

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y  
EVALUACIÓN DE DATOS PARA LA CALIBRACION DE TANQUES Y  
EQUIPOS DE INSPECCION DE LINEAS DE TRANSPORTE DE  
HIDROCARBUROS: PANAMETRICS, PCM Y CIPS MEDIANTE EL USO DE  
LABVIEW**



**FABIO ANDRES SALINAS CRUZ**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
NEIVA-HUILA  
2008**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, PROCESAMIENTO Y  
EVALUACIÓN DE DATOS PARA LA CALIBRACION DE TANQUES Y  
EQUIPOS DE INSPECCION DE LINEAS DE TRANSPORTE DE  
HIDROCARBUROS: PANAMETRICS, PCM Y CIPS MEDIANTE EL USO DE  
LABVIEW**



**FABIO ANDRES SALINAS CRUZ**

**Trabajo de Pasantía Supervisada presentada como requisito para optar al título de  
Ingeniera Electrónica**

**Director:  
Ing. Javier Humberto Rubio  
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
NEIVA-HUILA  
2008**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Neiva, Agosto de 2008.**

A mi padre Fabio Salinas Tejada y a mi madre Leonor Cruz de Salinas por su constante apoyo durante toda mi vida, gracias por todos estos años de enseñanza. Dedico este triunfo y muchos más por venir a ellos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por la vida y regalarme años de felicidad al lado de mi familia.

A mi familia por creer en mí.

Al Ingeniero Javier Humberto Rubio, Director de Pasantía.

Ingeniero Elber Leonardo Urbano, Asesor del Proyecto.

A la empresa ATP Ingeniería LTDA. por la oportunidad de trabajar con ellos.

A mis profesores a quienes les debo todos mis conocimientos académicos.

A los compañeros que tuve en la carrera por apoyarme durante este largo camino.

# CONTENIDO

	Pag.
<b>INTRODUCCION</b> .....	<b>11</b>
<b>1. ATP INGENIERIA LTDA</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 BREVE RESEÑA HISTORICA</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 SERVICIOS</b> .....	<b>12</b>
<b>2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>14</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
<b>3.1 PANAMETRICS 37 DL-PLUS</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2 PCM (PIPELINE CURRENT MAPPING)</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3 CALIBRACION DE TANQUES HORIZONTALES</b> .....	<b>17</b>
<b>3.4 INTERCONEXION ENTRE EL COMPUTADOR Y LOS EQUIPOS</b> .....	<b>18</b>
<b>4. CONTENIDO</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 LENGUAJE DE PROGRAMACION</b> .....	<b>19</b>
4.1.1 ENLACE ENTRE EXCEL Y LABVIEW.....	19
4.1.2 GRAFICACION MULTIPLE .....	20
4.1.3 REALIZACION DE CALCULOS .....	21
<b>4.2 MACROS EN EXCEL</b> .....	<b>21</b>
4.2.1 FORMATOS EN EXCEL .....	21
4.2.2 LECTURA DATOS ALMACENADOS EN EXCEL.....	21
<b>4.3 SOFTWARE PANAMETRICS SCAN A Y B</b> .....	<b>22</b>
<b>4.4 SOFTWARE EQUIPO PCM (pipeline current mapping)</b> .....	<b>25</b>
<b>4.5 SOFTWARE AFORO DE TANQUES</b> .....	<b>27</b>
4.5.1 TABLA PARCIAL DE AFORO DE TANQUES .....	29
4.5.2 CORRECCION POR INCLINACION Y TEMPERATURA .....	30
4.5.3 TABLA DE RESULTADOS.....	31
<b>4.6 DIAGRAMAS DE FLUJO</b> .....	<b>32</b>
<b>5. RESULTADOS OBTENIDOS</b> .....	<b>34</b>
<b>5.1 ESTADO PASADO DEL PROCESO (PANAMETRICS 37-DL PLUS)</b> .....	<b>34</b>
5.1.1 RECOLECCION DE DATOS.....	34
5.1.2 ANALISIS E INSERCIÓN DE DATOS.....	35
5.1.3 SOFTWARE DE PROCESAMIENTO UTILIZADO.....	35
<b>5.2 ESTADO ACTUAL DEL PROCESO (PANAMETRICS 37-DL PLUS)</b> .....	<b>36</b>
5.2.1 RECOLECCION DE DATOS.....	36
5.2.2 ANALISIS E INSERCIÓN DE DATOS.....	37
5.2.3 SOFTWARE DE PROCESAMIENTO UTILIZADO.....	37
<b>5.3 ESTADO PASADO DEL PROCESO (PCM)</b> .....	<b>38</b>
5.3.1 RECOLECCION DE DATOS.....	38
5.3.2 ANALISIS E INSERCIÓN DE DATOS.....	38
<b>5.4 ESTADO ACTUAL DEL PROCESO (PCM)</b> .....	<b>39</b>
5.4.1 RECOLECCION DE DATOS.....	39
5.4.2 ANALISIS E INSERCIÓN DE DATOS.....	40
<b>5.5 SOFTWARE AFORO TANQUES ESTADO PASADO Y ACTUAL</b> .....	<b>40</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>42</b>

***BIBLIOGRAFÍA..... 44***  
***ANEXOS ..... 45***

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
<i>Figura 1. Equipo Panametrics 37-DL Plus</i> .....	15
<i>Figura 2. Manejo del equipo PCM</i> .....	16
<i>Figura 3. Equipo PCM</i> .....	16
<i>Figura 4. Tanque horizontal</i> .....	17
<i>Figura 5. Puertos de interconexión entre el computador y el equipo</i> .....	18
<i>Figura 6. Entorno gráfico ofrecido por LabVIEW</i> .....	19
<i>Figura 7. Configuración de enlace entre LabVIEW y Excel</i> .....	20
<i>Figura 8. Configuración para graficación múltiple</i> .....	20
<i>Figura 9. Herramienta MathScript de LabVIEW</i> .....	21
<i>Figura 10. Panel frontal del Software Panametrics Scan Ay B</i> .....	22
<i>Figura 11. Macro desarrollada para el software Panametrics Scan A</i> .....	23
<i>Figura 12. Formato utilizado para el Software Panametrics Scan B</i> .....	24
<i>Figura 13. Panel frontal del Software PCM</i> .....	25
<i>Figura 14. Formato de reporte equipo PCM</i> .....	26
<i>Figura 15. Tanques horizontales de almacenamiento de crudo</i> .....	27
<i>Figura 16. Panel frontal del software de aforos de tanques horizontales</i> .....	28
<i>Figura 17. Tabla parcial de aforo de tanques</i> .....	29
<i>Figura 18. Macro diseñada para la corrección de errores</i> .....	30
<i>Figura 19. Tabla de Aforo</i> .....	31
<i>Figura 20. Diagrama de Flujo del Software Panametrics Scan A y B</i> .....	32
<i>Figura 21. Diagrama de flujo del software de Aforos</i> .....	33
<i>Figura 22. Diagrama de flujo del software PCM</i> .....	33
<i>Figura 23. Panel principal Excel</i> .....	34
<i>Figura 24. Datos obtenidos en campo (Panametrics 37- DL PLUS)</i> .....	35
<i>Figura 25. Panel frontal del Software Panametrics Scan Ay B</i> .....	36
<i>Figura 25. Datos obtenidos en campo (Panametrics 37- DL PLUS)</i> .....	37
<i>Figura 26. Panel frontal PCM (pasado)</i> .....	38
<i>Figura 27. Datos obtenidos en campo (PCM)</i> .....	38
<i>Figura 28. Panel frontal del Software PCM</i> .....	39
<i>Figura 29. Panel frontal del software de aforos de tanques horizontales</i> .....	40



## GLOSARIO

**Ultrasonido:** Vibración mecánica con un rango mayor al audible por el oído humano que se transmite a través de un medio físico y es orientado, registrado y medido en Hertz con ayuda de un aparato creado para ese fin. Los equipos de ultrasonido que se utilizan actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un rango que va desde 0.25 hasta 25 MHz.

**Palpador:** Dispositivo de contacto que forma parte de un detector o de un instrumento de medición y que consiste en una bola de precisión o de forma ahusada puntiaguda, que se monta a un mango y está conectado a una unidad de control. Dicho palpador es aquel que realiza el contacto directo entre el material a analizar y el equipo.

**Scan A:** Escaneo ultrasónico basado en una relación tiempo amplitud, esto significa que la condición de los materiales (la presencia de discontinuidades) es representada por medio de ecos, picos o reflexiones.

**Scan B:** Este barrido ultrasónico muestra una sección transversal del material inspeccionado. En la pantalla se tiene como referencia la superficie frontal y posterior del material así como la longitud y profundidad de las discontinuidades.

**PCM:** ( pipeline current mapping- mapeo de corriente sobre tubería ) técnica empleada para analizar tubería enterrada a través de mapeos de corriente que muestran en caso de daños en la tubería, cambios abruptos en el valor de la corriente que viaja por la tubería.

**Calibración (aforo):** Proceso para determinar la capacidad total del tanque, o las correspondientes capacidades parciales a diferentes alturas. Dicho proceso se realiza con cierta frecuencia con el fin de asegurar la cantidad de que almacena dicho contenedor.

**Tabla de aforo:** tabla mediante la cual se especifica el volumen de líquido contenido en el tanque en función de la altura del tanque.

**Corrosión:** Es la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo el consiguiente deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. Las características fundamentales de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrolito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

**Pitting:** agujero en la tubería efecto de la corrosión.

**Impedancia:** resistencia que ofrece un material al paso de la corriente.

## **RESUMEN**

Día a día, las empresas tratan de convertirse en entidades más competitivas con el fin de poder posicionarse de la mejor forma en los mercados buscando ser líderes en su campo. Es por esta razón que el departamento de operaciones de ATP INGENIERIA LTDA a través de proyectos investigativos busca optimizar sus procesos utilizando herramientas informáticas y electrónicas que permitan un desempeño más eficaz y efectivo.

Durante el proceso de pasantía se optimizaron procesos de recolección y análisis de datos obtenidos durante las salidas de campo realizadas por la compañía. Gracias al trabajo de pasantía realizado, la compañía ahora cuenta con software especializado que permite reducir significativamente el tiempo utilizado en la presentación de reportes acerca de los estudios realizados a tuberías de transporte de crudo, sus derivados y agua. Dicho software será aplicable a los equipos Panametrics 37-DL PLUS utilizado en SCAN A, B y al equipo PCM.

Por otra parte se realizó el diseño de un software que realizara la calibración de tanques horizontales. Dicho software permitirá que la empresa no recurra a terceros con el fin de generar las tablas de aforo. ATP contará con su propio software de aforo de tanques horizontales, lo cual permitirá que dicho proceso sea más confiable y exacto. Gracias a la realización de este software, la compañía podrá reducir gastos de licencia y mantenimiento que se venían realizando al software con el que anteriormente contaba la compañía.

## **ABSTRACT**

Day by day, companies try to become into much more competitive entities seeking the best position in the market and leadership in their field.

For this reason, the operations department in ATP Ingenieria LTDA is constantly researching, trying to improve their processes using informatics and electronic tools permitting an effective and efficient performance.

During the internship, an optimization process of recollection and data analysis during field studies performed by the company was made. The development of the software right now is making possible the significative reduce of time used to build the reports about field studies on oil pipelines and pipelines in general. This software will be useful in studies using the Panametrics 37-DL PLUS performing SCAN A, B and PCM equipment.

On the other hand, a software design was built for horizontal tanks calibration. This software will make possible for the company to generate the tables without using external sources to generate them, making this process a more exact and reliable one. The company will save expenses in licence and maintenance by using their own software.

## INTRODUCCION

En la industria del petróleo las tuberías y tanques son de vital importancia para el transporte y almacenamiento del petróleo, sus derivados y agua; el medio que los rodea representa una amenaza constante en contra de su vida útil, debido a efectos de corrosión y deterioro que puedan producir sobre estos. Es por esta razón que empresas especializadas en inspección metalmecánica como ATP Ingeniería deben proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo sobre los elementos anteriormente mencionados.

La empresa ATP Ingeniería LTDA se encarga de prestar el servicio de inspección de tanques y líneas a las diferentes empresas petroleras a través del uso de diferentes equipos electrónicos especializados. Para este proyecto de pasantía se busco optimizar el tiempo utilizado en la recolección y análisis de datos de campo a través de los servicios que ofrecen los equipos adquiridos por la compañía trabajando de la mano con software capaz de adquirir, interpretar y organizar la información en los reportes presentados a las compañías que contratan el servicio con ATP Ingeniería.

Por otro lado, se realizo el diseño de un software que fuera capaz de generar automáticamente las tablas de aforo a través de las medidas de los tanques obtenidas en campo. Las tablas de aforo son aquellas que permiten proporcionar exactamente la cantidad de líquido almacenado en un tanque a cierta altura, centímetro a centímetro. La tabla será capaz de calcular el volumen almacenado en el tanque. Dicho proceso es muy específico, pues un mal cálculo puede hacer que los valores de volumen sean erróneos y por lo tanto produzcan perdidas anuales significativas para las empresas. El diseño de este software le permitirá a ATP Ingeniería LTDA contar con su propio software de aforo de tanques, diseño que hará que la compañía no tenga que recurrir a terceros para generar las tablas de aforo.

# 1. ATP INGENIERIA LTDA

## 1.1 BREVE RESEÑA HISTORICA

ATP INGENIERÍA LTDA., fue constituida el dieciséis (16) de marzo de 1.995 en la ciudad de Neiva, departamento del Huila, República de Colombia; con el objetivo de ser una compañía líder a nivel nacional en la Asesoría, Consultoría e Interventoría de procesos de Control de Calidad de Productos, Inspección de Cantidades y Calidades de Productos, Monitoreos, Inspecciones y Evaluaciones de Procesos de Corrosión.

Los socios fundadores cuentan con experiencia profesional de más de diez (10) años de servicio a los sectores Petrolero, Químico, Petroquímico, Industrial y Ambiental de todo el país.

Actualmente ATP INGENIERÍA LTDA. cuenta con una planta de personal profesional de diez y seis (16) ingenieros de las áreas de Petróleos, Química y Ambiental, con experiencia profesional certificada de cinco (5) a diez (10) años. Económicamente hasta el momento, está clasificada en nuestro país como una compañía de tamaño mediano.

## 1.2 SERVICIOS

Todos los servicios cuentan con Certificado de Aseguramiento de la Calidad (ISO 9001. Año 2000), Certificado de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001. Año 2000) y Certificado de Gestión Ambiental (ISO 14001. Año 2004) todos éstos aprobados por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación “ICONTEC”.

El objetivo principal es ser a corto plazo una compañía Líder y Modelo de servicios de integridad metalmeccánica dirigida hacia el sector petrolero a nivel Nacional en la Prestación de:

- Servicios de monitoreo, análisis y evaluación de fenómenos de corrosión
- Servicio de inspección de varillas, tuberías y herramientas de producción, perforación y workover, ensayos NDT
- Servicio de manejo integral de desechos o residuos generados en la operación de campos petroleros
- Servicios de monitoreo, análisis y control de calidad y cantidad de fluidos (crudo, gas y agua)
- Operaciones de limpieza de tanques, vasijas y equipos en espacios confinados y/o abiertos
- Servicio de asesoría y capacitación en implementación de sistemas de gestión en calidad, medio ambiente, salud y seguridad industrial
- Servicio de aforo de tanques

- Servicios y equipos de última tecnología
- Planta de manejo integral de residuos de las operaciones de campos petroleros

## 2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

ATP INGENIERIA LTDA es una empresa especializada en el monitoreo, análisis y evaluación de fenómenos de corrosión, siendo líder en su campo de acción, es por ello que día a día debe actualizar y mejorar sus procesos, haciendo uso de tecnología de punta. Para llevar a cabo dichas tareas, ATP INGENIERIA cuenta con equipos de avanzada para hacer su labor mucho más confiable y exacta, por lo que se hace necesario realizar un estudio a fondo de sus propiedades. El hecho de que todos los equipos incluyan memoria agiliza el proceso de generación de informes acerca del estado de las líneas de transporte de crudo analizadas.

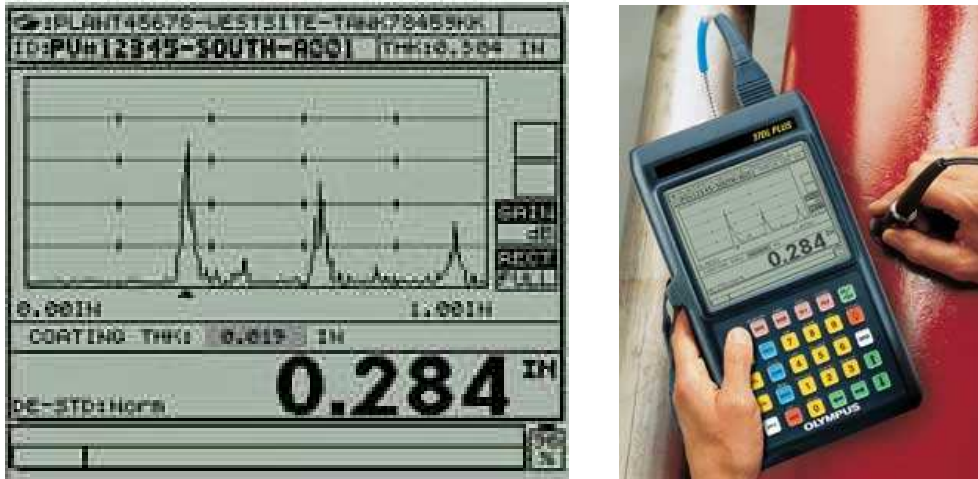
Con el fin de convertirse en una empresa mucho más competitiva en su campo, la empresa ha decidido optimizar los procesos de recolección, análisis y presentación de reportes, reemplazando procesos antes manuales en procesos dirigidos por computadora. El gran desarrollo tecnológico que poseen los equipos de la empresa hace posible que ahora los datos sean fácilmente manipulables por software, reduciendo los tiempos de trabajo significativamente. Equipos como el Panametrics 37 DL-PLUS y el PCM al poseer salidas seriales de conexión con el computador además de memoria de almacenamiento de hasta 60.000 datos permiten el desarrollo del proyecto.

ATP INGENIERIA LTDA no solo se dedica al monitoreo de tuberías de transporte de petróleo, sus derivados y el agua, también realiza aforos sobre tanques horizontales y verticales, siendo esta actividad una de las más realizadas por la compañía recientemente. Es por esta razón que se hizo necesario realizar un software de aforo de tanques horizontales que le permitiera a la empresa total independencia en el análisis de medidas tomadas en campo, pues hasta el momento dependía de un tercero que les proporcionaba el software para realizar los cálculos. Este software poseía un costo anual por licencia y mantenimiento, era instalado solo en un equipo de la empresa y cada vez que había problemas con este equipo, se hacía necesario llamar a la empresa que les proporcionaba el software para realizar una nueva instalación, lo cual incluía un costo adicional.

Con la realización de esta pasantía se pretende dejar un documento completo y de fácil entendimiento para que, el personal que se encarga del manejo de los equipos en campo pueda tener una visión completa del equipo, le permita explotar todo su potencial, y además le facilite la comunicación entre los equipos y el PC para la transferencia de datos almacenados y la realización de reportes.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 PANAMETRICS 37 DL-PLUS



**Figura 1. Equipo Panametrics 37-DL Plus**

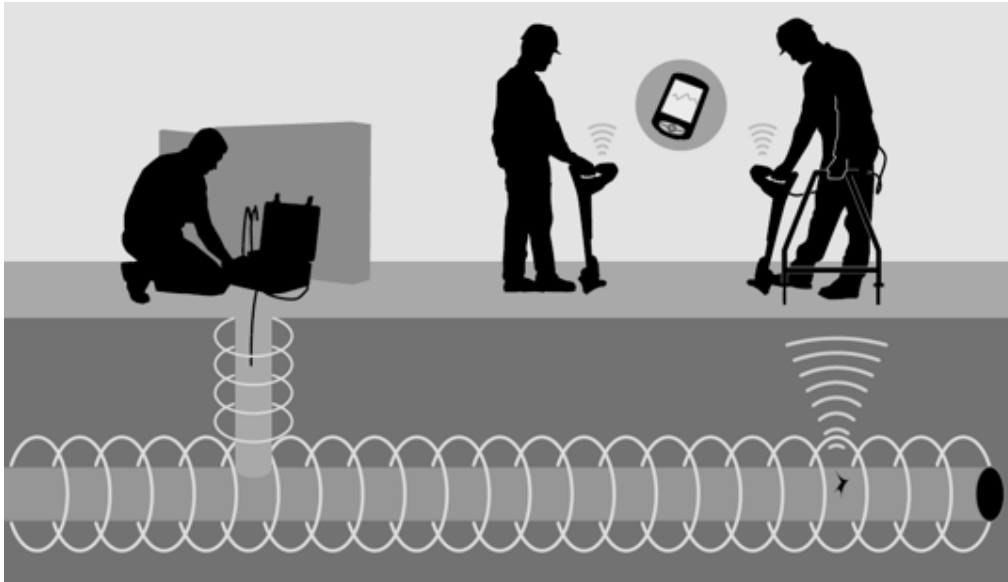
El 37DL PLUS de Panametrics es un medidor de espesor por ultrasonido que permite puntualmente analizar las condiciones del tubo. Gracias a la técnica que este utiliza, permite concluir si esa parte del tubo se encuentra afectada por corrosión o no gracias al gráfico y dato numérico presente en la pantalla. Por lo general el dato numérico debe ser un valor promedio similar a lo largo de todo el tubo, de lo contrario si se presentase una variación significativa en este valor, se podría entrar a analizar más a fondo para encontrar si en realidad el tubo se encuentra afectado o no. En casos de daño muy severo se encontrara pitting o agujero en el tubo.

El 37DL PLUS cuenta con numerosas características innovadoras que simplifican la medición real del espesor, incluso cuando la superficie expuesta está pintada o recubierta. La nueva tecnología Thru-Coat<sup>®</sup> mide e indica el espesor del metal y de su recubrimiento utilizando un único eco de fondo. La nueva función óxido/costra (opcional) permite medir y visualizar el espesor del acero y de las acumulaciones de óxido y de costras adheridas a la pared interna de los tubos de caldera, lo cual ayuda a determinar de manera más exacta la vida útil residual de los tubos. También es posible mejorar la exactitud de las medidas de espesor tomadas a elevadas temperaturas mediante la nueva función Compensación de temperatura, que ajusta la velocidad de propagación de la onda de ultrasonido en el material en función a los cambios de la temperatura en el mismo. La nueva función Promedio/Mín. registra el valor promedio o mínimo de varias medidas sucesivas de espesor.

Dicho equipo tiene la opción de realizar escaneos de tipo A o de tipo B. al realizar escaneos de tipo A, el equipo realiza medidas puntuales, mientras que al realizar SCAN B puede tomar medidas sucesivas a medida que se arrastra el tubo a lo largo del tubo.



### 3.2 PCM (PIPELINE CURRENT MAPPING)



**Figura 2. Manejo del equipo PCM**



**Figura 3. Equipo PCM**

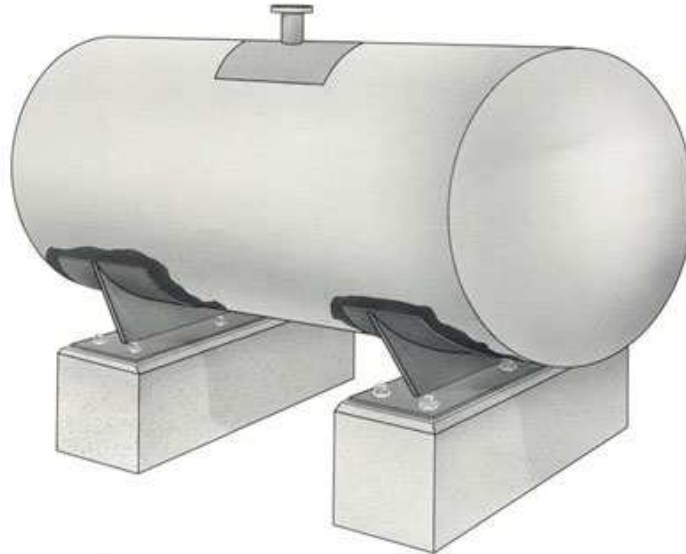
El equipo es capaz de analizar el tubo de forma más general y exacta que el Panametrics, gracias al uso de las dos partes que componen el equipo. Un emisor y un receptor ubicados entre dos puntos del tubo permiten hacer que una corriente viaje entre ellos, arrojando valores de corriente a lo largo del mismo. Para cada valor de longitud del tubo, existe un valor de corriente que se irá reduciendo debido a pérdidas por impedancia que ofrece el tubo. En el caso en el que la pérdida sea muy alta entre un punto y otro, se podrá entrar a analizar dicho tramo con el fin de saber si existen daños en esa sección del tubo o no.

Se emplean técnicas de proceso avanzadas filtran y amplifican la señal, de modo que se pueden realizar las medidas de magnitud y dirección de la señal. La función data-logging (registro de datos) permite el almacenamiento de estos datos para poder trazar la pérdida de corriente contra distancia.

La frecuencia extremadamente baja (4 hertzios) se utiliza para reflejar tan de cerca como sea posible la corriente DC generada por la protección catódica. También evita las pérdidas de la señal causadas por

capacitancias de tal manera que casi toda la pérdida de la señal es debida a las averías o a los cortocircuitos de la cobertura de la tubería con otras estructuras.

### 3.3 CALIBRACION DE TANQUES HORIZONTALES



**Figura 4. Tanque horizontal**

La exactitud en la determinación de las dimensiones de un tanque es un factor muy importante para la determinación del volumen del líquido si tenemos en cuenta las consecuencias que tienen las mediciones incorrectas en una Tabla de Capacidad errónea, la cual puede permanecer en uso durante un largo periodo de tiempo antes de que sea advertido el error. Los errores en la Tabla de Capacidad originan errores en la contabilización de los contenidos del tanque, y por tanto, que las transacciones comerciales y pagos están sujetos a litigios y discusiones. Los problemas que se plantean por estos errores son muy difíciles, y a veces, imposibles de resolver sin pérdidas por una de las partes involucradas. Como resulta tan importante el método y el grado de exactitud empleados al tomar las dimensiones de un tanque, deben ser presenciadas por todas las partes interesadas en determinar las existencias en un tanque calibrado.

A pesar de que muchos tanques en un mismo parque puedan parecer idénticos, si aplicamos mediciones con elevada exactitud notaremos que cada uno tiene dimensiones únicas. Por lo tanto no es aceptable realizar las tablas de calibración de tanques basados en los planos ingenieriles utilizados en su construcción, especialmente si estas medidas van a ser utilizadas para crear una base de datos para el posterior cálculo de masa y volumen.

Un pequeño error en las mediciones conlleva a serias discrepancias en el registro de calibración. Esto introduce errores sistemáticos en el cálculo de las cantidades, ya sean de entradas o salidas del tanque en el tiempo en que esté en servicio, o hasta que se le realice una nueva calibración.

### 3.4 INTERCONEXION ENTRE EL COMPUTADOR Y LOS EQUIPOS

La comunicación con aplicaciones exteriores se hace posible gracias a los puertos presentes en el computador, bien sean estos seriales, paralelos o USB. En este caso se hizo uso de la interfaz serie, pues era la que estaba presente en los equipos que posee la compañía. La conexión a través de esta interfaz es una ventaja pues este puerto posee gran flexibilidad.



*Figura 5. Puertos de interconexión entre el computador y el equipo*

Dicho tipo de transmisión transfiere los bits de información de uno en uno a través de una línea de datos, pudiendo ser transferidas síncrona o asincrónicamente, utilizando bits de paridad, tasas de transferencia entre otros recursos para hacer de la transmisión algo confiable.

#### TIPOS DE TRANSMISION

- **Simplex**

En este caso el transmisor y el receptor están perfectamente definidos y la comunicación es unidireccional. Este tipo de comunicaciones se emplean usualmente en redes de radiodifusión, donde los receptores no necesitan enviar ningún tipo de dato al transmisor.

- **Duplex, half duplex o semi-duplex**

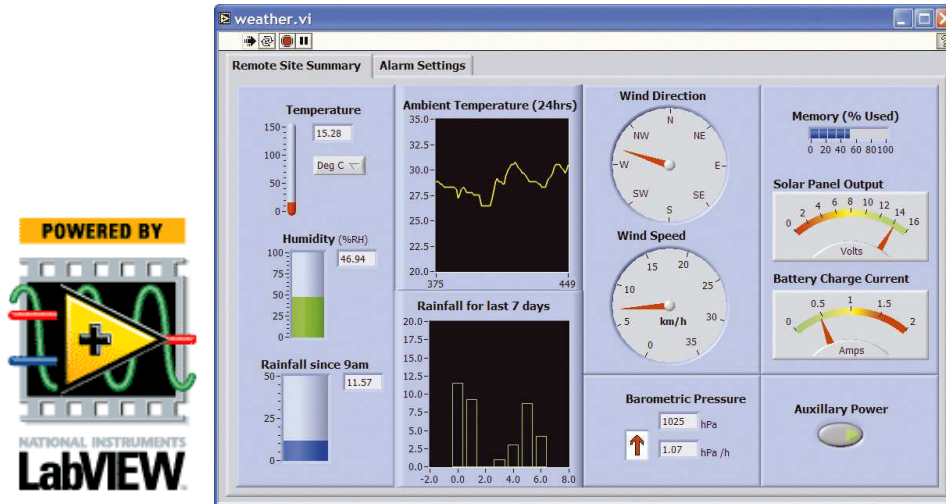
En este caso ambos extremos del sistema de comunicación cumplen funciones de transmisor y receptor y los datos se desplazan en ambos sentidos pero no simultáneamente. Este tipo de comunicación se utiliza habitualmente en la interacción entre terminales y un computador central.

- **Full Duplex**

El sistema es similar al duplex, pero los datos se desplazan en ambos sentidos simultáneamente. Para ello ambos transmisores poseen diferentes frecuencias de transmisión o dos caminos de comunicación separados, mientras que la comunicación semi-duplex necesita normalmente uno solo. Para el intercambio de datos entre computadores este tipo de comunicaciones son más eficientes que las transmisiones semi-duplex.

## 4. CONTENIDO

### 4.1 LENGUAJE DE PROGRAMACION



**Figura 6. Entorno gráfico ofrecido por LabVIEW**

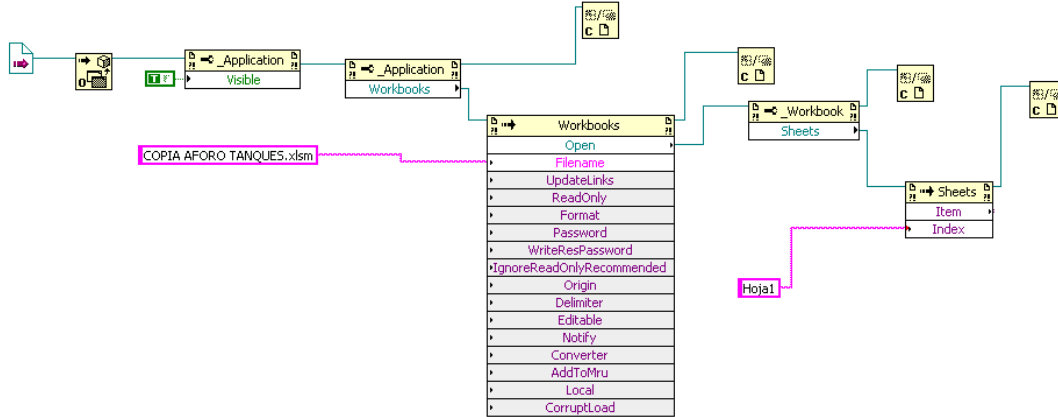
Se utilizó LabVIEW 8.2 con el fin de explorar a fondo el potencial de este. Dicho lenguaje de programación resultó siendo enormemente útil y sencillo de manejar. La National Instruments se ha preocupado lo suficiente por impulsar dicho producto creando foros muy específicos a cerca de todas las aplicaciones que este ofrece. LabVIEW ofrece un entorno gráfico muy avanzado y amigable, haciendo del mundo de la programación algo práctico y sencillo. La principal ventaja de este con respecto a los demás lenguajes de programación yace en el hecho de que no son necesarias largas y muy puntuales instrucciones para realizar una tarea. Labview reemplaza con un objeto gráfico dicha instrucción puntual, acompañando al grafico de una ventana de ayuda muy sencilla y fácil de manipular.

Para el desarrollo de los diferentes programas realizados durante la pasantía, LabVIEW resultó ser la mejor elección en comparación con otros programas que cumplen con la misma función, como C++ por ejemplo; debido a que siempre se hizo presente la necesidad de generación de gráficas y enlaces con otros programas como EXCEL, proceso que se simplificó notoriamente al utilizar LabVIEW.

#### 4.1.1 ENLACE ENTRE EXCEL Y LABVIEW

Para lograr que los procesos de adquisición de datos y generación de reportes se agilizaran, se hizo necesario enlazar directamente **LabVIEW 8.2** con **Microsoft Excel** en donde LabVIEW se encargaba de leer los datos descargados desde los equipos con el fin de utilizarlos para procesar la información y realizar los cálculos pertinentes para luego enviar los resultados y generar el reporte necesario. Dicho proceso resultó siendo

la herramienta principal, pues de esta forma, los reportes que anteriormente se generaban en meses, ahora serán realizados en días.

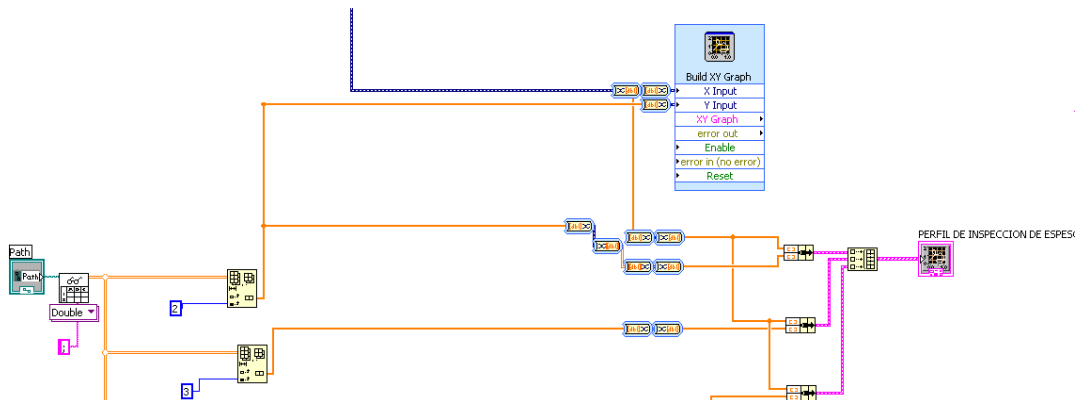


**Figura 7. Configuración de enlace entre LabVIEW y Excel**

#### 4.1.2 GRAFICACION MULTIPLE

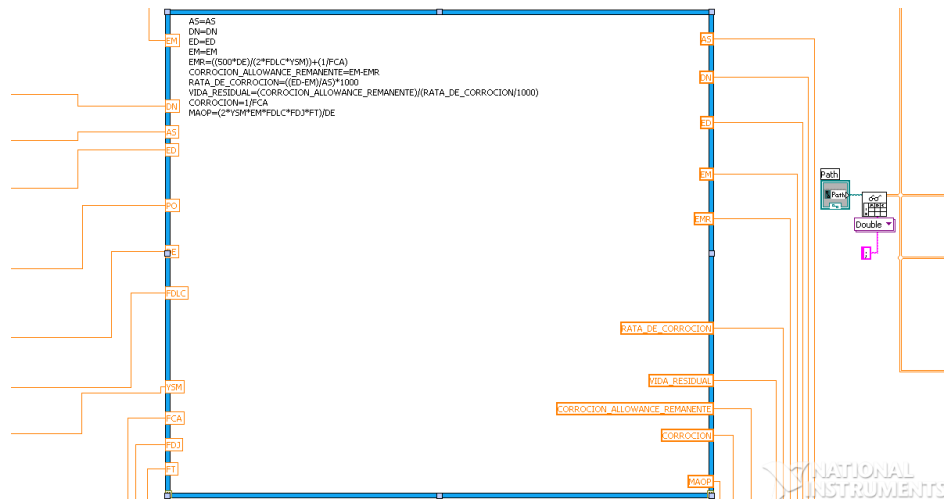
Realizar múltiples gráficas sobre un mismo plano es un proceso que no es simple de realizar. Programas como Matlab son capaces de realizar dicha tarea pero contando con un entorno poco agradable.

Labview implementa dicha tarea en una ambiente amigable y simple, tarea que resulta bastante útil en el desarrollo de la pasantía, pues constantemente se están comparando datos nominales contra datos encontrados con el fin de dar un diagnostico a cerca del estudio realizado.



**Figura 8. Configuración para graficación múltiple**

### 4.1.3 REALIZACION DE CALCULOS



**Figura 9. Herramienta MathScript de LabVIEW**

LabVIEW cuenta con cuadros “MathScript” mostrados en la figura 9, para la realización de cálculos matemáticos; herramienta de bastante utilidad para aplicaciones que requieran cálculos sucesivos.

## 4.2 MACROS EN EXCEL

LabVIEW 8.2 trabajó de la mano todo el tiempo con Microsoft Excel, ya que en este programa se encontraban los formatos ya establecidos por la compañía para la presentación de los reportes a las empresas que contratan sus servicios. Se hizo necesario programar dentro de EXCEL utilizando lenguaje C dentro del menú “PROGRAMADOR”, botones que facilitaron el trabajo ya que estos procesos serían un poco más complejos de implementar en LabVIEW. En el caso del software diseñado para SCAN A, se crearon dos botones que permiten mover valores entre columnas a libre albedrío del usuario, además uno que calcula los mínimos de las medidas tomadas por anillo.

### 4.2.1 FORMATOS EN EXCEL

Para cada equipo la empresa diseñó un formato único el cual será utilizado para la presentación de los reportes, formatos sobre los cuales Labview realizaba la escritura celda por celda.

### 4.2.2 LECTURA DATOS ALMACENADOS EN EXCEL

Labview es un programa muy potente pero específico al momento de realizar tareas. Para lograr la lectura de los datos descargados en los equipos almacenados directamente en Excel, se hizo necesario almacenar dichos archivos con la extensión .CSV extensión

que le permite a LabVIEW diferenciar entre columnas de valores. De no guardarse los datos bajo dicha extensión, LabVIEW no será capaz de reconocer y diferenciar valores.

### 4.3 SOFTWARE PANAMETRICS SCAN A Y B

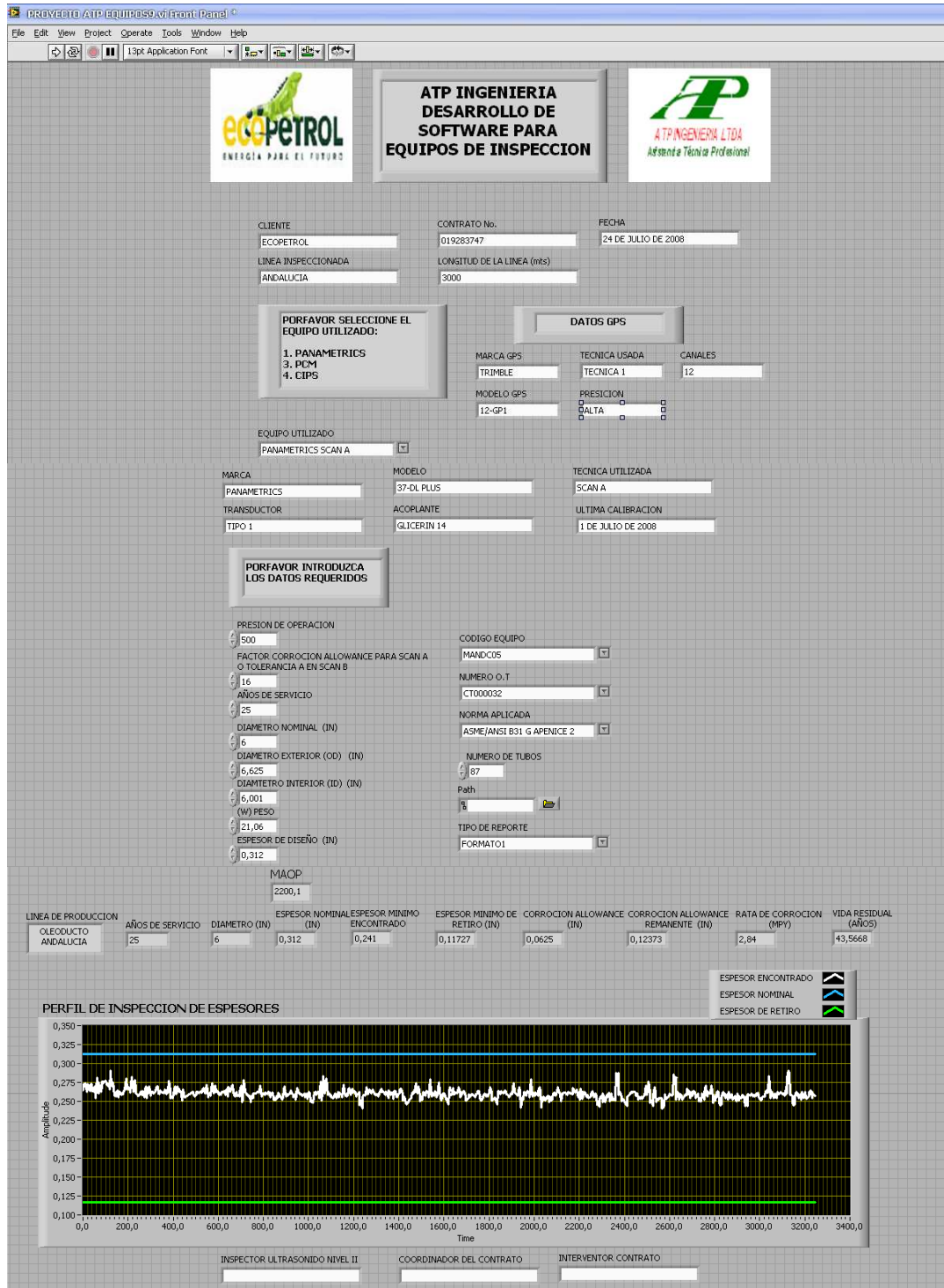


Figura 10. Panel frontal del Software Panametrics Scan Ay B

En el caso de Scan A, que es la técnica mas aplicada en la compañía; el formato y la macro aplicada se diseñaron de como se muestra en la figura 10. El software se encargó de leer los datos descargados desde el equipo alojados en un archivo de Excel para luego realizar el proceso de graficación, cálculo de vida residual e imprimir el reporte. Para la impresión del reporte, el software multiplica el número de hojas de reporte y pagina teniendo en cuenta la cantidad de datos a imprimir, además, se imprimen los datos del contrato tales como nombre del inspector, marca de los equipo, calibraciones, número de página entre otros.

Dicho proceso anteriormente debía ser realizado en formatos de hoja en campo para luego ser llevados a las oficinas para una posterior digitación, proceso que tomaba un tiempo significativo teniendo en cuenta la cantidad de datos tomados en campo.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1		ecopetrol		CONTRATO ECOPETROL																		MOVER DATOS	
2		ENERGIA PARA EL FUTURO																				MINIMO VALOR	
3																							
4																							
5																							
6																							
7		DATOS GENERALES:																					
8		CLIENTE:		ECOPETROL																			
9		CONTRATO:		EQUATOR																			
10		FECHA:		22 DE ABRIL DE 2010																			
11		LÍNEA INSPECCIONADA:		OLEODUCTO AMALCOCA																			
12		LONJITUD DE LA LÍNEA:		2000																			
13		EQUIPOS UTILIZADOS:																					
14		MARCA:		PANAMETRICS																			
15		MODELO:		SCAN PLUS																			
16		TÉCNICA USADA:		SCAN																			
17		MARCA:		TABLET																			
18		MODELO:		Z5-81																			
19		REGISTRO DE ESPESORES SCAN A Y PRESIÓN OPS:																					
20		ESPESOR OPS:																					
21		ANEXOS																					
22		ANEXOS																					
23		ANEXOS																					
24		ANEXOS																					
25		ANEXOS																					
26		ANEXOS																					
27		ANEXOS																					
28		ANEXOS																					
29		ANEXOS																					
30		ANEXOS																					
31		ANEXOS																					
32		ANEXOS																					
33		ANEXOS																					
34		ANEXOS																					
35		ANEXOS																					
36		ANEXOS																					
37		ANEXOS																					
38		ANEXOS																					
39		ANEXOS																					
40		ANEXOS																					
41		ANEXOS																					
42		ANEXOS																					
43		ANEXOS																					
44		ANEXOS																					
45		ANEXOS																					
46		ANEXOS																					
47		ANEXOS																					
48		ANEXOS																					
49		ANEXOS																					
50		ANEXOS																					
51		ANEXOS																					
52		ANEXOS																					
53		ANEXOS																					
54		ANEXOS																					
55		ANEXOS																					
56		ANEXOS																					
57		ANEXOS																					
58		ANEXOS																					
59		ANEXOS																					
60		ANEXOS																					
61		ANEXOS																					
62		ANEXOS																					
63		INSPECTOR ULTRASONIDO NIVEL II		COORDINADOR DEL CONTRATO																		INTERVENIENTE CONTRATO	
64		FABIAN TRUJILLO		OCTAVIO PAREZ																		EDGAR PEÑALOZA	
65		ATA INGENIERIA LTDA.		ATA INGENIERIA LTDA.																		CONSORCIO EISA-CONCOL	
66																							

Figura 11. Macro desarrollada para el software Panametrics Scan A

LabVIEW se encargó de abrir automáticamente un archivo con un formato previamente establecido (figura 11), para llenarlo y organizar la información. Dicho proceso es un evento muy especial, ya que permite la generación de los reportes de tal forma que quedan listos para realizar automáticamente la impresión.



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1	DEPARTAMENTO DE PRODUCCION										DOCUMENTO EXTERNO				FORMATO F-DOLED-HOLED-06					
2	SERVICIOS DE INSPECCION Y DIAGNOSTICO DEL ESTADO DEL MECANICO Y DE CORROSION DE TUBERIAS UBICADAS EN LOS CAMPOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES HUILA TOLIMA DE ECOPETROL S.A										FORMATO DE REGISTRO DE ESPESORES POR ULTRASONIDO SCAN.B.				PAGINA 1 DE 1					
6	DATOS GENERALES																			
7	CONTRAT# 40827283										SECTOR: 2-75				AL		2-932			
9	Contratista: ATP Ingeniería										LONGITUD DE LINEA: 1350 mts									
11	LINEA: TELLO 56										FORME CONSECUTIV				1					
16	1. REGISTRO DE ESPESORES																			
17	ABSCISA		UBICACION GPS		ESPESORES ENCONTRADOS (in.)					ESPESOR MINIMO (in)		ESPESOR NOMINAL (in)		ESPESOR RETIRO (in)		PRESION RESIDUAL (psi)				
18										t		tn		REPARACION						
19	1				0,28 0,275 0,282 0,285 0,28					0,270 0,28		0,117 0,117		2510,490566						
20	3				0,263 0,284 0,276 0,278 0,281					0,263 0,28		0,117 0,117		2400,941887						
21	5				0,281 0,28 0,282 0,282 0,277					0,277 0,28		0,117 0,117		2528,748679						
22	7				0,26 0,274 0,29 0,279 0,285					0,274 0,28		0,117 0,117		2501,061508						
23	9				0,277 0,283 0,286 0,285 0,29					0,277 0,28		0,117 0,117		2528,748679						
24	11				0,281 0,285 0,275 0,276 0,284					0,276 0,28		0,117 0,117		2510,490566						
25	13				0,284 0,28 0,281 0,288 0,274					0,268 0,28		0,117 0,117		2446,58717						
26	15				0,276 0,28 0,277 0,281 0,277					0,276 0,28		0,117 0,117		2519,619623						
27	17				0,275 0,278 0,277 0,287 0,288					0,275 0,28		0,117 0,117		2510,490566						
28	19				0,267 0,281 0,272 0,284 0,287					0,267 0,28		0,117 0,117		2437,458113						
29	21				0,282 0,287 0,285 0,284 0,286					0,282 0,28		0,117 0,117		2574,393962						
30	23				0,279 0,289 0,289 0,283 0,279					0,279 0,28		0,117 0,117		2547,006792						
31	25				0,287 0,287 0,287 0,28 0,282					0,28 0,28		0,117 0,117		2596,195849						
32	27				0,281 0,288 0,287 0,286 0,281					0,281 0,28		0,117 0,117		2565,264906						
33	29				0,281 0,288 0,287 0,286 0,281					0,281 0,28		0,117 0,117		2565,264906						
34	31				0,219 0,284 0,273 0,277 0,278					0,219 0,28		0,117 0,117		1999,263396						
35	33				0,282 0,285 0,284 0,282 0,283					0,282 0,28		0,117 0,117		2574,393962						
36	35				0,279 0,285 0,286 0,281 0,279					0,279 0,28		0,117 0,117		2547,006792						
37	37				0,277 0,282 0,278 0,278 0,283					0,277 0,28		0,117 0,117		2528,748679						
38	39				0,284 0,285 0,286 0,284 0,285					0,284 0,28		0,117 0,117		2592,652075						
39	41				0,283 0,281 0,278 0,282 0,278					0,278 0,28		0,117 0,117		2537,877736						
40	43				0,282 0,285 0,279 0,283 0,284					0,265 0,28		0,117 0,117		2419,2						
41	45				0,279 0,28 0,284 0,282 0,284					0,279 0,28		0,117 0,117		2547,006792						
42	47				0,279 0,28 0,284 0,282 0,284					0,279 0,28		0,117 0,117		2547,006792						
44	2. CALCULO DE LA VIDA RESIDUAL																			
45	ABSCISA		AÑOS DE SERVICIO		DIAMET. (in)		m		TOLERANCIA A REP. D (in)		ESPESOR ENCONTRADO (in)		ESPESOR NOMINAL (in)		RATA DE CORROSION (mpy)		A SEMANAS		VIDA RESIDUAL AÑOS	
46			25		6		0,312		0,0625		0,11727		0,219		3,72		0,017238		27,34673	
50	3. CALCULO DE LA PRESION MAXIMA DE OPERACION EN ESTE SECTOR																			
53	DIAMETRO NOMINAL				(in)		6													
54	DIAMETRO EXTERIOR (OD)				(in)		6,625													
55	DIAMETRO INTERIOR (ID)				(in)		5,001													
56	V (PESO)				(in)		2106													
57	ESPESOR DE DISEÑO				(in)		0,312													
58	ESPESOR MINIMO ENCONTRADO				(in)		0,219													
59	FACTOR DE TEMPERATURA (T)						1													
60	YIELD STRENGTH DEL MATERIAL (S)				(PSI)		42000													
61	FACTOR DISEÑO LOCATION CLASS (F)						0,72													
62	FACTOR DE DISEÑO DE JUNTA (E)						1													
63	MAOP = ((S*Y*E*F)*OD)						1999,263													
64	MAOP						1999,263													
65																				
66																				
67																				
68																				
69	4. OPERACIONES:																			
70																				
71																				
72																				
73	EMPRESA ATP INGENIERIA LTDA										INTERVENTORIA				ECOPETROL S.A					
74	NOMBRE RODRIGO VELASCO MALDONADO														ECOPETROL S.A					
75	FIRMA														RODRIGO ANDRES CUBIDES					
76	FECHA 07-Ene																			
77																				

Figura 12. Formato utilizado para el Software Panametrics Scan B

El software permite escoger el tipo de reporte sobre el cual se va a realizar la impresión, pues dependiendo de la técnica utilizada se imprimen los datos sobre el reporte. Cada reporte se protegió contra cambios en el formato original, de tal forma que los cambios realizados en la hoja de reporte se guarden en un nuevo archivo, evitando que la hoja original se altere.

## 4.4 SOFTWARE EQUIPO PCM (pipeline current mapping)

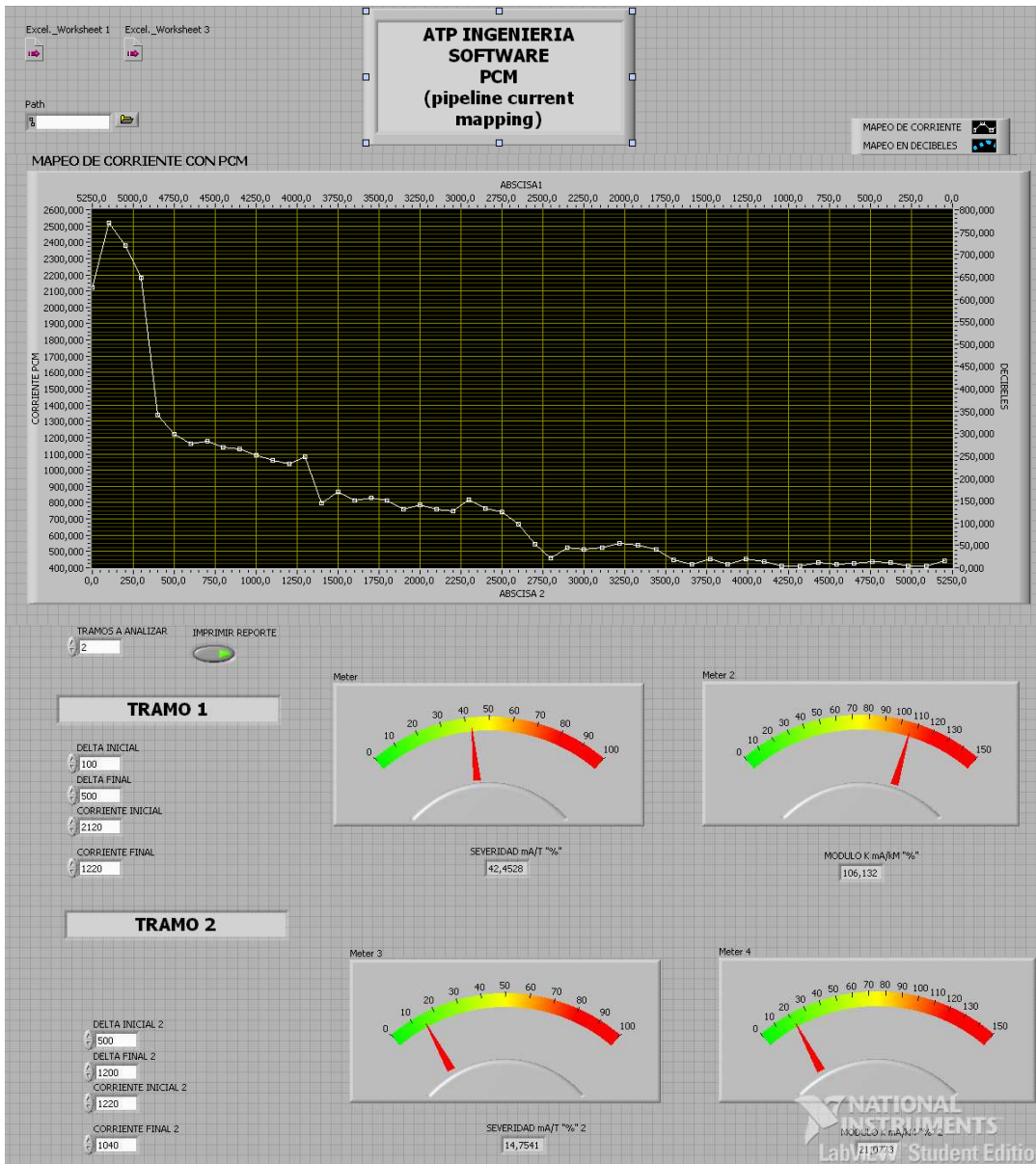


Figura 13. Panel frontal del Software PCM

El equipo PCM se encarga de enviar una corriente a un receptor el cual permite ver las caídas de corriente que se presentan a lo largo del tramo analizado, siendo estas caídas fallos en la tubería. De igual forma que el equipo Panametrics, permite almacenamiento de datos en memoria, lo cual facilita el tratamiento de datos. El operador utiliza la gráfica generada por LabVIEW para poder analizar la cantidad de tramos que se van a analizar. Dependiendo de las caídas de corriente, se podrán identificar diferentes tramos

con pendientes similares y de esta manera analizar las secciones del revestimiento del tubo que se encuentran en mal estado.

Para cada tramo se posicionaron indicadores visuales, acompañados de indicadores numéricos, para calcular la severidad del daño. El color verde indica que el tramo está en buenas condiciones, el amarillo que el tramo se encuentra de cierta forma afectado y el rojo que el tramo se encuentra severamente afectado.

Estos datos gráficos deberán ser impresos en un reporte escrito mostrado en la figura 14, el cual está establecido por la compañía. En dicho reporte se imprimirán valores de abscisa, deltas de corriente entre otros factores de importancia para el análisis.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	<b>MAPEO DE CORRIENTE</b>														
2	PCM TRAMO LINEA DAM. KM 0+000 A KM 5+200														
3	SEÑAL TRANSMISOR: 3 A. ESTACIÓN TENAY, EN EL KM 0+000														
4	INICIO: SE INICIA EN LA MALLA DE LA ESTACIÓN TENAY														
5	S	ABSCIS A	mA	PROFUN D. (m)	COMENT ARIOS	ALTURA	LATITUD	LONGITUD			Tramo	Long Tramo	Delta I <sub>ch</sub>	Severidad	Modulo K
6											T <sub>c</sub>	mts.	mA	mA/T	mA/Km
7															
8	1	0	2120	66											
9	2	100	2520	64							400	1300	51,5873	128,9683	
10	3	200	2380	63											
11	4	300	2180	62											
12	5	400	1340	63											
13	6	500	1220	60							700	180	14,7541	21,07728	
14	7	600	1160	62											
15	8	700	1180	61											
16	9	800	1140	61											
17	10	900	1130	62											
18	11	1000	1090	58											
19	12	1100	1060	60											
20	13	1200	1040	59							200	241	23,17308	115,8654	
21	14	1300	1080	58											
22	15	1400	799	58											
23	16	1500	869	59							1000	125	14,38435	14,38435	
24	17	1600	812	58											
25	18	1700	827	57											
26	19	1800	815	54											
27	20	1900	760	128											
28	21	2000	789	58											
29	22	2100	761	117											
30	23	2200	748	49											
31	24	2300	816	111											
32	25	2400	764	87											
33	26	2500	744	76							300	285	38,30645	127,6882	
34	27	2600	667	91											
35	28	2700	545	76											
36	29	2800	459	88											
37	30	2900	523	66							2300	82	15,67878	6,816859	
38	31	3000	513	71											
39	32	3110	525	77											
40	33	3220	549	74											
41	34	3330	538	79											
42	35	3440	513	81											
43	36	3550	450	84											
44	37	3660	420	85											
45	38	3770	454	89											
46	39	3880	421	91											
47	40	3990	451	92											
48	41	4100	437	73											
49	42	4210	410	74											
50	43	4320	410	71											
51	44	4430	431	77											
52	45	4540	421	69											
53	46	4650	426	87											
54	47	4760	439	103											
55	48	4870	434	97											
56	49	4980	413	89											
57	50	5090	413	76											
58	51	5200	441	87											

Figura 14. Formato de reporte equipo PCM

## 4.5 SOFTWARE AFORO DE TANQUES



**Figura 15. Tanques horizontales de almacenamiento de crudo**

Con la exponencial subida del valor de barril de petróleo, el petróleo se ha convertido en la actividad más productiva de la región y del país. Debido a esto las empresas colombianas deben hacer más exactos y confiables sus procesos. El aforo de tanques no es la excepción, siendo ATP INGENIERIA LTDA una de las pocas empresas que se dedican a esta actividad y esta se ha convertido en una de las actividades más realizadas por la empresa recientemente. Esta actividad está produciendo dividendos significativos para la compañía y es por esta razón que esta parte de la pasantía se convirtió en el objetivo más importante para ellos. La empresa ha venido teniendo ciertos inconvenientes con el software adquirido hace algunos meses, pues este no realiza correcciones necesarias para una tabla de aforo exacta tales como inclinación y temperatura; además, el hecho de depender de un tercero que les proporcione el software necesario para completar la tarea de la calibración de tanques hace que la empresa gaste dinero por motivos de instalación, licencia y mantenimiento del software proporcionado anualmente.

Para el diseño del software de aforo de tanques se hizo necesario estudiar a fondo el estándar API 2551 diseñada por el instituto americano del petróleo.

Dicho estándar especifica los cálculos que deberán ser realizados para realizar el cálculo del volumen total almacenado en el tanque, además de la generación de la tabla de aforo pertinente.

Dependiendo del tipo de cabeza con el que cuente el tanque, se variaran los cálculos.

Los tipos de cabezas más comunes son:

- Esféricas
- Elipsoidales
- Cónicas
- Planas

Los espesores de los tanques, al igual que las cabezas juegan un papel importante, pues dependiendo de este también variara el volumen del tanque.

El panel frontal del software diseñado para el aforo de tanques horizontales se muestra en la figura 16.

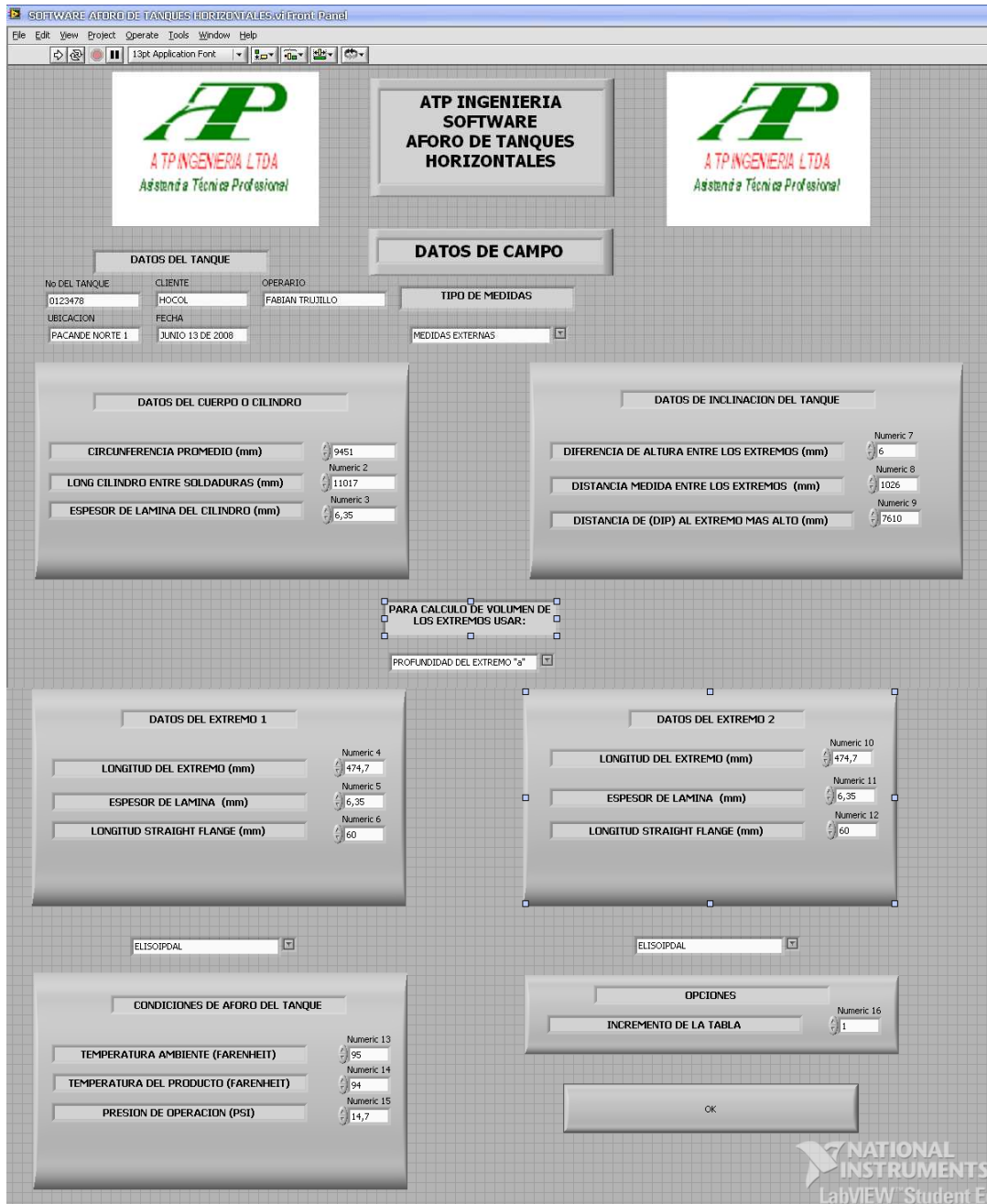


Figura 16. Panel frontal del software de aforos de tanques horizontales







### 4.5.3 TABLA DE RESULTADOS

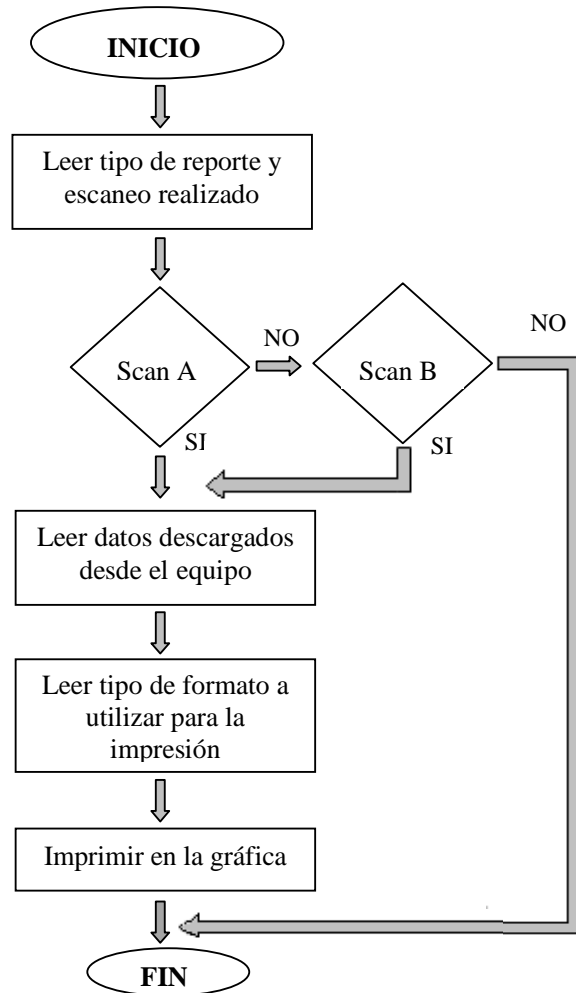
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1											
2	VALORES PARCIALES					VALORES CORREGIDOS					
3	ALTURA (cms)	VOLUMEN (galones)	VOLUMEN (barriles)			ALTURA(CMS)	VOLUMEN (galones)	VOLUMEN(barriles)			
4	0	0	0			0	0	0			
5	1	6,876990637	0,163737872			1	167,083757	3,978184691			
6	2	19,35699907	0,46088093			2	263,3562022	6,270385767			
7	3	35,51229292	0,845530784			3	387,4553376	9,225127086			
8	4	54,74768293	1,30351626			4	541,0269604	12,8815943			
9	5	76,50267287	1,821492211			5	722,9482069	17,21305255			
10	6	100,5755048	2,394654876			6	927,1787637	22,07568485			
11	7	126,7695061	3,018321574			7	1150,683922	27,39723624			
12	8	154,8515785	3,686942344			8	1391,651714	33,13456461			
13	9	184,7642389	4,399148545			9	1649,334946	39,26987968			
14	10	216,3616024	5,151466724			10	1921,959646	45,76094395			
15	11	249,5605127	5,941916968			11	2207,986358	52,57110377			
16	12	284,2847654	6,768684891			12	2507,201876	59,69528276			
17	13	320,4686756	7,630206563			13	2818,943721	67,11770764			
18	14	358,0530048	8,525071543			14	3142,775729	74,82799356			
19	15	396,9180902	9,450430719			15	3478,929651	82,83165836			
20	16	437,1490768	10,40831135			16	3826,154381	91,09891383			
21	17	478,5518511	11,39409169			17	4183,181769	99,59956592			
22	18	520,0232372	12,428714851			18	4550,42241	108,3433907			
23	19	561,4814812	13,520955908			19	4927,537792	117,3223284			
24	20	603,9008148	14,6781305			20	5314,340373	126,5319136			
25	21	647,390003	15,930238167			21	5711,412628	135,9860149			
26	22	692,94683679	17,28305638			22	6117,519277	145,6552209			
27	23	739,56902971	18,740592979			23	6531,422041	155,5100486			
28	24	788,2125737784	20,306128044			24	6953,831412	165,5674146			
29	25	838,01186175	21,8790147			25	7384,5191	175,8218833			
30	26	888,2483076359	23,57208657			26	7823,424461	186,272011			
31	27	939,0271410277	25,39650066			27	8271,31578	196,93609			
32	28	990,366179694	27,3423737			28	8726,919792	207,7838046			
33	29	1042,67286138	29,3906223			29	9188,59662	218,7847539			
34	30	1095,74596296	31,54665785			30	9658,327086	229,9601687			
35	31	1149,88254609	33,80596812			31	10134,87656	241,3065948			
36	32	1205,08011141	36,1682859795			32	10618,61756	252,6242277			
37	33	1262,39323479	38,64648447			33	11110,41462	264,5336813			
38	34	1320,65942259	41,261891014			34	11608,97404	276,4041439			
39	35	1380,03963444	44,0262725			35	12112,92556	288,4029895			
40	36	1440,47951711	46,9655169			36	12623,34604	300,555858			
41	37	1502,97902215	50,016617194			37	13140,11138	312,8597947			
42	38	1567,53639299	53,27056976			38	13663,27834	325,316151			



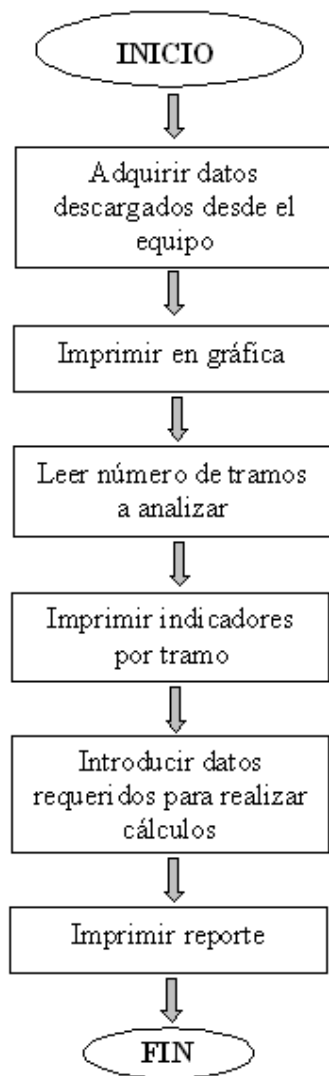
Figura 19. Tabla de Aforo



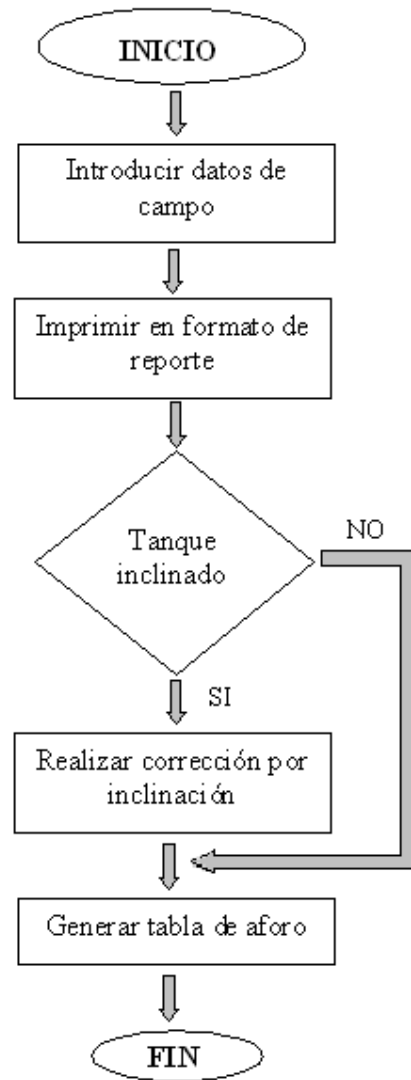
## 4.6 DIAGRAMAS DE FLUJO



**Figura 20. Diagrama de Flujo del Software Panametrics Scan A y B**



**Figura 22. Diagrama de flujo del software PCM**



**Figura 21. Diagrama de flujo del software de Aforos**

## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

Con la realización de este proyecto se logró explotar al máximo el potencial que poseen algunos equipos con los que cuentan la empresa ATP Ingeniería LTDA, para realizar inspección metalmecánica y de recubrimiento para tanques y líneas.

Con la aplicación del software diseñado será posible que la empresa cuente con un software capaz de acelerar los procesos de inspección de líneas, además de su propio software de calibración de tanques horizontales.

### 5.1 ESTADO PASADO DEL PROCESO (PANAMETRICS 37-DL PLUS)

#### 5.1.1 RECOLECCION DE DATOS

La recolección de datos se realiza de forma manual durante las salidas de campo realizadas por la compañía. Errores humanos durante la recolección de datos eran factibles de presentarse debido a agotamiento, entre otros factores.

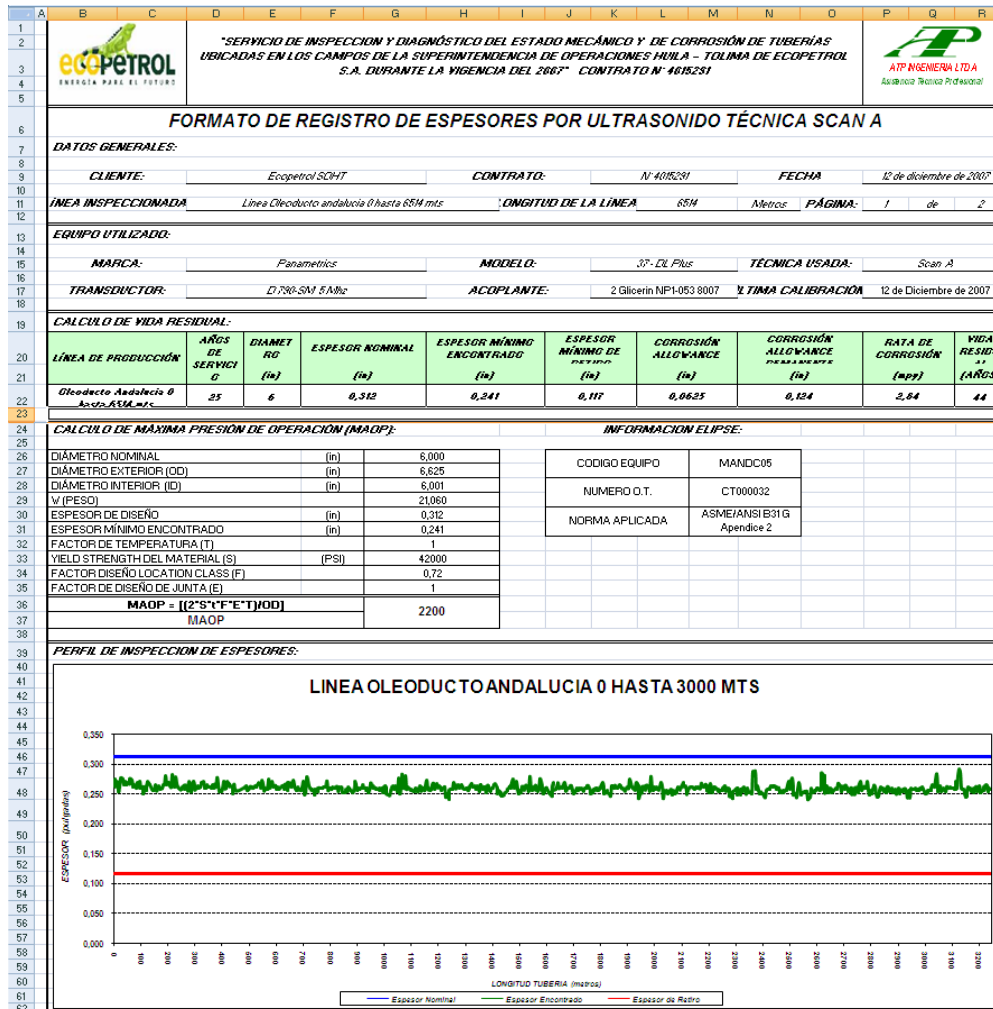


Figura 23. Panel principal Excel

## 5.1.2 ANALISIS E INSERCIÓN DE DATOS



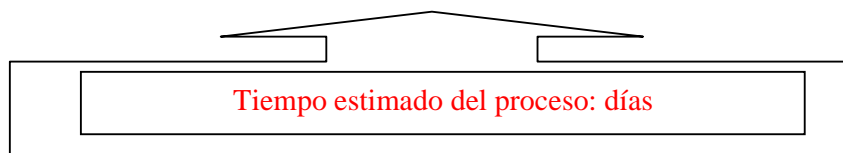
T		U		V		W		X		Y		Z		AA		AB		AC		AD		AE		AF		AG		AH		AI		AJ		AK		AL		AM					
										<p align="center"><b>"SERVICIO DE INSPECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO MECÁNICO Y DE CORROSIÓN DE TUBERÍAS UBICADAS EN LOS CAMPOS DE LA SUPERINTENDENCIA DE OPERACIONES HUIA - TOLIMA DE ECOPETROL S.A. DURANTE LA VIGENCIA DEL 2007" CONTRATO N° 4015291</b></p>																																	
<b>FORMATO DE REGISTRO DE ESPESORES POR ULTRASONIDO TÉCNICA SCAN A</b>																																											
<b>DATOS GENERALES:</b>																																											
<b>CLIENTE:</b> Ecopetrol SCHT												<b>CONTRATO:</b> N° 4015291												<b>FECHA:</b> 12 de diciembre de 2007																			
<b>LÍNEA INSPECCIONADA:</b> Línea Oleoducto andaluza 0 hasta 65H mts												<b>LONGITUD DE LA LÍNEA:</b> 65H						<b>Metros:</b>						<b>PÁGINA:</b> 2 de 2																			
<b>EQUIPOS UTILIZADOS:</b>																																											
<b>MARCA:</b> Panametrics												<b>MODELO:</b> 37-DL Plus						<b>TÉCNICA USADA:</b> Scan A						<b>TRANSDUCTOR:</b> D790-SM 5 Mhz						<b>COPLANTE:</b> 2 Glicerol NP1-053 8007													
<b>MARCA:</b> Thales												<b>MODELO:</b>						<b>TÉCNICA USADA:</b> Satelital						<b>PRECISIÓN:</b> Tiempo Real menos de 3m						<b>CANALES:</b> 12													
<b>REGISTRO DE ESPESORES SCAN A Y POSICIÓN GPS:</b>																																											
ABSCISA	ESPESORES (in)					ESPESOR MÍNIMO REGISTRADO	UBICACIÓN GPS			ABSCISA	ESPESORES (in)					ESPESOR MÍNIMO REGISTRADO	UBICACIÓN GPS																										
	PERFIL DE LA TUBERÍA						POSICIÓN GEODÉSICA				PERFIL DE LA TUBERÍA						POSICIÓN GEODÉSICA																										
	N° TUBO	0°	155°	180°	255°		N	E	ALTURA (m)		N° TUBO	0°	155°	180°	255°		N	E	ALTURA (m)																								
0+001	0.263	0.273	0.273	0.270	0.265				0+147	0.259	0.259	0.279	0.256	0.258																													
0+003			0.274		0.274				0+152			0.265		0.265																													
0+005	0.263	0.273	0.267	0.264	0.263				0+158	0.259	0.277	0.255	0.259	0.255																													
0+007	0.272	0.273	0.264	0.264	0.264				0+160	0.266	0.261	0.263	0.266	0.261																													
0+012			0.270		0.270				0+165			0.263		0.263																													
0+016	0.254	0.266	0.267	0.260	0.254				0+169	0.262	0.267	0.266	0.256	0.259																													
0+020	0.275	0.264	0.262	0.271	0.262				0+172	0.260	0.267	0.261	0.259	0.259																													
0+025			0.276		0.276				0+178			0.259		0.259																													
0+031	0.276	0.274	0.276	0.276	0.274				0+183	0.268	0.265	0.266	0.269	0.265																													
0+033	0.277	0.274	0.271	0.273	0.271				0+185	0.269	0.266	0.265	0.266	0.265																													
0+036			0.266		0.266				0+191			0.260		0.260																													
0+043	0.291	0.271	0.270	0.275	0.270				0+196	0.266	0.276	0.275	0.266	0.266																													
0+045	0.273	0.270	0.270	0.265	0.265				0+198	0.269	0.272	0.266	0.272	0.269																													
0+051			0.269		0.269				0+203			0.269		0.269																													
0+056	0.272	0.271	0.267	0.271	0.267				0+209	0.264	0.277	0.277	0.265	0.264																													
0+058	0.275	0.267	0.277	0.276	0.275				0+211	0.261	0.269	0.262	0.266	0.261																													
0+064			0.272		0.272				0+216			0.262		0.262																													
0+069	0.274	0.279	0.264	0.276	0.264				0+222	0.269	0.262	0.266	0.267	0.263																													
0+071	0.261	0.277	0.264	0.267	0.261				0+224	0.262	0.269	0.272	0.275	0.262																													
0+076			0.266		0.266				0+229			0.278		0.278																													
0+082	0.270	0.264	0.260	0.270	0.260				0+233	0.270	0.267	0.272	0.266	0.267																													
0+084	0.265	0.263	0.273	0.272	0.263				0+235	0.262	0.262	0.265	0.261	0.261																													
0+085			0.269		0.269				0+240			0.259		0.259																													
0+089	0.271	0.264	0.264	0.267	0.264				0+245	0.261	0.262	0.258	0.257	0.257																													
0+091			0.263		0.263				0+248	0.267	0.266	0.257	0.271	0.257																													
0+093	0.271	0.269	0.260	0.268	0.260				0+254			0.261		0.261																													
0+095	0.270	0.273	0.275	0.260	0.270				0+259	0.266	0.264	0.266	0.261	0.264																													
0+101			0.269		0.269				0+261	0.258	0.261	0.267	0.267	0.258																													
0+106	0.262	0.272	0.275	0.267	0.262				0+266			0.264		0.264																													
0+108	0.257	0.250	0.256	0.256	0.250				0+272	0.255	0.255	0.270	0.265	0.255																													
0+114			0.262		0.262				0+274	0.278	0.261	0.266	0.267	0.261																													
0+118	0.253	0.265	0.257	0.270	0.255				0+278	0.263	0.271	0.261	0.254	0.254																													
0+121	0.267	0.266	0.262	0.270	0.262				0+284	0.266	0.266	0.266	0.264	0.264																													
0+126			0.270		0.270				0+286			0.270		0.270																													
0+132	0.273	0.266	0.274	0.269	0.266				0+292	0.269	0.271	0.271	0.264	0.264																													
0+134	0.274	0.270	0.262	0.265	0.265				0+299	0.262	0.257	0.270	0.265	0.257																													
0+139			0.258		0.258				0+305			0.262		0.262																													
0+145	0.256	0.263	0.264	0.261	0.256				0+310	0.263	0.271	0.269	0.266	0.263																													
<b>INSPECTOR ULTRASONIDO NIVEL II</b> TEC. FABIAN RICARDO TRUJILLO ATP INGENIERÍA LTDA.												<b>COORDINADOR DEL CONTRATO</b> ING. OCTAVIO PÉREZ MORALES ATP INGENIERÍA LTDA.						<b>INTERVENTOR CONTRATO</b> ING. CAMILO TORRES RUIZ CONSORCIO E.T.S.A.-CONCOL																									

Figura 24. Datos obtenidos en campo (Panametrics 37- DL PLUS)

La inserción de datos se realiza digitando los valores obtenidos durante la salida de campo, proceso que no solo está sujeto a errores de digitación, sino también a un tiempo significativamente largo para la terminación del reporte.

## 5.1.3 SOFTWARE DE PROCESAMIENTO UTILIZADO

Microsoft Excel, como única herramienta en el procesamiento y presentación del reporte.



## 5.2 ESTADO ACTUAL DEL PROCESO (PANAMETRICS 37-DL PLUS)

### 5.2.1 RECOLECCION DE DATOS

La recolección de datos se realiza utilizando almacenamiento digital, herramienta presente en el equipo o bien utilizando un DATA-LOGGER, equipo que puede almacenar hasta 60.000 datos, dependiendo del tamaño de la memoria que posea. Dicho procedimiento disminuye los errores humanos significativamente.

The screenshot displays the 'Front Panel' of the Panametrics Scan A software. It features a menu bar (File, Edit, View, Project, Operate, Tools, Window, Help) and a toolbar. The main interface is divided into several sections:

- Logos:** 'ecopETROL' (ENERGIA PARA EL FUTURO), 'ATP INGENIERIA DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EQUIPOS DE INSPECCION', and 'ATP INGENIERIA LTDA. Asesoría Técnica Profesional'.
- Client and Contract Info:**
  - CLIENTE: ECOPETROL
  - CONTRATO No.: 019283747
  - FECHA: 24 DE JULIO DE 2008
  - LINEA INSPECCIONADA: ANDALUCIA
  - LONGITUD DE LA LINEA (mts): 3000
- Equipment Selection:**
  - PORFAVOR SELECCIONE EL EQUIPO UTILIZADO: 1. PANAMETRICS, 3. PCM, 4. CIPS
  - EQUIPO UTILIZADO: PANAMETRICS SCAN A
- DATOS GPS:**
  - MARCA GPS: TRIMBLE
  - TECNICA USADA: TECNICA 1
  - CANALES: 12
  - MODELO GPS: 12-GP1
  - PRECISION: BAJA
- Transducer and Calibration:**
  - MARCA: PANAMETRICS
  - MODELO: 37-DL PLUS
  - TECNICA UTILIZADA: SCAN A
  - TRANSDUCTOR: TIPO 1
  - ACOPLANTE: GLICERIN 14
  - ULTIMA CALIBRACION: 1 DE JULIO DE 2008
- Data Entry Section:**
  - PORFAVOR INTRODUZA LOS DATOS REQUERIDOS
  - PRENSION DE OPERACION: 500
  - FACTOR CORRECCION ALLOWANCE PARA SCAN A O TOLERANCIA A EN SCAN B: 16
  - AÑOS DE SERVICIO: 25
  - DIAMETRO NOMINAL (IN): 6
  - DIAMETRO EXTERIOR (OD) (IN): 6,625
  - DIAMETRO INTERIOR (ID) (IN): 5,001
  - UNIPESO: 21,06
  - ESPESOR DE DISEÑO (IN): 0,312
  - MACP: 2200,1
  - NUMERO DE TUBOS: 87
  - TIPO DE REPORTE: FORMATO1
- Summary Table:**

LINEA DE PRODUCCION	AÑOS DE SERVICIO	DIAMETRO (IN)	ESPESOR NOMINAL ENCONTRADO (IN)	ESPESOR MINIMO ENCONTRADO (IN)	ESPESOR MINIMO DE RETIRO (IN)	CORROSION ALLOWANCE (IN)	CORROSION ALLOWANCE REMANENTE (IN)	RATA DE CORROSION (MPY)	VIDA RESIDUAL (AÑOS)
OLEODUCTO ANDALUCIA	25	6	0,312	0,241	0,11727	0,0625	0,12373	2,84	43,5668
- PERFIL DE INSPECCION DE ESPESORES:** A graph showing Amplitude vs. Time. The y-axis ranges from 0,100 to 0,350. The x-axis ranges from 0,0 to 3400,0. A legend indicates:
  - ESPESOR ENCONTRADO (black line)
  - ESPESOR NOMINAL (blue line)
  - ESPESOR DE RETIRO (green line)
- Inspector and Contractor Info:**
  - INSPECTOR ULTRASONIDO NIVEL II
  - COORDINADOR DEL CONTRATO
  - INTERVENTOR CONTRATO

Figura 25. Panel frontal del Software Panametrics Scan Ay B

## 5.2.2 ANALISIS E INSERCIÓN DE DATOS

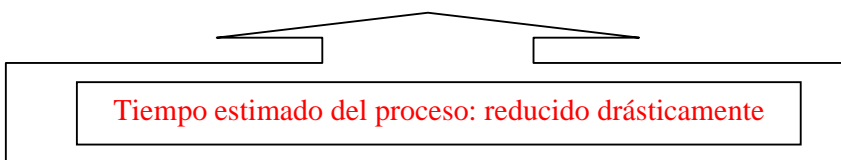
La graficación de los datos obtenidos en campo se realiza de forma automática una vez se hallan descargado desde el equipo de almacenamiento en memoria. Labview se encarga de organizar la información en el reporte de forma automática, proceso que hace que el reporte esté libre de errores por digitación y disminuya el tiempo de presentación del mismo de forma significativa. El proceso de inserción de datos se repetirá y creará nuevas hojas de reporte tantas veces como la cantidad de datos lo exija.

ESPEORES (µ)		UBICACIÓN GPS			ESPEORES (µ)		UBICACIÓN GPS												
ABSCISA	PERFIL DE LA TUBERÍA					ESPEOR MÍNIMO REGISTRADO	POSICIÓN GEODÉSICA			ABSCISA	PERFIL DE LA TUBERÍA					ESPEOR MÍNIMO REGISTRADO	POSICIÓN GEODÉSICA		
	N° TUBO	0"	155"	180"	255"		N	E	ALTURA (m)		N° TUBO	0"	155"	180"	255"		N	E	ALTURA (m)
0-001	0.265	0.270	0.270	0.270	0.265	0.265			0-047	0.259	0.258	0.270	0.258	0.258					
0-003			0.274		0.274	0.274			0-052			0.268	0.268	0.268	0.268				
0-005	0.265	0.270	0.267	0.264	0.263	0.263			0-056	0.259	0.257	0.255	0.259	0.255					
0-007	0.272	0.270	0.264	0.264	0.270	0.270			0-060	0.266	0.261	0.265	0.264	0.261					
0-012					0.270	0.270			0-065			0.265		0.265					
0-018	0.254	0.266	0.267	0.260	0.254	0.254			0-070	0.262	0.267	0.266	0.250	0.258					
0-020	0.275	0.264	0.264	0.271	0.262	0.262			0-072	0.260	0.267	0.261	0.259	0.259					
0-023			0.276		0.276	0.276			0-076			0.259		0.259					
0-021	0.276	0.274	0.276	0.276	0.274	0.274			0-083	0.268	0.265	0.268	0.269	0.265					
0-023	0.277	0.274	0.271	0.275	0.271	0.271			0-085	0.269	0.266	0.265	0.266	0.265					
0-028					0.266	0.266			0-091			0.260		0.260					
0-043	0.281	0.271	0.270	0.275	0.270	0.270			0-096	0.264	0.276	0.278	0.260	0.266					
0-045	0.270	0.270	0.270	0.265	0.265	0.265			0-098	0.269	0.270	0.266	0.270	0.269					
0-051					0.269	0.269			0-093			0.269		0.269					
0-056	0.272	0.271	0.267	0.271	0.261	0.261			0-099	0.264	0.277	0.277	0.265	0.264					
0-058	0.275	0.267	0.277	0.276	0.275	0.275			0-111	0.261	0.269	0.262	0.268	0.261					
0-064			0.272		0.272	0.272			0-116			0.262		0.262					
0-069	0.274	0.270	0.264	0.276	0.264	0.264			0-122	0.269	0.262	0.266	0.267	0.262					
0-071	0.261	0.277	0.264	0.267	0.261	0.261			0-124	0.262	0.269	0.272	0.270	0.262					
0-076			0.266		0.266	0.266			0-129			0.276		0.276					
0-082	0.270	0.264	0.260	0.270	0.260	0.260			0-132	0.270	0.267	0.272	0.260	0.267					
0-084	0.265	0.265	0.272	0.272	0.265	0.265			0-135	0.262	0.262	0.265	0.267	0.261					
0-085					0.269	0.269			0-140			0.269		0.269					
0-089	0.271	0.264	0.264	0.267	0.264	0.264			0-148	0.267	0.266	0.267	0.271	0.257					
0-091					0.263	0.263			0-154			0.261		0.261					
0-093	0.271	0.260	0.260	0.266	0.260	0.260			0-159	0.266	0.264	0.260	0.261	0.264					
0-095	0.270	0.270	0.272	0.260	0.270	0.270			0-161	0.259	0.261	0.267	0.267	0.256					
0-097					0.260	0.260			0-166			0.264		0.264					
0-098	0.262	0.272	0.277	0.267	0.262	0.262			0-172	0.255	0.255	0.270	0.265	0.255					
0-098	0.257	0.250	0.256	0.256	0.250	0.250			0-174	0.276	0.261	0.266	0.267	0.261					
0-104					0.262	0.262			0-179			0.270		0.270					
0-108	0.255	0.265	0.257	0.270	0.255	0.255			0-184	0.265	0.271	0.261	0.254	0.254					
0-101	0.267	0.266	0.262	0.270	0.262	0.262			0-186	0.260	0.260	0.266	0.264	0.264					
0-106					0.270	0.270			0-192			0.270		0.270					
0-102	0.272	0.266	0.274	0.269	0.266	0.266			0-197	0.269	0.271	0.277	0.264	0.264					
0-104	0.274	0.270	0.262	0.267	0.265	0.265			0-198	0.264	0.257	0.270	0.265	0.257					
0-102					0.255	0.255			0-205			0.261		0.262					
0-105	0.256	0.265	0.264	0.261	0.256	0.256			0-200	0.265	0.271	0.265	0.266	0.265					

Figura 25. Datos obtenidos en campo (Panametrics 37- DL PLUS)

## 5.2.3 SOFTWARE DE PROCESAMIENTO UTILIZADO

Labview como software de adquisición y procesamiento de datos, acompañado de Excel.



### 5.3 ESTADO PASADO DEL PROCESO (PCM)

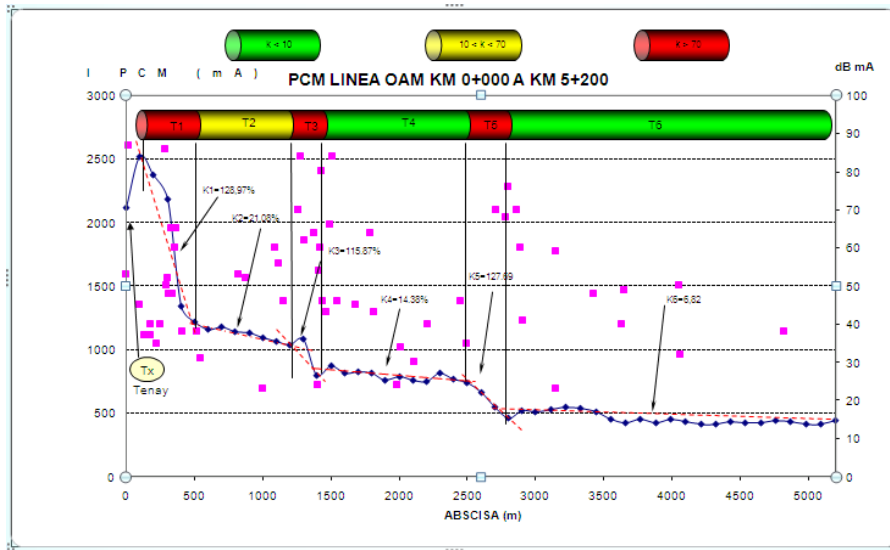


Figura 26. Panel frontal PCM (pasado)

#### 5.3.1 RECOLECCION DE DATOS

La recolección de datos se realiza de forma manual durante las salidas de campo realizadas por la compañía. Errores humanos durante la recolección de datos eran factibles de presentarse debido a agotamiento, entre otros aspectos.

#### 5.3.2 ANALISIS E INSERCIÓN DE DATOS

La inserción de datos se realiza digitando los valores obtenidos durante la salida de campo, proceso que no solo está sujeto a errores de digitación, sino también a un tiempo significativamente largo para la terminación del reporte. Graficación compleja.

#	ABSCISA A	mA	PROFUNDI	COMENTARI	ALTURA	LATITUD	LONGITUD	Tramo	Long Tramo	Delta I <sub>PCM</sub>	Severidad	Modulo K
			ml	DS				T <sub>1</sub>	mts.	mA	mAUT	mA/Km
1	0	2120			447.584	3 04 37.113363197 N	75 17 57.184883232 D					
2	100	2520			451.098	3 04 37.146109500 N	75 17 57.285032320 D	T <sub>1</sub>	400	1300	51.58%	128.87%
3	200	2390			447.420	3 04 38.163395291 N	75 17 57.712099200 D					
4	300	2180			444.687	3 04 41.434148582 N	75 17 56.924964150 D					
5	400	1340			444.618	3 04 44.688628707 N	75 17 56.131072228 D					
6	500	1220			435.768	3 04 47.344644414 N	75 17 55.094838859 D	T <sub>1</sub>	700	180	14.75%	21.08%
7	600	1160			437.279	3 04 51.402637798 N	75 17 54.842687191 D					
8	700	1190			442.740	3 04 54.625697798 N	75 17 54.235224138 D					
9	800	1140			443.957	3 04 58.140036887 N	75 17 53.959302785 D					
10	900	1130			445.330	3 05 01.583018226 N	75 17 53.891735084 D					
11	1000	1090	2.20		448.717	3 05 03.348477389 N	75 17 51.084395337 D					
12	1100	1060	1.04		451.304	3 05 06.405667385 N	75 17 48.116317157 D					
13	1200	1040	1.81		448.550	3 05 08.397220409 N	75 17 45.742157505 D	T <sub>1</sub>	200	241	23.07%	115.87%
14	1300	1060	2.34		442.463	3 05 11.546648569 N	75 17 43.335822028 D					
15	1400	799	1.94		438.293	3 05 13.376732898 N	75 17 41.204035304 D					
16	1500	859	1.70		433.487	3 05 16.442824854 N	75 17 38.959508634 D	T <sub>1</sub>	1000	125	14.38%	14.38%
17	1600	812	1.75		441.393	3 05 20.091496705 N	75 17 35.650058878 D					
18	1700	827	1.79		445.971	3 05 23.060869749 N	75 17 34.073842031 D					
19	1800	815	3.09		449.769	3 05 26.185227260 N	75 17 33.068104445 D					
20	1900	760	1.82		450.347	3 05 29.493912849 N	75 17 31.889476230 D					
21	2000	789	2.27		444.969	3 05 32.93777995 N	75 17 30.987494817 D					
22	2100	761	2.28		444.500	3 05 35.827461807 N	75 17 28.923123899 D					
23	2200	748	1.35		443.003	3 05 39.045583475 N	75 17 28.872172397 D					
24	2300	816	3.51		437.361	3 05 42.778064411 N	75 17 28.241070421 D					
25	2400	764	1.67		439.267	3 05 46.112253938 N	75 17 27.622767547 D					
26	2500	744	1.94		434.792	3 05 49.542593848 N	75 17 26.387102945 D	T <sub>1</sub>	300	285	38.31%	127.69%
27	2600	667	1.75		442.319	3 05 53.044569571 N	75 17 26.31125556 D					
28	2700	545	1.82		438.076	3 05 56.855248230 N	75 17 25.06104916 D					

Figura 27. Datos obtenidos en campo (PCM)

## 5.4 ESTADO ACTUAL DEL PROCESO (PCM)

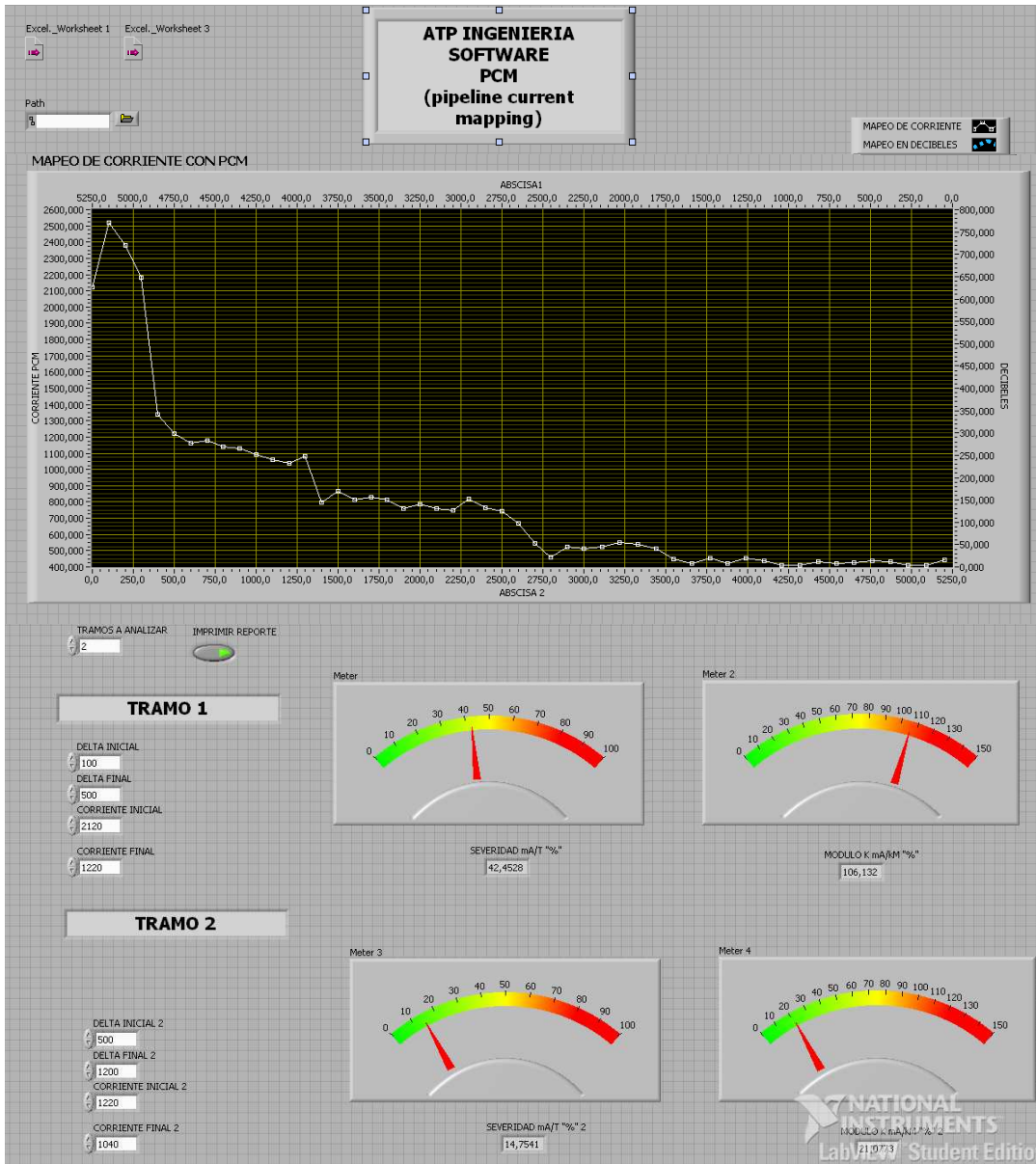


Figura 28. Panel frontal del Software PCM

### 5.4.1 RECOLECCION DE DATOS

Ayudas graficas permitirán identificar inmediatamente daños en el tubo, además de su grado de severidad. la recolección de datos se realiza utilizando almacenamiento digital, herramienta presente en el equipo o bien utilizando un DATA-LOGGER, equipo que puede almacenar hasta 60.000 datos, dependiendo del tamaño de la memoria que posea. Dicho procedimiento disminuye los errores humanos significativamente.



## 5.4.2 ANALISIS E INSERCIÓN DE DATOS

La graficación de los datos obtenidos en campo se realiza de forma automática una vez se hallan descargado desde el equipo de almacenamiento en memoria. Labview se encarga de organizar la información en el reporte de forma automática, proceso que hace que el reporte esté libre de errores por digitación y disminuya el tiempo de presentación del mismo de forma significativa.

## 5.5 SOFTWARE AFORO TANQUES ESTADO PASADO Y ACTUAL

SOFTWARE AFORO DE TANQUES HORIZONTALES.vi Front Panel

File Edit View Project Operate Tools Window Help

13pt Application Font

**ATP INGENIERIA SOFTWARE AFORO DE TANQUES HORIZONTALES**

**ATP INGENIERIA LTDA**  
Asistencia Técnica Profesional

**DATOS DEL TANQUE**

No. DEL TANQUE: 0123478 CLIENTE: HOCOL OPERARIO: FABIAN TRUJILLO

UBICACION: PACANDE NORTE 1 FECHA: JUNIO 13 DE 2008

**DATOS DE CAMPO**

TIPO DE MEDIDAS: MEDIDAS EXTERNAS

**DATOS DEL CUERPO O CILINDRO**

CIRCUNFERENCIA PROMEDIO (mm): 9451

LONG CILINDRO ENTRE SOLDADURAS (mm): 11017

ESPESOR DE LAMINA DEL CILINDRO (mm): 6,35

**DATOS DE INCLINACION DEL TANQUE**

DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LOS EXTREMOS (mm): 6

DISTANCIA MEDIDA ENTRE LOS EXTREMOS (mm): 1026

DISTANCIA DE (DIP) AL EXTREMO MAS ALTO (mm): 7610

PARA CALCULO DE VOLUMEN DE LOS EXTREMOS USAR:

PROFUNDIDAD DEL EXTREMO "2":

**DATOS DEL EXTREMO 1**

LONGITUD DEL EXTREMO (mm): 474,7

ESPESOR DE LAMINA (mm): 6,35

LONGITUD STRAIGHT FLANGE (mm): 60

**DATOS DEL EXTREMO 2**

LONGITUD DEL EXTREMO (mm): 474,7

ESPESOR DE LAMINA (mm): 6,35

LONGITUD STRAIGHT FLANGE (mm): 60

ELISOIPDAL

**CONDICIONES DE AFORO DEL TANQUE**

TEMPERATURA AMBIENTE (FARENHIT): 55

TEMPERATURA DEL PRODUCTO (FARENHIT): 94

PRESION DE OPERACION (PSI): 14,7

**OPCIONES**

INCREMENTO DE LA TABLA: 1

OK

NATIONAL INSTRUMENTS  
LabVIEW Student Edition

Figura 29. Panel frontal del software de aforos de tanques horizontales

El software utilizado para la calibración de tanques horizontales posee las mismas características que el anteriormente utilizado por la compañía, la ventaja yace en el hecho que este software será propio de la compañía a diferencia del anterior que era proporcionado por otra empresa a la cual se le tenía que reconocer anualmente dinero por renovación del licencia y mantenimiento del software.

### **AHORRO ESTIMATIVO**

La empresa espera ahorrar un valor significativo de dinero, pues anualmente en gastos de mantenimiento, reinstalación del software de aforo y licencia, gastaba un valor considerable. No solo esto, con el software de reportes espera ahorrar el dinero que se le pagaba a los digitadores por el tiempo que les tomaba transcribir los datos tomados en campo para ser plasmados en Excel.

La aceleración de dichos procesos convertirá a ATP Ingeniería LTDA en una empresa de mayor prestigio, lo que contribuirá a la obtención de más contratos, ya que se entregarán trabajos de gran calidad y confiabilidad en un menor tiempo.

## 6. CONCLUSIONES

- Se logro desarrollar un sistema de adquisición, procesamiento y evaluación de datos para la calibración de tanques y equipos de inspección de líneas de transporte de hidrocarburos: Panametrics y PCM optimizando los tiempos y reduciendo costos a la empresa.
- Se logro obtener conocimiento acerca del tipo de tecnología y técnicas utilizadas por la empresa, orientadas al servicio de integridad metalmecánica.
- Se desarrollo un software dirigido a la calibración de tanques horizontales bajo la norma correspondiente que representara un ahorro monetario significativo para la compañía en licencias y mantenimiento.
- Se conocieron las ventajas del lenguaje de programación grafico con respecto a los demás, mostrándose este como uno flexible capaz de incluir otros lenguajes como “C” y de fácil uso.
- Se conoció mucho más a fondo el potencial que tiene la herramienta de programación LabVIEW, siendo esta muy potente tanto para la programación como para adquisición de datos. Durante la carrera se manejo este software netamente como una herramienta de adquisición de datos e interfaz grafica, siendo esta este capaz de realizar cualquier tipo de tarea que realzarían otros lenguajes de programación.
- Se conoció la tecnología que las empresas prestadoras de servicio como ATP INGENIERIA LTDA. están utilizando para el mantenimiento y la inspección metalmecánica. En el caso de los equipos PANAMETRICS, el ultrasonido fue la base para la inspección de espesores, mientras que para el equipo PCM el análisis del transporte de corriente a lo largo de la tubería fue la base para la inspección.
- Se comprendió la capacidad que posee Labview para enlazarse y trabajar de la mano con otros programas como Matlab o Microsoft Excel que fue el utilizado en este caso, facilitando muchas tareas que tal vez Labview no pudo solucionar tan fácilmente como lo harían otros.
- la interfaz visual ofrecida por Labview se considero como una de las ventajas principales al momento de escoger el software para desarrollar el proyecto. No solo esto, la facilidad con la que permite enlazarse con otros programas fue decisivo para la decisión tomada.
- Se entendió la facilidad con la que labview permite realizar tareas, pues al ser un lenguaje de programación grafico, permite una mejor comprensión acerca de la manera como trabajan las herramientas que el software ofrece para realizar programación.
- Para lograr la lectura de datos por parte de Labview se hizo necesario almacenar los datos en Excel utilizando la extensión .CSV, extensión que permite identificar columnas

una a una mediante el delimitador “;” utilizado en labview, de otra forma, Labview no reconoce los datos almacenados en Excel.

- Se aprendió a manejar la herramienta de programación suministrada por Excel, herramienta que facilito la manipulación de datos suministrados por labview una vez insertados en los formatos establecidos por la empresa. Dicho código se presenta como lenguaje C con algunas variaciones en los términos utilizados al realizar la programación.

## BIBLIOGRAFÍA

Jose Rafael Lajara Vizcano, Jose Pelegri Sebastián. Labview Entorno gráfico de programación, 2007.

National Instruments, <http://forums.ni.com/ni/>.

American Petroleum Institute, Standard Method for Measurement and Calibration of Horizontal Tanks, API Standard 2551 , 1987.

ASM International (American Society for Materials). Corrosion 5<sup>a</sup> éd, vol. 13 de ASM Handbook.

Radiotection. Pipeline Current Mapper User Guide.

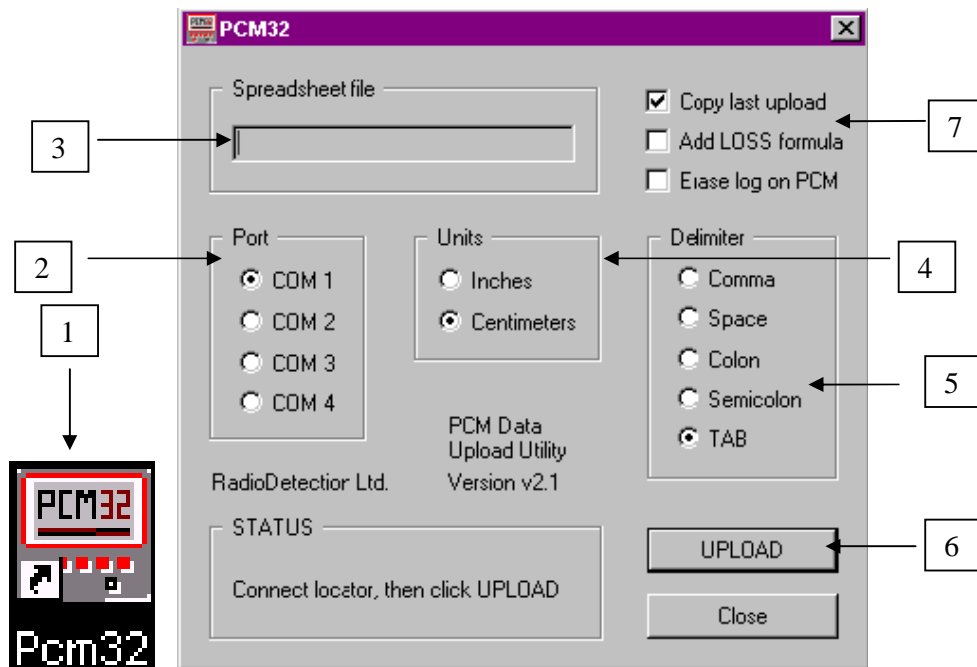
PCM Plus™ Pipeline Current Mapper by Radiodetection.  
<http://www.farwestcorrosion.com/fwst/instrum/pcm01.htm>.

# **ANEXOS**

# MANUAL DEL USUARIO SOFTWARE ATP INGENIERIA



## 1. DESCARGA DE DATOS (PCM)



1. SOFTWARE UTILIZADO PARA LA DESCARGA DE DATOS.
2. PUERTO SERIAL A UTILIZAR PARA REALIZAR LA CONEXIÓN ENTRE EL EQUIPO Y EL COMPUTADOR.
3. NOMBRE DEL ARCHIVO EN EL CUAL SE VAN A ALMACENAR LOS DATOS.
4. UNIDADES UTILIZADAS
5. DEPENDIENDO DE LA FORMA EN LA QUE SE VAYAN A DESCARGAR LOS DATOS SE ESCOGERA UNO U OTRO, POR EJEMPLO, SI LOS DATOS VA A SER DESCARGADOS A UN ARCHIVO DE EXCEL SE DEBE ESCOGER EL DELIMITADOR "TAB". POR OTRO LADO, SI LOS DATOS SE VAN A DESCARGAR LOTUS123, EL DELIMITADOR USADO DEBE SER "COMMA".
6. BOTON DE EJECUCION.



## 7. OPCIONES DE DESCARGA:

Copy last upload

ESTA OPCION PERMITE UNA DESCARGA SENCILLA EN MICROSOFT EXCEL. NOTA: SOLO FUNCIONARA CON MICROSOFT EXCEL.

Add LOSS formula

AL SELECCIONAR ESTA OPCION, UNA NUEVA COLUMNA SERA INCLUIDA, COLUMNA QUE CALCULARA LA PERDIDA EN DECIBELES "dB" POR KILOMETRO.

Erase log on PCM

AL SELECCIONAR ESTA OPCION, LA INFORMACION ALMACENADA EN EL PCM SERA BORRADA INMEDIATAMENTE DESPUES DELA DESCARGA DE LOS DATOS EN EL COMPUTADOR.

Microsoft Excel - SimulationGasPipelinedata

File Edit View Insert Format Tools Data Window

Arial 10 B I U

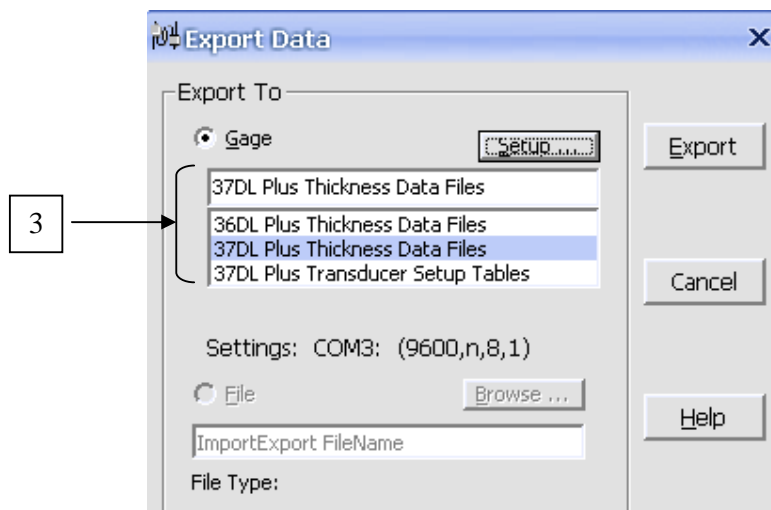
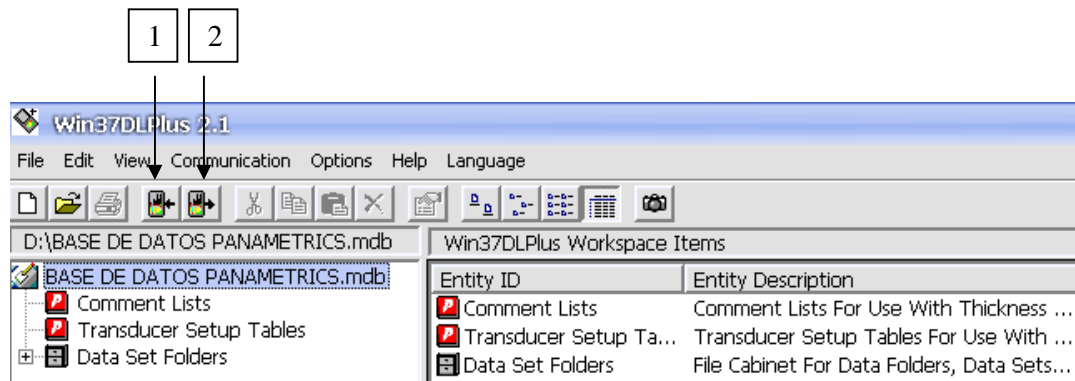
B7 = 0

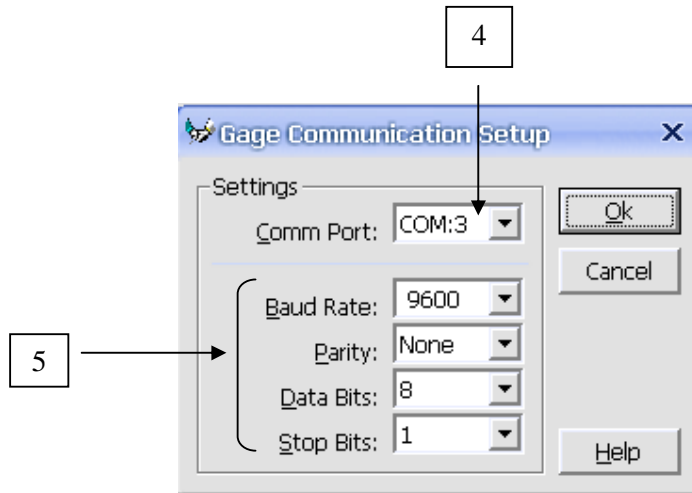
	A	B	C	D	E	F
1	PCM Receiver Datalog Upload File - September 7 '99 17:28:16					
2						
3	Log	Distance	4Hz	4Hz	Direction	Depth
4	Number		(mA)	(dBmA)		(cm)
5						
6						
7	1	0	293.3	49.35	Undefined	66
8	2	25	273.5	48.74	Reverse	64
9	3	50	265	48.46	Reverse	63
10	4	75	263.5	48.42	Reverse	62
11	5	100	260.1	48.3	Reverse	63
12	6	125	257.4	48.21	Reverse	60
13	7	150	257.3	48.21	Reverse	62
14	8	175	254.6	48.12	Reverse	61
15	9	200	253.8	48.09	Reverse	61
16	10	225	253.3	48.07	Reverse	62
17	11	250	249.2	47.93	Reverse	58

## 2. DESCARGA DE DATOS (PANAMETRICS)



### 2.1 PANEL FRONTAL





1. IMPORTAR DATOS: IMPORTA DATOS DEL PC AL EQUIPO.
2. EXPORTAR DATOS: EXPORTA DATOS DEL EQUIPO AL PC, UTILIZANDO MICROSOFT EXCE O EL BLOCK DE NOTAS COMO VISORES.
3. REFERENCIA DEL EQUIPO UTILIZADO EN LA INSPECCION.
4. PUERTO MEDIANTE EL CUAL SE REALIZARA LA COMUNICACIÓN ENTRE EL PC Y EL EQUIPO.
5. CONFIGURACION DE LA VELOCIDAD DE TRANSMICION, BITS DE PARIDAD, BITS DE PARADA.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3				Measurements Only						
4										
5										
6				PANAMETRICS Ultrasonic Thickness Gage						
7										
8	<b>File Name:</b>					MF1	<b>Survey Date:</b>			10/03/2008
9	<b>File Type:</b>				Sequential With Custom Points		<b>Erase Protection:</b>			ON
10	<b>File Mode:</b>	THK								
11	<b>File Description:</b>									
12	<b>Location Note:</b>									
13	<b>Inspector ID</b>	FRT								
14										
15										
16	<b>Data Point I</b>	<b>Thickness</b>	<b>Units</b>	<b>Flags</b>	<b>Setup</b>	<b>Comments</b>	<b>Date</b>	<b>Active</b>	<b>Modified</b>	
17	001A	0,29	IN	L-m-F	0002	----	23/11/2007	Yes	No	
18	001B	0,29	IN	L-m-F	0002	----	23/11/2007	Yes	No	
19	001C	0,29	IN	L-m-F	0002	----	23/11/2007	Yes	No	
20	001D	0,28	IN	L-m-F	0002	----	23/11/2007	Yes	No	
21	001E	0,29	IN	L-m-F	0002	----	23/11/2007	Yes	No	
22	001F	0,29	IN	L-m-F	0002	----	23/11/2007	Yes	No	
23	001G	0,29	IN	L-m-F	0002	----	23/11/2007	Yes	No	
24	001H	0,29	IN	L-m-F	0002	----	23/11/2007	Yes	No	

### 3. SOFTWARE EQUIPO PANAMETRICS

**ATP INGENIERIA DESARROLLO DE SOFTWARE PARA EQUIPOS DE INSPECCION**

**ATP INGENIERIA LTDA**  
Asesoría Técnica Profesional

**1** → CLIENTE: ECOPEETROL  
LINEA INSPECCIONADA: ANDALUCIA  
CONTRATO No.: 019283747  
FECHA: 24 DE JULIO DE 2008  
LONGITUD DE LA LINEA (mts): 3000

**2** → POR FAVOR SELECCIONE EL EQUIPO UTILIZADO:  
1. PANAMETRICS  
3. PCM  
4. CIPS  
EQUIPO UTILIZADO: PANAMETRICS SCAN A

**1** → MARCA: PANAMETRICS  
TRANSDUCTOR: TIPO 1  
MODELO: 37-DL PLUS  
ACOPLEANTE: GLICERIN 14  
TECNICA USADA: TECNICA 1  
CANALES: 12  
PRECISION: B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z

**1** → POR FAVOR INTRODUZCA LOS DATOS REQUERIDOS

**3** → PRESION DE OPERACION: 500  
FACTOR CORRECCION ALLOWANCE PARA SCAN A O TOLERANCIA A EN SCAN B: 16  
AÑOS DE SERVICIO: 25  
DIAMETRO NOMINAL (IN): 6  
DIAMETRO EXTERIOR (OD) (IN): 6,625  
DIAMETRO INTERIOR (ID) (IN): 6,001  
(W) PESO: 21,06  
ESPESOR DE DISEÑO (IN): 0,312  
MAOP: 2200,1

**1** → CODIGO EQUIPO: MANDCOS  
NUMERO O.T: CT000032  
NORMA APLICADA: ASME/ANSI B31 G APENICE 2

**4** → NUMERO DE TUBOS: 87

**5** → TIPO DE REPORTE: FORMATO1

LINEA DE PRODUCCION	AÑOS DE SERVICIO	DIAMETRO (IN)	ESPESOR NOMINAL ENCONTRADO (IN)	ESPESOR MINIMO ENCONTRADO (IN)	ESPESOR MINIMO DE RETIRO (IN)	CORROCCION ALLOWANCE (IN)	CORROCCION ALLOWANCE REMANENTE (IN)	RATA DE CORROCCION (MPY)	VIDA RESIDUAL (AÑOS)
OLEODUCTO ANDALUCIA	25	6	0,312	0,241	0,11727	0,0625	0,12373	2,04	43,5668

**6** →

**7** → PERFIL DE INSPECCION DE ESPESORES

**8** → INSPECTOR ULTRASONIDO NIVEL II  
COORDINADOR DEL CONTRATO  
INTERVENTOR CONTRATO

1. DATOS PERTENECIENTES A LOS EQUIPOS, CONTRATO, CLIENTES, FECHA.
2. **EQUIPO UTILIZADO: AQUÍ SE ESCOGE EL TIPO DE EQUIPO Y ESCANEADO REALIZADO POR ESTE SIENDO ESTOS TIPO DE ESCANEADO SCAN A O B.**
3. DATOS TOMADOS EN CAMPO Y NOMINALES DE LA TUBERIA, NECESARIOS PARA LA REALIZACION DEL CALCULO DE VIDA RESIDUAL.
4. **NUMERO DE TUBOS: MUY IMPORTANTE, DE ESTA FORMA EL SOFTWARE SABE LA CANTIDAD DE DATOS Y HOJAS QUE DEBE IMPRIMIR.**  
Z
5. **TIPO DE REPORTE: EL TIPO DE REPORTE ESCOGIDO, SEA EL “FORMATO 1” FORMATO DEL SCAN A O “FORMATO 2” FORMATO DEL SCAN B, ESCOGERA EL FORMATO SOBRE EL CUAL SE VA A REALIZAR LA IMPRESIÓN.**
6. RESULTADOS OBTENIDOS
7. GRAFICA COMPARATIVA ENTRE ESPESORES TOMADOS EN CAMPO, ESPESORES NOMINALES Y ESPESORES DE RETIRO.
8. DATOS DE INSPECTOR, INTERVENTOR Y COORDINADOR DEL CONTRATO.

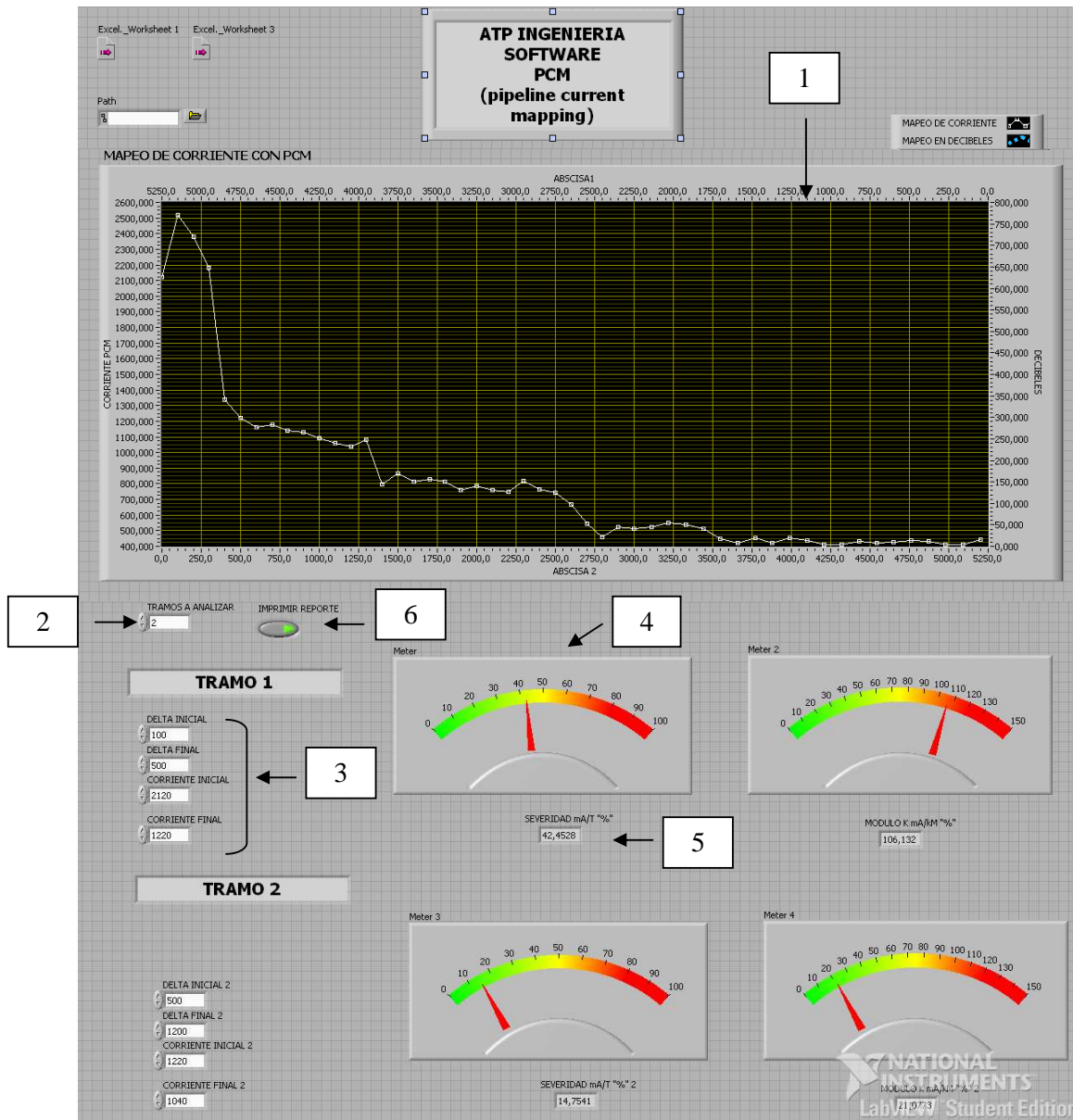
**NOTA: ESTE SOFTWARE VIENE ACOMPAÑADO DE DOS MACROS REALIZADOS EN EXCEL LLAMADOS FORMATO 1 Y FORMATO 2. LAS MACROS VIENEN ACOMPAÑADAS DE BOTONES QUE REALIZAN UNA FUNCION ESPECIFICA EN EL REPORTE Y QUE SE EXPLICAN A CONTINUACION.**

### 3.1 MACROS

eCOPETROL		CONTRATO ECOPETROL																		ATA INGENIERIA LTDA	
<b>DATOS GENERALES:</b>																				<b>MOVER DATOS</b>	
CLIENTE: ECOPETROL CONTRATO: A4000000000 FECHA: 21/04/2022																				<b>MINIMO VALOR</b>	
LINEA INSPECCIONADA: CLECONTO-MANALCUM LONGITUD DE LA LINEA: 2000 PULG. PUNTO: 1 di. 4																					
<b>EQUIPOS UTILIZADOS:</b>																					
MARCA: PANATEC MODELO: SP-2L PLUS TECNICA USADA: JICANA TRANSDUCTOR: SP-1 SCOPANTE: GUERIN-18																					
MARCA: TIBRE MODELO: ZS-11 TECNICA USADA: HORVAL PRECISION: ALTA DANALOG: 12																					
<b>REGISTRO DE ESPESORES SCAN A Y POSICION GPS:</b>																					
ARBITRO	ESPESORES I-L				INICIALES GPS			ARBITRO	ESPESORES I-L				INICIALES GPS								
	#	F	IMP	IMP	#	X	I-L		#	F	IMP	IMP	#	X	I-L						
25	1	0,265	0,272	0,273	0,27			152													
26	3	0,263	0,273	0,267	0,264			158	0,26	0,262	0,263	0,261									
27	7	0,272	0,273	0,264	0,264			160	0,268	0,265	0,26	0,272									
28	12			0,27				165	0,265	0,255	0,26	0,257									
29	18	0,254	0,266	0,261	0,26			170			0,268										
30	20	0,275	0,264	0,262	0,271			172	0,274	0,26	0,267	0,271									
31	25			0,276				178	0,262	0,263	0,264	0,259									
32	31	0,276	0,274	0,276	0,276			183			0,261										
33	33	0,277	0,274	0,271	0,273			178	0,258	0,262	0,262	0,263									
34	38			0,266				191	0,264	0,258	0,258	0,256									
35	43	0,291	0,271	0,27	0,275			186			0,259										
36	45	0,256	0,256	0,258	0,265			198	0,268	0,262	0,266	0,272									
37	51			0,255				203	0,263	0,261	0,256	0,262									
38	56	0,261	0,263	0,259	0,259			208			0,257										
39	59	0,259	0,265	0,265	0,28			216	0,258	0,256	0,262	0,271									
40	64			0,266				210	0,249	0,252	0,278	0,263									
41	69	0,269	0,269	0,264	0,261			222			0,26										
42	71	0,262	0,262	0,262	0,278			224	0,257	0,258	0,255	0,257									
43	76			0,267				229	0,249	0,257	0,254	0,26									
44	82	0,261	0,259	0,257	0,257			233			0,26										
45	84	0,261	0,264	0,258	0,264			224	0,26	0,26	0,262	0,261									
46	85			0,255				240	0,262	0,271	0,256	0,259									
47	89	0,261	0,27	0,254	0,264			245			0,26										
48	91	0,27	0,264	0,267	0,262			246	0,258	0,261	0,26	0,259									
49	93			0,263				254	0,261	0,262	0,255	0,261									
50	95	0,26	0,261	0,267	0,269			258			0,259										
51	101	0,27	0,26	0,259	0,265			248	0,261	0,253	0,252	0,252									
52	106			0,262				268	0,257	0,256	0,254	0,255									
53	109	0,261	0,261	0,26	0,266			272			0,261										
54	114	0,259	0,266	0,261	0,277			274	0,252	0,255	0,265	0,27									
55	119			0,265				279	0,265	0,256	0,267	0,259									
56	121	0,254	0,255	0,254	0,259			284			0,257										
57	126	0,27	0,259	0,26	0,27			286	0,259	0,26	0,265	0,26									
58	132			0,263				292	0,259	0,255	0,259	0,252									
59	134	0,266	0,268	0,26	0,261			297			0,258										
60	139	0,266	0,265	0,261	0,263			299	0,268	0,26	0,263	0,259									
61	145			0,26				305	0,259	0,257	0,258	0,26									
62	147	0,256	0,259	0,262	0,262			310			0,256										
63	<b>INSPECTOR ULTRASONIDO NIVEL II</b>				<b>COORDINADOR DEL CONTRATO</b>				<b>INTERVENIENTE CONTRATO</b>												
64	FADIAN TORREALBA				OCTAVO PAREZ				EDGAR PERALTA												
65	ATA INGENIERIA LTDA.				ATA INGENIERIA LTDA.				CONSORCIO ETEA-CONOCI												
66																					

1. MOVER DATOS: DESPLAZA EL DATO TOMADO EN LA MITAD DEL TUBO, DEPENDIENDO SI FUERON TOMADOS A 0 GRADOS, A 355 ETC.
2. MINIMO VALOR: ENCUENTRA EL MINIMO VALOR DE LAS 4 MEDIDAS TOMADAS Y LO IMPRIME EN LA CASILLA LLAMADA

## 4. SOFTWARE EQUIPO PCM (pipeline current mapping)





1. GRAFICA DE MAPEO DE CORRIENTE: MUESTRA LA CORRIENTE EN mA QUE CIRCULA POR EL TUBO EN FUNCION DE LA LONGITUD DEL TUBO.
2. TRAMOS A ANALIZAR: INDICA LA CANTIDAD DE TRAMOS EN LOS CUALES SE VA A DIVIDIR LA GRAFICA PARA EL ANALISIS.
3. VALORES POR TRAMOS QUE DEBEN SER INTRODUCIDOS PARA CALCULAR LA SEVERIDAD Y EL MODULO K, SIENDO DELTA INICIAL EL VALOR DE ABCISA DEL INICIO DEL TRAMO Y DELTA FINAL EL VALOR DE ABCISA FINAL DEL TRAMO.
4. INDICADOR GRAFICO DEL VALOR DE LA SEVERIDAD Y DEL MODULO K, SIENDO EL COLOR VERDE UN DAÑO NULO, EL COLOR AMARILLO DAÑO MEDIO Y EL ROJO DAÑO SEVERO.
5. INDICADOR NUMERICO CORRESPONDIENTE AL INDICADOR GRAFICO.
6. IMPRIMIR REPORTE: AL SER PRESIONADO IMPRIME EL REPORTE EN MICROSOFT EXCEL.

## 5. SOFTWARE AFORO DE TANQUES HORIZONTALES

The screenshot shows the 'SOFTWARE AFORO DE TANQUES HORIZONTALES' interface. At the top, there are logos for 'ATP INGENIERIA LTDA' and the title 'ATP INGENIERIA SOFTWARE AFORO DE TANQUES HORIZONTALES'. Below this, there are two main sections: 'DATOS DEL TANQUE' and 'DATOS DE CAMPO'. The 'DATOS DEL TANQUE' section includes fields for 'No DEL TANQUE', 'CLIENTE', 'OPERARIO', 'UBICACION', and 'FECHA'. The 'DATOS DE CAMPO' section includes a 'TIPO DE MEDIDAS' dropdown and 'MEDIDAS EXTERNAS' dropdown. Below these are two large sections: 'DATOS DEL CUERPO O CILINDRO' and 'DATOS DE INCLINACION DEL TANQUE'. The 'DATOS DEL CUERPO O CILINDRO' section has fields for 'CIRCUNFERENCIA PROMEDIO (mm)', 'LONG CILINDRO ENTRE SOLDADURAS (mm)', and 'ESPESOR DE LAMINA DEL CILINDRO (mm)'. The 'DATOS DE INCLINACION DEL TANQUE' section has fields for 'DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE LOS EXTREMOS (mm)', 'DISTANCIA MEDIDA ENTRE LOS EXTREMOS (mm)', and 'DISTANCIA DE (DIP) AL EXTREMO MAS ALTO (mm)'. Below these is a section for 'PARA CALCULO DE VOLUMEN DE LOS EXTREMOS USAR:' with a 'PROFUNDIDAD DEL EXTREMO "a"' dropdown. This is followed by two sections: 'DATOS DEL EXTREMO 1' and 'DATOS DEL EXTREMO 2', each with fields for 'LONGITUD DEL EXTREMO (mm)', 'ESPESOR DE LAMINA (mm)', and 'LONGITUD STRAIGHT FLANGE (mm)'. Below these are two dropdown menus for 'ELISOIPDAL'. At the bottom, there are two sections: 'CONDICIONES DE AFORO DEL TANQUE' and 'OPCIONES'. The 'CONDICIONES DE AFORO DEL TANQUE' section has fields for 'TEMPERATURA AMBIENTE (FARENHIT)', 'TEMPERATURA DEL PRODUCTO (FARENHIT)', and 'PRESION DE OPERACION (PSI)'. The 'OPCIONES' section has a field for 'INCREMENTO DE LA TABLA' and an 'OK' button. The interface is annotated with numbered callouts 1 through 9 pointing to various elements.

**1** → No DEL TANQUE, CLIENTE, OPERARIO, UBICACION, FECHA

**2** → TIPO DE MEDIDAS, MEDIDAS EXTERNAS

**3** → DATOS DEL CUERPO O CILINDRO

**4** → DATOS DE INCLINACION DEL TANQUE

**5** → PROFUNDIDAD DEL EXTREMO "a"

**6** → DATOS DEL EXTREMO 1, DATOS DEL EXTREMO 2

**7** → ELISOIPDAL (left)

**8** → CONDICIONES DE AFORO DEL TANQUE

**9** → OPCIONES, INCREMENTO DE LA TABLA

1. DATOS DEL TANQUE TALES COMO CLIENTE, NUMERO DE TANQUE, OPERARIO, FECHA EN GENERAL DATOS DE IDENTIFICACION.
2. TIPO DE MEDIDAS REALIZADAS QUE PUEDEN SER DE TIPO INTERNO O EXTERNO, EN GENERAL SE REALIZAN DE TIPO EXTERNO.
3. DATOS DEL CUERPO O CILINDRO TOMADOS EN CAMPO UTILIZANDO LA CINTA METALICA CALIBRADA.
4. MEDIDAS NECESARIAS PARA REALIZAR LAS CORRECCIONES POR INCLINACION.
5. TIPO DE MEDIDA REALIZADA PARA CALCULAR EL VOLUMEN DE LAS CABEZAS.
6. DATOS DEL EXTREMO HACE REFERENCIA A LOS DATOS TOMADOS EN CAMPO PARA REALIZAR EL CALCULO DEL VOLUMEN DE LA CABEZAS DEL TANQUE.
7. TIPO DE CABEZA SOBRE LA CUAL SE REALIZARON LAS MEDIDAS, LAS CUALES PUEDEN SER DE TIPO ELIPSOIDAL, PLANA, ESFERICA O CONICA.
8. DATOS DE TEMPERATURA Y PRESION TOMADOS EN EL TANQUE, NECESARIOS PARA REALIZAR CORRECCIONES.
9. INCREMENTO EN LA TABLA DE AFORO, EL CUAL SIEMPRE VA A SER DE 1 cm.

## 5.1 MACRO SOFTWARE AFORO DE TANQUES

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													

D (m):	117,338478
D (mts):	2,395643275
DZ (cms):	143,7824638
LONGITUD DEL CILINDRO (mm):	11017
DISTANCIA DE (DIP) AL EXTREMO MAS ALTO (mm):	7610
INCLINACION DEL TANQUE (mm):	6

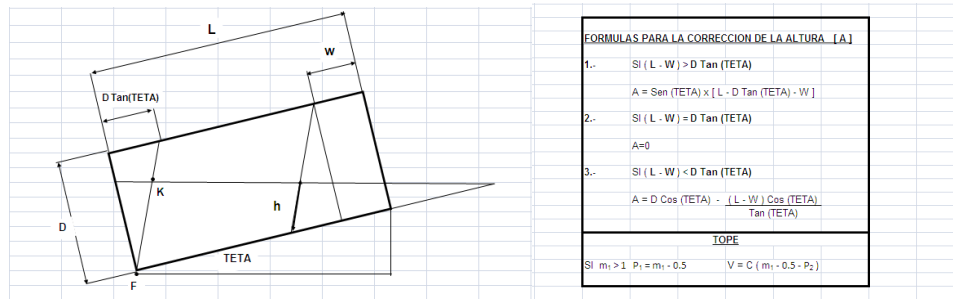
VOLUMEN CABEZAS (gls):	1166,220047
VOLUMEN CILINDRO (gls):	20736,05656
VOLUMEN TOTAL (gls):	21902,27681
VOLUMEN TOTAL (Bts):	5214627765

No DEL TANQUE:	123478
UBICACION:	PACANDE MORTE I
CLIENTE:	HCDL
FECHA:	JUNIO DE 2008
OPERARIO:	FABIAN TRUJILLO

Después de insertar los datos requeridos por el software de aforo de tanques y correr el programa, automáticamente la hoja de Excel de la figura será la primera en llenarse, la cual es la tabla de aforo parcial.

Seguidamente se debe ir a la hoja llamada "CORRECCIONES" presionar el botón "REALIZAR CORRECCIONES" las cuales serán correcciones por inclinación y temperatura, necesarias para un aforo confiable.



H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												

REALIZAR CORRECCIONES

Luego de realizar las correcciones pertinentes se hace necesario pasar a la hoja de resultados en donde se encontraran resultados parciales y resultados corregidos.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1											
2	VALORES PARCIALES					VALORES CORREGIDOS					
3	ALTURA (cms)	VOLUMEN (galones)	VOLUMEN (barriles)			ALTURA(CMS)	VOLUMEN (galones)	VOLUMEN(barriles)			
4	0	0	0			0	0	0			
5	1	6,876990637	0,163737872			1	167,083757	3,978184691			
6	2	19,35699907	0,46088093			2	263,3562022	6,270385767			
7	3	35,51229292	0,845530784			3	387,4553376	9,225127086			
8	4	54,74768293	1,30351626			4	541,0269604	12,8815943			
9	5	76,50267287	1,821492211			5	722,9482069	17,21305255			
10	6	100,5755048	2,394654876			6	927,1787637	22,07568485			
11	7	126,7695061	3,018321574			7	1150,683922	27,39723624			
12	8	154,8515785	3,686942344			8	1391,651714	33,13456461			
13	9	184,7642389	4,399148545			9	1649,334946	39,26987968			
14	10	216,3616024	5,151466724			10	1921,959646	45,76094395			
15	11	249,5605127	5,941916968			11	2207,986358	52,57110377			
16	12	284,2847654	6,768684891			12	2507,201876	59,69528276			
17	13	320,4686756	7,630206563			13	2818,943721	67,11770764			
18	14	358,0530048	8,525071543			14	3142,775729	74,82799356			
19	15	396,9180902	9,450430719			15	3478,929651	82,83165836			
20	16	437,1490768	10,40831135			16	3826,154381	91,09891383			

