

Module:

Programa de Cátedra

Profesor:
José Luis Taillant

Prospección Sísmica

Septiembre 2019

UNIDADES: Temas a desarrollar en la cátedra

- 1- Introducción a los métodos geofísicos de reflexión.
- 2- Ondas Sísmicas, velocidades y amplitudes
- 3- Adquisición de datos.
- 4- Procesamiento de datos
- 5- Correlación entre la sísmica y la información de pozo.
- 6- Interpretación sísmica 2D / 3D: Metodología.
- 7- procesamiento para INVERSION DE TRAZA y AVO.

1- Introducción a los métodos geofísicos de reflexión.

1.- Principio y Limitaciones de los métodos geofísicos en exploración de Hidrocarburos y su Integración con el método de reflexión.

A.- Introducción a los métodos geofísicos:

- Objetivos
- Limitaciones
- Proceso Inversión de los datos
- Importancia de los diferentes Métodos

B.- Aplicaciones geofísicas:

- Geología de superficie
- Mapas satelitales
- Gravimetría
- Magnetometría
- Sísmica activa y pasiva

2.- Método de reflexión sísmica

- Introducción: Conceptos básicos
- ¿Qué es la sísmica de reflexión?
- Desarrollo Histórico de la Sísmica
- Uso de sísmica de reflexión
- EL Método sísmico
- El objetivo sísmico
- El papel de la sísmica en exploración de hidrocarburos
- Adquisición de los datos
- Registro Sísmico
- Geometría de los shots
- Registros de Campo FFid
- La línea sísmica 2D
- Cobertura múltiple (fold)
- Procesamiento sísmico
- Calibración con los datos de pozo
- Interpretación de los datos sísmicos en registros y stacks
- Detección directa de hidrocarburos
- Distribución de costos
- Resumen.

2- Ondas Sísmicas, Velocidades y Amplitudes.

1.- Ondas Sísmicas: Introducción, conceptos.

- Ondas de cuerpo y superficiales.
- Diferentes tipos de ondas.
- Detección de objetos usando ondas sísmicas.

2.- Ecuación de onda.

- Propagación de Ondas, como se generan.
- Ecuación de ondas 1D, 2D, 3D.
- Velocidades V_{pwave} y V_{swave} .
- Solución de ecuación de ondas.
- Aplicación Ecuación de onda en migración y AVO.

3.- Propiedades físicas de las rocas: conceptos.

- Litología, velocidades P-wave y S-wave, densidad ρ .
- Velocidad y densidad en rocas porosas.
- Velocidades V_p y V_s usando: K = bulk modulus y μ = shear modulus.
- Relación de Poisson y Relación V_p/V_s .
- Velocidades V_p y V_s usando: λ = first Lamé constant, μ = second Lamé constant.

4.- Frentes de ondas y rayos: conceptos.

- Propagación de la onda.
- Principio de Fermat.
- Principio de Huygen.
- Interface, Reflexión, Refracción, conversión.
- Ondas convertidas PP y PS, en pozo y en stack sísmico.
- Coeficientes de Reflexión y Transmisión sísmicos, ecuación de Zoeppritz.

5.- Propagación geométrica de ondas y rayos.

- Situación Geométrica: curva travel-time, en registro sísmico.
- Ondas reflejadas: en reflector Horizontal y Buzantes.
- Ondas refractadas: en capa Horizontal, Buzantes.
- Ondas difractadas: geometría de la difracción.
- Reflexiones múltiples.
- Ondas directas, reflejadas y refractadas en el Registro sísmico.

6.- Velocidades sísmicas.

- Introducción: conceptos.
- Atributos P-Impedance y S-Impedance. Relación con las propiedades del medio,
- Atributos de Impedancia en Sísmica de pozo.
- Atributos de Impedancia en Sección sísmica.
- Correlación de Atributos de Impedancia de pozos con la sísmica.
- Medidas de la velocidad: en laboratorio, pozo y sísmica de reflexión/refracción.
- Diferentes tipos de velocidades en pozos y en la sísmica.

7.- Amplitudes sísmicas / atenuación.

- Procesos que alteran las amplitudes sísmicas.
- Divergencia esférica.
- Absorción (α) y Factor de calidad (Q).
- Métodos de estimación del factor Q con datos de pozo y con stack sísmico.

8.- Ejercicios

3- Adquisición de datos.

1.- Sistemas de adquisición sísmica.

- Adquisición terrestre: Introducción.
- Diferentes tipos de fuentes sísmicas.
- Receptores sísmicos, característica de los geófonos.
- Arreglos de geófonos y pattern de fuentes, prueba de ruidos.
- Adquisición marina: Introducción.
- Principio del airgun, respuesta y arreglos de las fuentes.
- Hidrófonos y streamer.

2.- Parámetros de adquisición y medición.

- Adquisición terrestre: Introducción.
- Procesamiento básico y QC en el campo.
- Vibroseis: correlación, cross-correlacion, autocorrelacion.
- Sistema de adquisición 2D, diseños sparse y stack array.
- Sistema de adquisición 3D, diseños ortogonales, diagonal, no comunes.
- Sistema de medición básica: Introducción.
- Unidades de registración de campo empleadas en la fase de grabación.
- Configuración de la red alámbrica de las unidades de resgistración.
- Camión de registración: Control de calidad de los datos, monitoreo y reporte de shots registrados, parte del observador.
- Conversión analógica / digital, codificación a binario, rango dinámico.
- Muestreo de señales analógicas, efecto aliasing.
- Control del volumen de datos registrados.
- Formatos de los datos, Multiplexeo / demultiplexeo-SegY.

3.- Diseño del tendido de receptores.

- Common-offset y Zero-offset.
- Fuente con varios receptores.
- Tendidos comunes en el campo, (end-on), (Split-spresd), (fan-shooting)
- Adquisición roll-along.
- Sistema de coordenadas (shot-receptor), (Mid-point-offset).
- Método Mid-point. Cobertura (fold).
- Diferencia entre CDP y CMP.
- Método crooked line.
- Diseño parámetros en sísmica 2D, máximo / mínimo offset.

4.- Diseño de 3D: definición de parámetros geofísicos.

- Introducción: esquema completo de evaluación del 3D.

A.-Terminología 3D:

- Box, dirección inline y crossline
- Cobertura (fold), run-in, run-out
- Midpoint (CMP), CMP-bin, bin-size,
- Move-up, inline y crossline
- Offsets, inline y crossline, offset máximo: (Xmax) ,
- máximo offset mínimo; (Xmin)
- Path, (cross-spread) y (slant spread)
- Línea de receptores, intervalo entre líneas, intervalo entre receptores y densidad de receptores.
- Roll-along, inline y crossline

- ❑ Línea de fuentes, intervalo entre líneas, intervalo entre fuentes y densidad de fuentes, salvo, swath,
- ❑ Template, datos 3D, shot point 3D, Volumen de datos 3D
- ❑ Slice 3D, sections inline y crossline, transversal, time slice

B.-Parámetros geofísicos 3D:

a.- Parámetros de imagen:

- ❑ fold, densidad de shots, fold nominal, inline y crossline, distribución de offsets, reglas prácticas,
- ❑ Tamaño del bin, resolución lateral después de la migración, muestreo espacial, difracciones, reglas practicas
- ❑ Apertura de la migración, desplazamiento vertical y horizontal, difracción, algoritmos de migración, velocidad dela migración, costo de la migración, reglas prácticas.

b.- Parámetros de borde:

- ❑ Inline tapers, crossline tapers, fold tapers y costo, reglas prácticas.
- ❑ Conclusiones de los parámetros de imagen y de borde
- ❑ Áreas de interpretación, procesamiento y adquisición.

c.- Parámetros geométricos:

- ❑ Offset máximo: (X_{max}), objetivos profundos, función mute, corrección NMO, reglas prácticas,
- ❑ Mayor offset mínimo; (X_{min}), objetivos someros, ángulo crítico de la refracción, reglas prácticas.

d.- Parámetros de registraci3n:

- ❑ Longitud de registraci3n, intervalo de muestreo, reglas prácticas.

5.- Ejercicios

4- Procesamiento de datos

1.- Introducción:

- Resumen, Objetivos. Resultados del procesamiento*
- Flujo básico de procesamiento sísmico*

2.- Carga de datos sísmicos:

- Demultiplexeo, formatos,*

3.- Carga de la geometría de los datos sísmicos:

- Geometría de adquisición 2D, sparse y stack array*
- Geometría de adquisición 3D*

4.- Edición de los datos sísmicos:

- Noisy trace, dead trace, spike y reverse polarity, mute*

5.- Corrección de amplitudes de los datos sísmicos:

- Introducción: Problemas en el procesamiento*
- Ecuilibración de trazas, agc control automático de ganancia*
- Aplicación de funciones de ganancia:*
- Corrección por divergencia esférica*
- Curvas de ganancia programada dependiente del tiempo y la distancia*

6.- Correcciones estáticas:

- Introducción: corrección de geófono y de shots.*
- Métodos de correcciones estáticas: elevation statics, up-holes, refraction statics, delay time, GRM generalized reciprocal method*
- Correcciones estáticas en registracion marina*
- Correcciones estáticas y NMO*
- Correcciones estáticas y Stack*
- Correcciones estáticas residuales*

7.- Filtros de frecuencia:

- Análisis de la frecuencia: contenido de frecuencia en las señales sísmicas, y en los shots.*
- Waveforms: señales periódicas y no periódicas,*
- Aproximación de Fourier, suma de señales de diferentes frecuencias*
- FT: Transformada de Fourier*
- FT / FT⁻¹ transformada directa e inversa*
- Dominio del tiempo y de la frecuencia (traza sísmica)*
- Espectros de amplitud y fase de señales sísmicas.*
- FDT: Transformada discreta de Fourier, forma matricial.*
- FFT: transformada rápida de Fourier.*
- Consideraciones de fase: desplazamiento de fase lineal y de fase constante.*
- Filtros de frecuencia: band-pass, low-pass, high-pass, notch-filters*
- Ringing: fenómeno de Gibbs, y test de filtros.*

8.- Filtros de Deconvolución:

- Introducción: evaluación numérica de la cross-correlacion*
- Correlación-vibros, auto-correlacion,*
- Normalización de la cross-correlacion y auto-correlacion*
- La auto-correlacion y las multiples*
- Operador de filters, sismograma, convolucìon*
- Implementación numérica de la convolucìon en el tiempo y la frecuencia*
- Modelo convolucional de la tierra*

- Deconvolución: objetivos, filtro inverso.
- Principio del filtro Winers, decon spike y predictiva
- Test de decon; parámetros que controlan la decon.

9.- Análisis de velocidad y corrección NMO

- Objetivos del análisis de velocidad
- Cambio del ΔT (NMO) con la profundidad, stretching NMO
- Métodos de análisis de velocidad usando $(X^{**2}) - (T^{**2})$
- Métodos del análisis de velocidad usando la corrección NMO: Paneles de velocidad constante (CVP), stacks de velocidad constante (CVS), análisis espectral de la velocidad (semblanza)
- Problemas de stretching de los datos causados por la corrección NMO
- Factores que influyen en la estimación de la velocidad

10.- Stacking: statics, residual statics y análisis de velocidad

- Gathers NMO, con y sin residual statics.
- Espectro de velocidad, con y sin residual statics.
- CMP Stacks, con y sin residual statics.
- Muting, velocity model stacking
- Métodos de Stacking: Mean stack, weighted stack, diversity stacks

11.- Filtros especiales:

A.- Entendiendo a las múltiples

- Objetivos: Introducción:
- Características de las reflexiones múltiples:
- Problemas causados por las reflexiones múltiples:
- Técnicas De-múltiples: corrección NMO, filtro FK, Transformada Parabólica

B.- Diseño filtro FK

- Objetivos, Introducción: Filtros especiales:
- Dominios de transformación:
- [1] Transformada de Fourier Temporal:
- [2] Transformada de Fourier Espacial:
- [3] Dualidad: Temporal vs Espacial:
- Definición de parámetros.
- Grafico en el plano f-k: Relaciones practicas:
- Criterio sobre el muestreo espacial., Aliasing espacial: Influencia de la frecuencia. y del dip sobre el aliasing
- Suma de eventos dipping.
- Influencia del Δx sobre el aliasing, Zero-offset section.

C.- Aplicación filtro FK

- Pasos para el filtrado FK.
- Registro shot: Ejemplo. Convenciones para el dip.
- Eventos con igual dips. diferentes dips. no lineales.
- Aliasing Espacial. Efecto Aliasing: Ejemplo Registro ruidoso, Cuestiones Practicas
- Ejercicio: FK filter, diseño y aplicación.

D.- Diseño filtro Tau-pi

- Dominios de transformación. The slant-stack transform.
- Aspectos físicos para slant stack: ondas planas.
- Geometría del raypath-frente de onda: Línea de shots. Línea de receptores.
- Transformada slant stack.
- Gather slant stack: Transformada lineal Tau-Pi.

E.- Aplicación filtro Tau-pi

- Objetivos: Atenuación de múltiples.
- Técnicas de atenuación de múltiples
- Tipo de múltiples: Características de las múltiples
- Múltiples del fondo del mar.
- Geometría de las múltiples. Trayectorias de rayos.
- Uso de la transformada de Radón.
- Tau-pi lineal transform.
- Tau-pi filetring.
- Tau-pi parabólica Transform
- Resumen: Ejemplo 1, Ejemplo 2

12.- Migración / Imagen:

A.- Entendiendo a la migración

- Introducción
- Punto de reflexión aparente
- Desplazamiento espacial y de tiempo
- Velocidad de migración
- Sección stack migrada
- Estructuras geológicas en la sección sísmica: anticlinal, sinclinal, fallas.

B.- Time migration

- Principios de la Migración en tiempo
- Migración de Kirchhoff
- Migración por Diferencias-finitas

C.- Depth migration

- Principios de la Migración en profundidad
- Diferencia entre Time y depth migration

D.- Pre-stack migration

- PSTM (Pre-Stack Time Migration)
- PSDM (Pre-Stack Depth Migration)

E.- Post-stack migration

- Comparación post-stack / pre-stack migration.
- Filtros finales aplicados a los datos migrados.

F.- Ejercicios

- Distorsión Geométrica: Capa buzante, punto difractor y sinclinal.
- Ejemplo: Anticlinal y sinclinal
- Over / Under Migration
- Time / Depth Migration
- Migración de Kirchhoff, Migración por FD, Migración FK
- Post / Pre Stack Migration, Depth Migration
- 3D Migration

13.- Post-Processing:

- Operaciones usadas frecuentemente:
- Filtros de frecuencia.
- Filtros de coherencia; filtros FK, FX-decon, KL.
- Agc.
- Display y salida de los datos en SegY.

14.- Practica de Procesamiento:

5- Correlación entre la sísmica y los datos de pozo.

1.- Introducción: Resumen, Objetivos. Resultados

- Línea sísmica sin calibrar,
- Línea Sísmica Calibrada con pozo.
- Elementos usados en la correlación.
- [1] - Curva T/Z: derivada de CheckShot survey..
- [2] - Sismograma Sintético: derivado de los well logs.
- [3] - Sismograma: derivado del VSP.
- [4] - Sección sísmica: derivada del offset VSP.
- Checkshots y VSP en pozo entubado parcialmente.*
- Análisis de frecuencia en el pozo.*
- Ejemplos: Pozo vertical-Procesamiento zero offset VSP.
- Conclusiones.

2.- Well calibration: DT sónico calibrado

A.- Calibración del sónico con los checkshots:

- [1]- Diferencia entre sónico y checkshots.
- [2]- Métodos de calibración del sónico: Cálculo y curva del drift.

B.- Generación del sismograma sintético:

- [1]- Serie de reflectividad,
- [2]- convolucion,
- [3]- wavelet
- [4]- Efectos de edición de sónico y densidad.
- [5]- ejemplos de sismogramas.

C.- Principales usos del sónico calibrado y sismograma sintético:

- [1]- Generación de una relación time/depth continua y calibrada.
- [2]- Ajustar a los markers geológicos.
- [3]- Entender las características de frecuencia y fase de los datos sísmicos
- [4]- Entender como el modelo sísmico responde a litología y contenido de fluidos

3.- VSP: Perfil Sísmico Vertical

A.- Diseños generales:

- [1]- Checkshots
- [2]- Zero offset VSP: Pozo vertical,
- [3]- Walkabove VSP; Pozo horizontal.
- [4]- Offset VSP. Pozo vertical
- [5]- Walkaway VSP: Imaging, Pozo vertical,
- [6]- Walkaway VSP: Avo, Pozo vertical
- [7]- 3D VSP, Pozo vertical,

B.- VSP: conceptos básicos

- [1]- Cálculo del tiempo de tránsito TT.
- [2]- One-way time Two-way time.
- [3]- Tiempo VSP menos (-) TT.
- [4]- Tiempo VSP mas (+) TT.

4.- Procesamiento básico del VSP:

A.- Secuencia de procesamiento:

a.- Preparación de los datos:

- [1]- Edición de los datos de fuente y receptores.
- [2]- Técnicas de stacking: Median, mean,

- [3]- Normalización, Tar,
- [4]- filter.
- [5]- Picking de los TT.
- b.- Separación de los campos de ondas:**
- [1]- Estimación de las ondas directas D.
- [1a]- Sustracción de los tiempos (-TT) al VSP.
- [1b]- Filtro mediana para realzar las ondas D.
- [1c]- Agregar los tiempos (+) TT al VSP.
- [2]- Estimación de las ondas reflejadas U.
- [2a]- Sustracción de las ondas D al VSP.
- [2b]- Agregar los tiempos (+) TT al VSP.
- [2c]- Filtro mediana para realzar las ondas U.
- [3]- FK filters: Velocity filters.
- c.- Deconvolucion:**
- [1]- Deconvolucion sobre las ondas D.
- [2]- Deconvolucion sobre las ondas U.
- d.- Corridor stacks**
- [1]- Ejemplo corridor stack

5.- VSP-Practica:

6- Interpretación sísmica 2D / 3D: Metodología.

1.- Introducción: Resumen, Objetivos. Resultados

- Objetivos de la interpretación de los datos sísmicos

2.- Entendiendo a los datos sísmicos:

- Seismic section. Time section, Depth section, CDP,
- Post-stack seismic section, picking, Two-way time,
- Seismic trace Colored wiggle trace,
- Acoustic Impedance, seismic reflexion, Seismic amplitud, Wavelengh,
- Primary seismic reflectors
- Resolución lateral y vertical del datos sísmicos

3.- Conjunto de datos utilizados para la interpretación sísmica

A.- Comparación entre los datos sísmicos y datos de pozos

- Well log correlation
- Que significa: Well-to-seismic- tie

B.- Sismograma sintético:

- Como se genera un sismograma sintético
- Como se determina la ondícula de la fuente para generar la traza sísmica sintética

4.- Entendiendo a la velocidad:

- Velocidad sísmica average, como se determina
- Velocidad sísmica intervalica, como se determina
- Técnica para la conversión time-depth

5.- Fault picking:

- Interpretación de fallas
- Guia para el picado de fallas
- Fault slice, usos

6.- Interpretación y mapeo de horizontes sísmicos

- Que es un horizon ?
- Mapeo de seismic horizon
- Como generar un mapa estructural en tiempo
- Conversión a profundidad del horizon

7- Procesamiento para INVERSION DE TRAZA y AVO

1.- Entendiendo al coeficiente de reflexión:

- Coeficiente de reflexión para incidencia normal
- Coeficiente de reflexión para incidencia en angulo
- Relacion de Poisson

2.- Entendiendo a las amplitudes sísmicas:

- Reservorios, contraste de impedancias e indicadores directos de HC:
- Atributos sísmicos
- Bright spot
- Flat spot
- Polarity reversal
- Dim spot

Bibliografía-Lectura de referencia-Libros

- ❑ Oz Yilmaz, 2009 **SEISMIC DATA ANALYSIS**
Processing, Inversion, and interpretation of Seismic Data.
Volume I-II. INVESTIGATIOS IN GEOPHYSICS N° 10
- ❑ Mike Cox 2010. **Static Corrections for Seismic Reflection Surveys**
9 GEOPHYSICAL REFERENCES SERIES.
- ❑ Stuart Fagin. 2010 **MODEL-BASED DEPTH IMAGING**
Course Notes series N° 10, SEG
- ❑ Phil Schultz 1999 **The Seismic Velocity Model as an Interpretation Asset**
Distinguished Instructor Short Course Series N°2 SEG
- ❑ Dave Marsden 2008 **A PRACTICAL GUIDE TO VELOCITIES AND DEPTH
CONVERSION.**
NAUTILUS-REPSOL YPF
- ❑ Oliver Drubule 2003 **Geostatistics for Seismic Data Integration in Earth Models**
Distinguished Instructor Short Course Series N°6 SEG EAGE
- ❑ Fred J. Hilterman **Seismic Amplitude Interpretation**
Distinguished Instructor Short Course Series N°4 SEG EAGE
- ❑ Satinder Chopra, Kurt J. Marfurt 2010 **Seismic Attributes for Prospect
Identification and Reservoir Characterization**
Geophysical Developments N° 11