorio que lo emite. Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the authorization of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

El usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible of, the calibration of his instruments to appropriate intervals.

Los resultados del presente certificado se refieren al dispositivo relacionado, en el momento y a las condiciones en que se realizaron las mediciones. Compañía Nacional de Metrología no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento.

The results of this report refer to related dispositive in the moment and conditions in which the measurements were made. Compañía Nacional de Metrología assumes no responsibility for damage ensuing this instrument.

Final del Certificado

La medida su mejor aliado

Carrera 68C No. 68A-20 Bogotá - Colombia.
PBX: 5405431 Web www.conamet.com.co, email: metrologia@conamet.com
Pagina 3 de 3



COMPAÑÍA NACIONAL DE
METROLOGÍA
LABORATORIO DE TEMPERATURA
Certificado No. CLT 267514



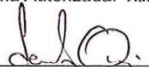
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CALIBRATION CERTIFICATE

FET 04 Revisión 05 2014-02-10.

SOLICITANTE <i>Customer</i>	:	HALLIBURTON LATIN AMERICA S.A.
DIRECCIÓN <i>Address</i>	:	km 5,5 VIA SIBERIA - FUNZA PARQUE INDUSTRIAL SAN DIEGO BODEGAS
CIUDAD <i>City</i>	:	FUNZA - CUNDINAMARCA
INSTRUMENTO <i>Instrument</i>	:	TERMOHIGROMETRO (TERMOMETRO AMBIENTAL)
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	:	EXTECH
IDENTIFICACION <i>Identification</i>	:	10054889
MODELO <i>Model</i>	:	42280
DIVISION DE ESCALA <i>Scale Division</i>	:	0,1 °C
FECHA DE RECEPCIÓN <i>Date of Arrive</i>	:	2014 / 10 / 21
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of Report</i>	:	2014 / 10 / 23
FECHA DE EMISIÓN <i>Date of issuance</i>	:	2014 / 10 / 23

Firma Autorizada: *Autorized Firm*


Físico JEYSON ÁNGEL OCAMPO
Magister en Ciencias
Director Técnico
Revisado y Aprobado



Sello

Certificado emitido bajo la norma ISO/IEC 17025:2005
Sistema de Calidad Certificado ISO 9001:2008

La medida su mejor aliado

Carrera 68C No. 68A-20, Bogotá, Colombia.
PBX 5405431, Web www.conamet.com.co, email: metrologia@conamet.com
Pagina 1 de 3



**COMPAÑÍA NACIONAL DE
METROLOGÍA**
LABORATORIO DE TEMPERATURA
Certificado No. CLT 267514



1. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Method

El método de calibración empleado es por comparación de las mediciones del instrumento a calibrar con el patrón, de acuerdo al documento normativo " Procedimiento Específico PEC 16 para Calibración de Termohigrómetros INTI:2011"

La calibración se realizó en las instalaciones de Compañía Nacional de Metrología

2. CONDICIONES AMBIENTALES

Ambient Conditions

Las condiciones ambientales durante la calibración del instrumento fueron:

Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)
21,5 ± 2	39,0 ± 2

3. TRAZABILIDAD

Traceability

Patrón utilizado: Termómetro digital con PT 100 Certificado 212614 de 2014-09 de Conamet I
Trazabilidad: Termómetro digital con PT 100 Certificado 0044 de 2013-06 de INM I Trazabilidad :
Indicador digital Certificado No.020302 de FLUKE I Trazabilidad : SPRT PT25 Certificado No. 020201
de CENAM I Trazabilidad : PRT PT25 Certificado No. 020207 de FLUKE.

Conamet, mantiene los patrones de referencia en condiciones físicas adecuadas para su conservación, los cuales han sido certificados asegurando la trazabilidad en las calibraciones realizadas con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

4. INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

Measurement Uncertainty

La incertidumbre de la medición fue estimada conforme a OIML G1 - 100 "GUIDE TO THE EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT" Edición 2008 y se declara la incertidumbre expandida con un factor de cobertura de k=2, para un intervalo de confianza de aproximadamente 95,45%.

5. RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Measurement Results

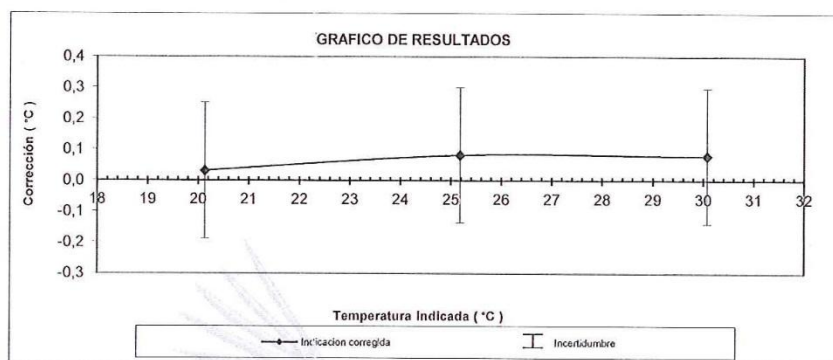
Temperatura Estandar (°C)	Temperatura Termómetro de prueba (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
20,131	20,1	0,031	0,22
25,181	25,1	0,081	0,22
30,079	30,0	0,079	0,22

La medida su mejor aliado

Carrera 68C No. 68A-20 , Bogotá, Colombia.
PBX 5405431, Web www.conamet.com.co, email: metrologia@conamet.com
Pagina 2 de 3



**COMPAÑÍA NACIONAL DE
METROLOGÍA**
LABORATORIO DE TEMPERATURA
Certificado No. CLT 267514



6. DECLARACIONES

Comments

Este certificado de calibración no puede ser reproducido en su totalidad, excepto con autorización del laboratorio que lo emite. Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with the authorization of the issuing laboratory. Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

This calibration certificate documents the traceability to national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

El usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.

The user is responsible of, the calibration of his instruments to appropriate intervals.

Los resultados del presente certificado se refieren al dispositivo relacionado, en el momento y a las condiciones en que se realizaron las mediciones. Compañía Nacional de Metrología no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento.

The results of this report refer to related dispositive in the moment and conditions in which the measurements were made. Compañía Nacional de Metrología assumes no responsibility for damage ensuing this instrument.

Final del Certificado

La medida su mejor aliado

Carrera 68C No. 68A-20, Bogotá, Colombia.

PBX 5405431, Web www.conamet.com.co, email: metrologia@conamet.com

Página 3 de 3

Anexo 15: Certificado de calibración del Horno Jung



RUA SOROCABA, 254 - FLORESTA - CEP 89212-210 - JOINVILLE - SANTA CATARINA
FONE/FAX: (47) 3426-1712 - IE: 252.188.845 - CNPJ: 81.622.631/0001-44
www.kellab.com.br / kel.jlle@kellab.com.br

RBC - REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO - LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO:
DIMENSIONAL, ELETRICIDADE, PRESSÃO, TEMPERATURA E UMIDADE, TEMPO E FREQUÊNCIA
ACREDITADO PELA CGCRE/INMETRO DE ACORDO COM A ABNT NBR ISO/IEC 17025, SOB O N° CAL 065



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N° J024514/2014

Emissão
29/05/2014

1. Dados do Instrumento e Solicitante:

Denominação: TERMÔMETRO DIGITAL COM SENSOR TERMORRESISTIVO TIPO PT-100
Contratante: FORNOS JUNG LTDA
Rua: Bahia, 3465 - Blumenau - SC
Solicitante: FORNOS JUNG LTDA
Rua: Bahia, 3465 - Blumenau - SC
Fabricante: NOVUS
Código: F07977
Código do Sensor: 0140500224
Modelo: N1200
Valor de uma divisão: 1 °C
Ficha de Acompanhamento: 86473
Data de Recebimento: 23/05/2014

Número de Série: 14028560
Profundidade de imersão: 160 mm
Diâmetro do sensor: 8 mm
Comprimento do sensor: 200 mm
Data da calibração: 29/05/2014

2. Procedimento

A calibração foi realizada conforme procedimento PSQ-TEM.10, revisão 001, em três ciclos de medição, por meio de comparação com padrões de trabalho, em um meio termostático com homogeneidade conhecida.; Padrões utilizados: Multímetro modelo 34401A certificado E0214/2014 RBC/LABELO-PUCRS, válido até 03/2015; Termorresistência modelo Pt-100 certificado CR-00248/14 RBC/CONSISTEC, válido até 01/2015;

"Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI)"

3. Tabela de Resultados

Unidade : °C

0 a 250 °C

Média Obtida (Instrumento)	Média Obtida (Padrão Utilizado)	Erro de Medição	Incerteza de Medição	k	voff
100	100,0	0,0	0,6	2,00	∞
150	150,0	0,0	0,6	2,00	∞
250	250,2	-0,2	0,6	2,00	∞

4. Condições Ambientais e Local

Local da Calibração: K&L Laboratórios de Metrologia
Temperatura: 23 °C ± 5 °C
Umidade Relativa do Ar: 50 %ur ± 20 %ur

JEAN FELIPE SANT ANNA
SIGNATÁRIO AUTORIZADO

Este certificado é válido exclusivamente para o objeto calibrado descrito nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer tolos, mesmo que similares. Não é permitida a reprodução deste certificado, somente original. Certificado conferido e assinado eletronicamente. Pág. 1/2



LABORATÓRIOS DE METROLOGIA

RUA SOROCABA, 254 - FLORESTA - CEP 89212-210 - JOINVILLE - SANTA CATARINA
FONE/FAX : (47) 3426-1712 - IE: 252.188.845 - CNPJ: 81.622.631/0001-44
www.kellab.com.br / kel.jlle@kellab.com.br

RBC - REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO - LABORATÓRIOS DE CALIBRAÇÃO:
DIMENSIONAL, ELETRICIDADE, PRESSÃO, TEMPERATURA E UMIDADE, TEMPO E FREQUÊNCIA
ACREDITADO PELA CGCRE/INMETRO DE ACORDO COM A ABNT NBR ISO/IEC 17025, SOB O N° CAL 065



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N° J024514/2014

Emissão
29/05/2014

5. Notas

5.1 - A incerteza expandida de medição relatada é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com graus de liberdade efetivos $veff$ corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02. Os valores de k e $veff$ estão apresentados na tabela de resultados.

5.2 - Os valores de temperatura apresentados estão baseados na escala internacional de temperatura de 1990 (ITS-90).

5.3 - Erro de Medição : Diferença entre a média obtida pelo instrumento e a média obtida pelo padrão utilizado.

Este certificado é válido exclusivamente para o objeto calibrado descrito nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares. Não é permitida a reprodução deste certificado, somente original. Certificado conferido e assinado eletronicamente. Pág. 2/2

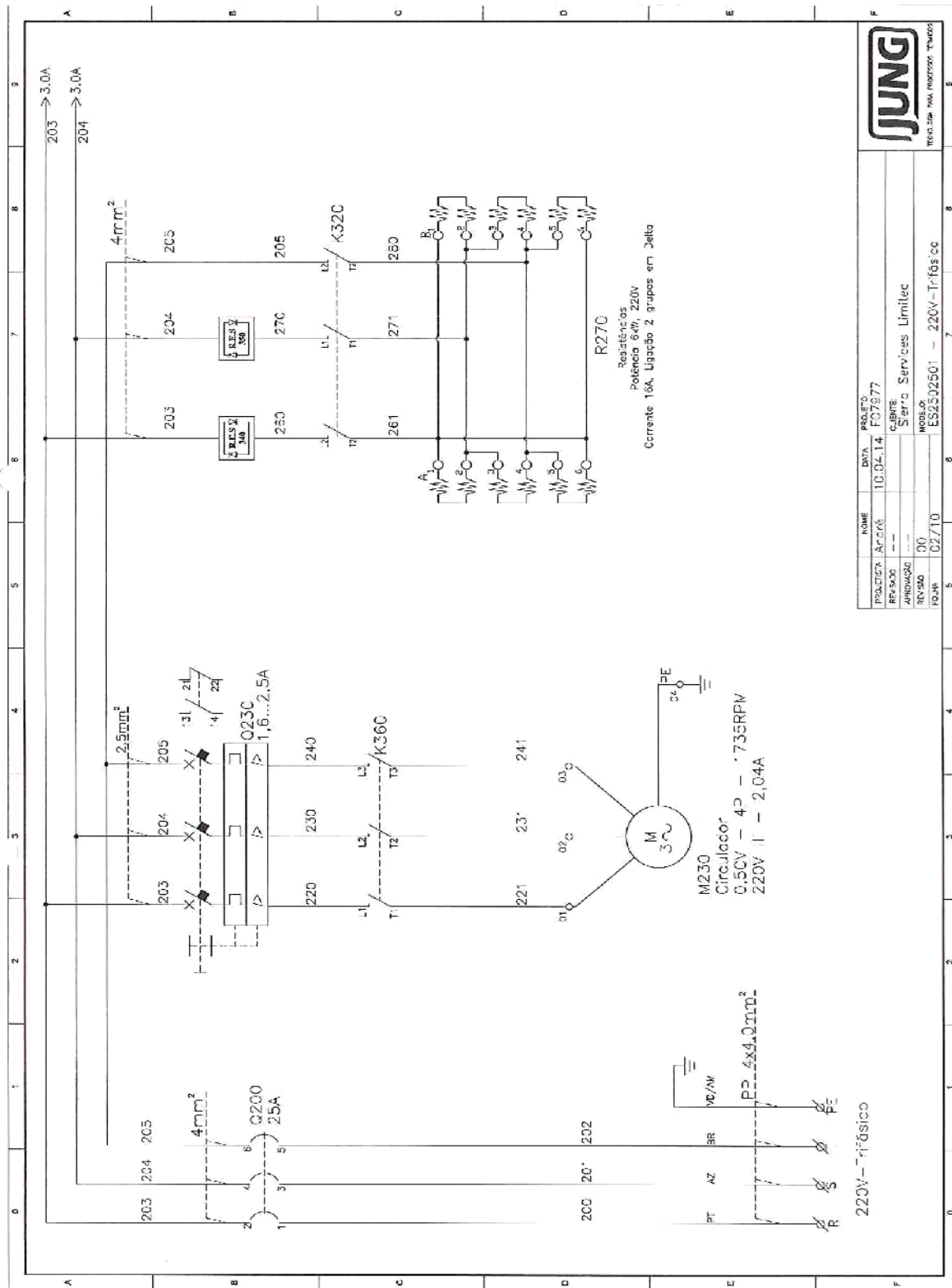
Anexo 16: Diagrama eléctrico del Horno

 TECNOLOGIA PARA PROCESSOS TÉRMICOS		Fornos Jung Ltda. Rua Bahia, 3465 - Santa CEP 89031-002 - Blumenau - SC (47) 3327 0300 - 3321 0123(fax) jung@jung.com.br - www.jung.com.br	
Cliente : Sierra Services Limited Projeto : ES2502501 Numero de Série : F07977 - 025941/01		Tensão de Força : 220V/60Hz - Trifásico Tensão de Comando : 220V/60Hz Potência : 6,0 kW Condutores de entrada : 3F-Px4,0mm² Painel elétrico : Lateral Grande Peso : 370 Kg	
Equipamento : Projeto Mecânico : Evandro de Amorim Projeto Elétrico : André Thiersch Revisão do projeto : André Thiersch Projeto : ES2502501		Estudo : Evandro de Amorim André Thiersch André Thiersch ES2502501	
Início do projeto : 10.04.14 Fim do projeto : 07.05.14		Numero de paginas : 10	

PROJETA	MON	DATA	PROJETO
André	---	10.04.14	F07977
REVISAO	---		CLIENTE
André	---		Sierra Services Limited
REVISAO	00		MODELO
André	01/10		ES2502501 - 220V-Trifásico



TECNOLOGIA PARA PROCESSOS TÉRMICOS



REQUISITOS TÉCNICOS

5.1 GENERALIDADES

5.1.1 Muchos factores determinan la exactitud y la confiabilidad de los ensayos y/o de las calibraciones realizadas por un laboratorio. Estos factores incluyen elementos provenientes:

- de los factores humanos (5.2);
- de las instalaciones y condiciones ambientales (5.3);
- de los métodos de ensayo y de calibración, y de la validación de los métodos (5.4);
- de los equipos (5.5);
- de la trazabilidad de las mediciones (5.6);
- del muestreo (5.7);
- de la manipulación de los ítems de ensayo y de calibración (5.8).

5.1.2 El grado con el que los factores contribuyen a la incertidumbre total de la medición difiere considerablemente según los ensayos (y tipos de ensayos) y calibraciones (y tipos de calibraciones). El laboratorio debe tener en cuenta estos factores al desarrollar los métodos y procedimientos de ensayo y de calibración, en la formación y la calificación del personal, así como en la selección y la calibración de los equipos utilizados.

5.2 PERSONAL

5.2.1 La dirección del laboratorio debe asegurar la competencia de todos los que operan equipos específicos, realizan ensayos y/o calibraciones, evalúan los resultados y firman los informes de ensayos y los certificados de calibración. Cuando emplea personal en formación, debe proveer una supervisión apropiada. El personal que realiza tareas específicas debe estar calificado sobre la base de una educación, una formación, una experiencia apropiadas y/o de habilidades demostradas, según sea requerido.

NOTA 1 En algunas áreas técnicas (por ejemplo, los ensayos no destructivos), puede requerirse que el personal que realiza ciertas tareas posea una certificación de personal. El

laboratorio es responsable del cumplimiento de los requisitos especificados para la certificación de personal. Los requisitos para la certificación del personal pueden ser reglamentarios, estar incluidos en las normas para el campo técnico específico, o ser requeridos por el cliente.

NOTA 2 Es conveniente que, además de las apropiadas calificaciones, la formación, la experiencia y un conocimiento suficiente del ensayo que lleva a cabo, el personal responsable de las opiniones e interpretaciones incluidas en los informes de ensayo, tenga:

- un conocimiento de la tecnología utilizada para la fabricación de los objetos, materiales, productos, etc. ensayados, o su modo de uso o de uso previsto, así como de los defectos o degradaciones que puedan ocurrir durante el servicio;
- un conocimiento de los requisitos generales expresados en la legislación y las normas; y
- una comprensión de la importancia de las desviaciones halladas con respecto al uso normal de los objetos, materiales, productos, etc. considerados.

5.2.2 La dirección del laboratorio debe formular las metas con respecto a la educación, la formación y las habilidades del personal del laboratorio. El laboratorio debe tener una política y procedimientos para identificar las necesidades de formación del personal y para proporcionarla. El programa de formación debe ser pertinente a las tareas presentes y futuras del laboratorio. Se debe evaluar la eficacia de las acciones de formación implementadas.

5.2.3 El laboratorio debe disponer de personal que esté empleado por el laboratorio o que esté bajo contrato con él. Cuando utilice personal técnico y de apoyo clave, ya sea bajo contrato o a título suplementario, el laboratorio debe asegurarse de que dicho personal sea supervisado, que sea competente, y que trabaje de acuerdo con el sistema de gestión del laboratorio.

5.2.4 El laboratorio debe mantener actualizados los perfiles de los puestos de trabajo del personal directivo, técnico y de apoyo clave involucrado en los ensayos y/o las calibraciones.

NOTA Los perfiles de los puestos de trabajo pueden ser definidos de muchas maneras. Como mínimo, es conveniente que se defina lo siguiente:

- las responsabilidades con respecto a la realización de los ensayos y/o de las calibraciones;
- las responsabilidades con respecto a la planificación de los ensayos y/o de las calibraciones y a la evaluación de los resultados;

- las responsabilidades para comunicar opiniones e interpretaciones;
- las responsabilidades con respecto a la modificación de métodos y al desarrollo y validación de nuevos métodos;
- la especialización y la experiencia requeridas;
- las calificaciones y los programas de formación;
- las obligaciones de la dirección.

5.2.5 La dirección debe autorizar a miembros específicos del personal para realizar tipos particulares de muestreos, ensayos y/o calibraciones, para emitir informes de ensayos y certificados de calibración, para emitir opiniones e interpretaciones y para operar tipos particulares de equipos. El laboratorio debe mantener registros de las autorizaciones pertinentes, de la competencia, del nivel de estudios y de las calificaciones profesionales, de la formación, de las habilidades y de la experiencia de todo el personal técnico, incluido el personal contratado.

Esta información debe estar fácilmente disponible y debe incluir la fecha en la que se confirma la autorización y/o la competencia.

5.3 INSTALACIONES Y CONDICIONES AMBIENTALES

5.3.1 Las instalaciones de ensayos y/o de calibraciones del laboratorio, incluidas, pero no en forma excluyente, las fuentes de energía, la iluminación y las condiciones ambientales, deben facilitar la realización correcta de los ensayos y/o de las calibraciones.

El laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones. Se deben tomar precauciones especiales cuando el muestreo y los ensayos y/o las calibraciones se realicen en sitios distintos de la instalación permanente del laboratorio. Los requisitos técnicos para las instalaciones y las condiciones ambientales que puedan afectar a los resultados de los ensayos y de las calibraciones deben estar documentados.

5.3.2 El laboratorio debe realizar el seguimiento, controlar y registrar las condiciones ambientales según lo requieran las especificaciones, métodos y procedimientos correspondientes, o cuando éstas puedan influir en la calidad de los resultados. Se debe prestar especial atención, por ejemplo, a la esterilidad biológica, el polvo, la interferencia electromagnética, la radiación, la humedad, el suministro eléctrico, la temperatura, y a los niveles de ruido y vibración, en función de las actividades técnicas en cuestión. Cuando las condiciones ambientales comprometan los resultados de los ensayos y/o de las calibraciones, éstos se deben interrumpir.

5.3.3 Debe haber una separación eficaz entre áreas vecinas en las que se realicen actividades incompatibles. Se deben tomar medidas para prevenir la contaminación cruzada.

5.3.4 Se deben controlar el acceso y el uso de las áreas que afectan a la calidad de los ensayos y/o de las calibraciones. El laboratorio debe determinar la extensión del control en función de sus circunstancias particulares.

5.3.5 Se deben tomar medidas para asegurar el orden y la limpieza del laboratorio. Cuando sean necesarios se deben preparar procedimientos especiales.

5.4 MÉTODOS DE ENSAYO Y DE CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS

5.4.1 Generalidades

El laboratorio debe aplicar métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos y/o las calibraciones dentro de su alcance. Estos incluyen el muestreo, la manipulación, el transporte, el almacenamiento y la preparación de los ítems a ensayar y/o a calibrar y, cuando corresponda, la estimación de la incertidumbre de la medición así como técnicas estadísticas para el análisis de los datos de los ensayos y/o de las calibraciones.

El laboratorio debe tener instrucciones para el uso y el funcionamiento de todo el equipamiento pertinente, y para la manipulación y la preparación de los ítems a ensayar o a calibrar, o ambos, cuando la ausencia de tales instrucciones pudiera comprometer los resultados de los ensayos y/o de las calibraciones. Todas las instrucciones, normas, manuales y datos de referencia correspondientes al trabajo del laboratorio se deben mantener actualizados y deben estar fácilmente disponibles para el personal (véase el numeral 4.3). Las desviaciones respecto de los métodos de ensayo y de calibración deben ocurrir solamente si la desviación ha sido documentada, justificada técnicamente, autorizada y aceptada por el cliente.

NOTA No es necesario anexar o volver a escribir bajo la forma de procedimientos internos las normas internacionales, regionales o nacionales, u otras especificaciones reconocidas que contienen información suficiente y concisa para realizar los ensayos y/o las calibraciones, si dichas normas están redactadas de forma tal que puedan ser utilizadas, como fueron publicadas, por el personal operativo de un laboratorio. Puede ser necesario proveer documentación adicional para los pasos opcionales del método o para los detalles complementarios.

5.4.2 Selección de los métodos

El laboratorio debe utilizar los métodos de ensayo y/o de calibración, incluidos los de muestreo, que satisfagan las necesidades del cliente y que sean apropiados para los ensayos y/o las calibraciones que realiza. Se deben utilizar preferentemente los métodos publicados como normas internacionales, regionales o nacionales. El laboratorio debe

asegurarse de que utiliza la última versión vigente de la norma, a menos que no sea apropiado o posible. Cuando sea necesario, la norma debe ser complementada con detalles adicionales para asegurar una aplicación coherente.

Cuando el cliente no especifique el método a utilizar, el laboratorio debe seleccionar los métodos apropiados que hayan sido publicados en normas internacionales, regionales o nacionales, por organizaciones técnicas reconocidas, o en libros o revistas científicas especializados, o especificados por el fabricante del equipo. También se pueden utilizar los métodos desarrollados por el laboratorio o los métodos adoptados por el laboratorio si son apropiados para el uso previsto y si han sido validados. El cliente debe ser informado del método elegido. El laboratorio debe confirmar que puede aplicar correctamente los métodos normalizados antes de utilizarlos para los ensayos o las calibraciones. Si el método normalizado cambia, se debe repetir la confirmación.

Si el método propuesto por el cliente se considera inapropiado o desactualizado, el laboratorio debe informárselo.

5.4.3 Métodos desarrollados por el laboratorio

La introducción de los métodos de ensayo y de calibración desarrollados por el laboratorio para su propio uso debe ser una actividad planificada y debe ser asignada a personal calificado, provisto de los recursos adecuados.

Los planes deben ser actualizados a medida que avanza el desarrollo y se debe asegurar una comunicación eficaz entre todo el personal involucrado.

5.4.4 Métodos no normalizados

Cuando sea necesario utilizar métodos no normalizados, éstos deben ser acordados con el cliente y deben incluir una especificación clara de los requisitos del cliente y del objetivo del ensayo y/o de la calibración. El método desarrollado debe haber sido validado adecuadamente antes del uso.

NOTA Para los métodos de ensayo y/o de calibración nuevos es conveniente elaborar procedimientos antes de la realización de los ensayos y/o las calibraciones, los cuales deberían contener, como mínimo, la información siguiente:

- a) una identificación apropiada;
- b) el alcance;
- c) la descripción del tipo de ítem a ensayar o a calibrar;

- d) los parámetros o las magnitudes y los rangos a ser determinados;
- e) los aparatos y equipos, incluidos los requisitos técnicos de funcionamiento;
- f) los patrones de referencia y los materiales de referencia requeridos;
- g) las condiciones ambientales requeridas y cualquier período de estabilización que sea necesario.
- h) la descripción del procedimiento, incluida la siguiente información:
 - la colocación de las marcas de identificación, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de los ítems;
 - las verificaciones a realizar antes de comenzar el trabajo;
 - la verificación del correcto funcionamiento de los equipos y, cuando corresponda, su calibración y ajuste antes de cada uso;
 - el método de registro de las observaciones y de los resultados;
 - las medidas de seguridad a observar.
- i) los criterios y/o requisitos para la aprobación o el rechazo;
- j) los datos a ser registrados y el método de análisis y de presentación;
- k) la incertidumbre o el procedimiento para estimar la incertidumbre.

5.4.5 Validación de los métodos

5.4.5.1 La validación es la confirmación, a través del examen y el aporte de evidencias objetivas, de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto.

5.4.5.2 El laboratorio debe validar los métodos no normalizados, los métodos que diseña o desarrolla, los métodos normalizados empleados fuera del alcance previsto, así como las ampliaciones y modificaciones de los métodos normalizados, para confirmar que los métodos son aptos para el fin previsto. La validación debe ser tan amplia como sea necesario para satisfacer las necesidades del tipo de aplicación o del campo de aplicación dados. El laboratorio debe registrar los resultados obtenidos, el procedimiento utilizado para la validación y una declaración sobre la aptitud del método para el uso previsto.

NOTA 1 La validación puede incluir los procedimientos para el muestreo, la manipulación y el transporte.

NOTA 2 Es conveniente utilizar una o varias de las técnicas siguientes para la determinación del desempeño de un método:

- calibración utilizando patrones de referencia o materiales de referencia;
- comparación con resultados obtenidos con otros métodos;
- comparaciones interlaboratorios;
- evaluación sistemática de los factores que influyen en el resultado;
- evaluación de la incertidumbre de los resultados basada en el conocimiento científico de los principios teóricos del método y en la experiencia práctica.

NOTA 3 Cuando se introduzca algún cambio en los métodos no normalizados validados, es conveniente que se documente la influencia de dichos cambios y, si correspondiera, se realice una nueva validación.

5.4.5.3 La gama y la exactitud de los valores que se obtienen empleando métodos validados (por ejemplo, la incertidumbre de los resultados, el límite de detección, la selectividad del método, la linealidad, el límite de repetibilidad y/o de reproducibilidad, la robustez ante influencias externas o la sensibilidad cruzada frente a las interferencias provenientes de la matriz de la muestra y/o del objeto de ensayo) tal como fueron fijadas para el uso previsto, deben responder a las necesidades de los clientes.

NOTA 1 La validación incluye la especificación de los requisitos, la determinación de las características de los métodos, una verificación de que los requisitos pueden satisfacerse utilizando el método, y una declaración sobre la validez.

NOTA 2 A medida que se desarrolla el método, es conveniente realizar revisiones periódicas para verificar que se siguen satisfaciendo las necesidades del cliente. Es conveniente que todo cambio en los requisitos que requiera modificaciones en el plan de desarrollo sea aprobado y autorizado.

NOTA 3 La validación es siempre un equilibrio entre los costos, los riesgos y las posibilidades técnicas. Existen muchos casos en los que la gama y la incertidumbre de los valores (por ejemplo, la exactitud, el límite de detección, la selectividad, la linealidad, la repetibilidad, la reproducibilidad, la robustez y la sensibilidad cruzada) sólo pueden ser dadas en una forma simplificada debido a la falta de información.

5.4.6 Estimación de la incertidumbre de la medición

5.4.6.1 Un laboratorio de calibración, o un laboratorio de ensayo que realiza sus propias calibraciones, debe tener y debe aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de la medición para todas las calibraciones y todos los tipos de calibraciones.

5.4.6.2 Los laboratorios de ensayo deben tener y deben aplicar procedimientos para estimar la incertidumbre de la medición. En algunos casos la naturaleza del método de ensayo puede excluir un cálculo riguroso, metrológicamente y estadísticamente válido, de la incertidumbre de medición. En estos casos el laboratorio debe, por lo menos, tratar de identificar todos los componentes de la incertidumbre y hacer una estimación razonable, y debe asegurarse de que la forma de informar el resultado no dé una impresión equivocada de la incertidumbre. Una estimación razonable se debe basar en un conocimiento del desempeño del método y en el alcance de la medición y debe hacer uso, por ejemplo, de la experiencia adquirida y de los datos de validación anteriores.

NOTA 1 El grado de rigor requerido en una estimación de la incertidumbre de la medición depende de factores tales como:

- los requisitos del método de ensayo;
- los requisitos del cliente;
- la existencia de límites estrechos en los que se basan las decisiones sobre la conformidad con una especificación.

NOTA 2 En aquellos casos en los que un método de ensayo reconocido especifique límites para los valores de las principales fuentes de incertidumbre de la medición y establezca la forma de presentación de los resultados calculados, se considera que el laboratorio ha satisfecho este requisito si sigue el método de ensayo y las instrucciones para informar de los resultados (véase el numeral 5.10).

5.4.6.3 Cuando se estima la incertidumbre de la medición, se deben tener en cuenta todos los componentes de la incertidumbre que sean de importancia en la situación dada, utilizando métodos apropiados de análisis.

NOTA 1 Las fuentes que contribuyen a la incertidumbre incluyen, pero no se limitan necesariamente, a los patrones de referencia y los materiales de referencia utilizados, los métodos y equipos utilizados, las condiciones ambientales, las propiedades y la condición del ítem sometido al ensayo o la calibración, y el operador.

NOTA 2 Cuando se estima la incertidumbre de medición, normalmente no se tiene en cuenta el comportamiento previsto a largo plazo del ítem ensayado y/o calibrado.

NOTA 3 Para mayor información consúltese la Norma ISO 5725 y la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la

Medición (véase la bibliografía).

5.4.7 Control de los datos

5.4.7.1 Los cálculos y la transferencia de los datos deben estar sujetos a verificaciones adecuadas llevadas a cabo de una manera sistemática.

5.4.7.2 Cuando se utilicen computadoras o equipos automatizados para captar, procesar, registrar, informar, almacenar o recuperar los datos de los ensayos o de las calibraciones, el laboratorio debe asegurarse de que:

- a) el software desarrollado por el usuario esté documentado con el detalle suficiente y haya sido convenientemente validado, de modo que se pueda asegurar que es adecuado para el uso;
- b) se establecen e implementan procedimientos para proteger los datos; tales procedimientos deben incluir, pero no limitarse a, la integridad y la confidencialidad de la entrada o recopilación de los datos, su almacenamiento, transmisión y procesamiento;
- c) se hace el mantenimiento de las computadoras y equipos automatizados con el fin de asegurar que funcionan adecuadamente y que se encuentran en las condiciones ambientales y de operación necesarias para preservar la integridad de los datos de ensayo o de calibración.

NOTA El software comercial (por ejemplo, un procesador de texto, una base de datos y los programas estadísticos) de uso generalizado en el campo de aplicación para el cual fue diseñado, se puede considerar suficientemente validado. Sin embargo, es conveniente que la configuración y las modificaciones del software del laboratorio se validen como se indica en 5.4.7.2a).

5.5 EQUIPOS

5.5.1 El laboratorio debe estar provisto con todos los equipos para el muestreo, la medición y el ensayo, requeridos para la correcta ejecución de los ensayos y/o de las calibraciones (incluido el muestreo, la preparación de los ítems de ensayo y/o de calibración y el procesamiento y análisis de los datos de ensayo y/o de calibración). En aquellos casos en los que el laboratorio necesite utilizar equipos que estén fuera de su control permanente, debe asegurarse de que se cumplan los requisitos de esta Norma Internacional.

5.5.2 Los equipos y su software utilizado para los ensayos, las calibraciones y el muestreo deben permitir lograr la exactitud requerida y deben cumplir con las especificaciones pertinentes para los ensayos y/o las calibraciones concernientes. Se deben establecer programas de calibración para las magnitudes o los valores esenciales de los instrumentos cuando dichas propiedades afecten significativamente a los resultados. Antes de poner en servicio un equipo (incluido el utilizado para el muestreo) se lo debe calibrar o verificar con el fin de asegurar que responde a las exigencias especificadas del laboratorio y cumple las

especificaciones normalizadas pertinentes. El equipo debe ser verificado y/o calibrado antes de su uso (véase el numeral 5.6).

5.5.3 Los equipos deben ser operados por personal autorizado. Las instrucciones actualizadas sobre el uso y el mantenimiento de los equipos (incluido cualquier manual pertinente suministrado por el fabricante del equipo) deben estar disponibles para ser utilizadas por el personal del laboratorio.

5.5.4 Cada equipo y su software utilizado para los ensayos y las calibraciones, que sea importante para el resultado, debe, en la medida de lo posible, estar unívocamente identificado.

5.5.5 Se deben establecer registros de cada componente del equipamiento y su software que sea importante para la realización de los ensayos o las calibraciones. Los registros deben incluir por lo menos lo siguiente:

- a) la identificación del equipo y su software;
- b) el nombre del fabricante, la identificación del modelo, el número de serie u otra identificación única;
- c) las verificaciones de la conformidad del equipo con la especificación (véase el numeral 5.5.2);
- d) la ubicación actual, cuando corresponda;
- e) las instrucciones del fabricante, si están disponibles, o la referencia a su ubicación;
- f) las fechas, los resultados y las copias de los informes y de los certificados de todas las calibraciones, los ajustes, los criterios de aceptación, y la fecha prevista de la próxima calibración;
- g) el plan de mantenimiento, cuando corresponda, y el mantenimiento llevado a cabo hasta la fecha;
- h) todo daño, mal funcionamiento, modificación o reparación del equipo.

5.5.6 El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento, el uso y el mantenimiento planificado de los equipos de medición con el fin de asegurar el funcionamiento correcto y de prevenir la contaminación o el deterioro.

NOTA Pueden ser necesarios procedimientos adicionales cuando los equipos de medición se utilicen fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio para los ensayos, las calibraciones o el muestreo.

5.5.7 Los equipos que hayan sido sometidos a una sobrecarga o a un uso inadecuado, que den resultados dudosos, o se haya demostrado que son defectuosos o que están fuera de los límites especificados, deben ser puestos fuera de servicio. Se deben aislar para evitar su uso o se deben rotular o marcar claramente como que están fuera de servicio hasta que hayan sido reparados y se haya demostrado por calibración o ensayo que funcionan correctamente.

El laboratorio debe examinar el efecto del defecto o desvío de los límites especificados en los ensayos y/o las calibraciones anteriores y debe aplicar el procedimiento de "control del trabajo no conforme" (véase el numeral 4.9).

5.5.8 Cuando sea posible, todos los equipos bajo el control del laboratorio que requieran una calibración, deben ser rotulados, codificados o identificados de alguna manera para indicar el estado de calibración, incluida la fecha en la que fueron calibrados por última vez y su fecha de vencimiento o el criterio para la próxima calibración.

5.5.9 Cuando, por cualquier razón, el equipo quede fuera del control directo del laboratorio, éste debe asegurarse de que se verifiquen el funcionamiento y el estado de calibración del equipo y de que son satisfactorios, antes de que el equipo sea reintegrado al servicio.

5.5.10 Cuando se necesiten verificaciones intermedias para mantener la confianza en el estado de calibración de los equipos, éstas se deben efectuar según un procedimiento definido.

5.5.11 Cuando las calibraciones den lugar a un conjunto de factores de corrección, el laboratorio debe tener procedimientos para asegurarse de que las copias (por ejemplo, en el software), se actualizan correctamente.

5.5.12 Se deben proteger los equipos de ensayo y de calibración, tanto el hardware como el software, contra ajustes que pudieran invalidar los resultados de los ensayos y/o de las calibraciones.

5.6 TRAZABILIDAD DE LAS MEDICIONES

5.6.1 Generalidades

Todos los equipos utilizados para los ensayos y/o las calibraciones, incluidos los equipos para mediciones auxiliares (por ejemplo, de las condiciones ambientales) que tengan un efecto significativo en la exactitud o en la validez del resultado del ensayo, de la calibración o del muestreo, deben ser calibrados antes de ser puestos en servicio. El laboratorio debe establecer un programa y un procedimiento para la calibración de sus equipos.

NOTA Es conveniente que dicho programa incluya un sistema para seleccionar, utilizar, calibrar, verificar, controlar y mantener los patrones de medición, los materiales de referencia utilizados como patrones de medición, y los equipos de ensayo y de medición utilizados para realizar los ensayos y las calibraciones.

5.6.2 Requisitos específicos

5.6.2.1 Calibración

5.6.2.1.1 Para los laboratorios de calibración, el programa de calibración de los equipos debe ser diseñado y operado de modo que se asegure que las calibraciones y las mediciones hechas por el laboratorio sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Un laboratorio de calibración establece la trazabilidad de sus propios patrones de medición e instrumentos de medición al sistema SI por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o de comparaciones que los vinculen a los pertinentes patrones primarios de las unidades de medida SI. La vinculación a las unidades SI se puede lograr por referencia a los patrones de medición nacionales. Los patrones de medición nacionales pueden ser patrones primarios, que son realizaciones primarias de las unidades SI o representaciones acordadas de las unidades SI, basadas en constantes físicas fundamentales, o pueden ser patrones secundarios, que son patrones calibrados por otro instituto nacional de metrología. Cuando se utilicen servicios de calibración externos, se debe asegurar la trazabilidad de la medición mediante el uso de servicios de calibración provistos por laboratorios que puedan demostrar su competencia y su capacidad de medición y trazabilidad. Los certificados de calibración emitidos por estos laboratorios deben contener los resultados de la medición, incluida la incertidumbre de la medición y/o una declaración sobre la conformidad con una especificación metrológica identificada (véase también el numeral 5.10.4.2).

NOTA 1 Los laboratorios de calibración que cumplen esta Norma Internacional son considerados competentes. Un certificado de calibración que lleve el logotipo de un organismo de acreditación, emitido por un laboratorio de calibración acreditado según esta Norma Internacional para la calibración concerniente, es suficiente evidencia de la trazabilidad de los datos de calibración contenidos en el informe.

NOTA 2 La trazabilidad a las unidades de medida SI se puede lograr mediante referencia a un patrón primario apropiado (véase VIM:1993, 6.4) o mediante referencia a una constante natural, cuyo valor en términos de la unidad SI pertinente es conocido y recomendado por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) y el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM).

NOTA 3 Los laboratorios de calibración que mantienen su propio patrón primario o la propia representación de las unidades SI basada en constantes físicas fundamentales, pueden declarar trazabilidad al sistema SI sólo después de que estos patrones hayan sido comparados, directa o indirectamente, con otros patrones similares de un instituto nacional de metrología.

NOTA 4 La expresión “especificación metrológica identificada” significa que la especificación con la que se compararon las mediciones debe surgir claramente del certificado de calibración, el cual incluirá dicha especificación o hará referencia a ella de manera no ambigua.

NOTA 5 Cuando los términos “patrón internacional” o “patrón nacional” son utilizados en conexión con la trazabilidad, se supone que estos patrones cumplen las propiedades de los patrones primarios para la realización de las unidades SI.

NOTA 6 La trazabilidad a patrones de medición nacionales no necesariamente requiere el uso del instituto nacional de metrología del país en el que el laboratorio está ubicado.

NOTA 7 Si un laboratorio de calibración desea o necesita obtener trazabilidad de un instituto nacional de metrología distinto del de su propio país, es conveniente que este laboratorio seleccione un instituto nacional de metrología que participe activamente en las actividades de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, ya sea directamente o a través de grupos regionales.

NOTA 8 La cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones se puede lograr en varios pasos llevados a cabo por diferentes laboratorios que pueden demostrar la trazabilidad.

5.6.2.1.2 Existen ciertas calibraciones que actualmente no se pueden hacer estrictamente en unidades SI. En estos casos la calibración debe proporcionar confianza en las mediciones al establecer la trazabilidad a patrones de medición apropiados, tales como:

- el uso de materiales de referencia certificados provistos por un proveedor competente con el fin de caracterizar física o químicamente un material de manera confiable;
- la utilización de métodos especificados y/o de normas consensuadas, claramente descritos y acordados por todas las partes concernientes. Siempre que sea posible se requiere la participación en un programa adecuado de comparaciones interlaboratorios.

5.6.2.2 Ensayos

5.6.2.2.1 Para los laboratorios de ensayo, los requisitos dados en el numeral 5.6.2.1 se aplican a los equipos de medición y de ensayo con funciones de medición que utiliza, a menos que se haya establecido que la incertidumbre introducida por la calibración contribuye muy poco a la incertidumbre total del resultado de ensayo. Cuando se dé esta situación, el laboratorio debe asegurarse de que el equipo utilizado puede proveer la incertidumbre de medición requerida.

NOTA El grado de cumplimiento de los requisitos indicados en 5.6.2.1 depende de la contribución relativa de la incertidumbre de la calibración a la incertidumbre total. Si la calibración es el factor dominante, es conveniente que se sigan estrictamente los requisitos.

5.6.2.2.2 Cuando la trazabilidad de las mediciones a las unidades SI no sea posible y/o no sea pertinente, se deben exigir los mismos requisitos para la trazabilidad (por ejemplo, por medio de materiales de referencia certificados, métodos acordados y/o normas consensuadas) que para los laboratorios de calibración (véase el numeral 5.6.2.1.2).

5.6.3 Patrones de referencia y materiales de referencia

5.6.3.1 Patrones de referencia

El laboratorio debe tener un programa y un procedimiento para la calibración de sus patrones de referencia. Los patrones de referencia deben ser calibrados por un organismo que pueda proveer la trazabilidad como se indica en el numeral 5.6.2.1. Dichos patrones de referencia para la medición, conservados por el laboratorio, deben ser utilizados sólo para la calibración y para ningún otro propósito, a menos que se pueda demostrar que su desempeño como patrones de referencia no será invalidado. Los patrones de referencia deben ser calibrados antes y después de cualquier ajuste.

5.6.3.2 Materiales de referencia

Cada vez que sea posible se debe establecer la trazabilidad de los materiales de referencia a las unidades de medida SI o a materiales de referencia certificados. Los materiales de referencia internos deben ser verificados en la medida que sea técnica y económicamente posible.

5.6.3.3 Verificaciones intermedias

Se deben llevar a cabo las verificaciones que sean necesarias para mantener la confianza en el estado de calibración de los patrones de referencia, primarios, de transferencia o de trabajo y de los materiales de referencia de acuerdo con procedimientos y una programación definidos.

5.6.3.4 Transporte y almacenamiento

El laboratorio debe tener procedimientos para la manipulación segura, el transporte, el almacenamiento y el uso de los patrones de referencia y materiales de referencia con el fin de prevenir su contaminación o deterioro y preservar su integridad.

NOTA Pueden ser necesarios procedimientos adicionales cuando los patrones de referencia y los materiales de referencia son utilizados fuera de las instalaciones permanentes del laboratorio para los ensayos, las calibraciones o el muestreo.

5.7 MUESTREO

5.7.1 El laboratorio debe tener un plan y procedimientos para el muestreo cuando efectúe el muestreo de sustancias, materiales o productos que luego ensaye o calibre. El plan y el procedimiento para el muestreo deben estar disponibles en el lugar donde se realiza el muestreo. Los planes de muestreo deben, siempre que sea razonable, estar basados en métodos estadísticos apropiados. El proceso de muestreo debe tener en cuenta los factores que deben ser controlados para asegurar la validez de los resultados de ensayo y de calibración.

NOTA 1 El muestreo es un procedimiento definido por el cual se toma una parte de una sustancia, un material o un producto para proveer una muestra representativa del total, para el ensayo o la calibración. El muestreo también puede ser requerido por la especificación pertinente según la cual se ensayará o calibrará la sustancia, el material o el producto. En algunos casos (por ejemplo, en el análisis forense), la muestra puede no ser representativa, sino estar determinada por su disponibilidad.

NOTA 2 Es conveniente que los procedimientos de muestreo describan el plan de muestreo, la forma de seleccionar, extraer y preparar una o más muestras a partir de una sustancia, un material o un producto para obtener la información requerida.

5.7.2 Cuando el cliente requiera desviaciones, adiciones o exclusiones del procedimiento de muestreo documentado, éstas deben ser registradas en detalle junto con los datos del muestreo correspondiente e incluidas en todos los documentos que contengan los resultados de los ensayos y/o de las calibraciones y deben ser comunicadas al personal concerniente.

5.7.3 El laboratorio debe tener procedimientos para registrar los datos y las operaciones relacionados con el muestreo que forma parte de los ensayos o las calibraciones que lleva a cabo. Estos registros deben incluir el procedimiento de muestreo utilizado, la identificación de la persona que lo realiza, las condiciones ambientales (si corresponde) y los diagramas u otros medios equivalentes para identificar el lugar del muestreo según sea necesario y, si fuera apropiado, las técnicas estadísticas en las que se basan los procedimientos de muestreo.

5.8 MANIPULACIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO Y DE CALIBRACIÓN

5.8.1 El laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, la recepción, la manipulación, la protección, el almacenamiento, la conservación y/o la disposición final de los ítems de ensayo y/o de calibración, incluidas todas las disposiciones necesarias para proteger la integridad del ítem de ensayo o de calibración, así como los intereses del laboratorio y del cliente.

5.8.2 El laboratorio debe tener un sistema para la identificación de los ítems de ensayo y/o de calibración. La identificación debe conservarse durante la permanencia del ítem en el laboratorio. El sistema debe ser diseñado y operado de modo tal que asegure que los ítems no puedan ser confundidos físicamente ni cuando se haga referencia a ellos en registros u otros documentos. Cuando corresponda, el sistema debe prever una subdivisión en grupos de ítems y la transferencia de los ítems dentro y desde el laboratorio.

5.8.3 Al recibir el ítem para ensayo o calibración, se deben registrar las anomalías o los desvíos en relación con las condiciones normales o especificadas, según se describen en el correspondiente método de ensayo o de calibración. Cuando exista cualquier duda respecto a la adecuación de un ítem para un ensayo o una calibración, o cuando un ítem no cumpla con la descripción provista, o el ensayo o calibración requerido no esté especificado con suficiente detalle, el laboratorio debe solicitar al cliente instrucciones adicionales antes de proceder y debe registrar lo tratado.

5.8.4 El laboratorio debe tener procedimientos e instalaciones apropiadas para evitar el deterioro, la pérdida o el daño del ítem de ensayo o de calibración durante el almacenamiento, la manipulación y la preparación. Se deben seguir las instrucciones para la manipulación provistas con el ítem. Cuando los ítems deban ser almacenados o acondicionados bajo condiciones ambientales especificadas, debe realizarse el mantenimiento, seguimiento y registro de estas condiciones. Cuando un ítem o una parte de un ítem para ensayo o calibración deban mantenerse seguro, el laboratorio debe tener disposiciones para el almacenamiento y la seguridad que protejan la condición e integridad del ítem o de las partes en cuestión.

NOTA 1 Cuando los ítems de ensayo tengan que ser devueltos al servicio después del ensayo, se debe poner un cuidado especial para asegurarse de que no son dañados ni deteriorados durante los procesos de manipulación, ensayo, almacenamiento o espera.

NOTA 2 Es recomendable proporcionar a todos aquellos responsables de extraer y transportar las muestras, un procedimiento de muestreo, así como información sobre el almacenamiento y el transporte de las muestras, incluida información sobre los factores de muestreo que influyen en el resultado del ensayo o la calibración.

NOTA 3 Los motivos para conservar en forma segura un ítem de ensayo o de calibración pueden ser por razones de registro, protección o valor, o para permitir realizar posteriormente ensayos y/o calibraciones complementarios.

5.9 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS DE ENSAYO Y DE CALIBRACIÓN

5.9.1 El laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los ensayos y las calibraciones llevados a cabo. Los datos resultantes deben ser registrados en forma tal que se puedan detectar las tendencias y, cuando sea posible, se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados. Dicho seguimiento debe ser planificado y revisado y puede incluir, entre otros, los elementos siguientes:

- a) el uso regular de materiales de referencia certificados y/o un control de la calidad interno utilizando materiales de referencia secundarios;
- b) la participación en comparaciones interlaboratorios o programas de ensayos de aptitud;
- c) la repetición de ensayos o calibraciones utilizando el mismo método o métodos diferentes;
- d) la repetición del ensayo o de la calibración de los objetos retenidos;
- e) la correlación de los resultados para diferentes características de un ítem.

NOTA Es conveniente que los métodos seleccionados sean apropiados para el tipo y volumen de trabajo que se realiza.

5.9.2 Los datos de control de la calidad deben ser analizados y, si no satisfacen los criterios predefinidos, se deben tomar las acciones planificadas para corregir el problema y evitar consignar resultados incorrectos.

5.10 INFORME DE LOS RESULTADOS

5.10.1 Generalidades

Los resultados de cada ensayo, calibración o serie de ensayos o calibraciones efectuados por el laboratorio, deben ser informados en forma exacta, clara, no ambigua y objetiva, de acuerdo con las instrucciones específicas de los métodos de ensayo o de calibración.

Los resultados deben ser informados, por lo general en un informe de ensayo o un certificado de calibración (véase la nota 1) y deben incluir toda la información requerida por el cliente y necesaria para la interpretación de los resultados del ensayo o de la calibración, así como toda la información requerida por el método utilizado. Esta información es normalmente la requerida en los apartados 5.10.2 y 5.10.3 ó 5.10.4.

En el caso de ensayos o calibraciones realizados para clientes internos, o en el caso de un acuerdo escrito con el cliente, los resultados pueden ser informados en forma simplificada. Cualquier información indicada en los apartados 5.10.2 a 5.10.4 que no forme parte de

un informe al cliente, debe estar fácilmente disponible en el laboratorio que efectuó los ensayos y/o las calibraciones.

NOTA 1 Los informes de ensayo y los certificados de calibración a veces se denominan certificados de ensayo e informes de calibración, respectivamente.

NOTA 2 Los informes de ensayo o certificados de calibración pueden ser entregados como copia en papel o por transferencia electrónica de datos siempre que se cumplan los requisitos de esta Norma Internacional.

5.10.2 Informes de ensayos y certificados de calibración

Cada informe de ensayo o certificado de calibración debe incluir la siguiente información, salvo que el laboratorio tenga razones válidas para no hacerlo así:

- a) un título (por ejemplo, “Informe de ensayo” o “Certificado de calibración”);
- b) el nombre y la dirección del laboratorio y el lugar donde se realizaron los ensayos y/o las calibraciones, si fuera diferente de la dirección del laboratorio;
- c) una identificación única del informe de ensayo o del certificado de calibración (tal como el número de serie) y en cada página una identificación para asegurar que la página es reconocida como parte del informe de ensayo o del certificado de calibración, y una clara identificación del final del informe de ensayo o del certificado de calibración;
- d) el nombre y la dirección del cliente;
- e) la identificación del método utilizado
- f) una descripción, la condición y una identificación no ambigua del o de los ítems ensayados o calibrados;
- g) la fecha de recepción del o de los ítems sometidos al ensayo o a la calibración, cuando ésta sea esencial para la validez y la aplicación de los resultados, y la fecha de ejecución del ensayo o la calibración;
- h) una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados por el laboratorio u otros organismos, cuando éstos sean pertinentes para la validez o la aplicación de los resultados;
- i) los resultados de los ensayos o las calibraciones con sus unidades de medida, cuando corresponda;

- j) el o los nombres, funciones y firmas o una identificación equivalente de la o las personas que autorizan el informe de ensayo o el certificado de calibración;
- k) cuando corresponda, una declaración de que los resultados sólo están relacionados con los ítems ensayados o calibrados.

NOTA 1 Es conveniente que las copias en papel de los informes de ensayo y certificados de calibración también incluyan el número de página y el número total de páginas.

NOTA 2 Se recomienda a los laboratorios incluir una declaración indicando que no se debe reproducir el informe de ensayo o el certificado de calibración, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio.

5.10.3 Informes de ensayos

5.10.3.1 Además de los requisitos indicados en el apartado 5.10.2, los informes de ensayos deben incluir, en los casos en que sea necesario para la interpretación de los resultados de los ensayos, lo siguiente:

- a) las desviaciones, adiciones o exclusiones del método de ensayo e información sobre condiciones de ensayo específicas, tales como las condiciones ambientales;
- b) cuando corresponda, una declaración sobre el cumplimiento o no cumplimiento con los requisitos y/o las especificaciones;
- c) cuando sea aplicable, una declaración sobre la incertidumbre de medición estimada; la información sobre la incertidumbre es necesaria en los informes de ensayo cuando sea pertinente para la validez o aplicación de los resultados de los ensayos, cuando así lo requieran las instrucciones del cliente, o cuando la incertidumbre afecte al cumplimiento con los límites de una especificación;
- d) cuando sea apropiado y necesario, las opiniones e interpretaciones (véase el numeral 5.10.5);
- e) la información adicional que pueda ser requerida por métodos específicos, clientes o grupos de clientes.

5.10.3.2 Además de los requisitos indicados en los apartados 5.10.2 y 5.10.3.1, los informes de ensayo que contengan los resultados del muestreo, deben incluir lo siguiente, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de los ensayos:

- a) la fecha del muestreo;
- b) una identificación inequívoca de la sustancia, el material o el producto muestreado (incluido el nombre del fabricante, el modelo o el tipo de designación y los números de serie, según corresponda);
- c) el lugar del muestreo, incluido cualquier diagrama, croquis o fotografía;
- d) una referencia al plan y a los procedimientos de muestreo utilizados;
- e) los detalles de las condiciones ambientales durante el muestreo que puedan afectar a la interpretación de los resultados del ensayo;
- f) cualquier norma o especificación sobre el método o el procedimiento de muestreo, y las desviaciones, adiciones o exclusiones de la especificación concerniente.

5.10.4 Certificados de calibración

5.10.4.1 Además de los requisitos indicados en el apartado 5.10.2, los certificados de calibración deben incluir, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de la calibración, lo siguiente:

- a) las condiciones (por ejemplo, ambientales) bajo las cuales fueron hechas las calibraciones y que tengan una influencia en los resultados de la medición;
- b) la incertidumbre de la medición y/o una declaración de cumplimiento con una especificación metrológica identificada o con partes de ésta;
- c) evidencia de que las mediciones son trazables (véase la Nota 2 del apartado 5.6.2.1.1).

5.10.4.2 El certificado de calibración sólo debe estar relacionado con las magnitudes y los resultados de los ensayos funcionales. Si se hace una declaración de cumplimiento con una especificación, ésta debe identificar los capítulos de la especificación que se cumplen y los que no se cumplen.

Cuando se haga una declaración de la conformidad con una especificación omitiendo los resultados de la medición y las incertidumbres asociadas, el laboratorio debe registrar dichos resultados y mantenerlos para una posible referencia futura.

Cuando se hagan declaraciones de cumplimiento, se debe tener en cuenta la incertidumbre de la medición.

5.10.4.3 Cuando un instrumento para calibración ha sido ajustado o reparado, se deben informar los resultados de la calibración antes y después del ajuste o la reparación, si estuvieran disponibles.

5.10.4.4 Un certificado de calibración (o etiqueta de calibración) no debe contener ninguna recomendación sobre el intervalo de calibración, excepto que esto haya sido acordado con el cliente. Este requisito puede ser reemplazado por disposiciones legales.

5.10.5 Opiniones e interpretaciones

Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones, el laboratorio debe asentar por escrito las bases que respaldan dichas opiniones e interpretaciones. Las opiniones e interpretaciones deben estar claramente identificadas como tales en un informe de ensayo.

NOTA 1 Es conveniente no confundir las opiniones e interpretaciones con las inspecciones y las certificaciones de producto establecidas en la Norma ISO/IEC 17020 y la Guía ISO/IEC 65.

NOTA 2 Las opiniones e interpretaciones incluidas en un informe de ensayo pueden consistir en, pero no limitarse a, lo siguiente:

- una opinión sobre la declaración de la conformidad o no conformidad de los resultados con los requisitos;
- cumplimiento con los requisitos contractuales;
- recomendaciones sobre la forma de utilizar los resultados;
- recomendaciones a seguir para las mejoras.

NOTA 3 En muchos casos podría ser apropiado comunicar las opiniones e interpretaciones a través del diálogo directo con el cliente. Es conveniente que dicho diálogo se registre por escrito.

5.10.6 Resultados de ensayo y calibración obtenidos de los subcontratistas

Cuando el informe de ensayo contenga resultados de ensayos realizados por los subcontratistas, estos resultados deben estar claramente identificados. El subcontratista debe informar sobre los resultados por escrito o electrónicamente.

Cuando se haya subcontratado una calibración, el laboratorio que efectúa el trabajo debe remitir el certificado de calibración al laboratorio que lo contrató.

5.10.7 Transmisión electrónica de los resultados

En el caso que los resultados de ensayo o de calibración se transmitan por teléfono, télex, facsímil u otros medios electrónicos o electromagnéticos, se deben cumplir los requisitos de esta Norma Internacional (véase también el numeral 5.4.7).

5.10.8 Presentación de los informes y de los certificados

La presentación elegida debe ser concebida para responder a cada tipo de ensayo o de calibración efectuado y para minimizar la posibilidad de mala interpretación o mal uso.

NOTA 1 Es conveniente prestar atención a la forma de presentar informe de ensayo o certificado de calibración, especialmente con respecto a la presentación de los datos de ensayo o calibración y a la facilidad de asimilación por el lector.

NOTA 2 Es conveniente que los encabezados sean normalizados, tanto como sea posible.

5.10.9 Modificaciones a los informes de ensayo y a los certificados de calibración

Las modificaciones de fondo a un informe de ensayo o certificado de calibración después de su emisión deben ser hechas solamente en la forma de un nuevo documento, o de una transferencia de datos, que incluya la declaración:

“Suplemento al Informe de Ensayo” (o “Certificado de Calibración”), número de serie... [u otra identificación]”, o una forma equivalente de redacción.

Dichas correcciones deben cumplir con todos los requisitos de esta Norma Internacional.

Cuando sea necesario emitir un nuevo informe de ensayo o certificado de calibración completo, éste debe ser unívocamente identificado y debe contener una referencia al original al que reemplaza.

Anexo 18: Carta de Reconocimiento

HALLIBURTON

CARRERA 7 No. 71 52 PISOS 7 y 8 TORRE B, BANCO GANADERO
PBX: 3264000 - FAX: 3266726 - BOGOTÁ, D.C. - COLOMBIA

HALLIBURTON LATIN AMERICA S.A.
Nit. 860.051.812-2

Funza, Febrero 03 de 2015

Señores:
Facultad de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás Bogotá
Atn. Ingeniera Adriana Paez y Srs. Comité de Grado.
Bogotá D.C.

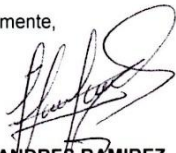
Respetados señores,

Halliburton Latin América y su línea de servicios Testing and Subsea por medio de la presente quiere resaltar las habilidades y competencias del estudiante **Julian Camilo Espinosa Villamizar** identificado con C.C. No. 1.020.752.033, quien ha demostrado en todo momento de su práctica con nuestra compañía, su excelente preparación profesional instruida por su facultad, además el posee excelentes bases humanísticas y cualidades personales, lo cual lo han resaltado entre sus otros colegas de prácticas; contando con cualidades como iniciativa propia, dedicación, responsabilidad, compromiso con los objetivos marcados, alto grado de motivación y gran capacidad de trabajo en equipo.

Es así que por medio de la presente, queremos dar un reconocimiento al trabajo realizado con sus estudiantes, con esto motivarlos a seguir trabajando por mejorar sus lineamientos educativos y así entregar mejores profesionales a Colombia cada día.

Agradecemos la atención prestada.

Cordialmente,



JUAN ANDRÉS RAMÍREZ
Personal Development Coordinator
Halliburton Testign and Subsea