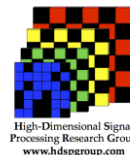




Universidad Industrial de Santander
Maestría en Ingeniería de Sistemas e Informática



Borrador Propuesta de Investigación de Maestría:

**ALGORITMO PARA CARACTERIZACION DE ROCAS POR MEDIO DE IMÁGENES DE
TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA**

PRESENTADO ANTE:

PHD SONIA GAMBOA

Por:

CRISOSTOMO ALBERTO BARAJAS SOLANO

Director: **Ph.D. Henry Arguello Fuentes**

**Grupo de Investigación En Diseño de Algoritmos y Procesamiento de Datos Multidimensionales,
HDSP**

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas
Maestría en Ingeniería de Sistemas e Informática
Bucaramanga, Colombia
Diciembre, 2015

CONTENIDO

I. INTRODUCCION	3
PALABRAS CLAVE.....	3
II. MARCO TEORICO	4
III. ESTADO DEL ARTE	5
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	6
IV. OBJETIVOS.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
V. METODOLOGIA	8
VI. RESULTADOS ESPERADOS	9
VII. CRONOGRAMA.....	10
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	11

I. INTRODUCCION

La demanda mundial de hidrocarburos ha forzado una mayor extracción y uso de crudos pesados, más viscosos, y difíciles de extraer del manto de la tierra.

Las técnicas de recobro mejorado permiten la extracción de crudos pesado, y se seleccionan de acuerdo a las propiedades de la roca donde se aloja el crudo. Las técnicas clásicas de caracterización, usadas a la fecha, son destructivas e invasivas; además requieren de una amplia preparación de las muestras de roca para su análisis.

La Tomografía Computarizada permite visualizar la estructura interna de un objeto, de manera no-invasiva y no-destructiva. Las imágenes CT de una muestra de pozo de extracción de crudos pesados permiten estimar las propiedades estáticas de la roca y seleccionar la técnica de recobro más adecuada.

Este trabajo presenta el desarrollo de un algoritmo de tratamiento de imágenes CT de una muestra de roca (imagen *dicom*), tomada de un pozo de crudo pesado, el cual estima las propiedades estáticas de interés: densidad (ρ) y número atómico efectivo (Z_{eff}).

Por último, el presente trabajo se enmarca dentro del desarrollo del proyecto de investigación “Técnicas avanzadas de imágenes en medios porosos para la caracterización no intrusiva de roca e incrementos del factor de recobro en campos de crudo pesado y campos maduros de crudos convencionales”, suscrito entre la Universidad Industrial de Santander, Colciencias y Ecopetrol.

PALABRAS CLAVE

Tomografía computarizada, caracterización de rocas, técnicas de recobro mejorado de crudos pesados.

II. MARCO TEORICO

Los métodos tradicionales de tomografía computarizada se basan en la estimación de las atenuaciones de los rayos X, donde una fuente emite un rayo con intensidad I_0 que pasa a través de un objeto [3]. La intensidad del rayo $I(x)$, medida por el detector, depende de la distribución de atenuación $\mu(x)$ en cada punto de su trayectoria, y de la distancia. Este fenómeno se describe matemáticamente como

$$I(x) = I_0 e^{-\int_L \mu(x) dx} \quad (1)$$

Donde \int_L representa una integral de línea. La ecuación (1) obedece la ley de Lambert Berr, por lo tanto se puede reescribir como

$$-\ln\left(\frac{I(x)}{I_0}\right) = -\int_L \mu(x) \quad (2)$$

La ecuación (2) se describe como la fracción de luz transmitida a través del objeto, y se puede asignar a una proyección unidimensional adquirida con respecto a un ángulo de incidencia. A partir de esa información la reconstrucción es obtenida mediante la estimación de la distribución de coeficientes de atenuación $\mu(x)$.

Las proyecciones que se generan con la estructura de rayos X, son usualmente modeladas mediante la transformada Radón. Esta transformada describe el proceso de transmisión de un rayo a través del objeto usando integrales de línea. De manera general, para una posición de fuente y ángulo definido, se describe la transformada Radón como

$$p(s) = \int_0^s \mu(x) dx \quad (3)$$

Donde s representa la longitud de integración, de manera que discretizando la ecuación (3) puede ser expresada como

$$p(s) = \sum_{k=1}^s \mu_{x_k} \Delta x \quad (4)$$

Si la fuente y los detectores se mueven con el mismo radio desde el objeto, la longitud de la integración s es constante. Las mediciones capturadas pueden agruparse en un vector p , el cual contiene todos los valores capturados por los sensores, y está dado por

$$p = Ax \quad (5)$$

Donde A representa la matriz que modela la geometría del sistema y x contiene todos los valores de atenuación de la región recorrida por el rayo. Las mediciones capturadas, son utilizadas en la técnica retroproyección filtrada para obtener la imagen reconstruida [3].

III. ESTADO DEL ARTE

Existe una relación directa entre la densidad de un material y la atenuación registrada por un tomógrafo al irradiar el material con una fuente de rayos X. Además, existe una relación directa entre el número atómico efectivo del material. Esto es, considerando que una muestra homogénea se encuentra conformada por varios elementos diferentes. El número atómico efectivo representa el material que más influye en la caracterización de una muestra.

Ambas propiedades, densidad y número atómico efectivo, pueden ser correlacionadas con el valor de atenuación del material, o número CT. Para esto es necesario contar con valores de referencia. Esto se logra muestreando, junto con el material a caracterizar, al menos tres elementos calibradores conocidos como *phantoms*. Estos elementos calibradores son muestras puras y homogéneas de materiales conocidos, como vidrio, agua y madera. La información de densidad y número atómico efectivo es conocida para cada uno de los elementos calibradores.

Además, es necesario contar con la información de atenuación del material ante dos distintos niveles de energía de radiación, alto y bajo. Con todo esto, el sistema de ecuaciones queda así:

$$\rho_{(\text{agua})} = A * CT_{(\text{agua})}N_{low} + B * CT_{(\text{agua})}N_{high} + C$$

$$\rho_{(\text{teflon})} = A * CT_{(\text{teflon})}N_{low} + B * CT_{(\text{teflon})}N_{high} + C$$

$$\rho_{(\text{vidrio})} = A * CT_{(\text{vidrio})}N_{low} + B * CT_{(\text{vidrio})}N_{high} + C$$

$$Z'_{(\text{agua})} = D * CT_{(\text{agua})}N_{low} + E * CT_{(\text{agua})}N_{high} + F$$

$$Z'_{(\text{teflon})} = D * CT_{(\text{teflon})}N_{low} + E * CT_{(\text{teflon})}N_{high} + F$$

$$Z'_{(\text{vidrio})} = D * CT_{(\text{vidrio})}N_{low} + E * CT_{(\text{vidrio})}N_{high} + F$$

Donde las constantes A-F son las constantes de calibración. Con esta información la densidad y número atómico de la muestra escaneada se puede determinar como:

$$\rho_b = A * CTN_{low} + B * CTN_{high} + C$$

$$Z_{eff} = \left[\frac{D * CTN_{low} + E * CTN_{high} + F}{0,9342 * \rho_b + 0,1759} \right]^{\frac{1}{3.6}}$$

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

El presente trabajo de investigación busca, mediante la implementación de técnicas no invasivas y no destructivas, reducir el tiempo y costo necesario para obtener la caracterización de una muestra de roca, obtenida de un pozo de extracción de crudo pesado.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un algoritmo que permita estimar las propiedades de muestras de roca de pozos de extracción de crudos pesados usando imágenes de tomografía computarizada.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar un algoritmo que correlacione el número CT con la caracterización de una muestra de roca
- Diseñar e implementar una aplicación software, con interfaz gráfica en ambiente Windows, que le permita al usuario obtener la caracterización de una muestra de roca a partir de las imágenes dicom de la misma.
- Aplicar la caracterización obtenida por tomografía computarizada de muestras de rocas al soporte de la selección de técnicas de recobro mejorado de crudo pesado.

V. METODOLOGIA

Para cumplir el objetivo de lograr una caracterización de rocas acertada, mediante tomografía computarizada, es necesario contar con los siguientes materiales:

1. Un tomógrafo de cuarta generación
2. Suficientes muestras de roca
3. Método de caracterización clásico de control

El tomógrafo de cuarta generación se obtuvo dentro del proyecto de investigación firmado entre la Universidad Industrial de Santander, ECOPETROL SA y Colciencias. Las muestras de roca se tomarán de dos fuentes: la Litoteca Nacional, ubicada en el ICP; y directamente de las exploraciones realizadas en los pozos de explotación de crudos. Las muestras de roca tomadas de la Litoteca Nacional han sido previamente caracterizadas usando técnicas clásicas, por lo que servirán como control. Las muestras de roca extraídas de pozos de explotación permitirán evaluar las diferentes técnicas de preparación de muestras las cuales hacen parte del proyecto de investigación firmado con ECOPETROL SA, pero son ajenas a la presente propuesta de investigación.

La metodología para lograr la caracterización de rocas mediante tomografía computarizada es la siguiente:

1. Proponer una relación entre la información CT de una muestra de roca y las propiedades del material
2. Realizar un muestreo CT de una muestra de roca
3. Estimar las propiedades de la muestra de roca
4. Validar la estimación usando la caracterización clásica como medida de control

VI. RESULTADOS ESPERADOS

El principal producto resultado de la presente propuesta de investigación es la relación teórica entre la información CT de una muestra de roca y sus propiedades. Esta relación es un aporte real a la comunidad científica a ser validado y contrastado.

El segundo producto resultado es una aplicación software la cuál implementa la relación teórica ya mencionada. Esta aplicación es un aporte real al sector de exploración y explotación de hidrocarburos. Además, es un producto requerido y ajustado a las necesidades de ECOPETROL SA.

VII. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD		MESES																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.	Revisión bibliográfica																		
2.	Adquisición de muestras*																		
3.	Muestreo de muestras*																		
4.	Puesta a punto del algoritmo de estimación																		
5.	Implementación de la aplicación software																		
6.	Puesta a punto de la aplicación																		
7.	Pasantía																		
8.	Preparación de documentación																		
9.	Redacción de documento																		
10.	Defensa																		

*Estas actividades no se realizan dentro de la presente propuesta de investigación pero son cruciales para el desarrollo de este

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Siddiqui S, Khamees A. DUAL-ENERGY CT-SCANNING APPLICATIONS IN ROCK CHARACTERIZATION. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Texas, 2004
- Withjack E, Devier C. THE ROLE OF X-RAY COMPUTED TOMOGRAPHY IN CORE ANALYSIS. SPE Western Regional/AAPG Pacific Section Joint Meeting, Long Beach, 2003
- Hunt P, Engler P, Bajsarowicz C. COMPUTED TOMOGRAPHY AS A CORE ANALYSIS TOOL: APPLICATIONS, INSTRUMENT EVALUATION, AND IMAGE IMPROVEMENT TECHNIQUES. Journal of Petroleum Technology, 1988.
- Coles M, Muegge L. THE USE OF ATTENUATION STANDARDS FOR CT SCANNING. SCA Conference , 1995.
- Withjaok E. M. COMPUTED TOMOGRAPHY STUDIES OF 3-D MISCIBLE DISPLACEMENT BEHAVIOR IN A LABORATORY FIVE-SPOT MODEL. Society of Petroleum Engineers, 2000
- Moss R, Pepin G, Davis L. DIRECT MEASUREMENT OF THE CONSTITUENT POROSITIES IN A DUAL-POROSITY MATRIX. The Log Analyst, 1992
- Sprunt E. ARUN CORE ANALYSIS: SPECIAL PROCEDURES FOR VUGGY CARBONATES. The Log Analyst, 1989
- Kantzas A, Marentette, Jha K. COMPUTER-ASSISTED TOMOGRAPHY: FROM QUALITATIVE VISUALIZATION TO QUANTITATIVE CORE ANALYSIS. The Journal of Canadian Petroleum Technology, 1992.