



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **MÉTODOS DE INTERPRETACIÓN DE PRUEBAS CON UN PERIODO CORTO DE PRODUCCIÓN O INYECCIÓN PREVIO AL CIERRE**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO PETROLERO**

**P R E S E N T A:  
VICTOR JUAN LÓPEZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. ISRAEL CASTRO HERRERA**





**Agradezco:**

*A mis padres, por su apoyo, motivación y comprensión en cada momento de mi vida. Siendo participes directa o indirectamente en cada logro y meta alcanzado(a), ya que cada consejo y palabra de aliento me ha servido para seguir progresando y me ha ayudado para formarme como persona de bien, siéntanse satisfechos de que su esfuerzo ha valido la pena.*

*A mis hermanos, por su apoyo y consejos, cuyo ejemplo ha sido un buen camino a seguir.*

*Al Ing. Israel Castro, por brindarme su apoyo como director de tesis.*

*A Bruno, “Roger”, “El Largo” y “Edermiro”, por su valioso aporte para el desarrollo de este trabajo.*

*A mis sinodales, por su apoyo para facilitar la revisión del trabajo.*

*A mis amigos y a todas aquellas personas con quienes he compartido grandes momentos de felicidad y satisfacción (uno que otro no tan feliz), porque han aguantando también mis delirios y enojos (aunque eso forma parte de la amistad....creo).*

---

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>  | <b>1</b>  |
| <b>CAPÍTULO I TIPOS DE PRUEBAS DE PRESIÓN</b>  | <b>3</b>  |
| 1.1 Prueba de presión transitoria  | 3         |
| 1.2 Prueba de decremento   | 4         |
| 1.3 Prueba de límite del yacimiento  | 5         |
| 1.4 Prueba multigasto  | 6         |
| 1.5 Prueba de incremento   | 6         |
| 1.6 Prueba de inyección  | 8         |
| 1.7 Prueba fall-off  | 9         |
| 1.8 Prueba de interferencia  | 10        |
| 1.9 Prueba de pulso  | 11        |
| 1.10 Prueba SRT  | 12        |
| 1.11 Prueba DST  | 14        |
| 1.12 Prueba Mini-Fall-Off (MFO)  | 15        |
| <b>CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE INTERPRETACIÓN DE PRUEBAS CON<br/>UN PERIODO CORTO DE PRODUCCIÓN O INYECCIÓN PREVIO AL CIERRE</b> | <b>17</b> |
| 2.1 Influencia del tiempo de producción en una prueba<br>de incremento de presión  | 17        |
| 2.1.1 Prueba de incremento de presión  | 17        |
| 2.1.2 Diagnóstico de flujo   | 19        |
| 2.1.3 Tiempo de producción largo   | 20        |
| 2.1.4 Tiempo de producción intermedio  | 21        |
| 2.1.5 Tiempo de producción corto   | 21        |
| 2.1.6 Periodo de estabilización del flujo antes del cierre   | 23        |
| 2.1.7 Metodología general de interpretación  | 26        |

---

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 2.2                                      | Métodos de interpretación   | 26        |
| 2.2.1                                    | Método de Soliman   | 27        |
| 2.2.1.1                                  | Modelo matemático   | 29        |
| 2.2.1.2                                  | Modelo de flujo lineal  | 29        |
| 2.2.1.3                                  | Modelo de flujo bilineal  | 29        |
| 2.2.1.4                                  | Modelo de flujo radial  | 29        |
| 2.2.1.5                                  | Aplicación del modelo de flujo radial   | 30        |
| 2.2.2                                    | Análisis de pruebas de presión a través del uso del concepto de la respuesta de presión debida a una fuente instantánea | 31        |
| 2.2.2.1                                  | Respuesta de presión para un retiro instantáneo de fluido de una formación  | 31        |
| 2.2.2.2                                  | Aplicaciones del análisis de pruebas de presión   | 33        |
| 2.2.3                                    | Prueba de impulso   | 35        |
| 2.2.3.1                                  | Antecedentes  | 36        |
| 2.2.3.2                                  | Descripción   | 37        |
| 2.2.3.3                                  | Principio de análisis   | 37        |
| 2.2.3.4                                  | Método de análisis  | 37        |
| 2.2.3.5                                  | Discusión del análisis de impulso   | 39        |
| 2.2.3.6                                  | Consideraciones prácticas   | 39        |
| 2.2.3.7                                  | Puntos de énfasis   | 40        |
| <b>CAPÍTULO III PRUEBA MINI-FALL-OFF</b> |   | <b>41</b> |
| 3.1                                      | Introducción  | 41        |
| 3.2                                      | Descripción de una prueba MFO   | 41        |
| 3.3                                      | Diseño de una prueba MFO  | 42        |
| 3.4                                      | Información del pozo  | 43        |
| 3.5                                      | Selección del fluido, duración del periodo de flujo y del tiempo de cierre  | 43        |
| 3.6                                      | Ejecución de una prueba MFO   | 44        |
| 3.7                                      | Interpretación de una prueba MFO  | 44        |

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO IV APLICACIONES DE CAMPO</b>              | <b>45</b> |
| 4.1 Métodos de interpretación que se aplican en campo | 45        |
| 4.2 Pasos a seguir durante la interpretación          | 45        |
| 4.2.1 Método de Soliman                               | 45        |
| 4.2.2 Método de impulso                               | 46        |
| 4.3 Caso teórico                                      | 47        |
| 4.3.1 Datos de la prueba                              | 47        |
| 4.3.2 Método de Soliman                               | 48        |
| 4.3.3 Método de impulso                               | 53        |
| 4.3.4 Análisis de resultados                          | 59        |
| 4.4 Caso 1: Pozo Bicentenario-1                       | 60        |
| 4.5 Caso 2: Pozo Centenario-1                         | 64        |
| 4.6 Compendio   | 69        |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                 | <b>70</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                   | <b>72</b> |
| <b>TABLA A</b>  | <b>73</b> |
| <b>TABLA B</b>  | <b>91</b> |

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día, a pesar del aumento y la necesidad de sustituir el uso de combustibles fósiles por energías renovables, el petróleo sigue siendo el combustible con mayor consumo en el mundo; debido a esto, existe una gran necesidad de mantener el abastecimiento de hidrocarburos a nivel global.

Dentro de este entorno, México no es la excepción, ya que siendo éste un país petrolero, y teniendo como soporte principal de su economía la comercialización de hidrocarburos, se ha visto en la necesidad de mantener una producción que satisfaga los requerimientos de su propio consumo y el de sus demandantes.

Por otro lado, debido a la inevitable caída de la producción en la Región Marina, que involucra la declinación del gigante Cantarell, México ha tenido que asumir la tarea de sustituir y reducir el ritmo de declinación de la producción. Para esto, ha sido necesario invertir en exploración, reinvertir en campos maduros con procesos de recuperación secundaria y/o mejorada y comenzar a explotar yacimientos que involucran grandes retos técnicos y económicos; tal es el caso de la incursión en aguas profundas o del indescifrable Chicontepec.

El proyecto ATG, antes Chicontepec, cuyo VO (Volumen Original) ha sido estimado en más de 135 000 mmbbl, superando por mucho el yacimiento Akal, cuyo VO fue estimado en casi 30 500 mmbbl, es un amplio recurso de hidrocarburos y podría sustituir el volumen de hidrocarburos que declina día con día. Sin embargo, dadas sus complejas características geológicas, siendo los yacimientos en Chicontepec de baja permeabilidad y generalmente arenas lenticulares con intercalaciones de lutitas, su explotación rentable puede ser difícil y costosa, ya que sólo se tiene una reserva probada de 501 mmbbl de aceite y de casi 825 mmpc de gas, lo cual no representa ni el 1% del VO (CNH, 2010).

Dentro de la necesidad de buscar nuevas tecnologías infromación y técnicas de explotación, se encuentra el uso de las pruebas de presión, las cuales han sido usadas desde hace años para estudiar y describir el comportamiento de los yacimientos, ayudando a la caracterización de un gran número de parámetros. Tal es el caso de la prueba Mini-Fall-Off, la cual es una gran herramienta técnica, económica y eficiente, cuya interpretación difiere de los métodos convencionales, ya que debe ser analizada mediante métodos desarrollados para pruebas con un periodo corto de producción o inyección previo al cierre, tal como el método de Soliman, la

técnica de respuesta de presión debida a una fuente instantánea y la prueba de impulso, debido a la particularidad de tener un periodo corto de inyección previo al cierre. Los métodos de interpretación antes mencionados, también pueden ser aplicados a pruebas de incremento que cumplan con la condición análoga, un periodo corto de producción previo al cierre.

El objetivo de este trabajo es explicar los métodos para interpretar pruebas que tienen un periodo corto de producción o inyección previo al cierre, mostrando también, mediante casos de campo, la aplicación y análisis de dichos métodos a pruebas MFO y pruebas de incremento.

## CAPITULO I

### TIPOS DE PRUEBAS DE PRESIÓN

En el mejor de los casos, el tipo de prueba que se realizará está gobernada por los objetivos de la prueba. En otros casos, la selección es gobernada por limitaciones prácticas, por ejemplo: el equipo que será empleado, la experiencia del personal, el tiempo que será requerido para llevar a cabo la prueba, etcétera.

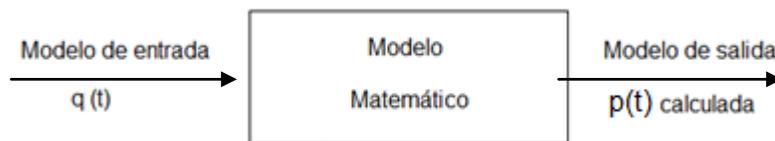
A continuación se muestran los principales tipos de prueba que se realizan en la industria.

#### 1.1 Prueba de presión transitoria

Una prueba de presión transitoria es una prueba de flujo llevada en pozos para obtener datos del pozo y del yacimiento. La prueba consiste esencialmente en cambiar el gasto del pozo y medir la respuesta de la presión del pozo como una función del tiempo, ya sea en el mismo pozo o en un pozo vecino. En ambos casos, los datos de presión pueden ser analizados para obtener la información del yacimiento o del pozo requerido. La respuesta de la presión del pozo sujeta al cambio del gasto es función de las propiedades de la roca, propiedades de los fluidos y de la geometría de flujo. Por esa razón debería ser posible estimar algunas de esas propiedades a partir de la respuesta de presión.

Los datos medidos de gasto, respuesta de presión durante la prueba, las propiedades de la roca y de los fluidos son requeridos a través de otras fuentes para analizar los datos de la prueba.

En la **Figura 1.1** se muestra la vista del sistema de una prueba de presión transitoria.



**Figura 1.1: Vista del sistema de una prueba de presión transitoria (Horne, 1990)**

Con el uso de las pruebas de presión transitoria ha sido posible estimar un gran número de parámetros de la formación, tales como:

- Permeabilidad de la formación ( $k$ )
- Presión promedio del yacimiento ( $\bar{p}$ )
- Volumen de poros conectados ( $Vp$ )

- Grado del daño a la formación o estimulación ( $S$ )
- Distancia a una falla, si ésta se presenta ( $L$ )
- Coeficiente de almacenamiento ( $C$ )
- Detectar heterogeneidades del yacimiento tales como fracturas, capas y cambios de movilidad
- Propiedades de una fractura (Tamaño de la fractura, conductividad de la fractura, etcétera)

La aplicación de las pruebas de presión dependerá, por ejemplo:

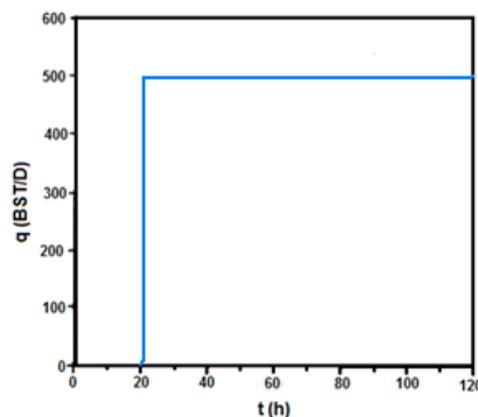
- 1) Dependiendo de, si el pozo es productor o inyector
- 2) Dependiendo de, si el pozo está produciendo o está cerrado durante la prueba, y
- 3) Si más de un pozo está involucrado en la prueba

A continuación se describirán las pruebas de presión transitoria más comunes.

## 1.2 Prueba de decremento

En una prueba de decremento, un pozo que está estático, estable y cerrado es abierto al flujo. Para los propósitos del análisis tradicional, el gasto es supuesto como constante ( $q_o$ ), y la presión estática ( $p_{ws}$ ) es medida antes de poner el pozo a producir.

La presión de fondo fluyendo y el gasto de producción son medidos como una función del tiempo ( $p_{wf}(t)$  o  $q_o(t)$ ) por varias horas o días, dependiendo de la respuesta de las propiedades del yacimiento y objetivos de la prueba. La presión medida y la historia de producción pueden ser analizadas para estimar la permeabilidad de la formación, el factor de daño, distancia a una falla en caso de estar presente y las propiedades de la fractura.



**Figura 1.2: Historia de gasto de una prueba de decremento (Horne, 1990)**

En la **Figura 1.2** se muestra el gasto típico para una prueba de decremento, la **Figura 1.3** muestra el comportamiento de la presión que se tendría para un gasto típico.

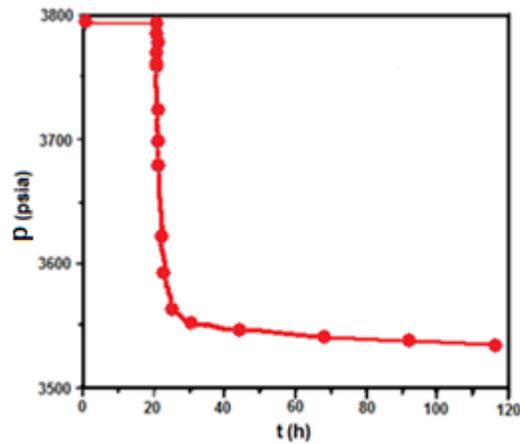


Figura 1.3: Historia de presión de una prueba de decremento (Horne, 1990)

En la práctica, una prueba de decremento podría tener ciertas dificultades para llevarse a cabo bajo las intenciones previstas. En particular:

- a) Es difícil hacer que el pozo fluya a gasto constante, incluso después de haberse estabilizado y
- b) Las condiciones iniciales, estática o estable, especialmente si fue recientemente perforado o ha sido puesto a fluir previamente

### 1.3 Prueba de límite del yacimiento

Es un tipo especial de prueba de decremento, en la cual, la prueba es llevada a cabo por un periodo grande de tiempo, durante el cual, los cambios que operan en el gasto son menos significantes sobre tales tiempos grandes. La historia de presión es afectada por las fronteras del yacimiento, esta, puede ser analizada para estimar el volumen de poros interconectados del yacimiento ( $V_p$ ). La **Figura 1.4** muestra la estimación de la distancia a una falla, empleando doble pendiente, es punto de inflexión indica el momento en que se ha alcanzado la falla.

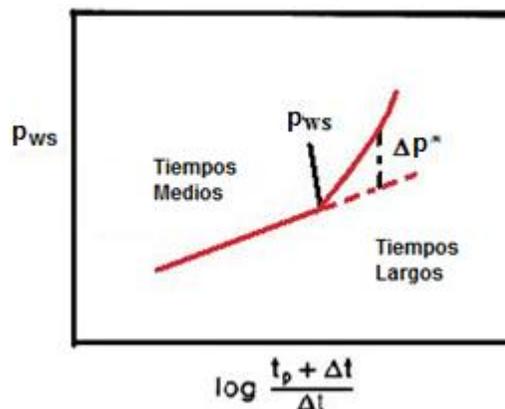


Figura 1.4: Estimación de la distancia a una falla empleando doble pendiente (John Lee, 1982)

#### 1.4 Prueba multigasto

Esta es otro tipo de prueba de decremento, en la cual, el gasto es cambiado a manera de intervalos y la respuesta de presión de fondo es medida como una función del tiempo.

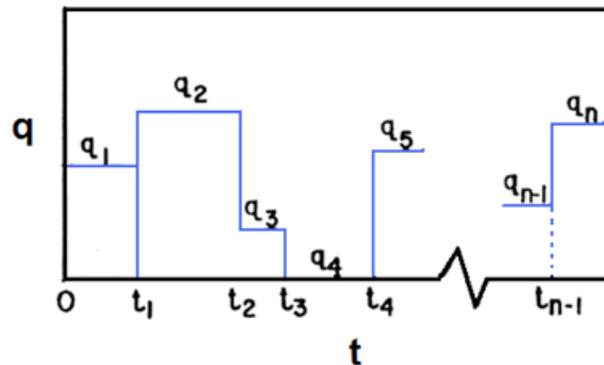
Esto es de gran ayuda, ya que una prueba de decremento requiere un gasto constante y a menudo es impráctico o imposible mantenerlo el tiempo suficiente para completar una prueba. En este tipo de situación, una prueba de gasto variable puede ser aplicable.

Las respuestas de la presión y del gasto de producción pueden ser analizadas para estimar la permeabilidad de la formación, el factor de daño y la presión promedio del yacimiento.

Una prueba de gasto variable, podría tener un rango de aplicación, desde un gasto no controlado, un gasto variable, hasta una serie de gastos constantes, para probar una presión de fondo fluyendo constante con un cambio de gasto continuo.

Sin embargo, es necesario tener buenos datos de los cambios del gasto, ya que de no ser así, no sería posible tener un buen análisis de la prueba.

La prueba multigasto, tiene la ventaja de proveer datos temporales de la prueba, mientras la producción continúa. Esto lleva a minimizar los cambios en el coeficiente de almacenamiento y los efectos de segregación de fase (cambios entre patrones), proveyendo así, buenos resultados cuando una prueba de incremento o decremento no lo harían.

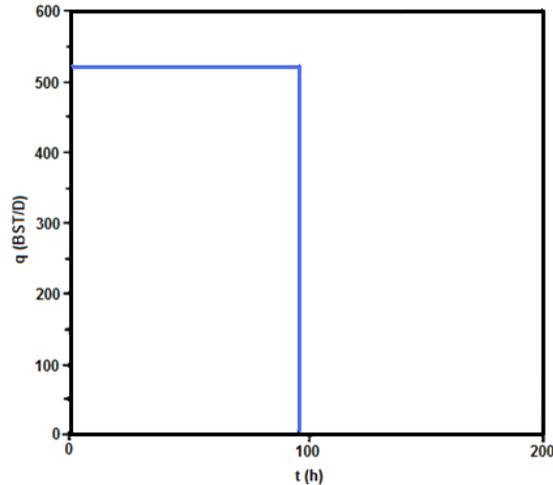


**Figura 1.5: Historia de producción de una prueba de gastos múltiples (John Lee, 1982)**

En la **Figura 1.5** se muestran los cambios que pueden ocurrir en el gasto durante la toma de la prueba

#### 1.5 Prueba de incremento

En una prueba de incremento, un pozo el cual ya ha estado fluyendo (idealmente a gasto constante) se cierra, usualmente en superficie, y es medida la caída de presión antes del cierre, así como el incremento de presión posterior al cierre.

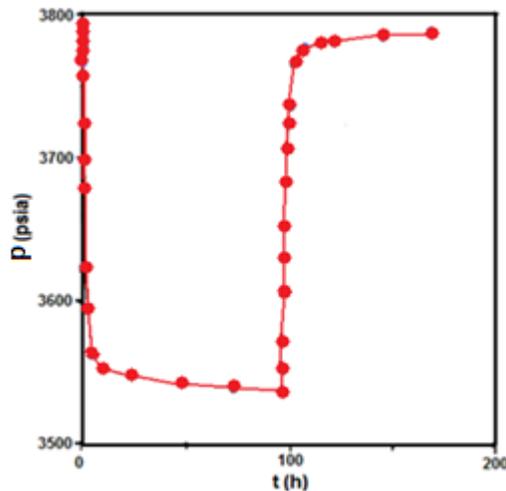


**Figura 1.6: Gasto típico de una prueba de incremento (Horne, 1990)**

Como se observa en la **Figura 1.6**, el gasto se mantiene constante hasta antes del cierre, posterior al cierre el gasto será nulo.

El incremento de la presión de fondo es registrado por varias horas o días, dependiendo de la difusividad hidráulica ( $\eta$ ) y del objetivo de la misma. La **Figura 1.7** muestra este incremento, que se registra después del cierre, el cual ocurre aprox. Cuando  $t=100$  (h).

El registro de las presiones puede ser analizado para estimar la permeabilidad, el factor de daño, la presión promedio del yacimiento, la distancia a una falla (si está presente), tamaño de la fractura y conductividad de la fractura ( $k_f w_f$ ).



**Figura 1.7: Historia de presión de una prueba de incremento (Horne, 1990)**

El análisis de una prueba de incremento, a menudo requiere únicamente pequeñas modificaciones de las técnicas usadas para interpretar pruebas de decremento a gasto constante.

La ventaja práctica de una prueba de incremento es, que la condición de gasto constante es más fácil de obtener (desde que el gasto es cero).

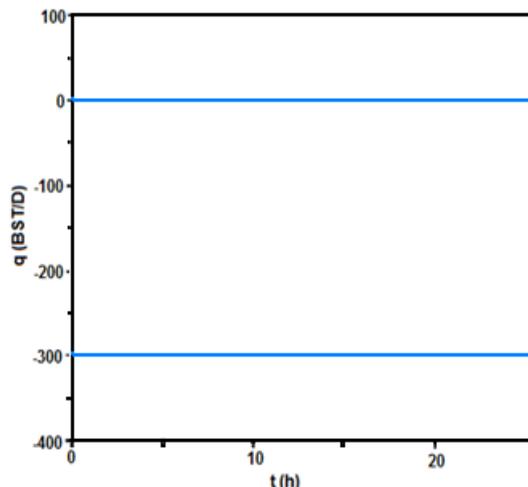
Una de las desventajas que tiene una prueba de incremento es la dificultad por obtener un gasto constante previo al cierre. Además, podría ser necesario cerrar el pozo brevemente para introducir la herramienta al agujero lo cual implicaría no tener producción, por lo que esto representaría pérdidas económicas

### 1.6 Prueba de inyección

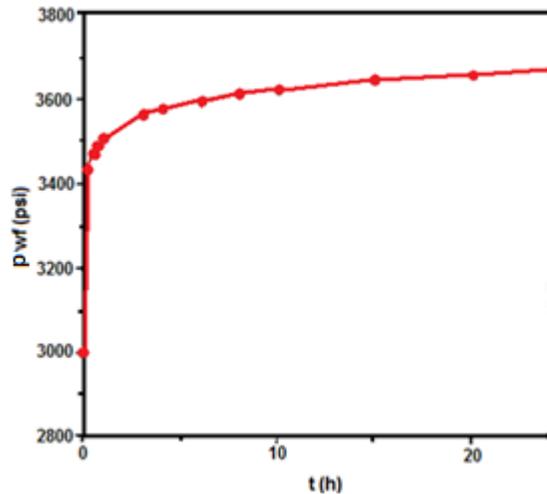
Una prueba de inyección es conceptualmente idéntica a una prueba de decremento, excepto que el fluido va al interior, en lugar de al exterior de la formación.

El fluido es inyectado al pozo a gasto constante, el gasto de inyección y la presión de fondo fluyendo son medidos como una función del tiempo. La respuesta de presión puede ser analizada para estimar la permeabilidad de la formación y el factor de daño. Esta prueba en particular, es de gran importancia cuando se va a realizar o se está realizando una prueba de inyección o un método de recuperación secundaria. Cuando un pozo es destinado para recibir una cantidad grande de fluido, su habilidad para aceptar ese fluido uniformemente por un tiempo grande, es importante para economizar proyectos de recuperación secundaria. En particular, un incremento del daño en la vecindad del pozo debe ser detectado para corregirlo lo más pronto posible.

Los gastos de inyección pueden ser controlados más fácilmente que los gastos de producción, sin embargo, el análisis de los resultados de la prueba pueden complicarse por los efectos multifásicos del fluido, para evitar esto, es recomendable que el fluido inyectado sea igual al fluido de la formación. En la **Figura 1.8** se observa un gasto típico de una prueba de inyección, en la cual el fluido va hacia la formación, por lo que se considera que el gasto es negativo.



**Figura 1.8: Gasto típico de una prueba de inyección (Horne, 1990)**



**Figura 1.9: Historia de presión de una prueba de inyección (Horne, 1990)**

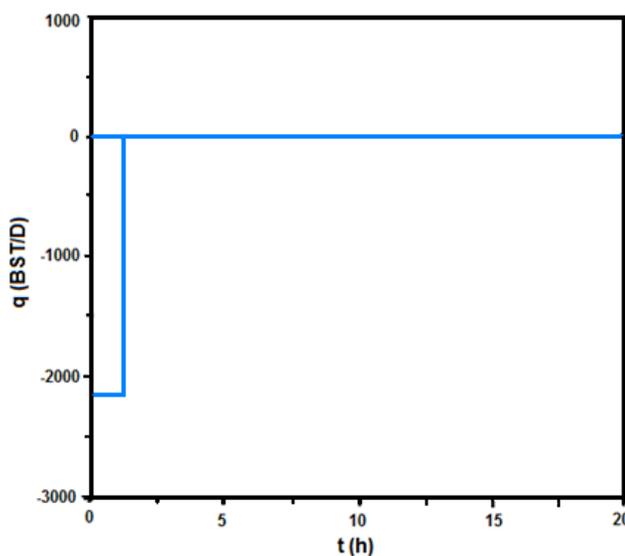
La **Figura 1.9** muestra el incremento de presión que se obtiene durante una prueba de inyección.

### 1.7 Prueba fall-off

Una prueba fall-off mide la declinación de la presión subsecuente al cierre de una inyección, involucra cerrar el pozo después de un período de inyección a gasto constante y medir el decremento de la presión resultante en función del tiempo.

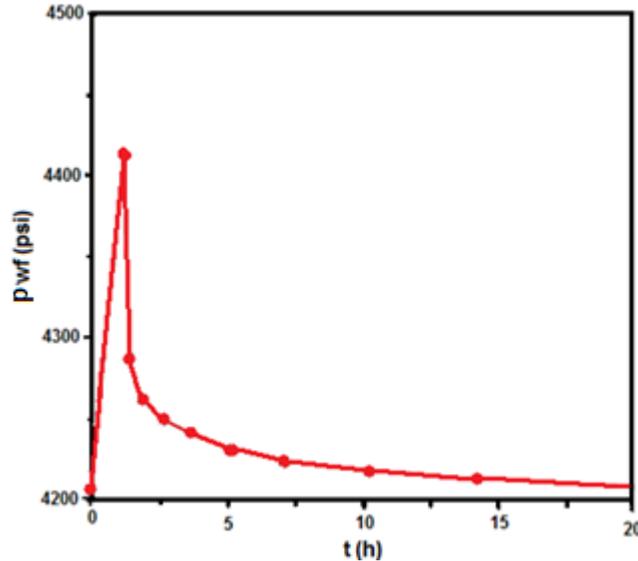
Los datos de presión tomados inmediatamente antes y durante el periodo de cierre son analizados como datos de incremento de presión.

Conceptualmente es idéntica a una prueba de incremento, y de igual manera, el fluido inyectado debe ser idéntico a los fluidos de la formación para evitar complicaciones. En la **Figura 1.10** se puede observar el momento en el que el pozo es cerrado, después de la inyección.



**Figura 1.10: Gasto típico de una prueba fall-off (Horne, 1990)**

La **Figura 1.11** muestra el decremento de la presión que se tiene posterior a la inyección de fluido.



**Figura 1.11: Historia de presión de una prueba fall-off (Horne, 1990)**

### 1.8 Prueba de interferencia

En una prueba de interferencia, un pozo es puesto a producir y la presión es observada en un pozo diferente (o pozos).

Este tipo de prueba se utiliza principalmente para determinar si uno o más pozos están comunicados a través de la presión del yacimiento, cuando esta existe, provee un estimado de la permeabilidad y del producto de la porosidad y la compresibilidad ( $\phi C_t$ ) en la vecindad de los pozos probados.

Una prueba de interferencia monitorea los cambios de presión que ocurren en un pozo de observación, el cual se mantiene cerrado durante la prueba, desde un pozo productor. Así, una prueba de interferencia podría ser útil para caracterizar propiedades del yacimiento sobre escalas de longitud más grandes que las pruebas a pozos individuales. Los cambios de presión a una distancia desde el productor son mucho más pequeños que en el mismo pozo productor, así las pruebas de interferencia requieren herramientas sensibles a los cambios de presión y podrían tomar mucho tiempo para realizarse.

El pozo cerrado, puede permanecer en observación durante varias horas o incluso días, dependiendo de las propiedades del yacimiento y del espaciamiento entre pozos.

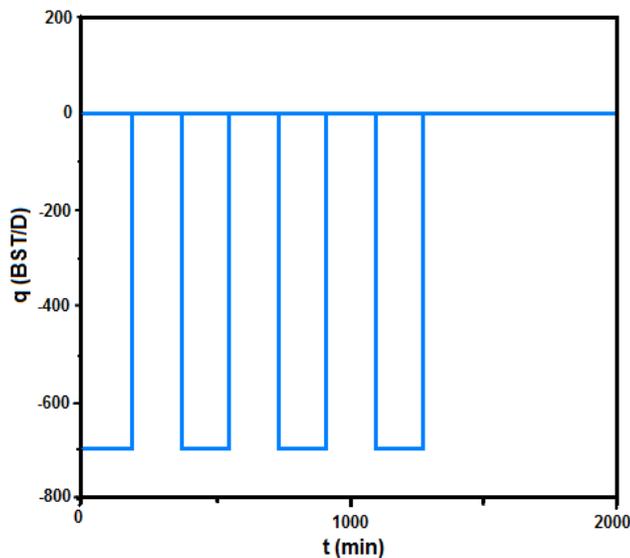
La historia de presión medida, puede ser analizada para estimar la permeabilidad y porosidad interpozos. Si las respuestas de presión son medidas en varios pozos en observación, pueden ser analizadas para estimar la dirección de la permeabilidad.

### 1.9 Prueba de pulso

La prueba de pulso tiene el mismo objetivo que una prueba de interferencia convencional, para determinar si un par de pozos tienen comunicación hidráulica, estimar  $k$  y  $\phi C_t$  en el área de prueba de los pozos. La prueba es conducida a través de una señal enviada o secuencia de pulsos desde un pozo activo (productor o inyector) a un pozo cerrado en observación. La secuencia de pulso es creada por la producción (o inyección) desde el pozo activo, entonces cerrándolo, y repitiendo esa secuencia con un patrón regular.

Las pruebas de pulso tienen varias ventajas sobre las pruebas de interferencia convencionales:

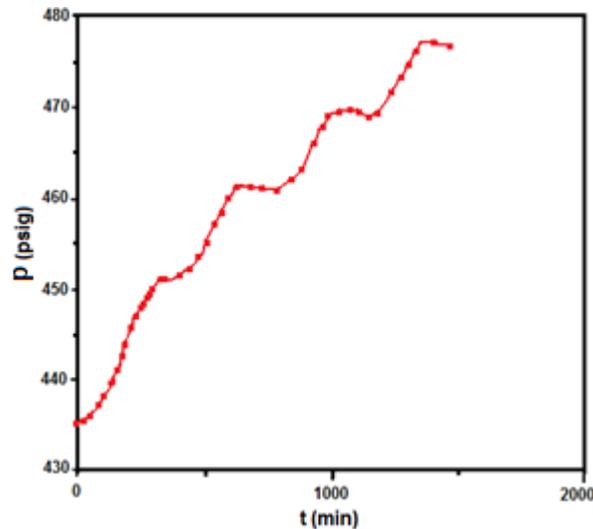
- 1.- Afectan menos las operaciones normales que las pruebas de interferencia, dura un mínimo de tiempo que podría ser desde algunas horas hasta algunos días
- 2.- Hay menos problemas de interpretación causados por el ruido y por la tendencia de la presión del yacimiento cuando ellos afectan la respuesta en pozos de observación
- 3.- El análisis de las pruebas de pulso usualmente puede estar basado en soluciones simples de las ecuaciones de flujo



**Figura 1.12: Gasto típico de una prueba de pulso para un pozo pulsante (Horne, 1990)**

La **Figura 1.12** muestra las variaciones en el gasto de inyección durante los diferentes “pulsos” de la prueba.

La principal razón para tener una secuencia de pulsos de presión es, que rápidamente se pueden determinar los efectos de un pozo activo sobre un pozo en observación. Usualmente son requeridos sensores de alta resolución para detectar esos pequeños pulsos, los cuales podrían tener magnitudes menores que 0.1 psi.



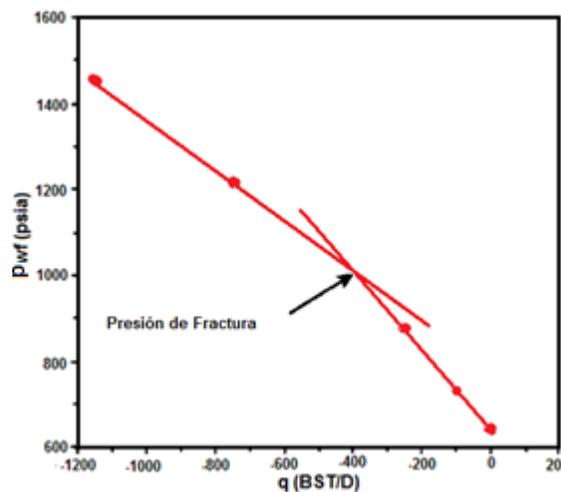
**Figura 1.13: Historia de presión de una prueba de pulso para un pozo observador (Horne, 1990)**

La **Figura 1.13** muestra los diferentes incrementos de presión que se tendrían con cada variación pulso durante la prueba.

### 1.10 Prueba SRT

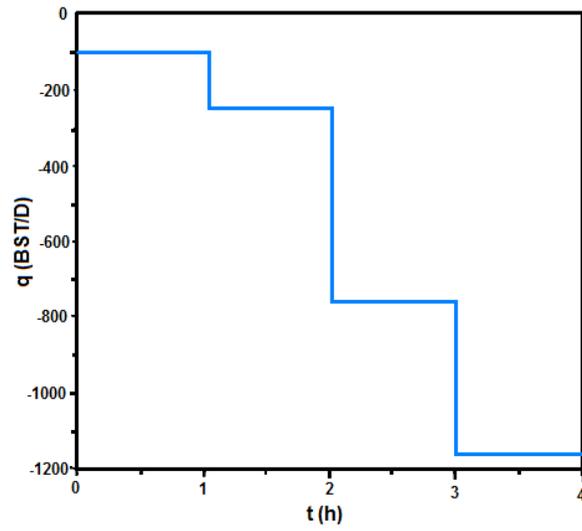
Una prueba SRT (Step Rate Test) es una prueba llevada a cabo en un pozo inyector para determinar el gradiente de fractura de la formación, el gasto de inyección dentro del pozo es incrementado a manera de paso sobre intervalos iguales de tiempo cada vez que la presión de fondo de inyección es medida. Los datos de presión y de gasto de inyección pueden ser analizados para determinar el gradiente de fractura de la formación.

La **Figura 1.14** muestra una gráfica típica de los datos de una prueba SRT para determinar el gradiente de fractura de la formación.



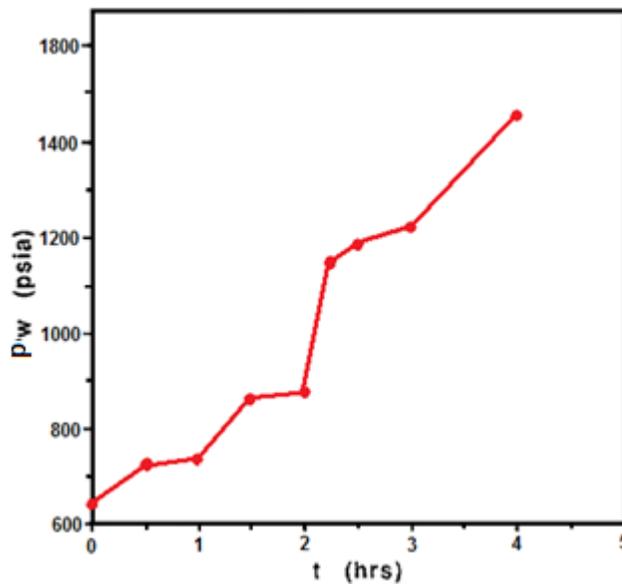
**Figura 1.14: Gráfica de presión contra gasto de una prueba SRT (Horne, 1990)**

La **Figura 1.15** muestra un gasto típico para una prueba SRT.



**Figura 1.15:** Gasto típico de una prueba SRT (Horne, 1990)

La **Figura 1.16** muestra la historia de presión para una prueba SRT.



**Figura 1.16:** Historia de presión de una prueba SRT (Horne, 1990)

### 1.11 Prueba DST

Un DST (Drill Stem Test) es una prueba que usa una herramienta especial colocada al final de la sarta de perforación. Es una prueba comúnmente usada para probar pozos recientemente perforados y de los cuales normalmente no se conoce su potencial, debido a eso únicamente puede ser llevada a cabo cuando la sarta está dentro del agujero. Aunque algunas veces se realiza en zonas productoras conocidas de pozos para desarrollo.

El DST provee una terminación temporal del intervalo a probar. Un buen DST proporciona una muestra del tipo de fluido presente en el yacimiento, indica el gasto y da una medida de la presión estática y de la presión de fondo fluyendo.

El DST ayuda a determinar la posibilidad de una producción comercial, ya que los fluidos recuperados y el gasto son observados. El análisis de los datos del DST en periodo de flujo transitorio puede proveer una estimación de las propiedades de la formación y del daño. Estos datos podrían ser usados para estimar el potencial del pozo con una terminación regular que use técnicas de simulación para remover el daño e incrementar el diámetro efectivo de la vecindad.

En un DST, el pozo es abierto al flujo por una válvula en la base de la herramienta, y los fluidos del yacimiento fluyen hacia la sarta de perforación (la cual esta usualmente vacía al empezar). La prueba tiene comúnmente una secuencia: se produce por un periodo corto de tiempo, se cierra por un periodo corto (inicio del incremento), se produce nuevamente por un periodo más largo (segundo periodo de flujo) y se cierra nuevamente por un periodo más largo de tiempo (incremento final). En la **Figura 1.17** se pueden observar los diferentes intervalos del gasto durante el desarrollo del DST.

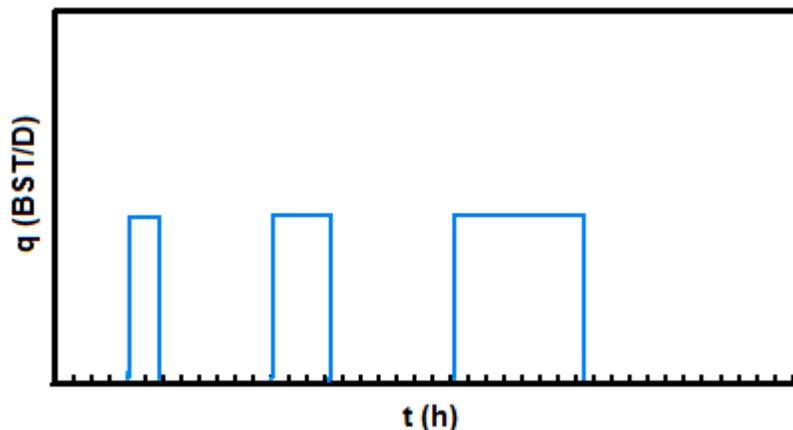
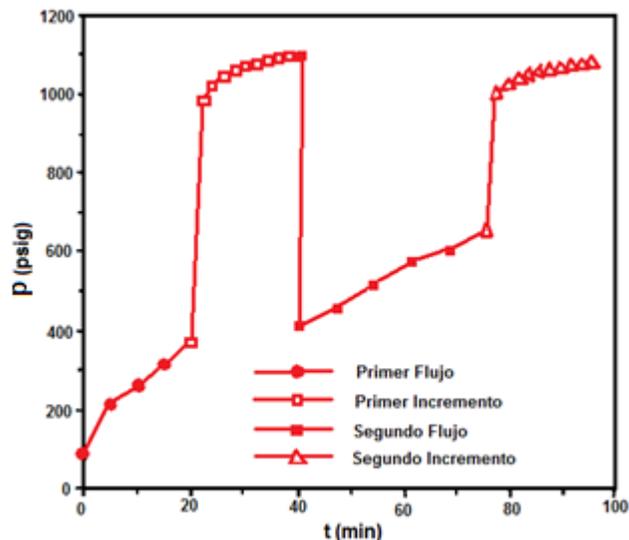


Figura 1.17: Gasto típico de una prueba DST (Horne, 1990)

La prueba DST puede ser bastante corta con el cierre positivo de la válvula al fondo del pozo, evitando así los efectos de almacenamiento.

Podrían surgir ciertas complicaciones, desde los efectos de momentum y fricción, hasta el hecho de que las condiciones del pozo sean afectadas por operaciones de perforación y terminación influenciando los resultados.



**Figura 1.18: Típica historia de presión para una prueba DST (Horne, 1990)**

En la **Figura 1.18** se muestra el cambio de presión que ocurre durante los diferentes periodos de flujo de la prueba.

### 1.12 Prueba Mini-Fall-Off (MFO)

En muchos casos, la imposibilidad del pozo para producir después de ser perforado, hace el escenario a veces muy difícil de solucionar.

Una prueba Mini-Fall-Off es una solución técnica, económica y eficiente para resolver este problema, proveyendo un excelente punto de inicio para entender mecanismos no convencionales y optimizar el proceso de entrada de una técnica de fracturamiento hidráulico.

El periodo después del cierre que sigue de una prueba de inyección MFO y del cierre, contiene los periodos de flujo pseudo-lineal y pseudo-radial. Un análisis del periodo de flujo pseudo-radial proporciona la transmisibilidad del yacimiento ( $kh/\mu$ ) y la presión inicial del yacimiento ( $p_i$ ) empleando métodos convencionales de interpretación, tal como la técnica de Horner. Se debe destacar que esta técnica solo determina la presión y la transmisibilidad de cuerpos de arena individuales.

Una prueba Mini-Fall-Off consiste en:

- 1- La inyección de un pequeño volumen de agua para crear una fractura corta y
- 2- Un periodo de cierre (tiempo de declinación) después de la inyección para registrar la presión.

Una de las particularidades de esta prueba, es su periodo corto de inyección, por lo que su interpretación deberá ser realizada de manera distinta a los métodos convencionales, ya que requerirá de técnicas de interpretación para pruebas con un periodo de cierre mayor al periodo de inyección.

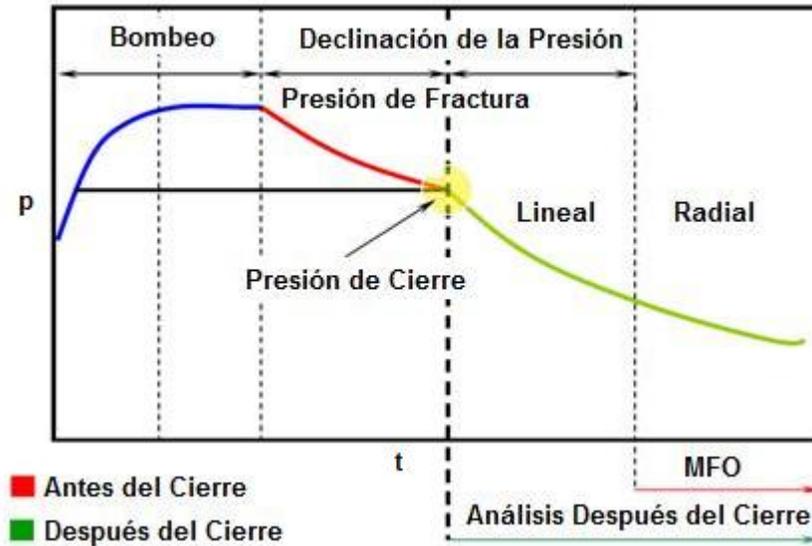


Figura 1.19: Prueba MFO (Ceccarelli et al, 2009)

La **Figura 1.19** muestra la aplicación de la prueba MFO para determinar el gradiente de fractura de una formación.

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE INTERPRETACIÓN DE PRUEBAS CON UN PERIODO CORTO DE PRODUCCIÓN O INYECCIÓN PREVIO AL CIERRE

#### 2.1-Influencia del tiempo de producción en una prueba de incremento de presión

Como se explicará posteriormente, la influencia del tiempo de producción es muy importante debido a que la respuesta de presión estará en función del tiempo que el fluido sea inyectado o extraído.

##### 2.1.1-Prueba de incremento de presión

Como se comentó en el Capítulo I, una prueba de incremento de presión consiste en cerrar un pozo después de un periodo de producción ( $t_p$ ) o inyección ( $t_i$ ) para medir la presión de fondo ( $p_{ws}$ ) como una función del tiempo de cierre ( $\Delta t$ ) (Figura 2.1).

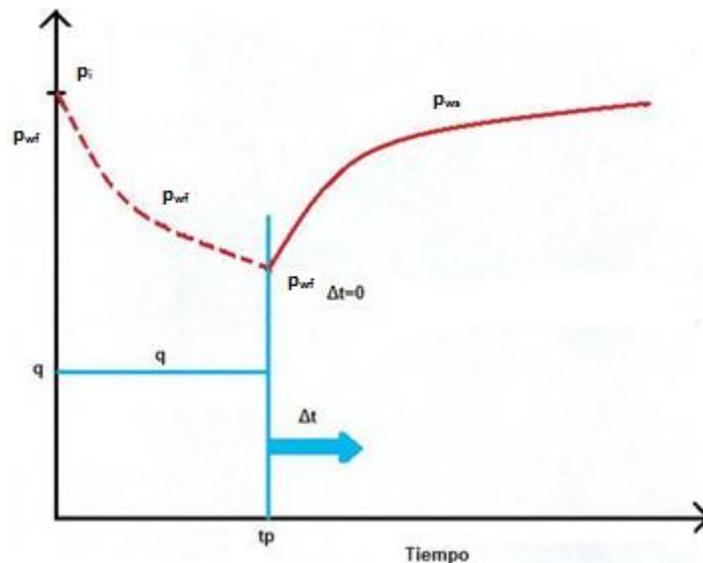


Figura 2.1: Prueba de incremento (Cinco Ley et al, 1990)

Si el gasto se mantiene constante antes de la prueba, la caída de presión durante el incremento estará dada por:

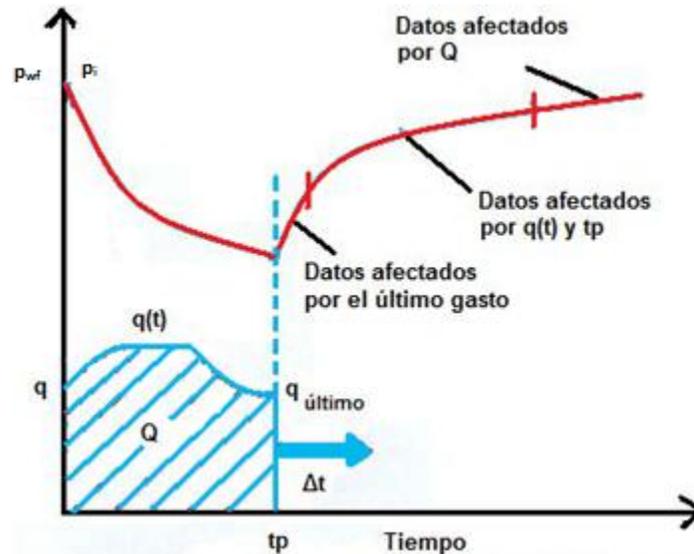
$$p_{ws}(\Delta t) = p_i - q\Delta p_1(t_p + \Delta t) + q\Delta p_1(\Delta t) \quad 2.1$$

En donde  $\Delta p_1$  es la función influencia, que representa la respuesta de presión que el sistema exhibe para un gasto unitario. Es decir, la función influencia es la caída de presión que se tendría en el pozo para un gasto de producción unitario.

La respuesta de presión durante la prueba de incremento incluye, como lo indica la **ec. 2.1**, la función influencia evaluada en dos tiempos distintos,  $\Delta t$  y  $t_p + \Delta t$ ; lo cual, si el sistema exhibe diferentes geometrías de flujo a tiempos distintos, generará una combinación de estas.

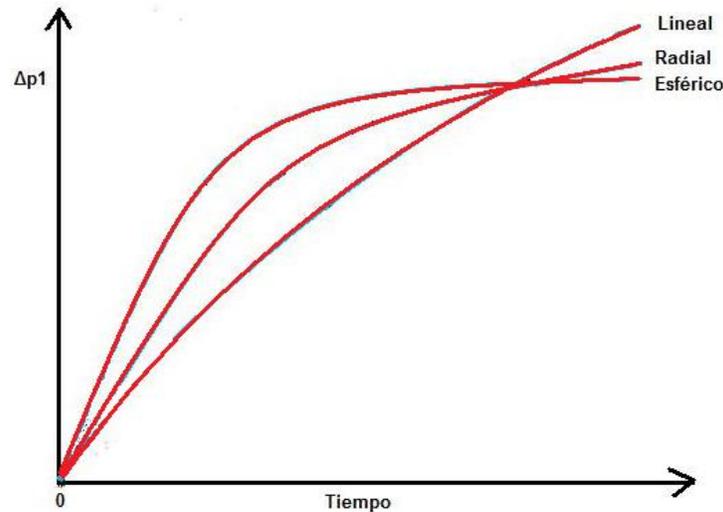
Se puede demostrar, como se indica en la **Figura 2.2**, que la respuesta de presión durante una prueba de incremento depende de la historia del gasto. Esto es, a tiempos pequeños de cierre  $p_{wf}$  estará gobernada por el último gasto; a tiempos intermedios  $p_{wf}$  es función de la historia de gastos y del tiempo de producción.

Finalmente, a tiempos largos, los datos de presión de cierre dependen de la producción acumulada  $Q$  únicamente.



**Figura 2.2: Datos de una prueba de incremento de presión (Cinco Ley et al, 1990)**

Lo anterior es una consecuencia de que las variaciones fuertes de la función influencia  $\Delta p_1$  ocurren a tiempos cortos, como se indica en la **Figura 2.3**.



**Figura 2.3: Función influencia para diversas geometrías de flujo (Cinco Ley et al, 1990)**

Es evidente que obtener una interpretación confiable de una prueba de incremento de presión, no es tan simple como se pretende con los métodos convencionales de análisis; especialmente en sistemas que exhiben varias geometrías de flujo (pozos parcialmente penetrados, pozos hidráulicamente fracturados, yacimientos naturalmente fracturados, etc.) aún cuando el gasto durante el periodo de flujo se mantenga constante, es necesario aplicar un proceso de diagnóstico de los tipos de flujo exhibidos por el sistema durante la prueba.

### 2.1.2-Diagnóstico de flujo

La detección de los diversos tipos de flujo presentes en una prueba se logra analizando la función influencia, que es la respuesta más simple que se puede tener en el sistema.

Uno de los medios más efectivos para el diagnóstico de flujo es la función de derivada  $t \frac{d\Delta p_1}{dt}$

definida por Bourdet y colaboradores. Así, una gráfica doble logarítmica de esta función contra la correcta función del tiempo permite determinar el(los) tipo(s) de flujo de una prueba. En la **Figura 2.4** se muestra que datos en diferentes tipos de flujo exhiben líneas rectas de pendientes diferentes; esto es, las líneas rectas presentan pendientes de 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ , 0 y  $-\frac{1}{2}$  para flujo pseudoestacionario o almacenamiento, lineal, bilineal, radial y esférico respectivamente.

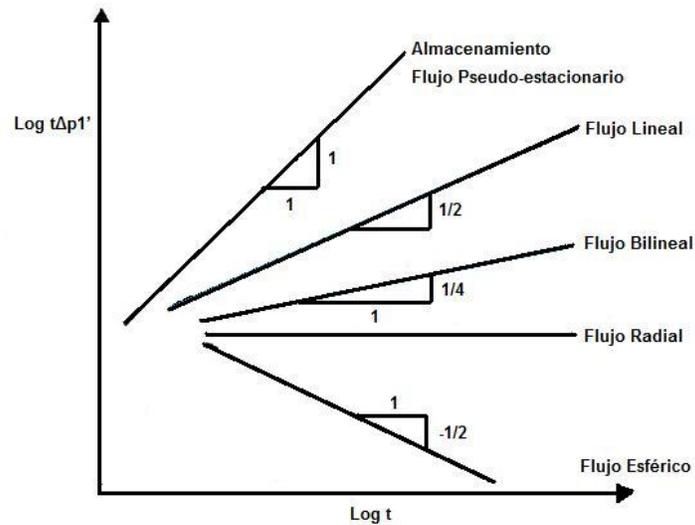


Figura 2.4: Diagnóstico de flujo (Cinco Ley et al, 1990)

Es necesario hacer hincapié en el hecho de que los periodos de flujo no se traslapan; es decir, un dato de presión no puede caer dentro de dos periodos de flujo distintos.

### 2.1.3-Tiempo de producción largo

Si el gasto se mantuvo esencialmente constante durante un periodo largo antes del cierre  $\Delta p_1(t_p + \Delta t) \approx \Delta p_1(t_p)$  y de acuerdo con **ecuación 2.1**:

$$\Delta p_1(\Delta t) = \frac{p_{ws}(\Delta t) - (p_{wf})_{t=0}}{q} \quad 2.2$$

Esto es válido si  $t_p \geq 10 \Delta t$ .

Se debe señalar que la derivada de la función influencia se calcula usando cualquier método de diferencias finitas.

Es conveniente destacar que el uso de la derivada no estará afectado por un dato erróneo de la presión de fondo fluyendo antes del cierre; ya que el cálculo de la derivada no depende de esta presión.

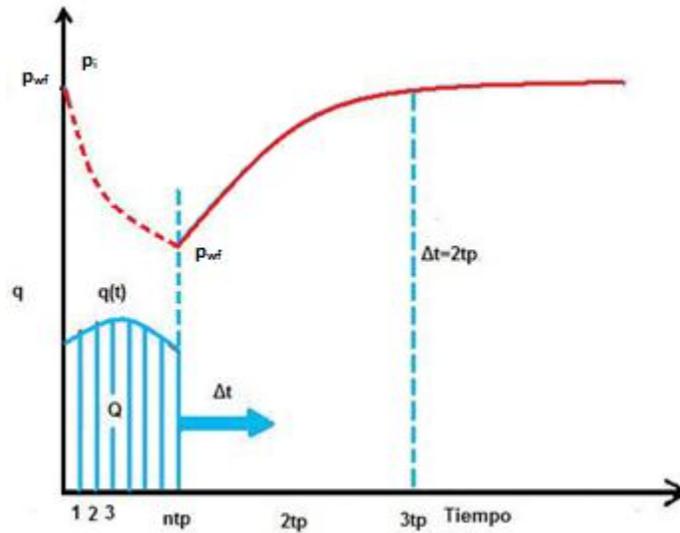
La naturaleza de la función influencia depende de la localización del punto de cierre del pozo. Esto es, si el pozo se cierra en superficie  $\Delta p_1$  incluye el efecto de almacenamiento total del pozo; por otro lado, si el pozo se cierra en el fondo,  $\Delta p_1$  solo incluye el almacenamiento del pozo correspondiente a la zona debajo del punto de cierre.



En donde  $Q$  será la producción acumulada obtenida durante el periodo de flujo. Cabe hacer notar que la estimación de  $\Delta p'_1$  para tiempos pequeños e intermedios requiere de datos de  $q(t)$ , así, discretizando el gasto (**Figura 2.6**) y usando el principio de superposición:

Para  $\Delta t < 2t_p$

$$\frac{\partial \Delta p_1}{\partial t}(\Delta t_k + t_p - t_{N-1/2}) = \frac{1}{q_N \partial t} \left[ p_i - p_{ws}(\Delta t_k) - \sum_{j=1}^{N-1} q_j \partial t \frac{\partial \Delta p_1}{\partial t}(\Delta t_k + t_p - t_{j-1/2}) \right] \quad 2.5$$



**Figura 2.6: Datos de incremento de larga duración con gasto variable en el periodo de flujo (Cinco Ley et al, 1990)**

Es conveniente dividir el periodo de flujo en un número de intervalos  $n > 20$ , de tal forma que la función influencia se pueda calcular para todo tiempo a través de las **ecuaciones 2.2, 2.4 y 2.5**.

Las **ecuaciones 2.4 y 2.5** requieren el valor de presión inicial de la formación antes del periodo de flujo. En ocasiones no se cuenta con una medición confiable de  $p_i$ ; en este caso, se puede calcular la segunda derivada de la función influencia como sigue:

Para  $\Delta t \geq 2t_p$

$$\left. \frac{\partial^2 \Delta p_1}{\partial t^2} \right|_{\Delta t + t_p/2} = -\frac{1}{24Q} \frac{\partial p_{ws}}{\partial t}(\Delta t) \quad 2.6$$

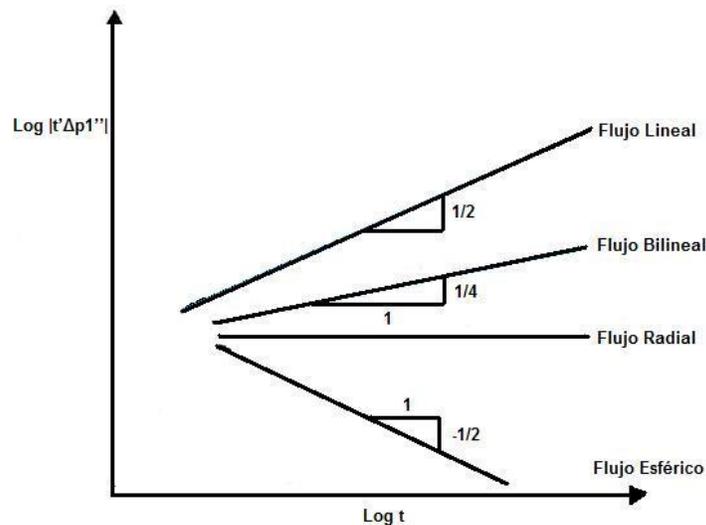
Y para  $\Delta t < 2t_p$

$$\frac{\partial^2 \Delta p_1}{\partial t^2} (\Delta t_k + t_p - t_{N-1/2}) = -\frac{1}{q_N \delta t} \left[ \frac{\partial p_{ws}}{\partial t} (\Delta t_k) + \sum_{j=1}^{N-1} q_j \delta t \frac{-\partial^2 \Delta p_1}{\partial t^2} (\Delta t_k + t_p - t_{j-1/2}) \right] \quad 2.7$$

Debe mencionarse que las **ecuaciones 2.4, 2.5, 2.6 y 2.7** dan procesos estables de cálculo; es decir, el error introducido en cálculos iniciales no crece y por el contrario tiende a desaparecer. Lo anterior es consecuencia de que la función influencia varía cada vez menos a medida que el tiempo crece y los cálculos se llevan a cabo en tal orden que el tiempo decrece.

Los procedimientos que se han discutido para la estimación de la función influencia son generales y válidos para cualquier tipo de flujo (radial, lineal, esférico, bilineal, pseudoestacionario, etcétera).

Para analizar la primer derivada se usa la función  $t \Delta p_1'$  como se muestra en la **Figura 2.4** y para analizar la segunda derivada se calcula la función  $|t^2 \Delta p_1''|$  como se señala en la **Figura 2.7**. Aquí se observa que los flujos lineal, bilineal, radial y esférico son caracterizados por líneas rectas de pendiente 1/2, 1/4, 0 y -1/2, respectivamente. La función de segunda derivada es igual a cero para el almacenamiento y el flujo pseudoestacionario.



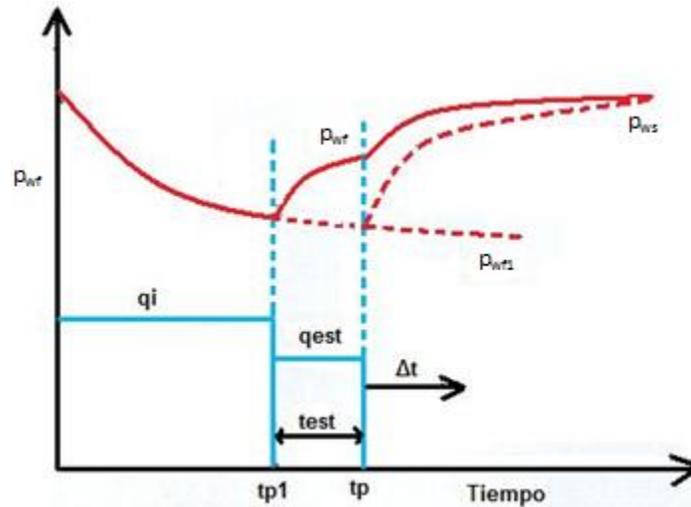
**Figura 2.7: Diagnóstico de flujo con la segunda derivada (Cinco Ley et al, 1990)**

### 2.1.6-Periodo de estabilización del flujo antes del cierre

Es práctica común estabilizar el flujo durante un cierto periodo antes del cierre, generalmente el gasto para el periodo de estabilización no necesariamente es igual al gasto que tenía el pozo. La diferencia entre el gasto inicial y el gasto estabilizado puede ser causada por la resistencia al flujo que presenta el sensor dentro del pozo.

La **Figura 2.8** muestra lo que ocurre en el pozo durante una prueba de incremento con periodo de “estabilización”. Inicialmente el pozo produjo con un gasto  $q_i$  durante un tiempo de producción  $t_{p1}$ ; enseguida se estabiliza el flujo a un gasto  $q_{est}$  durante un periodo  $t_{est}$ .

Posteriormente el pozo se cierra para tomar una prueba de incremento de presión,  $p_{wft}$  será la presión de fondo fluyendo que se hubiese observado si no hubiera cambiado el gasto.



**Figura 2.8: Prueba de incremento con periodo de estabilización de flujo (Cinco Ley et al, 1990)**

Las circunstancias en que lo anterior ocurre originan que la interpretación de los datos de incremento generalmente sea errónea; esto debido a que los primeros datos de cierre están dominados por  $q_{est}$  y los últimos por  $q_i$ .

La **Figura 2.9** muestra el final del periodo dominado por el gasto “estabilizado” para flujos lineal, radial, esférico y bilineal. Se observa que  $q_{est}$  controla el comportamiento de presión durante un rango mayor de tiempo para flujo esférico. El menor rango de tiempo de control se tiene para flujo lineal.

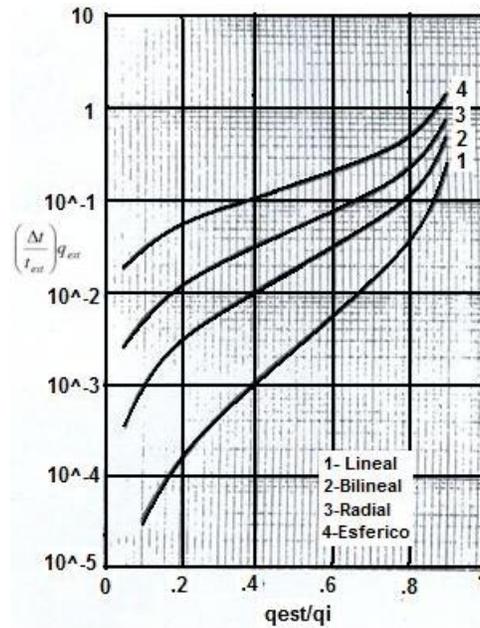


Figura 2.9: Tiempo de dominio del gasto estabilizado (Cinco Ley et al, 1990)

La **Figura 2.10** muestra el comienzo del periodo controlado por el gasto inicial  $q_i$ . En este caso se observa que para el flujo lineal el periodo controlado comienza a tiempos más pequeños; lo contrario ocurre para flujo esférico.

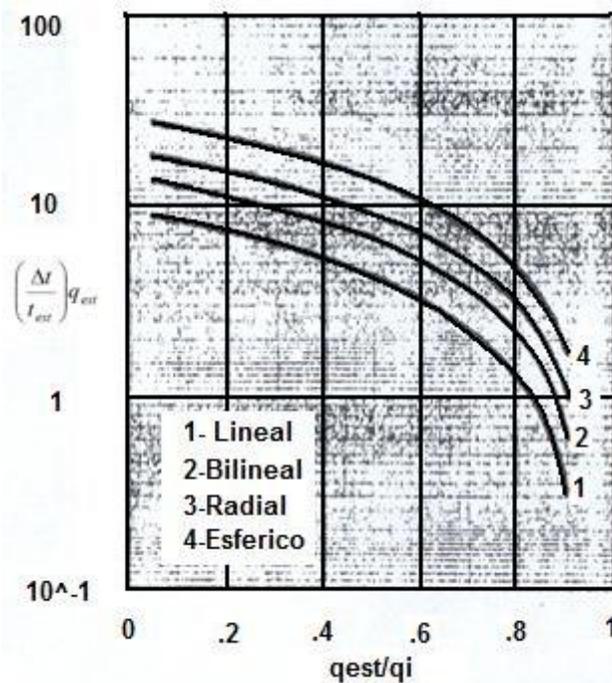


Figura 2.10: Tiempo de dominio del gasto inicial (Cinco Ley et al, 1990)

En la **Figura 2.10** se observa que el periodo de dominio del gasto estabilizado puede ser insignificante como sucede en el caso cuando  $q_{est}$  es pequeño, comparado con el gasto inicial ( $10^{-4} \leq (\Delta t/t_{est})q_{est} \leq 10^{-2}$ ).

Por otro lado, el periodo de dominio del gasto inicial puede ocurrir a tiempos de cierre excesivamente grandes ( $10 \leq (\Delta t/t_{est})q_1 \leq 30$ ). Lo anterior es decisivo en el diseño de una prueba de incremento debido a que los datos de presión dentro del periodo comprendido entre  $(\Delta t/t_{est})q_{est}$  y  $(\Delta t/t_{est})q_i$  no son analizables de una manera general.

### **2.1.7-Metodología general de interpretación**

Una técnica general de análisis de pruebas de incremento debe minimizar el número de suposiciones sobre las características del yacimiento. Por ejemplo, es conveniente no suponer la geometría de flujo en el área de drenaje para no introducir errores de concepto en la estimación de parámetros.

De acuerdo con la experiencia y limitaciones prácticas, una metodología general de interpretación de pruebas de incremento debe incluir las etapas siguientes:

- Revisión y suavización de datos
- Cálculo de la función influencia y sus derivadas
- Diagnóstico de la geometría y tipo de flujo
- Aplicación de gráficas específicas o compuestas y curvas tipo
- Estimación de parámetros
- Validación de la interpretación

Cabe mencionar que el análisis de una prueba puede arrojar como resultado uno o varios modelos de interpretación aplicables. La definición del modelo correcto se logra tomando en cuenta información adicional sobre la formación, como la obtenida a través de registros de pozos.

Otro aspecto importante en el diseño de una prueba, es la definición del punto de cierre en el pozo, ya que con la tecnología actual es posible cerrarlo en cualquier punto. En los casos en que el efecto de la parte del yacimiento que se desea investigar ocurre a tiempos pequeños, es necesario llevar a cabo el cierre en el fondo para minimizar los efectos de almacenamiento, evitando así la distorsión de los datos de interés.

### **2.2- Métodos de interpretación**

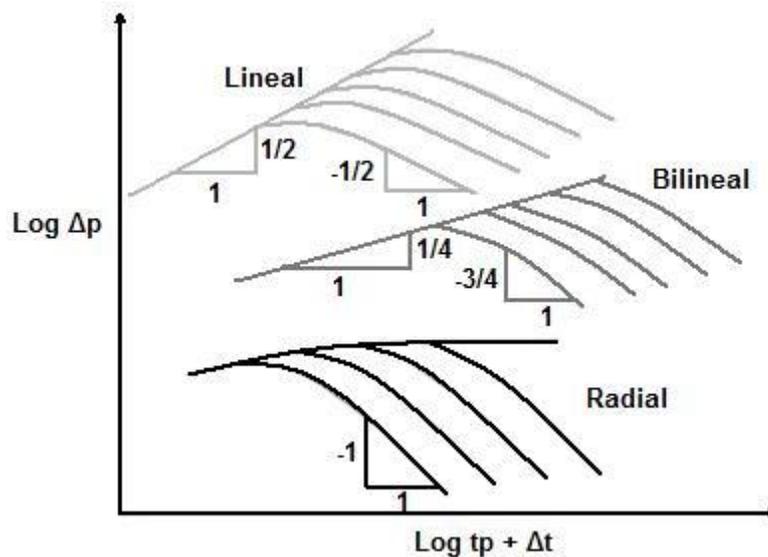
En esta sección se describirán los métodos que se han implementado para evaluar y analizar pruebas con un periodo corto de producción o inyección previo al cierre, tales como el método de

Soliman, técnica de fuente instantánea y prueba de Impulso, explicando su principio de análisis, así como sus consideraciones prácticas.

### 2.2.1-Método de Soliman

La gráfica log-log o grafica de Soliman fue especialmente diseñada para pruebas de incremento con un tiempo corto de producción o inyección. Esta, permite al usuario determinar fácilmente el tipo de geometría de flujo presente (lineal, bilineal o radial).

La **Figura 2.11** muestra el valor de la pendiente para flujo lineal, bilineal o radial, en una gráfica de  $\log \Delta p$  vs  $\log tp+\Delta t$ .



**Figura 2.11: Muestra el valor de la pendiente para los diferentes regímenes de flujo (Cinco Ley, 2002)**

Consecuentemente, puede ser usada para calcular la permeabilidad de la formación o la conductividad de la fractura en una manera similar al método semilog.

En una prueba de incremento, un periodo de producción de un pozo es seguido por un periodo de cierre. Usando la aproximación logarítmica en tiempos grandes y el principio de superposición, Horner llevo a la bien conocida ecuación para una prueba de incremento.

$$p_{ws} = p_i - \frac{162.6qB\mu}{kh} \log \frac{t_p + \Delta t}{\Delta t} \tag{2.8}$$

La **ec.2.8** puede ser graficada como una línea recta en una gráfica semilog, porque la ecuación es una solución para tiempos grandes para un yacimiento ideal, parecería que la línea recta debería estar colocada en el borde extremo de los datos de presión/tiempo. Esto no siempre es correcto,

debido a que una prueba de campo podría ser terminada antes de que la aproximación logarítmica pueda ser aplicable o que los efectos de frontera dominen los datos de tiempo tardío. También, los datos de incremento podrían no tener una línea recta si el coeficiente de almacenamiento es grande.

Así, la determinación de la localización de la línea semilog correcta podría llegar a ser difícil. Esta dificultad puede ser superada con el uso de curvas tipo de decremento para localizar la línea recta en escala semilog. Estas curvas tipo pueden ser usadas únicamente cuando el tiempo de producción es grande. Cuando el tiempo de producción es corto, las curvas tipo de decremento no serán aplicables, ya que los datos de presión/tiempo para una prueba de incremento con un tiempo de producción corto aún se parecerán a la curva tipo de decremento, sin embargo, esto dará un empalme incorrecto y consecuentemente malos parámetros del yacimiento.

Para resolver este problema, Agarwal presento una nueva función del tiempo que llamo “tiempo efectivo.” El concepto de tiempo efectivo transforma los datos de los puntos de presión con respecto al tiempo en una nueva curva que coincide con la curva tipo de decremento. Aunque este método es realmente usado, tiene algunas limitaciones. Debido a la naturaleza de la transformación del tiempo, el límite superior del tiempo efectivo es el valor del tiempo de producción antes del cierre. Así, si el tiempo de producción es muy corto, Los datos transformados podrían llegar a ser demasiado cortos para un empalme confiable de curva tipo.

La aproximación de Soliman desarrollada especialmente para pruebas de incremento con un tiempo corto de producción difiere del método previo, el cual no cuenta con una técnica de empalme de curva tipo. Sin embargo, este método requiere del conocimiento de la presión inicial del yacimiento.

La aproximación clásica visualiza una prueba de incremento como una prueba en dos partes. En la primera parte, el pozo está fluyendo; en la segunda parte, el pozo está cerrado. La prueba es entonces simplificada con el uso del principio de superposición.

La prueba teóricamente llega a ser la combinación de un periodo de producción e inyección. La solución para tal prueba es la suma de las soluciones de ambas, el periodo de producción e inyección. Esta aproximación produce muchos resultados valiosos para una prueba de incremento con tiempo grande de producción. Sin embargo, esto podría ocultar algunas de las soluciones características para una prueba con un tiempo corto de producción.

Para investigar esta posibilidad, la prueba de incremento se observa como un conjunto. Los efectos de tiempos de producción y de cierre están incluidos en la condición de frontera interna de la ecuación diferencial gobernante.

### 2.2.1.1-Modelo matemático

Seis consideraciones son necesarias para el desarrollo de los modelos de flujo:

- 1) El pozo produce desde un yacimiento isotrópico, homogéneo, con permeabilidad  $k$ , porosidad  $\emptyset$ , espesor  $h$ , y situado en un yacimiento que actúa como infinito;
- 2) El yacimiento contiene un fluido ligeramente compresible, de compresibilidad  $c$  y viscosidad  $\mu$ , independientes de la presión;
- 3) Los efectos gravitacionales y los gradientes de presión son despreciables en todo el yacimiento;
- 4) El yacimiento tiene una presión uniforme antes del inicio de la prueba;
- 5) El flujo de la formación es laminar y
- 6) Son considerados los efectos de daño y almacenamiento.

### 2.2.1.2-Modelo de flujo lineal

Este tipo de flujo usualmente ocurre en tiempo temprano, en un yacimiento fracturado, en donde la fractura es grande y de conductividad infinita. Para simular una prueba de incremento con este modelo, el flujo del fluido se asume que sigue un patrón estrictamente lineal. Si los efectos de ambos, almacenamiento ( $C$ ) y daño ( $S$ ), son considerados, el modelo puede ser fácilmente formulado y resuelto.

### 2.2.1.3-Modelo de flujo bilineal

El mismo concepto que es usado en el modelo de flujo lineal es aplicado nuevamente para un pozo que intercepta una fractura vertical con conductividad finita.

### 2.2.1.4-Modelo de flujo radial

Consideramos una prueba de incremento de un pozo localizado en un yacimiento infinito, la prueba será modelada con la aproximación discutida en las dos secciones previas.

Para modelar esta prueba se tiene la siguiente ecuación, la cual considera la presión en psi y el tiempo en horas.

$$\frac{kh}{70.6qB\mu} \Delta p = \frac{t_p}{t} \quad 2.9$$

$$\log \Delta p = \log \frac{70.6qB\mu t_p}{kh} - \log t \quad 2.10$$

En donde se tiene que  $q$  es el gasto de inyección o producción previo al cierre, dado en  $Bls/día$ ,  $B$  es el factor volumen del aceite dado en  $Bls@c.y/Bls@c.s$ ,  $\mu$  es la viscosidad del aceite en  $cp$ ,  $t_p$  es igual al tiempo de producción o inyección ( $t_i$ ),  $k$  es la permeabilidad en  $mD$ ,  $h$  es el espesor neto de la formación dado en pies y  $\Delta p$  es el diferencial de presión dado en  $psi$ .

Las **ec. 2.9** y **2.10** pueden ser graficadas como líneas rectas. La **ec. 2.10** sin embargo, tiene la ventaja de tener la línea recta con una pendiente conocida (pendiente negativa unitaria). Aunque cualquiera de las dos **ec. 2.9** y **2.10** puede ser usada en el análisis de datos, únicamente la **ec. 2.10** será usada.

#### 2.2.1.5- Aplicación del modelo de flujo radial

El modelo radial desarrollado es una aproximación en el análisis de pruebas de incremento con tiempo de producción corto. La presencia de una línea recta con pendiente negativa unitaria en la grafica propuesta, indica el inicio de una línea recta semilog en la gráfica de Horner. Esta observación puede ser demostrada cuando la **ec. 2.10** es reescrita de la forma siguiente:

$$p_i - p_{ws} = \frac{-70.6qB\mu}{kh} \ln\left(1 - \frac{t_p}{t_p + \Delta t}\right) \quad 2.11$$

Si  $\Delta t$  es mucho más grande que  $t_p$ , entonces la **ec. 2.11** se aproxima a la **ec. 2.12**.

$$p_i - p_{ws} = \frac{70.6qB\mu}{kh} \frac{t_p}{t_p + \Delta t} \quad 2.12$$

La **ec. 2.12** es la misma que la **ec. 2.9**. La diferencia entre las **ecuaciones 2.11** y **2.12** decrece cuando  $\Delta t/t_p$  llega a ser grande. Si  $\Delta t/t_p = 10$ , la diferencia relativa entre las dos ecuaciones es 4.8%. La diferencia entre la **ec. 2.12** y la solución exacta (expresada en la forma de integral exponencial) es incluso más pequeña.

Así, con el uso de la **ecuación 2.10**, se puede determinar el modelo que se requerirá para analizar los datos de presión y tiempo, logrando así, una buena estimación de la permeabilidad. Sirviendo esta para otro tipo de análisis.

Note que el desarrollo del modelo requiere bastante exactitud de la estimación de la presión inicial del yacimiento. En algunos casos, la diferencia entre dicha presión y la de cierre puede ser

muy pequeña, como consecuencia, el método propuesto podría requerir mucha exactitud en la presión inicial del yacimiento.

### 2.2.2-Análisis de pruebas de presión a través del uso del concepto de la respuesta de presión debida a una fuente instantánea

Esta técnica, desarrollada por Cinco ley, Samaniego y cols. Se basa en la respuesta de la presión debida a una fuente instantánea y provee un medio para calcular la primera y segunda derivada de la función influencia (respuesta de gasto unitario) del sistema pozo-yacimiento. Dicha información es básica para identificar los regímenes de flujo ocurridos durante la prueba. El método elimina el efecto de tiempo de producción sobre los datos de incremento de presión.

Muchos de los métodos desarrollados para analizar pruebas de incremento de presión asumen flujo radial; en la práctica, esto no siempre es válido. Por ejemplo: un pozo penetrado parcialmente y un pozo fracturado exhiben regímenes diferentes al flujo al radial.

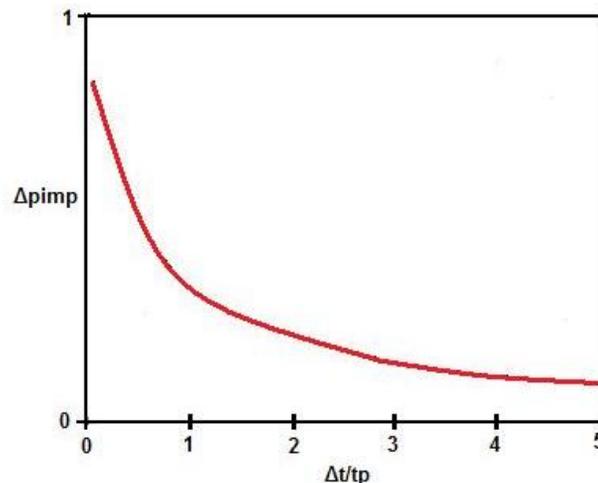
Para identificar los regímenes de flujo presentes en una prueba es requerido el cálculo de la función influencia.

Una vez que la función influencia es calculada, pueden ser aplicados métodos de identificación de regímenes de flujo como se indico previamente.

La técnica también permite eliminar el efecto de ambos, tiempo de producción y gasto variable previo al cierre, para una prueba de incremento.

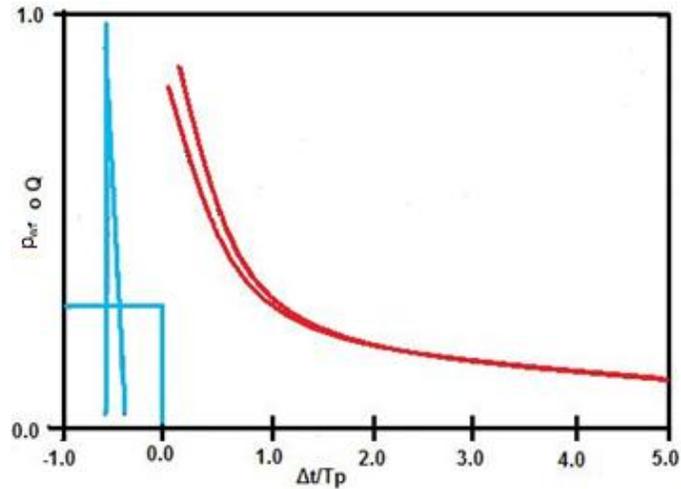
#### 2.2.2.1-Respuesta de presión para un retiro instantáneo de fluido de una formación

El concepto de “fuente instantánea” implica una rápida extracción o inyección de fluido a la fuente, creando un cambio de presión a través del sistema (**Figura 2.11**).



**Figura 2.11: Caída de presión causada por una fuente instantánea (Cinco Ley et al, 1986)**

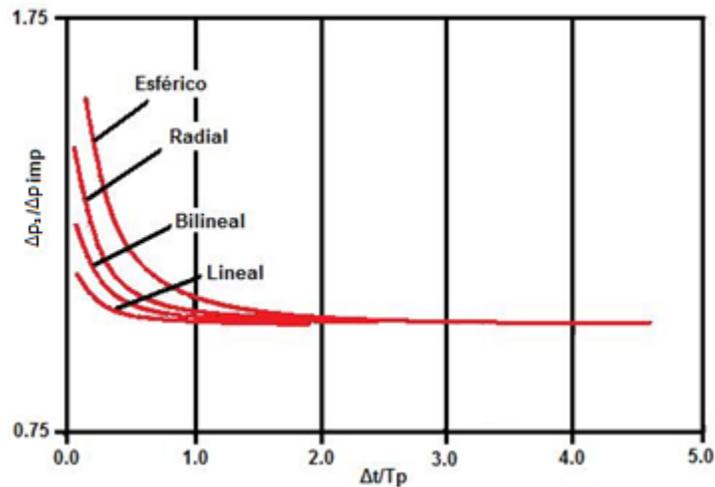
La **Figura 2.12** muestra este comportamiento para flujo radial.



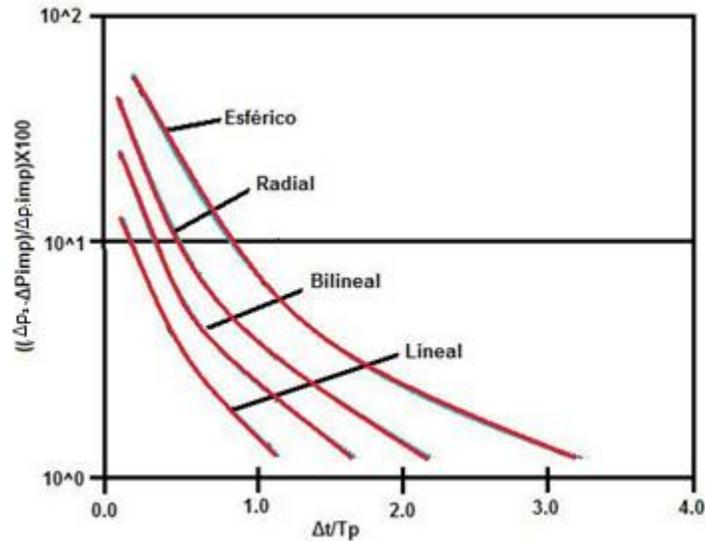
**Figura 2.12: Caída de presión causada por una fuente instantánea (Cinco Ley et al, 1986)**

La respuesta de presión después de remover fluido depende de la geometría del sistema, en algunos casos, una respuesta de presión puede incluir varios regímenes de flujo como se indicó antes.

Para las **Figuras 2.13** y **2.14**, la diferencia entre la respuesta de presión es menor que 2.5% para  $\Delta t > 2t_p$  y decrece como el tiempo de cierre incrementa.



**Figura 2.13: Relación de la caída de presión para diferentes regímenes de flujo (Cinco Ley et al, 1986)**



**Figura 2.14: Diferencias de porcentaje en caídas de presión entre las respuestas de una fuente instantánea para diferentes regímenes de flujo (Cinco Ley et al, 1986)**

La **expresión 2.13**, es usada por Cinco Ley para el análisis de la prueba de impulso:

$$\frac{\partial \Delta p_1}{\partial t} \approx \frac{1}{Q} \Delta p_p \quad 2.13$$

### 2.2.2.2-Aplicaciones del análisis de pruebas de presión

La estimación de la derivada de la función influencia a partir de la medición de la presión, usando la aproximación de fuente instantánea, se emplea por ser apropiada para el análisis de tiempos grandes de cierre de incremento de presión y datos fall-off. La **ec. 2.13** puede ser aplicada para este propósito con tiempos de cierre tan grandes como dos veces el tiempo de producción, como sigue:

$$\frac{\partial \Delta p_1}{\partial t} (\Delta t + t_p / 2) = \frac{1}{24Q} (p_i - p_{ws}(\Delta t)) \quad 2.14$$

En donde  $\Delta p_1$  es expresada en *psi/STB/día* y  $Q$  esta dado en *STB*

La **Figura 2.15** ilustra la aplicación de esta técnica para calcular la derivada de la función influencia de una prueba de incremento, posteriormente, esta función puede ser analizada usando una curva tipo de decremento.

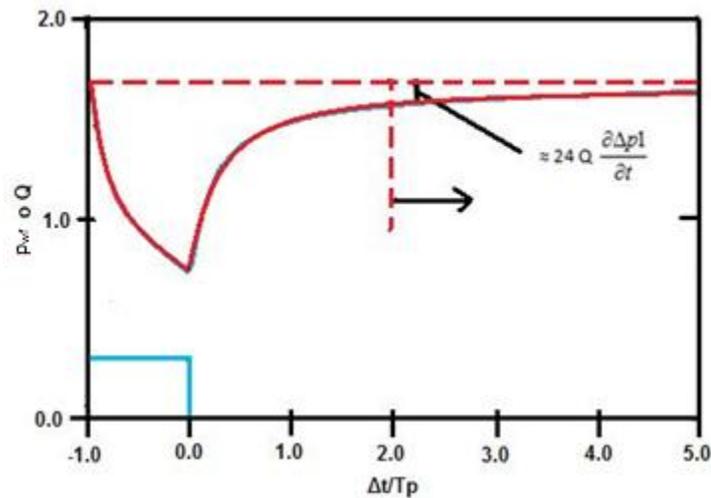


Figura 2.15: Aproximación de la primera derivada de la función influencia (Cinco Ley et al, 1986)

Aunque este método es simple, los aspectos siguientes deben ser tomados en cuenta cuando se aplique:

- La presión inicial debe ser conocida;
- La derivada de la función influencia debe ser evaluada al tiempo  $\Delta t + t_p/2$ ;
- La producción acumulada antes del cierre debe ser medida;
- El análisis es válido para tiempos grandes de cierre ( $\Delta t > 2t_p$ );
- El análisis es válido para cualquier tipo de régimen (lineal, bilineal, radial, esférico, etcétera).

Una vez que la derivada de la función influencia se conoce, y aplicando la función de derivada  $t \frac{d\Delta p_1}{dt}$  definida por Bourdet, puede ser hecho un diagnóstico como se indica en la **Figura 2.4**.

A continuación se describirán brevemente las ventajas de aplicar el método de fuente instantánea:

- 1- Este método reduce el efecto del tiempo de producción de tal forma que se puedan aplicar curvas tipo de decremento;
- 2- El método se basa en la respuesta de presión de una fuente instantánea y puede tomar en cuenta las variaciones del gasto antes del cierre;
- 3- El método permite determinar el régimen de flujo presente durante la prueba;

4- Esta técnica no asume ningún tipo de régimen de flujo y puede ser aplicada siempre que el principio de superposición sea válido para cualquier tipo de sistema pozo-yacimiento (homogéneo, doble porosidad, pozo fracturado, penetración parcial, etcétera);

5- Si la presión inicial del yacimiento es conocida, la primera derivada de la función influencia del sistema puede ser estimada directamente desde su nivel de presión;

6- Si la presión inicial del yacimiento es desconocida, entonces la segunda derivada de la función influencia puede ser calculada de la primer derivada del cierre;

7- Este procedimiento aplicará siempre que el tiempo de cierre sea al menos dos veces el tiempo de producción;

8- El cálculo de la presión inicial será posible si la prueba incluye un régimen de flujo definido (radial, bilineal, lineal o flujo esférico).

### **2.2.3-Prueba de impulso**

Como ya se ha comentado, las pruebas de presión son el único medio para evaluar las características de yacimientos de aceite y gas bajo condiciones dinámicas. Los procedimientos de las pruebas están establecidos para pozos fluyentes y para tiempos grandes (varias horas o varios meses), ciertos análisis que se han desarrollado, tales como el método de la derivada de la presión, la derivada de la función influencia, la función de Bourdet, etc. Han aumentado las técnicas de interpretación. Además, el uso de computadoras in-situ para la adquisición de datos y análisis, aseguran que las pruebas se conduzcan eficientemente hacia el alcance de sus objetivos.

Cuando el flujo hacia la superficie no es posible o no es el deseado, la interpretación de la prueba puede llegar a ser difícil o inconclusa.

El método se enfoca en pozos que no fluyen a la superficie o en donde la duración del periodo de flujo podría no ser la deseada, por ejemplo: problemas de arenas, formaciones extremadamente vugulares y compactas en donde las pruebas con línea de acero fallarían en su operación.

La técnica requiere del conocimiento de la presión inicial del yacimiento y de los parámetros resultantes incluidos  $kh$  y  $S$ . La prueba de impulso puede también ser usada para detectar y evaluar heterogeneidades del yacimiento cercanas al pozo.

De la misma manera que el método de fuente instantánea, la formación es sometida a un impulso del gasto creado por un periodo corto de producción o inyección. El método requiere medir la cantidad de fluido producido o inyectado y las variaciones de presión correspondientes como una función del tiempo.

El procedimiento de una prueba de impulso es una forma fácil y extremadamente rápida de una prueba de pozo. El pozo es primero puesto a producir o inyectar por 3 o 4 minutos y después es cerrado por un periodo en donde  $\Delta t$  debe ser mayor que dos veces el tiempo de producción o inyección ( $\Delta t > 2tp$ ).

Únicamente una pequeña cantidad de fluido es removida o inyectada a la formación durante el periodo de impulso, así los disturbios de presión asociados serán pequeños.

Aunque se requieren medidores de presión de alta resolución para estudiar exactamente los pequeños cambios en la respuesta de presión del yacimiento durante el periodo de cierre, la profundidad de investigación de una prueba de impulso es relativamente pequeña en comparación con las pruebas convencionales. Esto es debido a la corta duración del impulso y de los periodos de cierre, también como los pequeños cambios desarrollados durante la prueba. Por tal motivo, la prueba de impulso es más apropiada para ser usada en la detección de características cercanas al pozo.

### **2.2.3.1-Antecedentes**

La posición de la zona de hidrocarburos es comúnmente probada mediante la medición del decremento de la presión y gastos como una función del tiempo durante una secuencia de abrir y cerrar el pozo, también son evaluadas las características físicas de los fluidos. Esas mediciones son analizadas in-situ durante el desarrollo de la prueba, para lo cual se pueden emplear diferentes métodos de interpretación. El más conocido es el método de Horner; en el cual, una parte de los datos se encuentran en flujo radial y mostrando una línea de tendencia lineal que es usada para determinar las características físicas de la formación. Las curvas tipo representan la respuesta de presión global de pozos fluyendo o cerrados, estas, también son usadas para una variedad de configuraciones del yacimiento; las graficas log-log dan el comportamiento de un yacimiento y la identificación de los diferentes regímenes de flujo, tales como el flujo radial.

Por otro lado, el análisis de la derivada de la función influencia con respecto a la apropiada función del tiempo es de gran ayuda, este emplea una gráfica log-log para analizar el patrón de flujo que se tendría en el pozo.

Los beneficios de este método partiendo de las ventajas de ambos análisis log-log y semilog, son que provee en una gráfica simple un análisis de la respuesta global con una gran claridad y exactitud, porque la derivada incrementa pequeños fenómenos de interés y da una excelente indicación del comportamiento del yacimiento.

### **2.2.3.2-Descripción**

La prueba de impulso consiste en un periodo corto de inyección o producción, seguido de un periodo de caída (fall off) o incremento (build up). Requiere mediciones exactas de la variación de la presión respecto al tiempo y de la cantidad total de fluido inyectado o producido.

### **2.2.3.3-Principio de análisis**

Cuando una formación se somete a una fuente instantánea de fuerza unitaria o Delta de Dirac (**Figura 2.12**), las variaciones de la presión resultante respecto al tiempo son dadas por las funciones de Green, las cuales han sido usadas en la literatura petrolera por varios autores. Matemáticamente, las funciones de Green son las derivadas respecto al tiempo de las clásicas soluciones adimensionales desarrolladas como curvas tipo. Eso lleva a que si sometemos una formación a una fuente instantánea de unidad de fuerza, las variaciones de presión subsecuentes (no sus derivadas) ajustaran directamente sobre la curva apropiada de la derivada de la presión.

Por otro lado, si se analiza la gráfica log-log de la función de derivada de la función influencia contra la correcta función del tiempo, empleando la función de derivada definida por Bourdet et al. Y empleando un análisis semilog, se pueden obtener los regímenes de flujo presentes en la prueba.

### **2.2.3.4-Método de análisis**

La teoría del método de impulso asume que un volumen unitario de fluido es instantáneamente removido o inyectado de o a la formación durante el periodo de impulso. La teoría muestra que los cambios de presión resultantes en el yacimiento son proporcionales a la derivada de la respuesta de la caída de presión en el yacimiento.

En la práctica, el periodo de impulso no es instantáneo porque la remoción o inyección del fluido toma un periodo finito de tiempo, el volumen de fluido que se extrae o que se inyecta debe ser tal que pueda crear un disturbio de presión lo suficientemente largo para ser medible. Los cambios de presión en el yacimiento producidos por este cambio en el volumen de fluido inicialmente no siguen la teoría y no empalman con la curva de la derivada de la presión. Afortunadamente estos efectos se disipan rápidamente una vez que la duración del impulso llega a ser pequeño, comparado con la extensión de la prueba. Generalmente la respuesta de presión empalma con la curva de la derivada de la presión una vez que el cierre excede dos veces el tiempo de impulso.

Cuando esta condición es satisfecha o cuando la duración del impulso es instantánea, la respuesta de la presión puede ser escrita como:

$$(p_i - p)\Delta t = \frac{3388.8Q_i\mu}{kh} p_D \text{ para } \Delta t \gg t_p \quad 2.15$$

Durante el periodo de producción, las variaciones de presión son dadas por la ecuación clásica:

$$p_i - p = \frac{141.2qB\mu}{kh} p_D \text{ para } \Delta t \leq t_p \quad 2.16$$

Si multiplicamos las variaciones de presión durante el periodo de impulso por la duración del impulso, tenemos que:

$$(p_i - p)t_p = \frac{3388.8Q_i\mu}{kh} p_D \text{ para } \Delta t \leq t_p \quad 2.17$$

Las **ec. 2.15** y **2.17** indican el uso de los grupos de presión sobre los resultados del lado izquierdo en el mismo macheo del grupo de presión para los datos de producción o inyección y para el siguiente buildup/falloff. Siguiendo eso, multiplicando las variaciones de presión durante el periodo de impulso por la duración del periodo:

$$(p_i - p)t_p \quad \text{Para } \Delta t \leq t_p \quad 2.18$$

Y los cambios de presión durante el cierre subsecuente por los tiempos que han pasado desde el inicio de la prueba:

$$(p_i - p)\Delta t \quad \text{Para } \Delta t \geq t_p \quad 2.19$$

Resulta una gráfica *log-log* que puede ser empalmada directamente sobre las curvas tipo existentes de presión y de la derivada de la presión.

Siendo así, cualquier impulso creara una señal que teóricamente llevará toda la información con la cual se podrá caracterizar el yacimiento. En la práctica, sin embargo, únicamente algunas partes de la señal pueden ser medidas debido a los límites de resolución de la herramienta para medir la presión.

En otras palabras, el análisis de los datos de la prueba de impulso requiere mediciones exactas de la cantidad de fluido removido o inyectado y las modificaciones de la respuesta de presión medidas, así, estas pueden ser macheadas directamente con el desarrollo de curvas tipo. Los datos son modificados multiplicando el cambio de presión observado durante el periodo de cierre por el tiempo transcurrido desde el final del periodo de impulso, de igual manera los cambios de presión durante el periodo de impulso son multiplicados por la duración de este periodo.

Una gráfica *log-log* de la transformada de datos de presión contra el tiempo de cierre podrá ser macheada con las curvas tipo de decremento seleccionadas o empleando un análisis semilog para obtener los parámetros del yacimiento.

### **2.2.3.5-Discusión del análisis de impulso**

Frecuentemente, el gasto no es constante durante el periodo corto de flujo y el macheo en el tiempo temprano no es exacto. En estos casos, la respuesta es definida únicamente durante el régimen de flujo radial en el periodo de cierre, con una estabilización de la respuesta de presión sobre la línea de derivada de  $\frac{1}{2}$ . El coeficiente de almacenamiento  $C$  y el parámetro  $C_D e^{2s}$  de la curva tipo son difíciles de definir, y el cálculo del daño es aproximando.

Para un análisis exacto de la prueba de impulso, la presión inicial debe ser conocida. Cuando la  $p_i$  es desconocida, Cinco et al. (1986) propuso empezar por analizar la derivada del impulso, con la segunda derivada de la curva tipo.

La derivada de la función influencia por la respectiva función del tiempo tampoco comprime la escala del tiempo. Cuando la respuesta de la derivada puede ser definida exactamente, esto ofrece la mejor alternativa para el análisis de las pruebas de incremento, no importando la duración del periodo de flujo  $t_p$  y el tiempo de cierre  $\Delta t$ . El análisis de la derivada no es afectado por un posible error en la presión inicial, y la curva de presión puede ser usada para estimar el daño exactamente.

### **2.2.3.6-Consideraciones prácticas**

La técnica de análisis es ventajosa para varios impulsos cortos idealmente instantáneos, que en la práctica podrían ser algunos minutos. Las técnicas convencionales podrían ser usadas, pero la gráfica de Horner podría comprimir los datos y los cálculos del daño serán incorrectos a menos que el flujo radial se obtenga durante el periodo de producción. El ajuste de la clásica curva tipo también llegaría a ser difícil sin el apoyo de un software, debido a que en los periodos cortos de flujo las curvas tipo de incremento son completamente diferentes de las curvas tipo de decremento normalmente usadas.

Para agregar confiabilidad, una combinación del impulso con otras técnicas de análisis es recomendado cuando sea posible.

El método de impulso ha sido también usado para analizar pruebas de incremento después de periodos de producción relativamente grandes (Cinco et al., 1986), cuando  $\Delta t \gg t_p$ , el cambio de presión ( $p_i - p_{ws}$ ) es analizado contra  $t_p + \Delta t$  y así evitando el efecto de compresión del tiempo de Horner sobre el análisis de la gráfica.

Como se vio anteriormente, Soliman propuso una gráfica de  $(p_i - p_{wf})$  vs  $(t_p + Dt)$ , uso esta gráfica para detectar líneas rectas representando un flujo radial ( $m = -1$ ) y flujo lineal ( $m = -0.5$ ). Estos resultados pueden ser predichos directamente cuando la derivada de la presión con respecto al tiempo es usada, porque la derivada muestra las características de las líneas rectas mencionadas arriba. En los casos donde el tiempo de producción es grande, se puede desaprovechar

información significativa con la pérdida de datos de tiempo temprano, y un tiempo más grande sería requerido para llegar a la línea de flujo radial. El uso del método de derivada de la presión entonces ofrecería una mejor alternativa.

La amplitud de las variaciones de presión durante y después de la producción del impulso dependerá de las características de la formación y de la cantidad total de fluido producido o inyectado, por ejemplo: una alta transmisibilidad del yacimiento requerirá una cantidad más grande de fluido producido o inyectado para crear una amplitud medible de variación de presión. Por tal razón, la prueba de impulso podría ser difícil para yacimientos con muy alta transmisibilidad.

### **2.2.3.7-Puntos de énfasis**

1. La interpretación técnica es ventajosa para un impulso muy corto. A medida que la duración del impulso llega a ser significativa, es recomendable que el procedimiento de impulso se combine con otros métodos siempre que sea factible. Esto requerirá buenas mediciones de gasto e incrementará la veracidad de los análisis;

2. La aplicación de la técnica es general y se puede adaptar bien a pruebas en pozos nuevos siempre de que el flujo a la superficie no fuese el deseado por una duración significativa. El método provee una evaluación de bajo costo del yacimiento y condiciones en la vecindad del pozo antes de la terminación;

3. Este tipo de prueba puede ser analizada siempre de que sean usados medidores de alta resolución. En el caso de formaciones con muy alta transmisibilidad, la amplitud podría caer rápidamente por debajo del nivel de resolución del medidor.

Aunque un análisis cuantitativo podría no ser posible en tales casos, los datos aún indicarán cualitativamente las condiciones en la vecindad y un gasto de formación.

## CAPÍTULO III

### PRUEBA MINI-FALL-OFF

#### 3.1-Introducción

En algunos casos, para yacimientos no convencionales de gas y/o aceite, comúnmente es difícil obtener resultados confiables a través del análisis de una prueba de incremento convencional, porque el tiempo requerido para alcanzar el FRAI (Flujo Radial que Actúa en un Yacimiento Infinito) podría ser mucho más largo que el tiempo normal permitido para las operaciones, en otros casos, la imposibilidad del pozo para producir después de ser perforado, hace el escenario a veces muy difícil de solucionar.

Dentro de éste entorno una prueba Mini-Fall-Off (MFO) juega un papel de gran relevancia, ya que nos proporcionará un excelente punto de inicio para estimar ciertos parámetros de la formación, tales como la permeabilidad ( $k$ ), transmisibilidad ( $kh/\mu$ ) y el gradiente de fractura.

El periodo de cierre que sigue después de una prueba MFO contiene los periodos de flujo pseudolineal y pseudoradial. Por lo que, si se realiza un análisis del periodo pseudoradial, este nos proporcionará la transmisibilidad del yacimiento ( $Kh/\mu$ ) y la presión inicial del yacimiento ( $p_i$ ), empleando para esto el análisis de Horner o una técnica similar. Estos dos parámetros jugarán un papel crucial en la optimización del diseño de una fractura y en la predicción del gasto.

Por otro lado, el comportamiento de la presión después del cierre es independiente de las propiedades físicas que gobiernan a la propagación de la fractura y dependen únicamente del fluido de filtración, del tamaño de la fractura y de los parámetros del yacimiento.

Se debe destacar que esta técnica solo determina la presión y la transmisibilidad de cuerpos de arena individuales.

#### 3.2-Descripción de una prueba MFO

Una prueba MFO consiste en:

- 1- La inyección de un pequeño volumen de fluido para crear una fractura corta y
- 2- Un periodo de cierre (tiempo de declinación) después de la inyección para registrar la presión

El periodo después del cierre (presión transitoria del yacimiento cercana al pozo) proporciona:

- a) Periodo de flujo pseudolineal: El cual puede ser empleado para determinar el tiempo de cierre, el incremento de la pérdida de fluido y el tamaño de la fractura;

b) Periodo de flujo pseudoradial: La presencia de éste periodo depende del tiempo de declinación que se le permita al pozo. El tiempo tardío de declinación de la presión en el periodo pseudo-radial puede ser analizado en una manera similar a los métodos tradicionales de pruebas de pozo para determinar la transmisibilidad y presión del yacimiento.

La declinación de la presión en tiempo tardío involucra desde el periodo de flujo pseudolineal hasta el periodo de flujo pseudoradial permitiendo que la presión del yacimiento y la transmisibilidad sean determinadas usando métodos similares al análisis de Horner. El flujo radial después del cierre será una función del volumen inyectado, de la presión del yacimiento, de la transmisibilidad y del tiempo de cierre.

### **3.3-Diseño de una prueba MFO**

Con la premisa de obtener los parámetros del yacimiento con la mayor exactitud posible y planear una aplicación exitosa de una prueba MFO, se tiene un requerimiento mínimo de información, tal como sigue:

a.- Información del yacimiento: Un conocimiento previo de la presión asegura una correcta planeación de la prueba MFO y valida la solución analítica obtenida. Esta información podría ser obtenida durante la fase de registros en agujero abierto, correlacionando pozos cercanos, de la presión de fondo fluyendo estabilizada antes del bombeo, etcétera;

b.- Información de los estratos: Es necesaria la información acerca de la complejidad del yacimiento. La técnica MFO es recomendada para un solo estrato con solo un intervalo perforado para eliminar soluciones ambiguas;

c.- Fracturas naturales: Cualquier información que contemple la presencia de fracturas naturales es necesaria, debido a que el comportamiento de la presión dependiente del fluido de inyección, incrementará la filtración a la formación y esto dará una sobre y/o baja estimación de la permeabilidad de la matriz durante la interpretación;

d.- Estimación de la Presión de Cierre: Una estimación de la presión de cierre es requerida para planear una selección de los equipos superficiales;

e.- Estimación de la Permeabilidad del Yacimiento: Con el propósito de diseñar un buen programa de bombeo (fracturamiento hidráulico y MFO) una estimación de la permeabilidad es requerida aún si la prueba MFO proporcionara éste parámetro.

### 3.4- Información del pozo:

- a) Terminación del pozo: Es necesario calcular el volumen de la vecindad que tiene el pozo. Teniendo en cuenta que la terminación debe realizarse con base en la máxima presión en la cabeza que pueda “matar” a la formación;
- b) Tipo de fluido dentro del pozo: Se debe tener un fluido conocido en la vecindad del pozo;
- c) Intervalo Perforado: Podría ser el intervalo donde se tendrá el fluido de filtración;
- d) Registro de la presión antes y después de la perforación: Esta información es requerida para ejecutar la prueba MFO en un yacimiento sin disturbio de presión;
- e) Pozo existente o nuevo: Configuración del pozo y operaciones a la formación;
- f) Equipos en la Cabeza del Pozo: Los equipos de cabeza de pozo deben soportar la presión para “matar” el pozo.

### 3.5- Selección del fluido, duración del periodo de flujo y del tiempo de cierre

- a) Selección del Fluido: Es indispensable un fluido incompresible. Se recomienda el uso de un fluido de terminación sin aditivos para el control de filtración. Esto excluye fluidos poliméricos o fluidos de alta viscosidad. Los datos de presión de tiempo tardío se relacionan con la movilidad total de los fluidos del yacimiento a la saturación original del yacimiento. El cambio de presión se puede controlar porque ocurre en el yacimiento, y no es afectado por el fluido de inyección, el cual es usado para crear el disturbio de presión;
- b) Gasto y Tiempo de Cierre: Para alcanzar el flujo pseudoradial una buena estimación del gasto y del tiempo de cierre podría ser obtenida con la siguiente relación:

$$q(bpm) < 5 \times 10^{-6} \frac{kh}{\mu} (p_c - p_r) \tag{3.1}$$

En donde  $p_c$  es la presión al momento del cierre y  $p_r$  es la presión del yacimiento antes del bombeo, ambas en psi.

Para yacimientos con baja permeabilidad se debería bombear con un gasto bajo y poco volumen de fluido.

### **3.6-Ejecución de una prueba MFO**

Los siguientes pasos son recomendados para evitar problemas durante la interpretación de la prueba MFO:

a) Pozo Candidato: Un pozo candidato para un fracturamiento no significa un buen candidato para aplicar la técnica MFO. Para yacimientos con baja presión es difícil obtener información exacta y en la mayoría de los casos no son buenos candidatos para implementar una prueba MFO. Para el caso de un fracturamiento hidráulico, una prueba MiniFrac dará la información requerida para optimizar el fracturamiento;

b) Equipos superficiales y sub-superficiales: Las herramientas para medir la presión de fondo fluyendo son sumamente recomendadas para registrar dicha presión. Al igual que el registro de la presión, es de igual importancia un registro del volumen inyectado al pozo;

c) Volumen bombeado: Inyectar solo el volumen necesario para fracturar la formación con un gasto lo más bajo posible. Esto reducirá el tiempo de cierre para alcanzar el flujo pseudoradial (El tiempo de cierre es directamente proporcional al volumen inyectado);

d) Nivel del Fluido del Pozo: Una columna llena (libre de gas) es lo más apropiado para minimizar la expansión del fluido durante el periodo de declinación. Esto facilitara la medición del volumen bombeado a la formación;

e) Ruptura de la Formación: Después de romper la formación no es necesario tener una presión estabilizada para la interpretación de la prueba MFO;

f) Periodo de Cierre: Durante la declinación de la presión en la cabeza y de la presión de fondo fluyendo se recomienda ir registrando dichas presiones;

g) Interpretación en Tiempo Real: Es recomendable tener un ingeniero presente con experiencia para supervisar la operación completa y la interpretación de la prueba. Esto reducirá el tiempo operativo, optimizando el proceso completo de la prueba y/o del fracturamiento hidráulico en su defecto.

### **3.7-Interpretación de una prueba MFO**

Como se ha descrito en el Capítulo II, existen diferentes métodos de interpretación para pruebas con un periodo corto de producción o inyección (método de Soliman, prueba de fuente instantánea, prueba de Impulso). En el Capítulo IV, se analizará el ejemplo de una prueba Mini-Fall-Off mediante los métodos descritos anteriormente.

---

## CAPITULO IV

### APLICACIONES DE CAMPO

#### 4.1-Métodos de interpretación que se aplican en campo

Como se explico en el Capítulo II, existen diferentes métodos de interpretación para pruebas con un periodo corto de producción o inyección previo al cierre, tales como el método de Soliman, método de fuente instantánea y el método de Impulso. Con base en esto, se realizara la interpretación de tres casos de campo, empleando para ello el método de Soliman y el método de Impulso. Cabe destacar que el método de fuente instantánea actualmente no se aplica o se aplica con poca frecuencia, debido a que el método de Impulso tiene como base el concepto de respuesta de presión debida a una fuente instantánea, por lo tanto es más usual aplicar dicho método.

El análisis que se presentará, el cual puede ser llevado a cabo mediante diferentes tipos de software especializados en pruebas de presión, fue realizado empleando Microsoft Excel ya que en campo, es una forma fácil, de bajo costo y rápida de obtener los parámetros deseados.

#### 4.2- Pasos a seguir durante la interpretación

Durante la aplicación de los métodos, se llevaron a cabo una serie de pasos que ayudaron a mantener un orden durante la aplicación de éstos, evitando así confusiones y errores durante su aplicación.

El análisis se realizo con los datos de  $p_{wf}$  y  $\Delta t$  al momento del cierre, por lo tanto, este será el punto de partida.

##### 4.2.1- Método de Soliman

1.- **Graficar los datos de  $\Delta t$  vs  $p_{wf}$**  con el fin de observar gráficamente el tipo de prueba que se llevo a cabo, incremento o decaimiento, debido a que el número de datos puede ser muy grande y esto podría complicar su interpretación, también, es más fácil observar el tiempo de duración de la prueba y la caída o incremento de presión que se obtuvo.

2.- **Obtener los datos de  $\Delta t+tp$  vs  $\Delta p$**  en horas y psi respectivamente, en donde  $\Delta p = p_{wf} - p_i$ .

3.- **Graficar los valores de  $\Delta t+tp$  vs  $\Delta p$  en una grafica log-log**, y colocar una o más líneas de tendencia (dependiendo de la cantidad de geometrías de flujo que se detecten) procurando que el número de ciclos que se tiene en el eje de las abscisas ( $\Delta t+tp$ ) sea igual al número de ciclos del eje de las ordenadas ( $\Delta p$ ).

4.- **Realizar el diagnóstico de flujo**, una vez obtenida(s) la(s) línea(s) de tendencia se debe(n) obtener la(s) pendiente(s) de dicha(s) línea(s) y empleando la **Figura 2.11**, de donde se sabe que una pendiente con valor de  $-1/2$ ,  $-3/4$  y  $-1$  corresponden a un flujo lineal, bilineal y radial respectivamente, se determina(n) el(los) patrón(es) de flujo que se presenta(n) durante la prueba, con el fin de identificar cual será el modelo que se empleará.

5.- **Aplicación del modelo**, una vez que se realiza el diagnóstico de flujo, se debe de determinar el modelo que se aplicará. El cual requiere de ciertos parámetros que deben ser conocidos previamente para su aplicación, tales como:  $p_i$ ,  $q$ ,  $B$ ,  $t_p$ ,  $\mu$ ,  $h_n$ .

#### 4.2.2- Método de impulso

1.- **Graficar los datos de  $\Delta t$  vs  $p_{wf}$** , con el fin de conocer la gráfica de la prueba que se realizó, el tiempo de duración de la prueba y la caída o incremento de presión que se obtuvo.

2.- Obtener los datos de  $Q$ ,  $\Delta p'_1$ ,  $t'$  y  $t' \Delta p'_1|_{t_p/2+\Delta t}$  en donde:

$$Q = \frac{q * t_p}{24} \tag{4.1}$$

$$\Delta p'_1 = \frac{p_i - p_{ws}(\Delta t)}{24Q} \tag{4.2}$$

$$t' = \frac{t_p}{2} + \Delta t \tag{4.3}$$

$$t' \Delta p'_1|_{\frac{t_p}{2}+\Delta t} = t' \Delta p'_1 \tag{4.4}$$

Teniendo que  $\Delta p'_1$  se define como la derivada de la función influencia y  $t' \Delta p'_1$  es la función de la primera derivada valuada en  $\frac{t_p}{2} + \Delta t$ .

3.- **Graficar los valores de  $t' \Delta p'_1$  vs  $\frac{t_p}{2} + \Delta t$  en una grafica log-log**, y colocar una o más líneas de tendencia (dependiendo de la cantidad de geometrías de flujo que se detecten) procurando que el número de ciclos que se tiene en el eje de las abscisas ( $tp/2+\Delta t$ ) sea igual al número de ciclos del eje de las ordenadas ( $t' \Delta p'_1$ ).

4.- **Realizar el diagnóstico de flujo**, una vez obtenida(s) la(s) línea(s) de tendencia se debe(n) obtener la(s) pendiente(s) de dicha(s) línea(s) y apoyándose en la **Figura 2.4**, de donde se sabe que una pendiente con valor de  $1$ ,  $1/2$ ,  $1/4$ ,  $0$  y  $-1/2$  corresponde a un flujo pseudoestacionario o

almacenamiento, lineal, bilineal, radial y esférico respectivamente, se determina(n) el(los) patrón(es) de flujo que se presenta(n) durante la prueba.

5.- **Aplicación del método de Horner**, una vez realizado el análisis y conociendo el tipo de flujo que predomina, se determina el modelo a emplear, para el caso de los ejemplos se empleo el método

de Horner, para el cual se debe obtener la función  $\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}$ , una vez obtenido esto, se realiza una

grafica semilog de  $\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}$  vs  $p_{wf}$ , en donde el parámetro  $\frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}$  estará en escala logarítmica,

siendo este el eje de las abscisas. Posteriormente, se traza una línea de tendencia sobre los datos correspondientes a la geometría de flujo radial y finalmente se determina la pendiente de dicha recta, la cual será igual a la caída de presión que se tienen en un ciclo (*psi/ciclo*).

#### 4.3-Caso teórico

El siguiente ejemplo tiene como objetivo detallar la aplicación de los métodos que se mencionaron anteriormente, aunque solo se consideran 14 datos para este ejemplo, se observa claramente la existencia del flujo radial, por lo que se puede establecer una línea de tendencia con una pendiente bien definida, ya sea con el método de Soliman o el método de Impulso.

##### 4.3.1-Datos de la prueba

En la **Tabla 4.1** se muestran los datos de  $\Delta t$  y  $p_{wf}$ , que indican la duración del periodo de cierre y la presión registrada durante el respectivo periodo de tiempo.

| $\Delta t$ (h) | $p_{wf}$ (psi) |
|----------------|----------------|
| 0.25           | 4287.8         |
| 0.5            | 4262.8         |
| 0.75           | 4249.6         |
| 1              | 4241.7         |
| 1.5            | 4232.1         |
| 2              | 4224.9         |
| 3              | 4218           |
| 4.0            | 4214.6         |
| 6.0            | 4211.3         |
| 8.0            | 4208.3         |
| 12.0           | 4206.8         |
| 16.0           | 4206.2         |
| 20.0           | 4205.6         |
| 24.0           | 4206.8         |

Tabla 4.1: Datos de  $\Delta t$  y  $p_{wf}$

La **Tabla 4.2** muestra los datos de producción, indicando la presión inicial ( $p_i$ ), el gasto de inyección ( $q_i$ ), el factor volumen del aceite ( $B$ ), la viscosidad ( $\mu$ ), el tiempo de inyección previo al cierre ( $t_p$ ) y el espesor neto ( $h_n$ ).

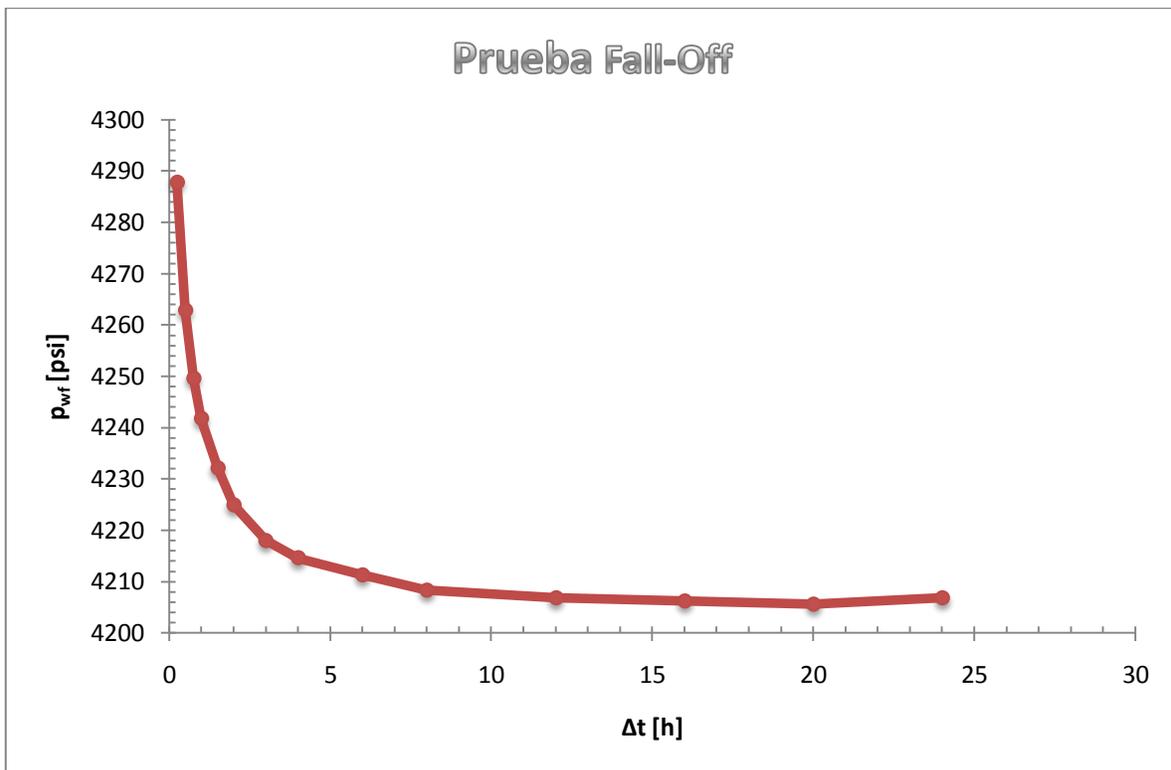
| $p_i$ (psi) | $q_i$ (BPD) | $B$  | $\mu$ (cp) | $t_i$ (horas) | $h_n$ (pies) |
|-------------|-------------|------|------------|---------------|--------------|
| 4203        | 2124        | 1.02 | 0.25       | 1.13          | 94.32        |

**Tabla 4.2: Características del pozo**

Como se puede observar en la **Tabla 4.2**, el tiempo de inyección es de corta duración, esta particularidad nos indica que se trata de una prueba MFO.

#### 4.3.2- Método de Soliman

1.- Graficar los datos de  $\Delta t$  vs  $p_{wf}$ :



**Figura 4.1: Gráfica de presión contra tiempo de cierre**

En la **Figura 4.1** se observa la caída de presión que ocurre posterior al cierre, después de haber tenido un periodo de inyección de 1.13 horas, como se observa en la **Tabla 4.2**, La presión al

momento del cierre alcanza casi los 4290 psi, y comienza a descender hasta aproximarse al valor de la  $p_i$ , que es de 4203 psi.

Cabe destacar que los datos de una prueba MFO, se analizan como datos de una prueba de incremento, debido al comportamiento que tienen estos.

2.- Obtener los datos de  $\Delta t + t_i$  y  $\Delta p$ :

| $\Delta t$ (h) | $(\Delta t + t_i)$ (h) | $p_{wf}$ (psi) | $\Delta p$ (psi) |
|----------------|------------------------|----------------|------------------|
| 0.25           | <b>1.38</b>            | 4287.8         | <b>84.8</b>      |
| 0.5            | <b>1.63</b>            | 4262.8         | <b>59.8</b>      |
| 0.75           | <b>1.88</b>            | 4249.6         | <b>46.6</b>      |
| 1              | <b>2.13</b>            | 4241.7         | <b>38.7</b>      |
| 1.5            | <b>2.63</b>            | 4232.1         | <b>29.1</b>      |
| 2              | <b>3.13</b>            | 4224.9         | <b>21.9</b>      |
| 3              | <b>4.13</b>            | 4218           | <b>15</b>        |
| 4.0            | <b>5.13</b>            | 4214.6         | <b>11.6</b>      |
| 6.0            | <b>7.13</b>            | 4211.3         | <b>8.3</b>       |
| 8.0            | <b>9.13</b>            | 4208.3         | <b>5.3</b>       |
| 12.0           | <b>13.13</b>           | 4206.8         | <b>3.8</b>       |
| 16.0           | <b>17.13</b>           | 4206.2         | <b>3.2</b>       |
| 20.0           | <b>21.13</b>           | 4205.6         | <b>2.6</b>       |
| 24.0           | <b>25.13</b>           | 4206.8         | <b>3.8</b>       |

**Tabla 4.3:** Valores obtenidos por el método de Soliman

La **Tabla 4.3** muestra los datos de  $\Delta t + t_i$  y  $\Delta p$ , los cuales fueron obtenidos empleando el tiempo de inyección, que duro 1.13 horas, por lo que tendríamos:

$$\Delta t + t_i = \Delta t + 1.13$$

De tal forma que sólo  $\Delta t$  variará.

Para el caso de  $\Delta p$  se empleo una  $p_i = 4203$  psi, donde:

$$\Delta p = p_{wf} - 4203$$

Por lo que  $p_i$  se mantendrá constante en todos los valores de  $\Delta p$ .

3.- Graficar los valores de  $\Delta t+t_i$  y  $\Delta p$ :

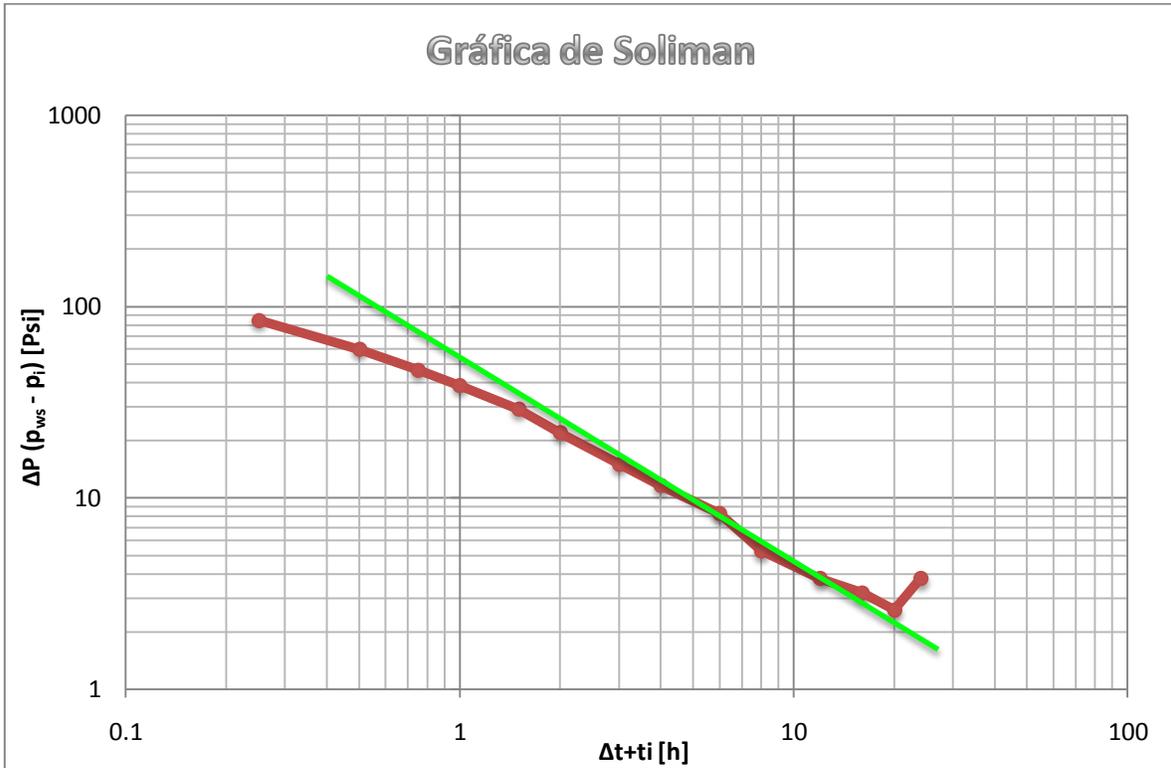


Figura 4.2: Gráfica de Soliman

La **Figura 4.2** muestra la gráfica de Soliman (gráfica log-log de  $\Delta t+t_i$  vs  $\Delta p$ ) que fue trazada empleando los datos de la **Tabla 4.3**.

Después de ser graficados los datos, se traza una línea de tendencia lineal sobre aquellos que se ajustan a alguna de las pendientes de la **Figura 2.11**.

4.- Diagnóstico de flujo:

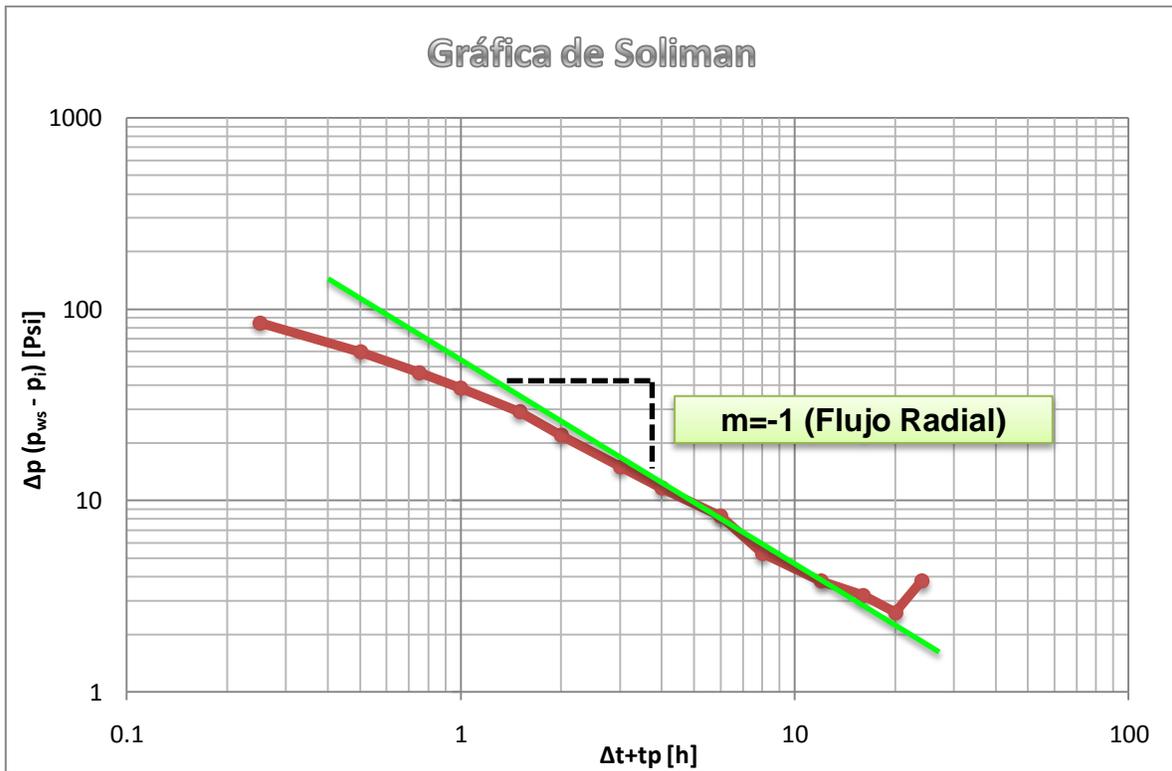


Figura 4.3: Gráfica del diagnóstico de flujo

Una vez trazada la línea de tendencia se sabe que el valor de su pendiente es igual a -1 ( $m=-1$ ), y de acuerdo con la **Figura 2.11**, se establece que el valor de dicha pendiente corresponde al flujo radial.

5.- Aplicación de modelo

$$k = \frac{70.6qB\mu t_i}{y(x)h_n} \tag{4.5}$$

Apoyándose en la **Figura 4.3** y en el valor de la pendiente obtenida, es posible emplear el modelo de la **ec. 4.1**.

Al aplicar este modelo, se usaron los datos de la **Tabla 4.2**, cuyos parámetros se encuentran en unidades de campo. El valor de la variable  $y^*x$  se determinó empleando la **Figura 4.4**, donde se sabe que:

$$y^*x = \Delta p^* \Delta t + t_i$$

Dado en  $psi^*h$ , por lo tanto tenemos que para un valor de:

$$\Delta t + t_i = 1 [h]$$

Obtendremos un valor de:

$$\Delta p (p_{wf} - p_i) = 51 \text{ psi}$$

Entonces el valor del producto  $y*x=51 [\text{psi}*1\text{h}]$  será:

$$y*x = 51 [\text{psi}*h]$$

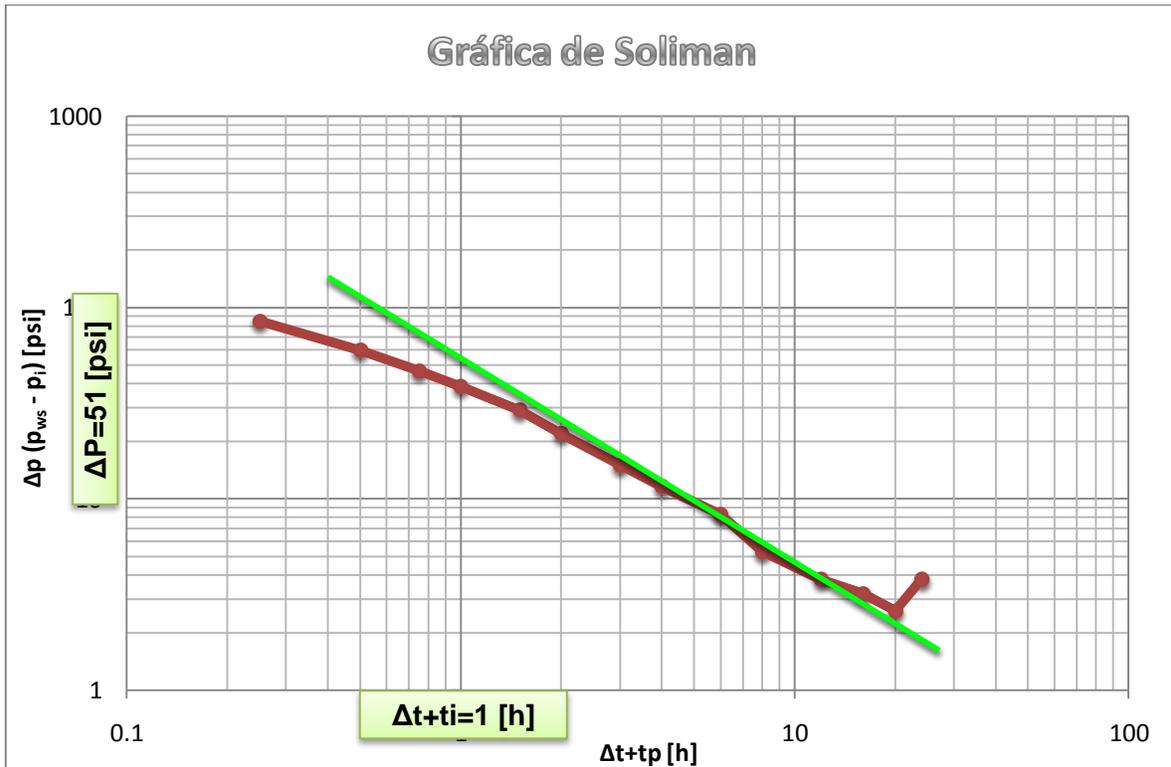


Figura 4.4: Gráfica con los valores de  $\Delta p$  vs  $\Delta t + t_i$

Una vez que se cuenta con todos los parámetros requeridos por el modelo, se realiza la aplicación de este:

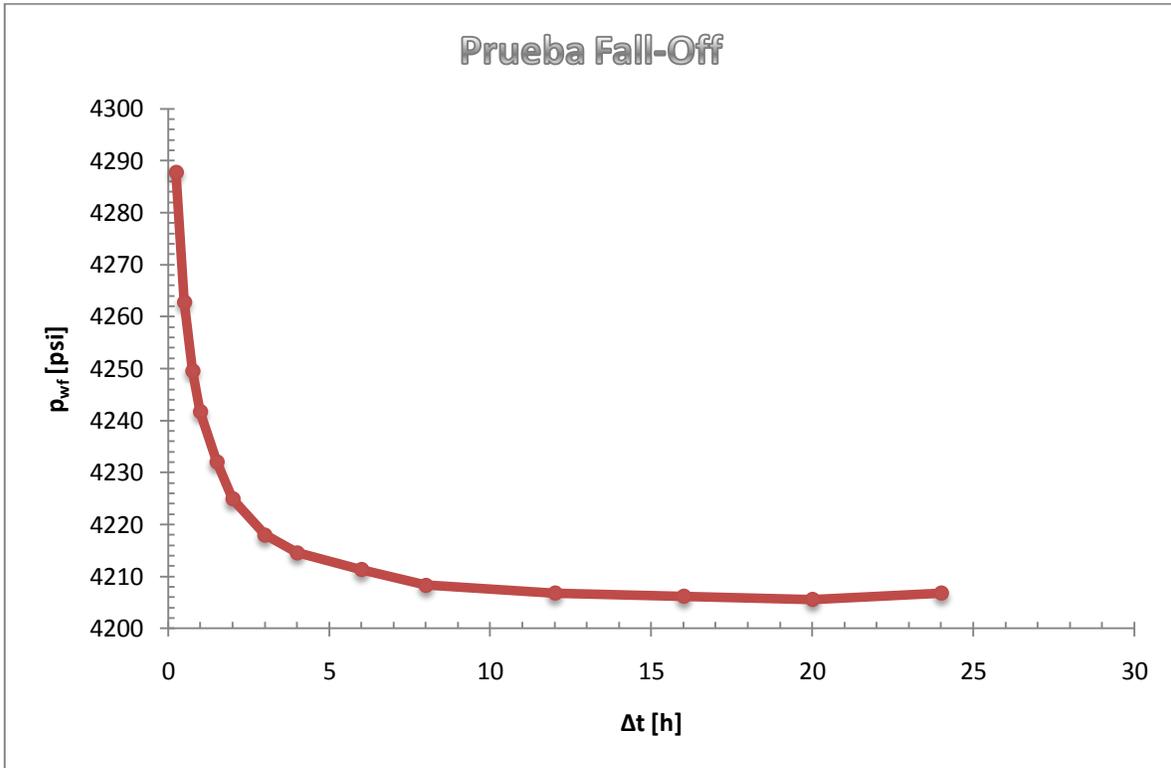
$$k = \frac{70.6(2124)(1.02)(.25)(1.13)}{51 * 94.32}$$

Por lo tanto:

$$k = 8.98 [mD]$$

**4.3.3- Método de impulso**

1.- Graficar los datos de  $\Delta t$  vs  $p_{wf}$ :



**Figura 4.5: Gráfica de  $p_{wf}$  vs  $\Delta t$**

La **Figura 4.5** muestra que el periodo de cierre fue de aproximadamente 24 h, por lo tanto, se cumple que el tiempo de cierre es mayor que dos veces el tiempo de inyección ( $\Delta t > 2t_i$ ), lo cual indica que es posible aplicar el método de impulso.

2.- Obtener los datos de  $Q$ ,  $\Delta p'_1$ ,  $t'$  y  $t' \Delta p'_1 / t_i / 2 + \Delta t$ .

Para obtener  $Q$ , se sabe que:

$$Q = \frac{q_i t_i}{24} \tag{4.2}$$

En donde  $Q$  está dado en Bls por lo tanto:

$$Q = \frac{2124 * 1.13}{24} = 100(Bls)$$

Posteriormente, para obtener el valor de  $\Delta p'_1$  definida como la derivada de la función influencia valuada en  $\frac{t_i}{2} + \Delta t$ , se tiene que la presión inicial se mantendrá constante ( $p_i = 4203 \text{ psi}$ ) quedando:

$$\Delta p'_1 = \frac{p_{wf}(\Delta t) - 4203}{24Q}$$

Entonces, para el primer valor de  $\Delta p'_1$  tendremos que:

$$\Delta p'_1 = \frac{4287.8 - 4203}{24(100)} = 0.0353$$

La **Tabla 4.4** muestra el resto de los valores de la derivada de la función influencia.

| $\Delta t$ (h) | $p_{ws}$ (psi) | Derivada de la función influencia |
|----------------|----------------|-----------------------------------|
| 0.25           | 4287.8         | <b>0.0353</b>                     |
| 0.5            | 4262.8         | <b>0.0249</b>                     |
| 0.75           | 4249.6         | <b>0.0194</b>                     |
| 1              | 4241.7         | <b>0.0161</b>                     |
| 1.5            | 4232.1         | <b>0.0121</b>                     |
| 2              | 4224.9         | <b>0.0091</b>                     |
|                | 4218           | <b>0.0062</b>                     |
| 4.0            | 4214.6         | <b>0.0048</b>                     |
| 6.0            | 4211.3         | <b>0.0035</b>                     |
| 8.0            | 4208.3         | <b>0.0022</b>                     |
| 12.0           | 4206.8         | <b>0.0016</b>                     |
| 16.0           | 4206.2         | <b>0.0013</b>                     |
| 20.0           | 4205.6         | <b>0.0011</b>                     |
| 24.0           | 4206.8         | <b>0.0016</b>                     |

**Tabla 4.4: Valores de la función influencia**

El siguiente parámetro que se debe de determinar es el valor de la función de tiempo  $t'$ , en el cual si  $t_i$  se mantiene con un valor de 1.13 horas, entonces:

$$t' = \frac{1.13}{2} + \Delta t$$

Para el primer valor de  $t'$ :

$$t' = \frac{1.13}{2} + 0.25 = 0.8150$$

Siendo así, el resto de los valores se muestra en la **Tabla 4.5**.

| $\Delta t$ (h) | $p_{ws}$ (psi) | Función de tiempo |
|----------------|----------------|-------------------|
| 0.25           | 4287.8         | <b>0.8150</b>     |
| 0.5            | 4262.8         | <b>1.0650</b>     |
| 0.75           | 4249.6         | <b>1.3150</b>     |
| 1              | 4241.7         | <b>1.5650</b>     |
| 1.5            | 4232.1         | <b>2.0650</b>     |
| 2              | 4224.9         | <b>2.5650</b>     |
| 3              | 4218           | <b>3.5650</b>     |
| 4.0            | 4214.6         | <b>4.5650</b>     |
| 6.0            | 4211.3         | <b>6.5650</b>     |
| 8.0            | 4208.3         | <b>8.5650</b>     |
| 12.0           | 4206.8         | <b>12.5650</b>    |
| 16.0           | 4206.2         | <b>16.5650</b>    |
| 20.0           | 4205.6         | <b>20.5650</b>    |
| 24.0           | 4206.8         | <b>24.5650</b>    |

**Tabla 4.5: Valores de la función de tiempo**

Para concluir con el paso 3, se debe de realizar el producto de  $t' \Delta p_1'$ . Por lo tanto el primer valor de datos de la **Tabla 4.6** será:

$$t' \Delta p_1' = 0.0353 * 0.8150 = 0.0288$$

Por lo que este sería el primer valor de la **Tabla 4.6**.

El resto de los valores correspondientes al producto de  $t' \Delta p_1'$  se muestra en la **Tabla 4.6**.

| $\Delta t$ (h) | $p_{ws}$ (psi) | Derivada de la función influencia | Función de tiempo | $t' \Delta p'_{1 _{t_p/2+\Delta t}}$ |
|----------------|----------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|
| 0.25           | 4287.8         | 0.0353                            | 0.8150            | <b>0.0288</b>                        |
| 0.5            | 4262.8         | 0.0249                            | 1.0650            | <b>0.0265</b>                        |
| 0.75           | 4249.6         | 0.0194                            | 1.3150            | <b>0.0255</b>                        |
| 1              | 4241.7         | 0.0161                            | 1.5650            | <b>0.0252</b>                        |
| 1.5            | 4232.1         | 0.0121                            | 2.0650            | <b>0.0250</b>                        |
| 2              | 4224.9         | 0.0091                            | 2.5650            | <b>0.0234</b>                        |
| 3              | 4218           | 0.0062                            | 3.5650            | <b>0.0223</b>                        |
| 4.0            | 4214.6         | 0.0048                            | 4.5650            | <b>0.0221</b>                        |
| 6.0            | 4211.3         | 0.0035                            | 6.5650            | <b>0.0227</b>                        |
| 8.0            | 4208.3         | 0.0022                            | 8.5650            | <b>0.0189</b>                        |
| 12.0           | 4206.8         | 0.0016                            | 12.5650           | <b>0.0199</b>                        |
| 16.0           | 4206.2         | 0.0013                            | 16.5650           | <b>0.0221</b>                        |
| 20.0           | 4205.6         | 0.0011                            | 20.5650           | <b>0.0223</b>                        |
| 24.0           | 4206.8         | 0.0016                            | 24.5650           | <b>0.0389</b>                        |

Tabla 4.6: Valores empleados para la obtención de  $t' \Delta p'_1$

3.- Graficar los valores de  $t' \Delta p'_1$  vs  $t_i/2+\Delta t$  en una gráfica log-log

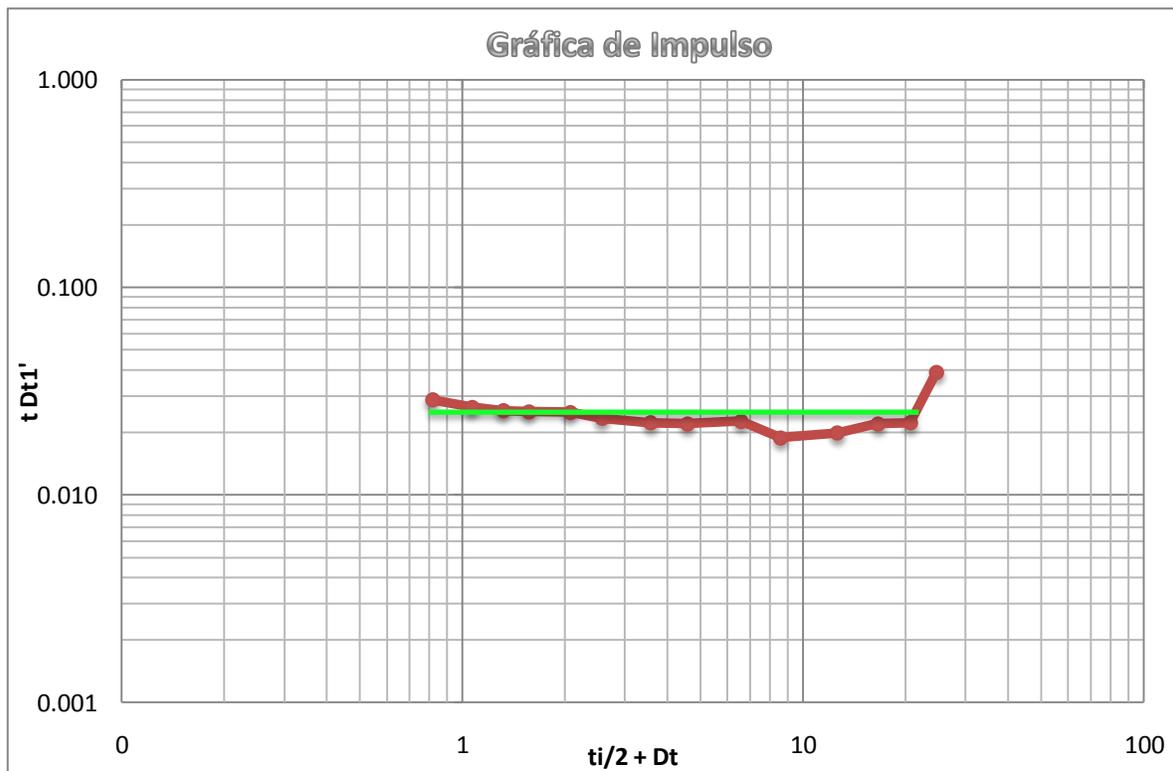
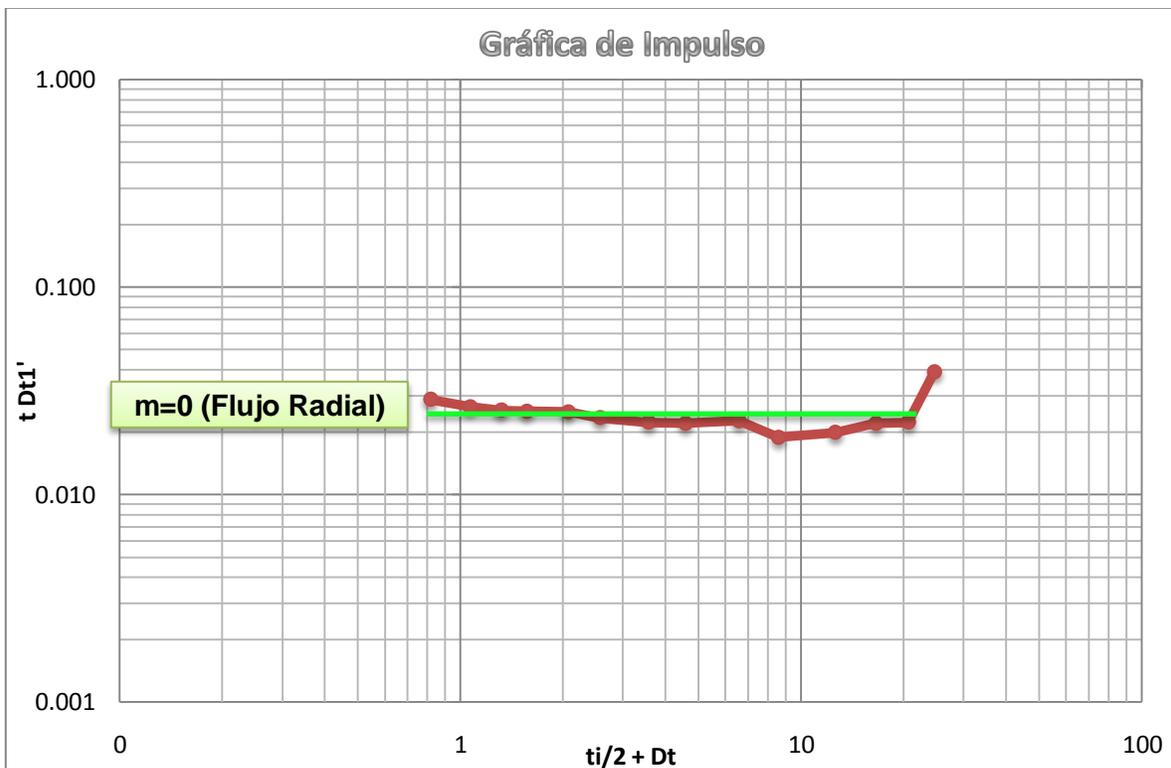


Figura 4.6: Gráfica de  $\log t_i/2+\Delta t$  vs  $t' \Delta p'_1$

Después de obtener los valores de  $\frac{t_i}{2} + \Delta t$  y  $t' \Delta p'_i$  éstos deben ser graficados en escala log-log, en donde  $\frac{t_i}{2} + \Delta t$  será el eje de las abscisas y el producto de  $t' \Delta p'_i$  será el eje de las ordenadas.

Como se puede observar en la **Figura 4.6**, la gráfica muestra que los datos tienen un comportamiento bien definido, sobre los cuales se debe trazar una línea de tendencia.

#### 4.- Diagnóstico de flujo:



**Figura 4.7:** Gráfica del diagnóstico de flujo

Después de obtener el valor de la pendiente de la línea de tendencia ( $m=0$ ), empleando la **Figura 2.4** se determina que el flujo presente es el radial, esto nos permite establecer el modelo que se empleará.

5.- Aplicación del método de Horner:

Para aplicar el método de Horner, primero se deben obtener los valores de la función del tiempo de Horner ( $t_H = t_i + \Delta t / \Delta t$ ) con su respectivo valor de  $p_{wf}$ , por lo tanto se tiene que para el primer valor de  $\Delta t$ , este será  $\Delta t = 0.25$  correspondiente a un valor de  $p_{wf} = 4287.8$  psi, entonces:

$$t_H = t_i + \Delta t / \Delta t = \frac{1.13 + 0.25}{0.25}$$

Cabe destacar que el valor de  $t_i = 1.13$  se mantendrá constante durante todos los cálculos.

La **Tabla 4.7** muestra los valores del tiempo de Horner.

| <b><math>p_{wf}</math>(psi)</b> | <b><math>\Delta t</math> (h)</b> | <b><math>t_H</math></b> |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 4287.8                          | 0.25                             | <b>5.52</b>             |
| 4262.8                          | 0.5                              | <b>3.26</b>             |
| 4249.6                          | 0.75                             | <b>2.51</b>             |
| 4241.7                          | 1                                | <b>2.13</b>             |
| 4232.1                          | 1.5                              | <b>1.75</b>             |
| 4224.9                          | 2                                | <b>1.57</b>             |
| 4218                            | 3                                | <b>1.38</b>             |
| 4214.6                          | 4.0                              | <b>1.28</b>             |
| 4211.3                          | 6.0                              | <b>1.19</b>             |
| 4208.3                          | 8.0                              | <b>1.14</b>             |
| 4206.8                          | 12.0                             | <b>1.09</b>             |
| 4206.2                          | 16.0                             | <b>1.07</b>             |
| 4205.6                          | 20.0                             | <b>1.06</b>             |
| 4206.8                          | 24.0                             | <b>1.05</b>             |

**Tabla 4.7: Datos en tiempo de Horner**

Una vez que se ha determinado el valor de  $t_H$  correspondiente a cada valor de  $p_{wf}$ , estos deben ser analizados mediante una gráfica semilog del  $t_H$  vs  $p_{wf}$ , teniendo en el eje de las abscisas el tiempo de Horner en escala logarítmica, como lo muestra la **Figura 4.8**.

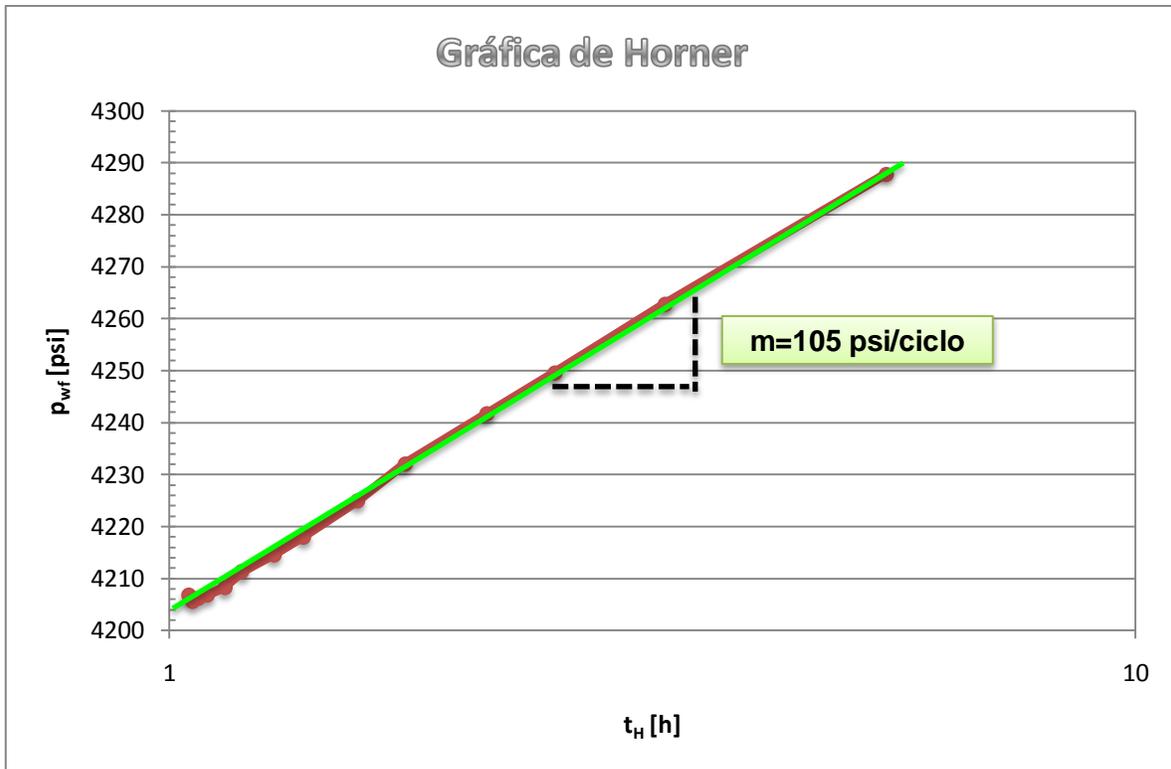


Figura 4.8: Gráfica de Horner

Después de que los datos han sido graficados, se debe trazar una línea de tendencia lineal, extrapolando esta hasta el límite inferior y superior del ciclo que se está analizando. Como se puede observar en la **Figura 4.8**, el límite inferior es 4202 psi y el límite superior es de 4320 psi, por lo tanto, se tendrá un incremento de presión de 105 psi por cada ciclo (105 psi/ciclo).

Una vez que se ha obtenido el valor de la pendiente empleando la gráfica de Horner, se puede aplicar el modelo correspondiente:

$$k = \frac{162.6 * qB\mu}{mh} \quad 4.6$$

Cuyos parámetros han sido dados en la **Tabla 4.2**, por lo que realizando la sustitución de valores tenemos que:

$$k = \frac{162.6 * 2124 * 1.02 * 0.25}{105 * 94.32} = 8.89[mD]$$

#### 4.3.4- Análisis de resultados

Comparando el valor de permeabilidad obtenido mediante la técnica de Soliman  $k=8.98 [mD]$  y el obtenido mediante Horner  $k= 8.89 [mD]$ , estos difieren el 1%. Además, analizando el diagnóstico de flujo realizado con ambas técnicas, se observa la presencia del flujo radial, lo cual implica que el modelo de Horner o el modelo de Soliman para dicho modelo puede ser aplicado sin restricciones.

#### 4.4-Caso 1: Pozo Bicentenario-1

Los datos del pozo **Bicentenario-1** representan una prueba de incremento, en la cual el cierre fue realizado por un periodo aproximado de 118 horas, que siguió después de un periodo de producción de 25 horas.

Los datos de  $\Delta t$  y  $p_{wf}$  después del cierre son mostrados en la **Tabla A-1**.

En la **Tabla 4.8** se muestran los datos de producción, propiedades del fluido y parámetros de la formación:

| $p_i$ (psia) | $q$ (BPD) | B   | $\mu$ (cp) | $t_p$ (horas) | $h_n$ (pies) |
|--------------|-----------|-----|------------|---------------|--------------|
| 2296         | 18        | 1.2 | 3          | 25            | 26.25        |

Tabla 4.8: Características del pozo

La **Figura 4.9** muestra los datos de presión vs tiempo, en esta se puede observar que la prueba de incremento tuvo un periodo de cierre de aproximadamente 118 horas, alcanzando una presión mayor a los 2400 (psi).

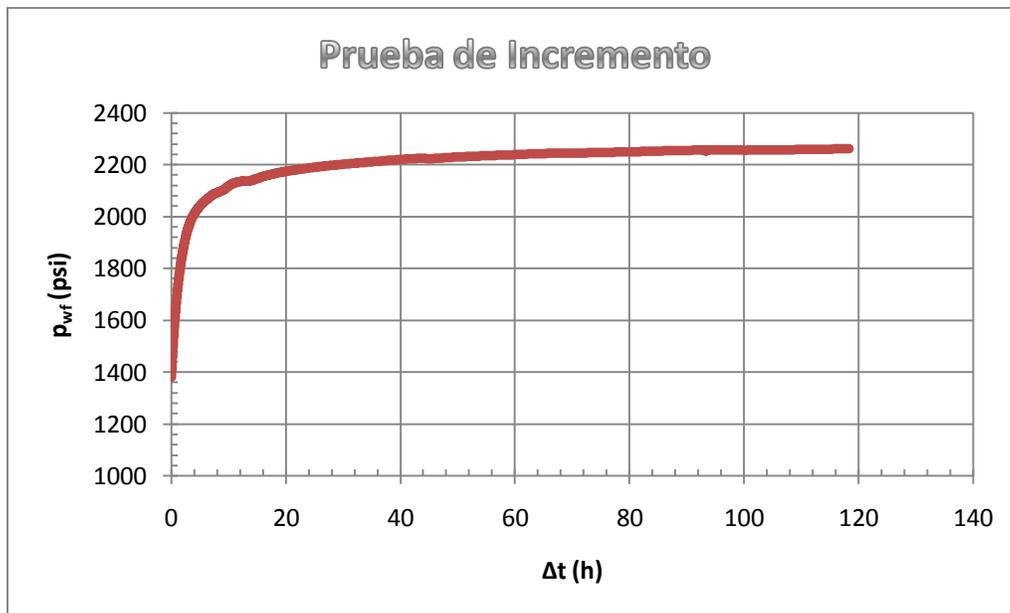


Figura 4.9: Gráfica de presión contra tiempo de cierre

En la **Figura 4.10**, después de realizar el diagnóstico de flujo mediante la técnica de Soliman, se observa la presencia del flujo radial ( $m=-1$ ).

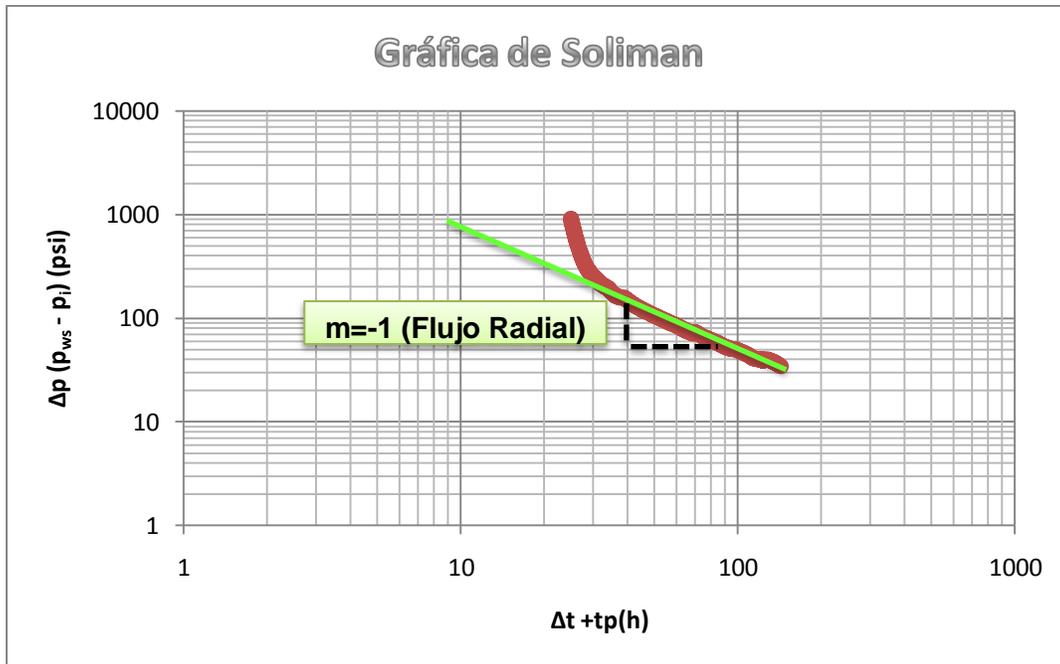


Figura 4.10: Gráfica de Soliman

Siendo así, se tiene la certeza de que este ha sido alcanzado, por lo que será posible aplicar el modelo de Soliman referente a esta geometría de flujo.

Por lo tanto, de la **Figura 4.10** se determina que el valor de  $y^*x = 5000 [psi \cdot h]$ , entonces, substituyendo los datos de la **Tabla 4.8** en el modelo seleccionado, se tiene:

$$k = \frac{70.6 * 18 * 1.2 * 3 * 25}{5000 * 26.25}$$

$$k = 0.871 [mD]$$

Por otro lado, dado que el tiempo de producción fue de 25 horas y el pozo fue cerrado durante 118 horas (ver **Figura 4.9**) es posible aplicar el método de Impulso, ya que se cumple que  $\Delta t > 2tp$ .

La **Figura 4.11**, muestra el diagnóstico de flujo aplicando la técnica de Impulso, y de manera análoga a la técnica de Soliman se obtuvo la presencia del flujo radial ( $m=0$ ).

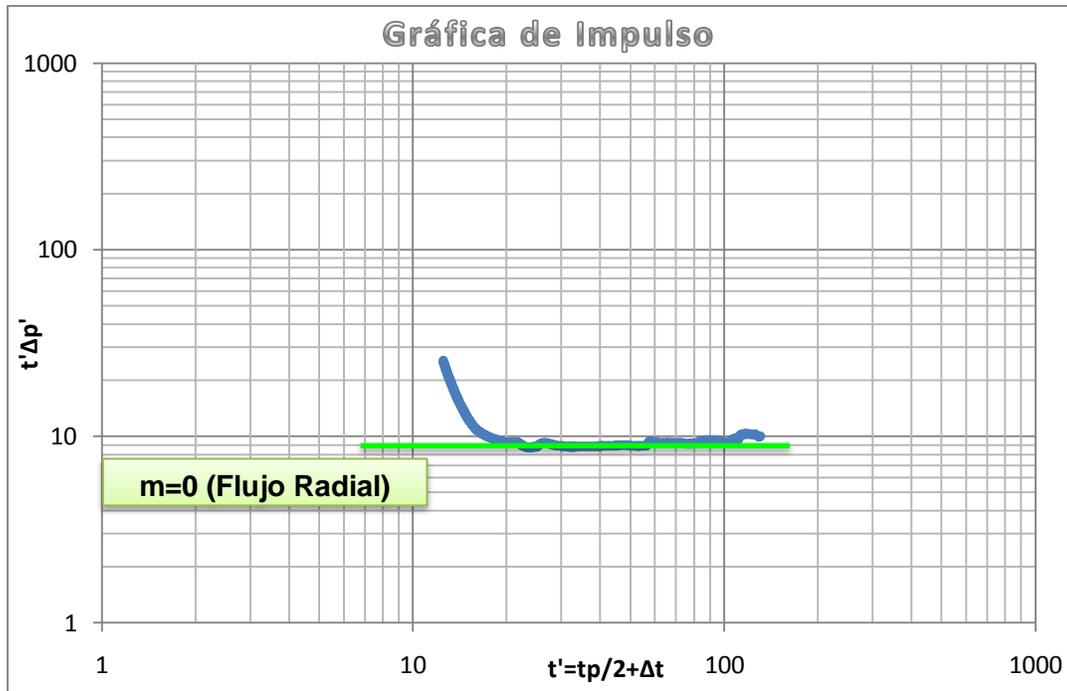


Figura 4.11: Gráfica de Impulso

Una vez que el flujo radial ha sido alcanzado, es posible aplicar el método de Horner. Hay que enfatizar que los datos empleados al aplicar Horner, deben ser a partir de que el flujo radial se ha presentado, esto ocurre cuando  $\Delta t$  es aproximadamente de **7.5 [h]**.

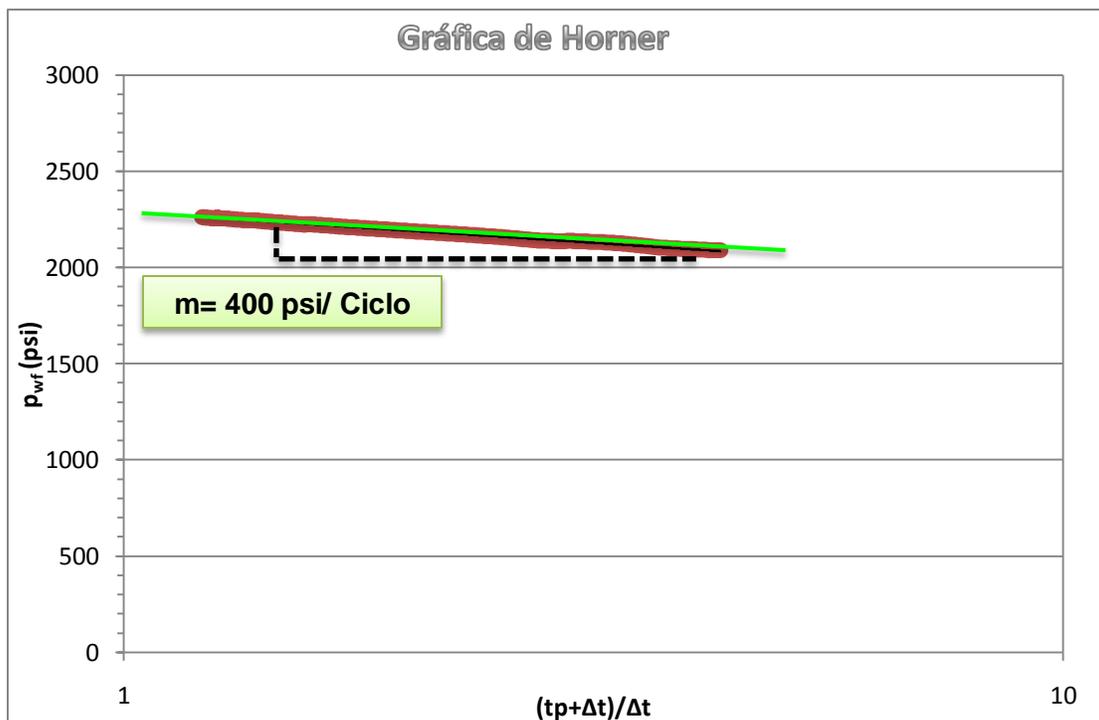


Figura 4.12: Gráfica de Horner

Los datos representativos del flujo radial son graficados tal como se muestra en la **Figura 4.12**, a partir de esta gráfica se determina que la pendiente es igual a 400 psi por cada ciclo ( $m=400$  psi/ciclo), por lo tanto, el valor de la permeabilidad será:

$$k = \frac{162.6 * 18 * 1.2 * 3}{400 * 25.25} = 1.003 [mD]$$

### **Análisis de resultados**

Analizando los datos con ambos métodos, se puede observar que el valor de permeabilidad obtenido es muy semejante, determinando mediante el método de Soliman una  $k=0.871 [mD]$  y con el método de Horner una  $k=1.003 [mD]$ , lo cual indica que cualquiera de las dos técnicas nos proporcionará una estimación del valor real de la permeabilidad en la vecindad del pozo, ya que su diferencia solo es del 7.7%.

Si bien, los datos de tiempo temprano son afectados por el almacenamiento y el daño como se muestra en la **Figura 4.11 y 4.12**, el tiempo de cierre fue lo suficientemente grande para que el flujo radial fuera alcanzado.

**4.5- Caso 2: Pozo Centenario-1**

El siguiente ejemplo muestra los datos del **pozo Centenario-1**.

Si se observa la **Figura 4.14**, se puede determinar que se trata de una prueba MFO

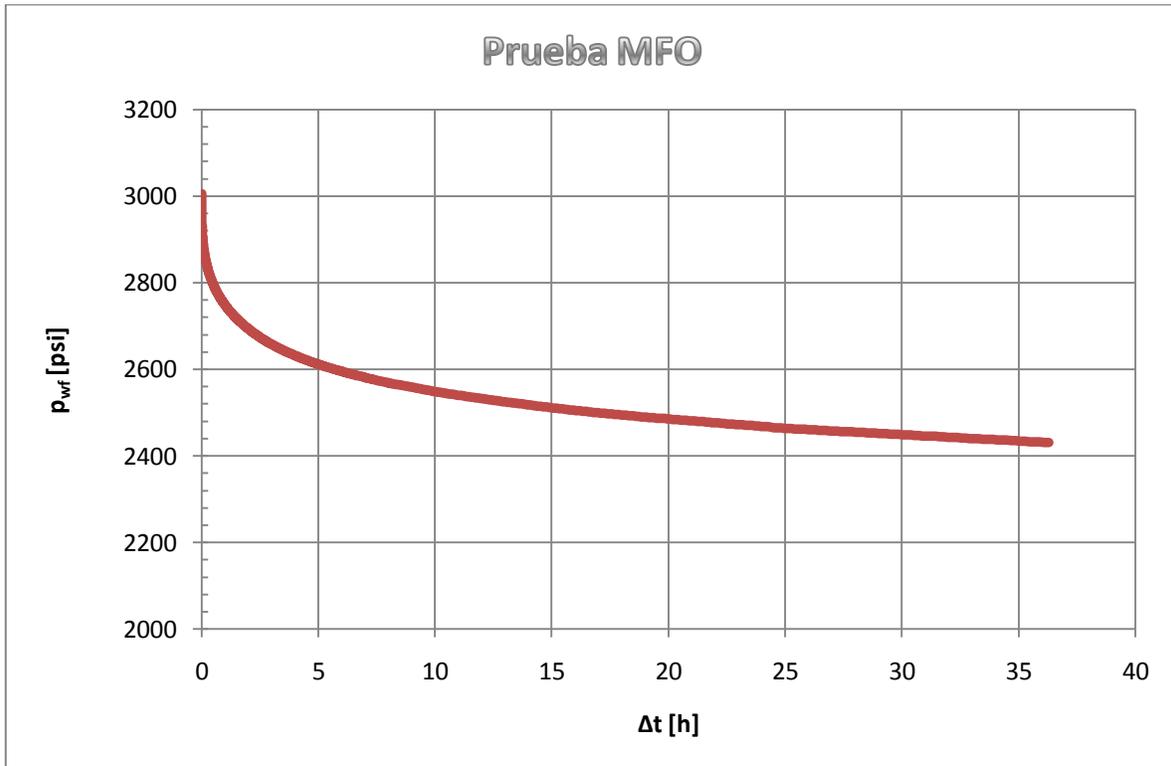
En la **Tabla B-1** se muestran los valores de  $\Delta t$  y  $p_{wf}$  capturados durante la prueba.

La **Tabla 4.9** muestra los datos de producción, propiedades del fluido y parámetros de la formación:

| $p_i$ (psia) | $q$ (BPD) | B    | $\mu$ (cp) | $t_i$ (horas) | $h_n$ (pies) |
|--------------|-----------|------|------------|---------------|--------------|
| 2372         | 1440      | 1.02 | 0.25       | 1.55          | 94.32        |

**Tabla 4.9: Características del pozo**

En la **Figura 4.14** se puede observar que el tiempo de cierre fue de aproximadamente 36 horas, cuya presión al momento de este fue de casi 2400 (psi).



**Figura 4.13: Gráfica de presión contra tiempo de cierre**

En la gráfica de Soliman (**Figura 4.14**) se muestra la presencia de dos geometrías de flujo, un flujo lineal que es seguido por un flujo radial, en donde el flujo radial ocurre aproximadamente cuando  $\Delta t= 24 [h]$ .

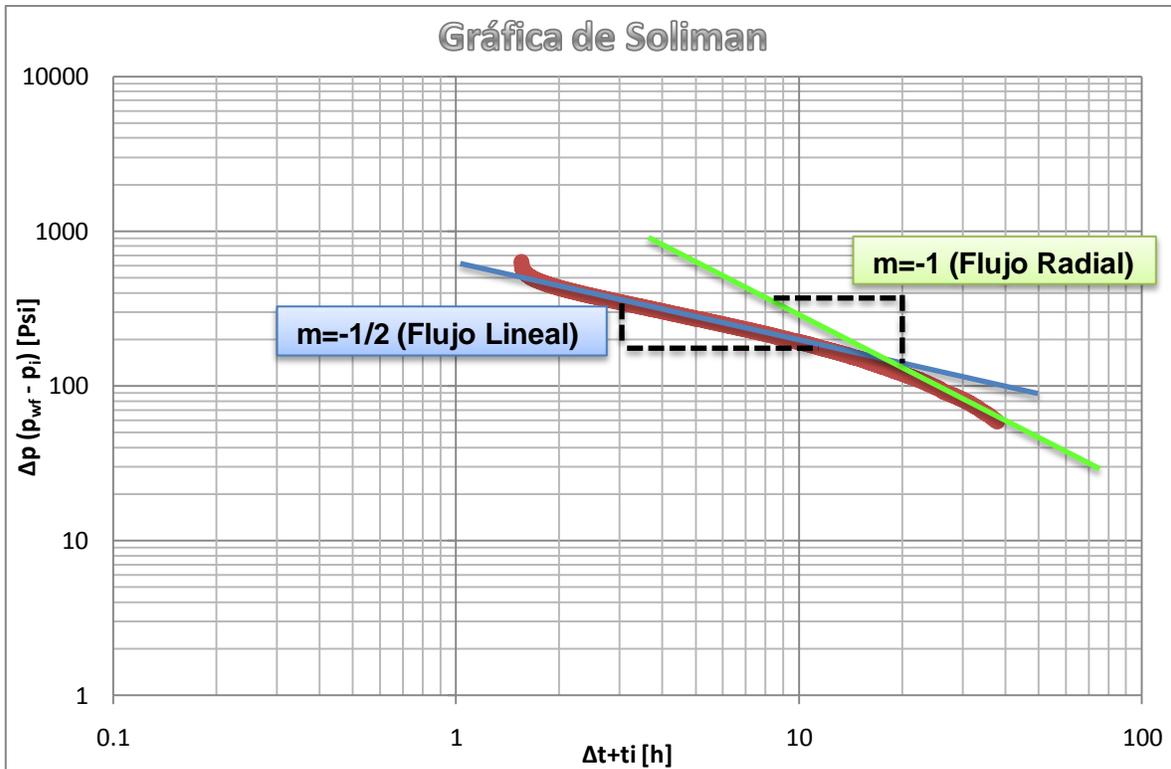


Figura 4.14: Gráfica de Soliman

Una vez hecho el diagnóstico de flujo, se determina que el valor de  $y^*x = 3500$  [psi\*h], es necesario señalar que este valor fue obtenido a partir de la línea de tendencia de flujo radial, por lo tanto será el que se aplicará al modelo correspondiente, siendo así:

$$k = \frac{70.6 * 1440 * 1.02 * 0.25 * 1.55}{3500 * 94.32}$$

$$k = 0.122[mD]$$

Ahora bien, empleando la **Figura 4.13** se determina que el tiempo de cierre es mayor que 35 horas, por lo tanto, si  $t_i = 1.55$  h, se cumple que  $\Delta t > 2t_i$ , lo cual indica que es posible realizar el diagnóstico mediante el método de Impulso.

Como se observa en la **Figura 4.15**, se tiene la presencia de dos geometrías de flujo, flujo lineal y flujo radial, tal como se observo con la técnica de Soliman.

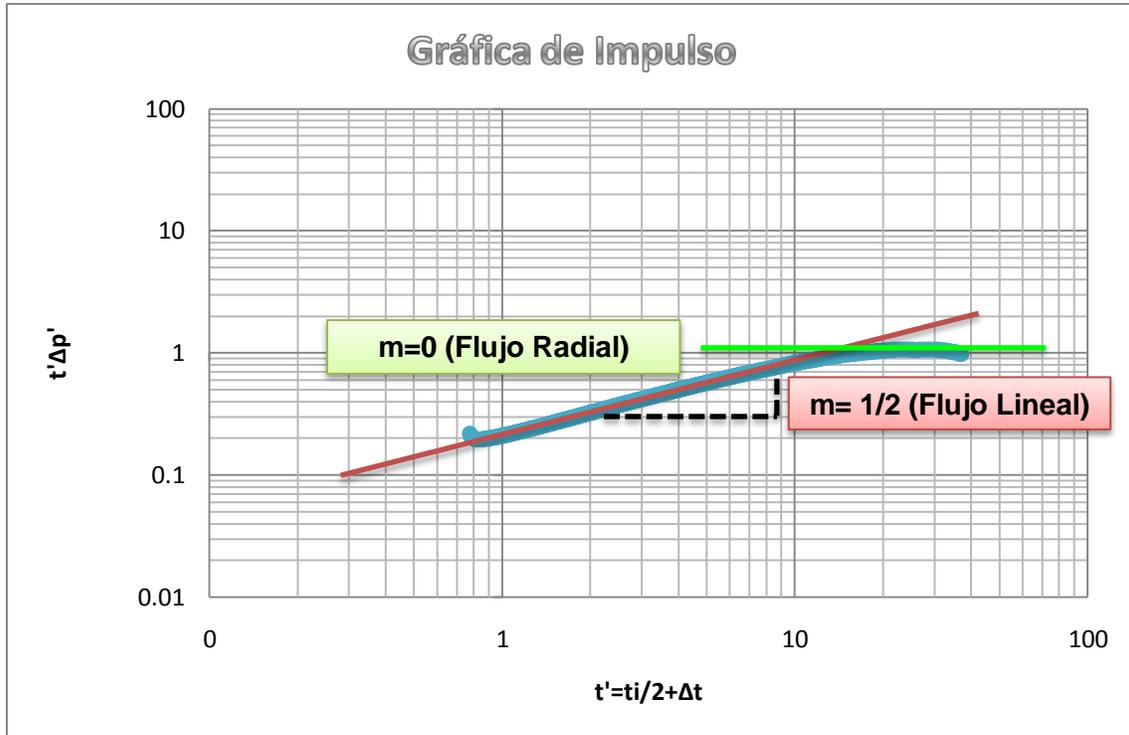


Figura 4.15: Gráfica de Impulso

En la **Figura 4.16**, los datos en color verde representan el tiempo de cierre a partir del cual el flujo radial ha sido alcanzado.

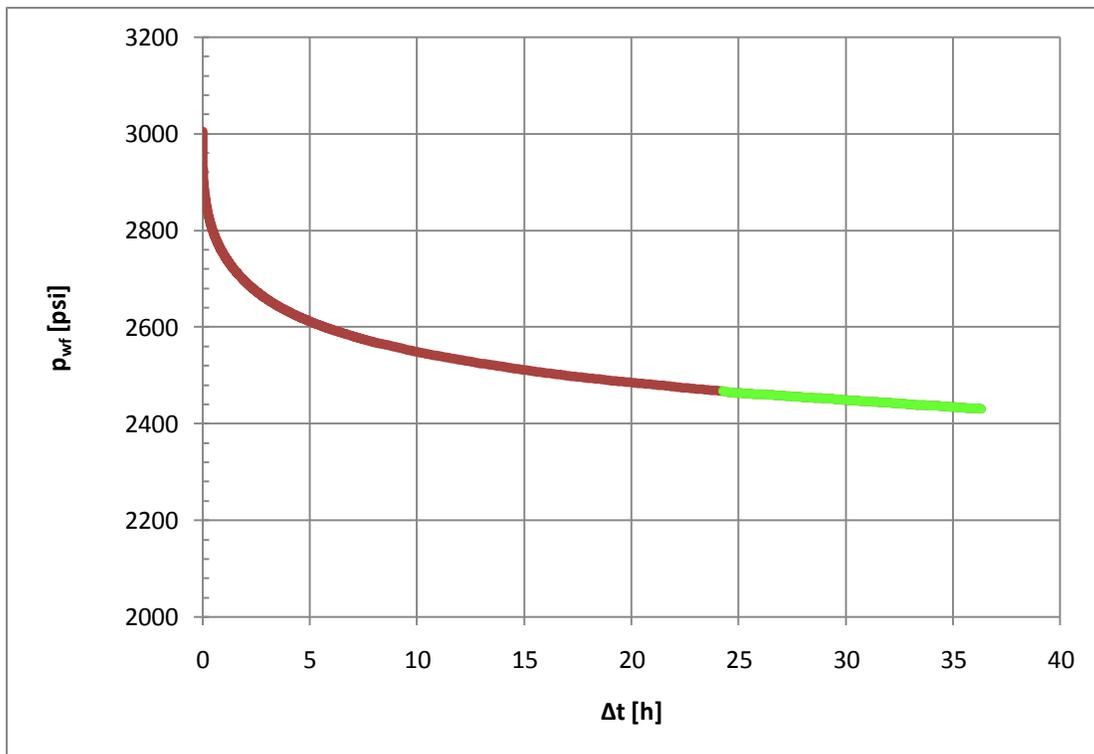


Figura 4.16: Muestra el tiempo en el cual se alcanza el flujo radial

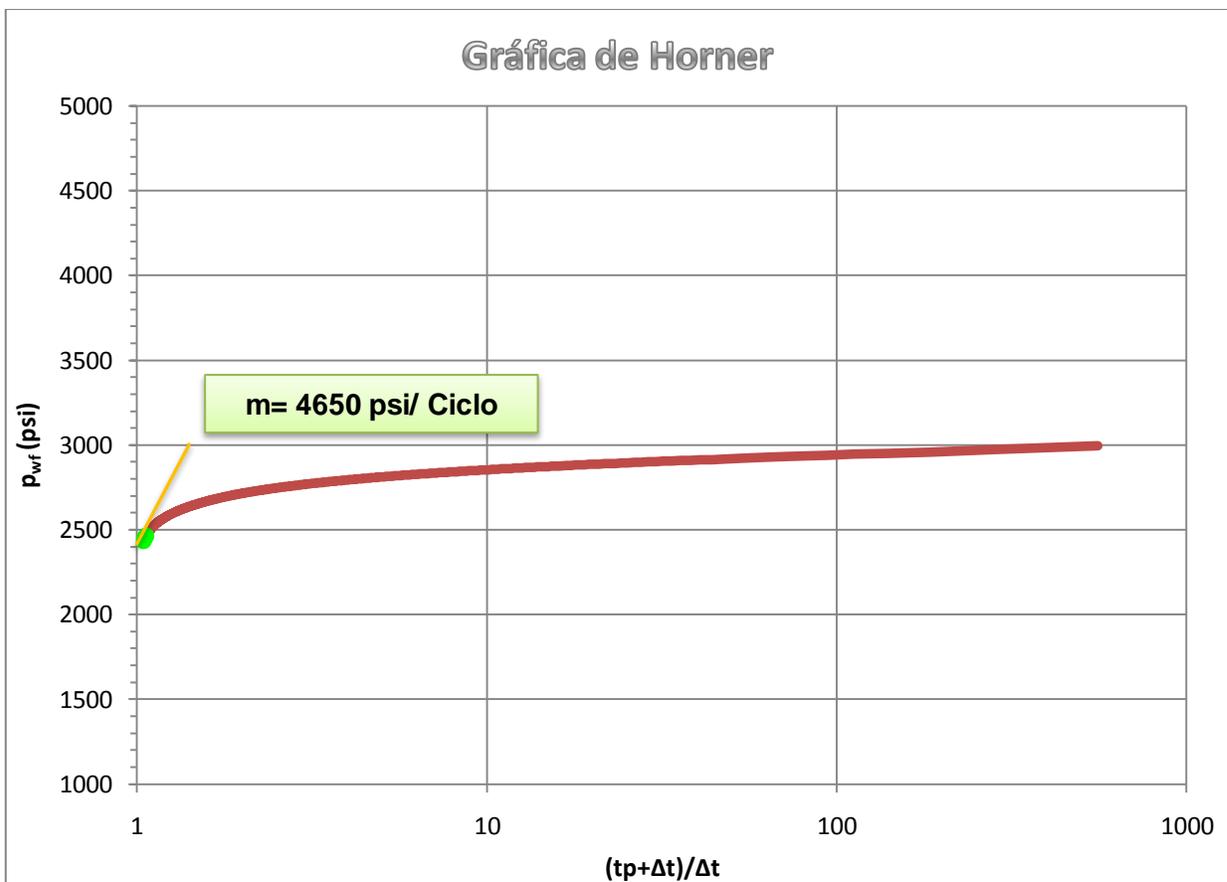
Por lo tanto, la aplicación del método de Horner debe ser a partir de los datos en flujo radial, que se presenta cuando  $\Delta t \approx 24.2$  horas (ver **Figura 4.16**). Nótese que este valor es muy semejante al que se obtuvo con el método de Soliman ( $\Delta t \approx 24$ ), esto nos proporciona una idea del tiempo al cual se presenta dicha geometría de flujo.

La **Figura 4.17** muestra la gráfica de Horner, de la cual se determinó un valor de  $m = 4650$  psi/ciclo.

De acuerdo con los datos de la **Tabla 4.9** y del valor de la pendiente anterior, se obtuvo:

$$k = \frac{162.6 * 1440 * 1.02 * 0.25}{4650 * 94.32} = 0.136[mD]$$

$$k = 0.136[mD]$$



**Figura 4.17: Gráfica de Horner**

Obsérvese que los datos analizados con la técnica de Horner han sido graficados en color verde, estos corresponden al tiempo en el cual se presenta el flujo radial (ver **Figura 4.17**), a partir de los cuales la línea de tendencia fue extrapolada y obtenida su respectiva pendiente ( $m=4650$  psi/Ciclo).

### Análisis de resultados

Como se observó en las **gráficas 4.14 y 4.15**, ambas técnicas mostraron la presencia de un flujo lineal seguido por un flujo radial, lo cual nos da una certeza de que el diagnóstico de flujo es correcto, además, el valor de permeabilidad estimado con cada técnica es muy cercano,  $k= 0.122$  y  $k= 0.136$ , empleando el método de Soliman y Horner respectivamente, cuya diferencia es del 10.2%, concluyendo que el valor estimado con cualquiera de los dos métodos es representativo del dato real de permeabilidad.

Es necesario hacer hincapié en el uso correcto de los datos de presión y tiempo, por ejemplo, en el caso de la gráfica de Soliman, la línea de tendencia que se emplea para obtener el valor de  $y^*x$  es la de flujo radial, de igual manera, al aplicar la técnica de Horner solo se deben emplear los datos que involucran el flujo radial, ya que el desarrollo de los modelos anteriormente mencionados consideran que dicha geometría de flujo ha sido alcanzada, lo comentado anteriormente es de gran relevancia, debido a que un mal uso de los datos nos dará resultados sin sentido y como consecuencia una interpretación errónea.

4.6- Compendio

La **Tabla 4.10** muestra un compendio de las ecuaciones, gráficas y resultados obtenidos al aplicar los modelos anteriores.

| Método         | Ecuaciones y/o Gráficas  | Pozo                  | Resultado     |
|----------------|--|-----------------------|---------------|
| <b>Soliman</b> | Gráfica de $\Delta t$ vs $p_{wf}$  | <b>Teórico</b>        | k= 8.98 [mD]  |
|                | $\Delta t + t_p$ $\Delta p = p_{wf} + p_i$                                 |                       |               |
|                | Gráfica log-log de $\Delta t+t_p$ vs $\Delta p$                            | <b>Bicentenario-1</b> | k= 0.871 [mD] |
|                | $y * x = \Delta p * (\Delta t + t_p)$                                      | <b>Centenario-1</b>   | k=0.122 [mD]  |
|                | Modelo de flujo radial $k = \frac{70.6qB\mu t_i}{y(x)h_n}$                 |                       |               |
| <b>Impulso</b> | Gráfica de $\Delta t$ vs $p_{wf}$  | <b>Teórico</b>        | k= 8.89 [mD]  |
|                | $Q = \frac{q_i t_p}{24}$ $\Delta p_1 = \frac{p_i - p_{ws}(\Delta t)}{24Q}$ |                       |               |
|                | $t' = \frac{t_p}{2} + \Delta t$  | <b>Bicentenario-1</b> | k= 1.003 [mD] |
|                | Gráfica log-log de $t' \Delta p_1$ vs $\frac{t_p}{2} + \Delta t$           |                       |               |
|                | $t_H = \frac{t_p + \Delta t}{\Delta t}$                                    | <b>Centenario-1</b>   | k=0.136 [mD]  |
|                | Gráfica semilog de $t_H$ vs $p_{wf}$                                       |                       |               |
|                | $k = \frac{162.6 * qB\mu}{mh}$   |                       |               |

**Tabla 4.10: Compendio de los Modelos Aplicados**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las técnicas y procedimientos presentados en este trabajo, constituyen una opción de análisis para pruebas con un periodo corto de producción o inyección previo al cierre. Debido a su costo bajo, fácil aplicación e interpretación, llegan a ser una excelente opción para analizar formaciones lenticulares y de baja permeabilidad.

Es necesario señalar, que al momento de aplicar cualquier método se debe tener conocimiento de las consideraciones realizadas para su desarrollo, ya que esto es determinante para el éxito de una caracterización, dado que la aplicación incorrecta de cualquiera de estos, arrojará resultados incoherentes.

A continuación se mencionan las características principales de cada método:

### Soliman

- Desarrolla una gráfica de  $\log \Delta p$  vs  $\log tp + \Delta t$ ;
- Considera tres modelos de flujo: lineal, bilineal y radial;
- Requiere del conocimiento de la presión inicial del yacimiento;
- Proporciona una estimación de la permeabilidad;
- Requiere mucha exactitud de la estimación de la presión inicial del yacimiento.

### Fuente instantánea

- La presión inicial debe ser conocida;
- La derivada de la función influencia debe ser evaluada al tiempo  $\Delta t + t_p/2$ ;
- La producción acumulativa antes del cierre debe ser medida;
- El análisis es válido para tiempos grandes de cierre ( $\Delta t > 2t_p$ );
- El análisis es válido para cualquier tipo de geometría;
- Reduce el efecto del tiempo de producción;
- Permite determinar el régimen de flujo presente durante la prueba;
- Este procedimiento aplicara siempre que el tiempo de cierre sea al menos dos veces el tiempo de producción.

### Impulso

- Toma como base el concepto de respuesta de presión debida a una fuente instantánea de unidad de energía;
- Requiere del conocimiento de la presión inicial del yacimiento;
- El tiempo de cierre debe ser mayor que dos veces el tiempo de producción;
- Emplea una gráfica log-log para analizar la geometría de flujo que se tendría en el pozo.

Como se pudo observar en las aplicaciones de campo, la diferencia entre los valores de permeabilidad obtenidos mediante el método de Soliman y Horner es menor al 15%, lo cual nos indica que cualquiera de estas dos técnicas nos proporcionará un valor representativo de esta.

Por otro lado, cabe destacar que cualquiera de las técnicas previamente mencionadas son una herramienta para determinar la o las geometría(s) de flujo que se presentan durante la prueba así como el tiempo en el cual se presentan, por lo tanto, al realizar la aplicación de cualquier modelo con el fin de determinar algún parámetro, se debe cuidar que los datos de  $\Delta t$  y  $p_{wf}$  empleados sean los correspondientes al modelo que se aplicará, de lo contrario se obtendrán valores sin sentido y por ende una mala caracterización, ocasionando una pérdida de tiempo y dinero.

Además, a medida que el tiempo de producción llega a ser significativo, es recomendable que cualquiera de éstas técnicas se combine con otros métodos siempre que sea factible, esto con el fin de incrementar la veracidad de los resultados, así mismo, estos resultados deberían ser apoyados con análisis de núcleos, registros geofísicos, correlacionando otros pozos, etcétera.

Aunado a esto, será necesario tener un buen conocimiento de cualquier parámetro o parámetros que pueda o puedan influir en el desarrollo e interpretación de la prueba, por ejemplo: la historia de producción, la etapa de explotación, las condiciones iniciales, tiempos de cierre, ritmos de explotación, etcétera. Todo esto con el fin de lograr la mejor caracterización de la formación, que se verá reflejada en una explotación óptima así como un incremento de la producción y por ende la generación de divisas.

# TABLA A

## CASO 1: POZO BICENTENARIO-1

La Tabla A-1 contiene los valores de  $\Delta t$  vs  $p_{wf}$  que representan una prueba de incremento de presión:

| Tabla A-1 |                |                |    |       |         |    |       |         |     |       |         |
|-----------|----------------|----------------|----|-------|---------|----|-------|---------|-----|-------|---------|
| No.       | $\Delta t$ (h) | $p_{wf}$ (psi) |    |       |         |    |       |         |     |       |         |
| 1         | 0.000          | 1381.2         | 32 | 0.116 | 1431.95 | 65 | 0.239 | 1480.27 | 98  | 0.363 | 1524.96 |
| 2         | 0.004          | 1382.93        | 33 | 0.120 | 1433.37 | 66 | 0.243 | 1481.61 | 99  | 0.366 | 1526.3  |
| 3         | 0.008          | 1384.77        | 34 | 0.124 | 1435.03 | 67 | 0.247 | 1483.05 | 100 | 0.370 | 1527.51 |
| 4         | 0.012          | 1386.71        | 35 | 0.127 | 1436.51 | 68 | 0.251 | 1484.47 | 101 | 0.374 | 1528.87 |
| 5         | 0.015          | 1388.64        | 36 | 0.131 | 1438.06 | 69 | 0.254 | 1485.84 | 102 | 0.378 | 1530.11 |
| 6         | 0.019          | 1390.55        | 37 | 0.135 | 1439.51 | 70 | 0.258 | 1487.24 | 103 | 0.381 | 1531.39 |
| 7         | 0.023          | 1392.28        | 38 | 0.139 | 1441.04 | 71 | 0.262 | 1488.62 | 104 | 0.385 | 1532.65 |
| 8         | 0.026          | 1393.96        | 39 | 0.142 | 1442.48 | 72 | 0.266 | 1489.99 | 105 | 0.389 | 1533.97 |
| 9         | 0.030          | 1395.66        | 40 | 0.146 | 1444.03 | 73 | 0.269 | 1491.37 | 106 | 0.393 | 1535.2  |
| 10        | 0.034          | 1397.33        | 41 | 0.150 | 1445.46 | 74 | 0.273 | 1492.79 | 107 | 0.396 | 1536.4  |
| 11        | 0.038          | 1399.06        | 42 | 0.153 | 1446.9  | 75 | 0.277 | 1494.13 | 108 | 0.400 | 1537.68 |
| 12        | 0.041          | 1400.75        | 43 | 0.157 | 1448.46 | 76 | 0.281 | 1495.57 | 109 | 0.404 | 1538.95 |
| 13        | 0.045          | 1402.22        | 44 | 0.161 | 1449.97 | 77 | 0.284 | 1496.87 | 110 | 0.408 | 1540.19 |
| 14        | 0.049          | 1403.92        | 45 | 0.165 | 1451.41 | 78 | 0.288 | 1498.24 | 111 | 0.411 | 1541.56 |
| 15        | 0.053          | 1405.57        | 46 | 0.168 | 1452.91 | 79 | 0.292 | 1499.77 | 112 | 0.415 | 1542.67 |
| 16        | 0.056          | 1407.17        | 47 | 0.172 | 1454.25 | 80 | 0.295 | 1501.02 | 113 | 0.419 | 1543.86 |
| 17        | 0.060          | 1408.77        | 48 | 0.176 | 1455.81 | 81 | 0.299 | 1502.44 | 114 | 0.422 | 1545.04 |
| 18        | 0.064          | 1410.35        | 49 | 0.180 | 1457.25 | 82 | 0.303 | 1503.8  | 115 | 0.426 | 1546.23 |
| 19        | 0.068          | 1411.87        | 50 | 0.183 | 1458.67 | 83 | 0.307 | 1505.11 | 116 | 0.430 | 1547.45 |
| 20        | 0.071          | 1413.52        | 51 | 0.187 | 1460.13 | 84 | 0.310 | 1506.46 | 117 | 0.434 | 1548.65 |
| 21        | 0.075          | 1415.17        | 52 | 0.191 | 1461.63 | 85 | 0.314 | 1507.71 | 118 | 0.437 | 1549.86 |
| 22        | 0.079          | 1416.63        | 53 | 0.195 | 1463.09 | 86 | 0.318 | 1509.1  | 119 | 0.441 | 1551.08 |
| 23        | 0.083          | 1418.18        | 54 | 0.198 | 1464.41 | 87 | 0.322 | 1510.5  | 120 | 0.445 | 1552.13 |
| 24        | 0.086          | 1419.69        | 55 | 0.202 | 1465.93 | 88 | 0.325 | 1511.68 | 121 | 0.449 | 1553.3  |
| 25        | 0.090          | 1421.3         | 56 | 0.206 | 1467.4  | 89 | 0.329 | 1513.12 | 122 | 0.452 | 1554.5  |
| 26        | 0.094          | 1422.75        | 57 | 0.210 | 1468.85 | 90 | 0.333 | 1514.46 | 123 | 0.456 | 1555.72 |
| 27        | 0.097          | 1424.35        | 58 | 0.213 | 1470.17 | 91 | 0.337 | 1515.76 | 124 | 0.460 | 1556.91 |
| 28        | 0.101          | 1425.86        | 59 | 0.217 | 1471.66 | 92 | 0.340 | 1516.99 | 125 | 0.464 | 1558.08 |
| 29        | 0.105          | 1427.4         | 60 | 0.221 | 1473.1  | 93 | 0.344 | 1518.34 | 126 | 0.467 | 1559.15 |
| 30        | 0.109          | 1428.89        | 61 | 0.224 | 1474.59 | 94 | 0.348 | 1519.66 | 127 | 0.471 | 1560.26 |
| 31        | 0.112          | 1430.4         | 62 | 0.228 | 1476    | 95 | 0.351 | 1520.94 | 128 | 0.475 | 1561.44 |
|           |                |                | 63 | 0.232 | 1477.39 | 96 | 0.355 | 1522.24 | 129 | 0.479 | 1562.49 |
|           |                |                | 64 | 0.236 | 1478.79 | 97 | 0.359 | 1523.71 | 130 | 0.482 | 1563.62 |

|     |       |         |     |       |         |     |       |         |     |       |         |
|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|
| 131 | 0.486 | 1564.72 | 172 | 0.643 | 1609.51 | 213 | 0.815 | 1655.26 | 254 | 1.035 | 1707.73 |
| 132 | 0.490 | 1565.88 | 173 | 0.647 | 1610.55 | 214 | 0.822 | 1657.14 | 255 | 1.039 | 1708.53 |
| 133 | 0.493 | 1566.98 | 174 | 0.650 | 1611.58 | 215 | 0.826 | 1658.14 | 256 | 1.046 | 1710.23 |
| 134 | 0.497 | 1567.94 | 175 | 0.654 | 1612.49 | 216 | 0.830 | 1659.06 | 257 | 1.050 | 1711.05 |
| 135 | 0.501 | 1569.04 | 176 | 0.658 | 1613.49 | 217 | 0.833 | 1660    | 258 | 1.058 | 1712.72 |
| 136 | 0.505 | 1570.16 | 177 | 0.662 | 1614.56 | 218 | 0.841 | 1661.87 | 259 | 1.065 | 1714.38 |
| 137 | 0.508 | 1571.4  | 178 | 0.665 | 1615.6  | 219 | 0.845 | 1662.84 | 260 | 1.069 | 1715.23 |
| 138 | 0.512 | 1572.38 | 179 | 0.669 | 1616.61 | 220 | 0.848 | 1663.75 | 261 | 1.076 | 1716.7  |
| 139 | 0.516 | 1573.4  | 180 | 0.673 | 1617.68 | 221 | 0.856 | 1665.58 | 262 | 1.080 | 1717.52 |
| 140 | 0.520 | 1574.53 | 181 | 0.677 | 1618.71 | 222 | 0.860 | 1666.53 | 263 | 1.087 | 1719.09 |
| 141 | 0.523 | 1575.58 | 182 | 0.680 | 1619.72 | 223 | 0.863 | 1667.5  | 264 | 1.095 | 1720.75 |
| 142 | 0.527 | 1576.7  | 183 | 0.684 | 1620.72 | 224 | 0.867 | 1668.33 | 265 | 1.102 | 1722.28 |
| 143 | 0.531 | 1577.75 | 184 | 0.691 | 1622.77 | 225 | 0.875 | 1670.23 | 266 | 1.106 | 1723.04 |
| 144 | 0.535 | 1578.88 | 185 | 0.695 | 1623.7  | 226 | 0.878 | 1671.15 | 267 | 1.114 | 1724.62 |
| 145 | 0.538 | 1579.88 | 186 | 0.699 | 1624.79 | 227 | 0.886 | 1673.01 | 268 | 1.121 | 1726.18 |
| 146 | 0.542 | 1581.05 | 187 | 0.703 | 1625.81 | 228 | 0.889 | 1673.95 | 269 | 1.125 | 1726.96 |
| 147 | 0.546 | 1582.04 | 188 | 0.706 | 1626.77 | 229 | 0.893 | 1674.8  | 270 | 1.132 | 1728.39 |
| 148 | 0.549 | 1583.17 | 189 | 0.710 | 1627.85 | 230 | 0.901 | 1676.52 | 271 | 1.140 | 1729.86 |
| 149 | 0.553 | 1584.12 | 190 | 0.714 | 1628.69 | 231 | 0.904 | 1677.53 | 272 | 1.147 | 1731.44 |
| 150 | 0.557 | 1585.27 | 191 | 0.718 | 1629.82 | 232 | 0.912 | 1679.36 | 273 | 1.151 | 1732.21 |
| 151 | 0.561 | 1586.26 | 192 | 0.721 | 1630.79 | 233 | 0.916 | 1680.23 | 274 | 1.158 | 1733.62 |
| 152 | 0.564 | 1587.42 | 193 | 0.725 | 1631.8  | 234 | 0.919 | 1681.01 | 275 | 1.166 | 1735.21 |
| 153 | 0.568 | 1588.48 | 194 | 0.729 | 1632.71 | 235 | 0.927 | 1682.95 | 276 | 1.173 | 1736.79 |
| 154 | 0.572 | 1589.56 | 195 | 0.736 | 1634.71 | 236 | 0.931 | 1683.79 | 277 | 1.181 | 1738.24 |
| 155 | 0.576 | 1590.62 | 196 | 0.740 | 1635.74 | 237 | 0.938 | 1685.53 | 278 | 1.188 | 1739.76 |
| 156 | 0.579 | 1591.66 | 197 | 0.744 | 1636.74 | 238 | 0.942 | 1686.52 | 279 | 1.192 | 1740.44 |
| 157 | 0.583 | 1592.79 | 198 | 0.747 | 1637.77 | 239 | 0.949 | 1688.27 | 280 | 1.200 | 1741.98 |
| 158 | 0.587 | 1593.89 | 199 | 0.751 | 1638.76 | 240 | 0.953 | 1689.11 | 281 | 1.207 | 1743.46 |
| 159 | 0.591 | 1594.93 | 200 | 0.755 | 1639.7  | 241 | 0.960 | 1690.85 | 282 | 1.214 | 1744.91 |
| 160 | 0.594 | 1595.84 | 201 | 0.762 | 1641.72 | 242 | 0.964 | 1691.72 | 283 | 1.222 | 1746.32 |
| 161 | 0.598 | 1597    | 202 | 0.766 | 1642.63 | 243 | 0.968 | 1692.54 | 284 | 1.229 | 1747.87 |
| 162 | 0.602 | 1598.03 | 203 | 0.770 | 1643.72 | 244 | 0.975 | 1694.3  | 285 | 1.237 | 1749.34 |
| 163 | 0.606 | 1599.1  | 204 | 0.774 | 1644.54 | 245 | 0.979 | 1695.17 | 286 | 1.244 | 1750.74 |
| 164 | 0.609 | 1600.17 | 205 | 0.777 | 1645.6  | 246 | 0.987 | 1696.84 | 287 | 1.248 | 1751.43 |
| 165 | 0.613 | 1601.18 | 206 | 0.785 | 1647.51 | 247 | 0.994 | 1698.59 | 288 | 1.256 | 1752.85 |
| 166 | 0.620 | 1603.34 | 207 | 0.789 | 1648.49 | 248 | 0.998 | 1699.36 | 289 | 1.263 | 1754.24 |
| 167 | 0.624 | 1604.34 | 208 | 0.792 | 1649.49 | 249 | 1.005 | 1701.15 | 290 | 1.271 | 1755.66 |
| 168 | 0.628 | 1605.41 | 209 | 0.796 | 1650.36 | 250 | 1.009 | 1701.85 | 291 | 1.278 | 1757.05 |
| 169 | 0.632 | 1606.34 | 210 | 0.800 | 1651.35 | 251 | 1.016 | 1703.64 | 292 | 1.285 | 1758.4  |
| 170 | 0.635 | 1607.41 | 211 | 0.807 | 1653.38 | 252 | 1.020 | 1704.41 | 293 | 1.293 | 1759.75 |
| 171 | 0.639 | 1608.46 | 212 | 0.811 | 1654.36 | 253 | 1.028 | 1706.08 | 294 | 1.300 | 1761.12 |

|     |       |         |     |       |         |     |       |         |     |       |         |
|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|
| 295 | 1.308 | 1762.48 | 336 | 1.659 | 1820.11 | 377 | 2.100 | 1877.78 | 418 | 2.660 | 1934.21 |
| 296 | 1.315 | 1763.8  | 337 | 1.667 | 1821.21 | 378 | 2.111 | 1879.04 | 419 | 2.675 | 1935.49 |
| 297 | 1.323 | 1765.22 | 338 | 1.678 | 1822.8  | 379 | 2.122 | 1880.43 | 420 | 2.690 | 1936.72 |
| 298 | 1.330 | 1766.62 | 339 | 1.685 | 1823.86 | 380 | 2.137 | 1882.13 | 421 | 2.705 | 1937.89 |
| 299 | 1.341 | 1768.45 | 340 | 1.696 | 1825.5  | 381 | 2.148 | 1883.43 | 422 | 2.720 | 1939.22 |
| 300 | 1.345 | 1769.19 | 341 | 1.708 | 1827.17 | 382 | 2.160 | 1884.63 | 423 | 2.735 | 1940.36 |
| 301 | 1.356 | 1771.16 | 342 | 1.715 | 1828.19 | 383 | 2.175 | 1886.3  | 424 | 2.754 | 1941.81 |
| 302 | 1.364 | 1772.51 | 343 | 1.726 | 1829.78 | 384 | 2.186 | 1887.53 | 425 | 2.769 | 1943.03 |
| 303 | 1.371 | 1773.88 | 344 | 1.737 | 1831.32 | 385 | 2.197 | 1888.76 | 426 | 2.784 | 1944.29 |
| 304 | 1.379 | 1775.12 | 345 | 1.745 | 1832.43 | 386 | 2.212 | 1890.48 | 427 | 2.802 | 1945.74 |
| 305 | 1.386 | 1776.38 | 346 | 1.756 | 1833.99 | 387 | 2.223 | 1891.65 | 428 | 2.817 | 1946.96 |
| 306 | 1.394 | 1777.71 | 347 | 1.767 | 1835.51 | 388 | 2.238 | 1893.31 | 429 | 2.832 | 1948.15 |
| 307 | 1.401 | 1779    | 348 | 1.775 | 1836.51 | 389 | 2.249 | 1894.53 | 430 | 2.851 | 1949.57 |
| 308 | 1.412 | 1780.99 | 349 | 1.786 | 1838    | 390 | 2.264 | 1896.23 | 431 | 2.866 | 1950.7  |
| 309 | 1.420 | 1782.29 | 350 | 1.797 | 1839.62 | 391 | 2.275 | 1897.29 | 432 | 2.884 | 1952.12 |
| 310 | 1.427 | 1783.49 | 351 | 1.808 | 1841.09 | 392 | 2.290 | 1898.85 | 433 | 2.899 | 1953.25 |
| 311 | 1.435 | 1784.76 | 352 | 1.816 | 1842.13 | 393 | 2.302 | 1900.1  | 434 | 2.914 | 1954.27 |
| 312 | 1.442 | 1786.07 | 353 | 1.827 | 1843.6  | 394 | 2.317 | 1901.6  | 435 | 2.933 | 1955.6  |
| 313 | 1.450 | 1787.36 | 354 | 1.838 | 1845.1  | 395 | 2.328 | 1902.84 | 436 | 2.948 | 1956.6  |
| 314 | 1.461 | 1789.22 | 355 | 1.850 | 1846.57 | 396 | 2.343 | 1904.25 | 437 | 2.967 | 1957.86 |
| 315 | 1.469 | 1790.48 | 356 | 1.861 | 1848.12 | 397 | 2.354 | 1905.5  | 438 | 2.985 | 1959.15 |
| 316 | 1.476 | 1791.69 | 357 | 1.872 | 1849.52 | 398 | 2.369 | 1906.98 | 439 | 3.000 | 1960.16 |
| 317 | 1.487 | 1793.52 | 358 | 1.883 | 1851.03 | 399 | 2.384 | 1908.54 | 440 | 3.019 | 1961.39 |
| 318 | 1.495 | 1794.81 | 359 | 1.894 | 1852.49 | 400 | 2.395 | 1909.73 | 441 | 3.034 | 1962.38 |
| 319 | 1.502 | 1796.04 | 360 | 1.902 | 1853.47 | 401 | 2.410 | 1911.12 | 442 | 3.052 | 1963.67 |
| 320 | 1.513 | 1797.82 | 361 | 1.913 | 1854.86 | 402 | 2.425 | 1912.64 | 443 | 3.071 | 1964.81 |
| 321 | 1.521 | 1798.97 | 362 | 1.924 | 1856.29 | 403 | 2.440 | 1914.06 | 444 | 3.090 | 1966.08 |
| 322 | 1.528 | 1800.26 | 363 | 1.935 | 1857.74 | 404 | 2.451 | 1915.16 | 445 | 3.105 | 1967    |
| 323 | 1.539 | 1802.08 | 364 | 1.947 | 1859.14 | 405 | 2.466 | 1916.63 | 446 | 3.123 | 1968.23 |
| 324 | 1.547 | 1803.22 | 365 | 1.958 | 1860.52 | 406 | 2.481 | 1918.02 | 447 | 3.142 | 1969.35 |
| 325 | 1.554 | 1804.39 | 366 | 1.969 | 1861.92 | 407 | 2.496 | 1919.44 | 448 | 3.161 | 1970.47 |
| 326 | 1.566 | 1806.09 | 367 | 1.980 | 1863.36 | 408 | 2.511 | 1920.82 | 449 | 3.180 | 1971.62 |
| 327 | 1.573 | 1807.32 | 368 | 1.995 | 1865.24 | 409 | 2.526 | 1922.18 | 450 | 3.198 | 1972.81 |
| 328 | 1.584 | 1808.97 | 369 | 2.006 | 1866.57 | 410 | 2.537 | 1923.24 | 451 | 3.217 | 1973.87 |
| 329 | 1.592 | 1810.1  | 370 | 2.018 | 1867.94 | 411 | 2.552 | 1924.65 | 452 | 3.232 | 1974.8  |
| 330 | 1.603 | 1811.74 | 371 | 2.029 | 1869.29 | 412 | 2.567 | 1926.05 | 453 | 3.254 | 1976.01 |
| 331 | 1.610 | 1812.93 | 372 | 2.040 | 1870.68 | 413 | 2.582 | 1927.31 | 454 | 3.273 | 1977.14 |
| 332 | 1.618 | 1814.07 | 373 | 2.051 | 1872.02 | 414 | 2.600 | 1928.98 | 455 | 3.292 | 1978.22 |
| 333 | 1.629 | 1815.63 | 374 | 2.063 | 1873.34 | 415 | 2.615 | 1930.26 | 456 | 3.310 | 1979.37 |
| 334 | 1.640 | 1817.33 | 375 | 2.077 | 1875.15 | 416 | 2.630 | 1931.71 | 457 | 3.329 | 1980.34 |
| 335 | 1.648 | 1818.46 | 376 | 2.089 | 1876.42 | 417 | 2.645 | 1932.92 | 458 | 3.348 | 1981.48 |

|     |       |         |     |       |         |     |       |         |     |       |         |
|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|
| 459 | 3.366 | 1982.47 | 500 | 4.263 | 2019.89 | 541 | 5.399 | 2049.96 | 582 | 6.837 | 2077.6  |
| 460 | 3.385 | 1983.43 | 501 | 4.289 | 2020.63 | 542 | 5.432 | 2050.81 | 583 | 6.878 | 2078.27 |
| 461 | 3.407 | 1984.71 | 502 | 4.315 | 2021.5  | 543 | 5.462 | 2051.45 | 584 | 6.915 | 2078.94 |
| 462 | 3.426 | 1985.74 | 503 | 4.338 | 2022.18 | 544 | 5.492 | 2052.09 | 585 | 6.956 | 2079.6  |
| 463 | 3.445 | 1986.77 | 504 | 4.364 | 2022.98 | 545 | 5.526 | 2052.75 | 586 | 6.998 | 2080.31 |
| 464 | 3.467 | 1987.83 | 505 | 4.390 | 2023.77 | 546 | 5.559 | 2053.52 | 587 | 7.035 | 2080.93 |
| 465 | 3.486 | 1988.81 | 506 | 4.412 | 2024.49 | 547 | 5.589 | 2054.07 | 588 | 7.076 | 2081.54 |
| 466 | 3.505 | 1989.79 | 507 | 4.438 | 2025.21 | 548 | 5.623 | 2054.72 | 589 | 7.117 | 2082.17 |
| 467 | 3.527 | 1990.88 | 508 | 4.465 | 2025.94 | 549 | 5.653 | 2055.38 | 590 | 7.158 | 2082.8  |
| 468 | 3.546 | 1991.81 | 509 | 4.491 | 2026.63 | 550 | 5.686 | 2056.09 | 591 | 7.199 | 2083.4  |
| 469 | 3.568 | 1992.79 | 510 | 4.517 | 2027.33 | 551 | 5.720 | 2056.79 | 592 | 7.244 | 2084.19 |
| 470 | 3.587 | 1993.7  | 511 | 4.543 | 2028.1  | 552 | 5.754 | 2057.41 | 593 | 7.285 | 2084.74 |
| 471 | 3.609 | 1994.74 | 512 | 4.569 | 2028.82 | 553 | 5.787 | 2058.16 | 594 | 7.326 | 2085.4  |
| 472 | 3.628 | 1995.53 | 513 | 4.595 | 2029.49 | 554 | 5.821 | 2058.84 | 595 | 7.367 | 2085.92 |
| 473 | 3.650 | 1996.56 | 514 | 4.622 | 2030.28 | 555 | 5.854 | 2059.56 | 596 | 7.412 | 2086.69 |
| 474 | 3.669 | 1997.44 | 515 | 4.648 | 2031.04 | 556 | 5.888 | 2060.29 | 597 | 7.453 | 2087.12 |
| 475 | 3.691 | 1998.49 | 516 | 4.674 | 2031.74 | 557 | 5.922 | 2060.9  | 598 | 7.498 | 2087.76 |
| 476 | 3.714 | 1999.39 | 517 | 4.704 | 2032.58 | 558 | 5.955 | 2061.54 | 599 | 7.539 | 2088.14 |
| 477 | 3.736 | 2000.3  | 518 | 4.730 | 2033.36 | 559 | 5.989 | 2062.23 | 600 | 7.584 | 2088.53 |
| 478 | 3.755 | 2001.15 | 519 | 4.756 | 2034.04 | 560 | 6.022 | 2062.94 | 601 | 7.629 | 2088.88 |
| 479 | 3.777 | 2002.04 | 520 | 4.786 | 2034.95 | 561 | 6.060 | 2063.71 | 602 | 7.670 | 2089.17 |
| 480 | 3.800 | 2002.96 | 521 | 4.812 | 2035.71 | 562 | 6.093 | 2064.32 | 603 | 7.715 | 2089.47 |
| 481 | 3.822 | 2003.81 | 522 | 4.838 | 2036.47 | 563 | 6.127 | 2065.03 | 604 | 7.760 | 2089.71 |
| 482 | 3.844 | 2004.68 | 523 | 4.868 | 2037.22 | 564 | 6.164 | 2065.77 | 605 | 7.804 | 2090.21 |
| 483 | 3.867 | 2005.58 | 524 | 4.894 | 2037.92 | 565 | 6.198 | 2066.43 | 606 | 7.849 | 2090.55 |
| 484 | 3.889 | 2006.55 | 525 | 4.924 | 2038.7  | 566 | 6.235 | 2067.21 | 607 | 7.894 | 2090.84 |
| 485 | 3.912 | 2007.37 | 526 | 4.954 | 2039.39 | 567 | 6.273 | 2067.9  | 608 | 7.943 | 2091.39 |
| 486 | 3.934 | 2008.3  | 527 | 4.980 | 2040.15 | 568 | 6.306 | 2068.48 | 609 | 7.988 | 2091.85 |
| 487 | 3.957 | 2009.07 | 528 | 5.010 | 2040.83 | 569 | 6.344 | 2069.16 | 610 | 8.032 | 2092.11 |
| 488 | 3.979 | 2009.95 | 529 | 5.040 | 2041.54 | 570 | 6.381 | 2069.75 | 611 | 8.081 | 2092.96 |
| 489 | 4.001 | 2010.81 | 530 | 5.066 | 2042.22 | 571 | 6.418 | 2070.48 | 612 | 8.126 | 2093.7  |
| 490 | 4.024 | 2011.71 | 531 | 5.096 | 2042.95 | 572 | 6.456 | 2071.2  | 613 | 8.174 | 2094.13 |
| 491 | 4.050 | 2012.6  | 532 | 5.126 | 2043.75 | 573 | 6.493 | 2071.94 | 614 | 8.219 | 2094.26 |
| 492 | 4.072 | 2013.38 | 533 | 5.156 | 2044.46 | 574 | 6.531 | 2072.61 | 615 | 8.268 | 2094.5  |
| 493 | 4.095 | 2014.26 | 534 | 5.186 | 2045.11 | 575 | 6.568 | 2073.29 | 616 | 8.316 | 2094.8  |
| 494 | 4.117 | 2015.14 | 535 | 5.216 | 2045.85 | 576 | 6.605 | 2073.89 | 617 | 8.365 | 2095.13 |
| 495 | 4.143 | 2016.04 | 536 | 5.245 | 2046.51 | 577 | 6.643 | 2074.44 | 618 | 8.413 | 2095.81 |
| 496 | 4.166 | 2016.86 | 537 | 5.275 | 2047.13 | 578 | 6.680 | 2075.04 | 619 | 8.462 | 2096.3  |
| 497 | 4.192 | 2017.55 | 538 | 5.305 | 2047.92 | 579 | 6.721 | 2075.79 | 620 | 8.511 | 2096.81 |
| 498 | 4.214 | 2018.38 | 539 | 5.339 | 2048.64 | 580 | 6.758 | 2076.35 | 621 | 8.559 | 2096.91 |
| 499 | 4.240 | 2019.21 | 540 | 5.369 | 2049.33 | 581 | 6.796 | 2076.98 | 622 | 8.608 | 2097.42 |

|     |        |         |     |        |         |     |        |         |     |        |         |
|-----|--------|---------|-----|--------|---------|-----|--------|---------|-----|--------|---------|
| 623 | 8.656  | 2097.87 | 664 | 10.961 | 2129.07 | 705 | 13.883 | 2138.52 | 746 | 17.577 | 2163.32 |
| 624 | 8.709  | 2098.43 | 665 | 11.025 | 2129.76 | 706 | 13.961 | 2138.83 | 747 | 17.678 | 2163.8  |
| 625 | 8.757  | 2099.01 | 666 | 11.088 | 2130.29 | 707 | 14.043 | 2139.04 | 748 | 17.779 | 2164.39 |
| 626 | 8.809  | 2099.55 | 667 | 11.152 | 2130.68 | 708 | 14.122 | 2139.41 | 749 | 17.884 | 2164.88 |
| 627 | 8.858  | 2099.92 | 668 | 11.219 | 2131.12 | 709 | 14.204 | 2140.2  | 750 | 17.988 | 2165.49 |
| 628 | 8.910  | 2100.47 | 669 | 11.283 | 2131.56 | 710 | 14.286 | 2141.33 | 751 | 18.089 | 2165.99 |
| 629 | 8.963  | 2101    | 670 | 11.350 | 2131.92 | 711 | 14.368 | 2142.25 | 752 | 18.194 | 2166.51 |
| 630 | 9.015  | 2101.39 | 671 | 11.413 | 2132.39 | 712 | 14.454 | 2142.86 | 753 | 18.302 | 2167.09 |
| 631 | 9.067  | 2101.91 | 672 | 11.481 | 2132.71 | 713 | 14.536 | 2143.16 | 754 | 18.407 | 2167.52 |
| 632 | 9.119  | 2102.23 | 673 | 11.544 | 2133.04 | 714 | 14.619 | 2143.64 | 755 | 18.511 | 2168.05 |
| 633 | 9.172  | 2102.86 | 674 | 11.611 | 2133.43 | 715 | 14.705 | 2144.64 | 756 | 18.620 | 2168.61 |
| 634 | 9.224  | 2103.63 | 675 | 11.679 | 2133.72 | 716 | 14.790 | 2145.51 | 757 | 18.728 | 2169.11 |
| 635 | 9.276  | 2104.58 | 676 | 11.746 | 2133.62 | 717 | 14.876 | 2145.95 | 758 | 18.836 | 2169.58 |
| 636 | 9.332  | 2105.58 | 677 | 11.813 | 2134.01 | 718 | 14.962 | 2146.51 | 759 | 18.945 | 2170.1  |
| 637 | 9.385  | 2106.58 | 678 | 11.884 | 2134.24 | 719 | 15.048 | 2147.02 | 760 | 19.053 | 2170.57 |
| 638 | 9.437  | 2107.72 | 679 | 11.951 | 2134.55 | 720 | 15.134 | 2147.58 | 761 | 19.161 | 2171.04 |
| 639 | 9.493  | 2108.79 | 680 | 12.022 | 2134.33 | 721 | 15.220 | 2148.28 | 762 | 19.274 | 2171.53 |
| 640 | 9.549  | 2110.05 | 681 | 12.089 | 2134.56 | 722 | 15.310 | 2149.11 | 763 | 19.386 | 2171.83 |
| 641 | 9.605  | 2111.1  | 682 | 12.160 | 2135.02 | 723 | 15.399 | 2149.92 | 764 | 19.498 | 2172.27 |
| 642 | 9.657  | 2112.07 | 683 | 12.231 | 2135.49 | 724 | 15.485 | 2150.57 | 765 | 19.610 | 2172.71 |
| 643 | 9.713  | 2112.96 | 684 | 12.302 | 2135.87 | 725 | 15.575 | 2151.26 | 766 | 19.722 | 2173.2  |
| 644 | 9.770  | 2113.91 | 685 | 12.373 | 2136.57 | 726 | 15.665 | 2151.96 | 767 | 19.838 | 2173.66 |
| 645 | 9.826  | 2114.86 | 686 | 12.444 | 2137.31 | 727 | 15.754 | 2152.68 | 768 | 19.950 | 2174.1  |
| 646 | 9.885  | 2115.84 | 687 | 12.515 | 2137.9  | 728 | 15.848 | 2153.43 | 769 | 20.065 | 2174.52 |
| 647 | 9.941  | 2116.77 | 688 | 12.586 | 2137.56 | 729 | 15.937 | 2154    | 770 | 20.181 | 2174.88 |
| 648 | 9.997  | 2117.5  | 689 | 12.661 | 2137.37 | 730 | 16.031 | 2154.73 | 771 | 20.297 | 2175.34 |
| 649 | 10.057 | 2118.34 | 690 | 12.732 | 2137.13 | 731 | 16.124 | 2155.23 | 772 | 20.417 | 2175.82 |
| 650 | 10.113 | 2119.15 | 691 | 12.807 | 2137    | 732 | 16.218 | 2155.86 | 773 | 20.532 | 2176.23 |
| 651 | 10.173 | 2120.04 | 692 | 12.881 | 2136.81 | 733 | 16.311 | 2156.48 | 774 | 20.652 | 2176.65 |
| 652 | 10.229 | 2120.73 | 693 | 12.956 | 2136.76 | 734 | 16.404 | 2157.05 | 775 | 20.772 | 2177.09 |
| 653 | 10.289 | 2121.46 | 694 | 13.031 | 2136.64 | 735 | 16.498 | 2157.62 | 776 | 20.891 | 2177.33 |
| 654 | 10.349 | 2122.36 | 695 | 13.106 | 2136.66 | 736 | 16.595 | 2158.23 | 777 | 21.011 | 2177.76 |
| 655 | 10.408 | 2123.2  | 696 | 13.180 | 2136.7  | 737 | 16.688 | 2158.73 | 778 | 21.134 | 2178.22 |
| 656 | 10.468 | 2123.95 | 697 | 13.255 | 2136.78 | 738 | 16.785 | 2159.31 | 779 | 21.253 | 2178.7  |
| 657 | 10.528 | 2124.79 | 698 | 13.334 | 2136.97 | 739 | 16.883 | 2159.76 | 780 | 21.377 | 2179.07 |
| 658 | 10.591 | 2125.57 | 699 | 13.412 | 2137.1  | 740 | 16.980 | 2160.3  | 781 | 21.500 | 2179.43 |
| 659 | 10.651 | 2126.05 | 700 | 13.487 | 2137.26 | 741 | 17.077 | 2160.89 | 782 | 21.627 | 2179.9  |
| 660 | 10.715 | 2126.76 | 701 | 13.565 | 2137.41 | 742 | 17.178 | 2161.28 | 783 | 21.750 | 2180.39 |
| 661 | 10.774 | 2127.44 | 702 | 13.644 | 2137.71 | 743 | 17.275 | 2161.62 | 784 | 21.877 | 2180.74 |
| 662 | 10.838 | 2128.1  | 703 | 13.722 | 2137.92 | 744 | 17.376 | 2162.19 | 785 | 22.001 | 2181.05 |
| 663 | 10.901 | 2128.63 | 704 | 13.801 | 2138.16 | 745 | 17.477 | 2162.79 | 786 | 22.128 | 2181.5  |

|     |        |         |     |        |         |     |        |         |     |        |         |
|-----|--------|---------|-----|--------|---------|-----|--------|---------|-----|--------|---------|
| 787 | 22.258 | 2181.72 | 828 | 28.183 | 2197.83 | 869 | 35.685 | 2212.3  | 910 | 45.185 | 2222.62 |
| 788 | 22.385 | 2182.15 | 829 | 28.344 | 2198.2  | 870 | 35.891 | 2212.52 | 911 | 45.443 | 2223.11 |
| 789 | 22.516 | 2182.55 | 830 | 28.508 | 2198.5  | 871 | 36.096 | 2212.96 | 912 | 45.708 | 2223.63 |
| 790 | 22.643 | 2182.94 | 831 | 28.673 | 2198.85 | 872 | 36.305 | 2213.34 | 913 | 45.970 | 2223.84 |
| 791 | 22.774 | 2183.43 | 832 | 28.837 | 2199.22 | 873 | 36.514 | 2213.68 | 914 | 46.235 | 2224.12 |
| 792 | 22.908 | 2183.82 | 833 | 29.005 | 2199.58 | 874 | 36.727 | 2214.2  | 915 | 46.504 | 2224.46 |
| 793 | 23.039 | 2184.16 | 834 | 29.173 | 2199.95 | 875 | 36.940 | 2214.64 | 916 | 46.773 | 2224.89 |
| 794 | 23.170 | 2184.52 | 835 | 29.342 | 2200.39 | 876 | 37.153 | 2215.02 | 917 | 47.042 | 2225.43 |
| 795 | 23.304 | 2184.99 | 836 | 29.510 | 2200.68 | 877 | 37.366 | 2215.52 | 918 | 47.315 | 2225.77 |
| 796 | 23.439 | 2185.49 | 837 | 29.682 | 2201.08 | 878 | 37.583 | 2215.87 | 919 | 47.587 | 2226.22 |
| 797 | 23.577 | 2185.89 | 838 | 29.853 | 2201.44 | 879 | 37.800 | 2216.31 | 920 | 47.860 | 2226.63 |
| 798 | 23.712 | 2186.2  | 839 | 30.025 | 2201.82 | 880 | 38.016 | 2216.64 | 921 | 48.137 | 2226.97 |
| 799 | 23.850 | 2186.68 | 840 | 30.197 | 2202.15 | 881 | 38.237 | 2217.12 | 922 | 48.417 | 2227.44 |
| 800 | 23.988 | 2187.19 | 841 | 30.373 | 2202.5  | 882 | 38.457 | 2217.48 | 923 | 48.693 | 2227.79 |
| 801 | 24.126 | 2187.46 | 842 | 30.548 | 2202.93 | 883 | 38.681 | 2217.76 | 924 | 48.977 | 2228.21 |
| 802 | 24.265 | 2187.87 | 843 | 30.724 | 2203.23 | 884 | 38.902 | 2218.14 | 925 | 49.257 | 2228.65 |
| 803 | 24.403 | 2188.23 | 844 | 30.899 | 2203.63 | 885 | 39.129 | 2218.6  | 926 | 49.545 | 2229    |
| 804 | 24.545 | 2188.63 | 845 | 31.079 | 2204    | 886 | 39.354 | 2218.93 | 927 | 49.829 | 2229.32 |
| 805 | 24.687 | 2188.96 | 846 | 31.258 | 2204.32 | 887 | 39.582 | 2219.27 | 928 | 50.117 | 2229.64 |
| 806 | 24.829 | 2189.38 | 847 | 31.441 | 2204.77 | 888 | 39.809 | 2219.65 | 929 | 50.408 | 2230.02 |
| 807 | 24.974 | 2189.81 | 848 | 31.620 | 2205.09 | 889 | 40.037 | 2219.88 | 930 | 50.699 | 2230.33 |
| 808 | 25.116 | 2190.14 | 849 | 31.804 | 2205.43 | 890 | 40.269 | 2220.35 | 931 | 50.991 | 2230.62 |
| 809 | 25.262 | 2190.62 | 850 | 31.987 | 2205.76 | 891 | 40.504 | 2220.66 | 932 | 51.286 | 2230.99 |
| 810 | 25.408 | 2190.99 | 851 | 32.173 | 2206.11 | 892 | 40.736 | 2221.08 | 933 | 51.581 | 2231.31 |
| 811 | 25.553 | 2191.4  | 852 | 32.356 | 2206.42 | 893 | 40.971 | 2221.25 | 934 | 51.880 | 2231.58 |
| 812 | 25.703 | 2191.85 | 853 | 32.543 | 2206.74 | 894 | 41.207 | 2221.63 | 935 | 52.179 | 2231.77 |
| 813 | 25.852 | 2192.24 | 854 | 32.734 | 2207.03 | 895 | 41.446 | 2221.92 | 936 | 52.478 | 2232.15 |
| 814 | 25.998 | 2192.5  | 855 | 32.921 | 2207.46 | 896 | 41.685 | 2222.24 | 937 | 52.780 | 2232.43 |
| 815 | 26.151 | 2192.92 | 856 | 33.111 | 2207.88 | 897 | 41.924 | 2222.5  | 938 | 53.087 | 2232.78 |
| 816 | 26.301 | 2193.26 | 857 | 33.302 | 2208.12 | 898 | 42.167 | 2222.82 | 939 | 53.393 | 2232.98 |
| 817 | 26.454 | 2193.75 | 858 | 33.496 | 2208.41 | 899 | 42.413 | 2223.19 | 940 | 53.703 | 2233.27 |
| 818 | 26.607 | 2194.11 | 859 | 33.686 | 2208.76 | 900 | 42.656 | 2223.49 | 941 | 54.013 | 2233.54 |
| 819 | 26.760 | 2194.49 | 860 | 33.884 | 2209.07 | 901 | 42.903 | 2223.79 | 942 | 54.323 | 2233.81 |
| 820 | 26.913 | 2194.9  | 861 | 34.079 | 2209.42 | 902 | 43.149 | 2224.17 | 943 | 54.637 | 2234.06 |
| 821 | 27.070 | 2195.24 | 862 | 34.273 | 2209.77 | 903 | 43.400 | 2224.38 | 944 | 54.954 | 2234.43 |
| 822 | 27.227 | 2195.59 | 863 | 34.471 | 2210.06 | 904 | 43.650 | 2224.72 | 945 | 55.268 | 2234.6  |
| 823 | 27.384 | 2195.98 | 864 | 34.673 | 2210.49 | 905 | 43.900 | 2224.85 | 946 | 55.590 | 2234.82 |
| 824 | 27.541 | 2196.37 | 865 | 34.871 | 2210.79 | 906 | 44.154 | 2224.83 | 947 | 55.911 | 2235.14 |
| 825 | 27.698 | 2196.78 | 866 | 35.072 | 2211.05 | 907 | 44.408 | 2223.99 | 948 | 56.232 | 2235.39 |
| 826 | 27.858 | 2197.05 | 867 | 35.274 | 2211.46 | 908 | 44.666 | 2222.95 | 949 | 56.557 | 2235.64 |
| 827 | 28.019 | 2197.45 | 868 | 35.480 | 2211.86 | 909 | 44.924 | 2222.29 | 950 | 56.882 | 2235.97 |

|     |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|-----|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 951 | 57.211 | 2236.31 | 992  | 72.442 | 2245.72 | 1033 | 91.726 | 2255.69 | 1074 | 92.305 | 2255.89 |
| 952 | 57.543 | 2236.55 | 993  | 72.860 | 2245.92 | 1034 | 92.156 | 2255.86 | 1075 | 92.309 | 2255.83 |
| 953 | 57.876 | 2236.91 | 994  | 73.279 | 2246.15 | 1035 | 92.160 | 2255.96 | 1076 | 92.313 | 2255.88 |
| 954 | 58.208 | 2237.1  | 995  | 73.705 | 2246.39 | 1036 | 92.163 | 2255.94 | 1077 | 92.317 | 2255.82 |
| 955 | 58.545 | 2237.43 | 996  | 74.131 | 2246.58 | 1037 | 92.167 | 2255.94 | 1078 | 92.320 | 2255.87 |
| 956 | 58.881 | 2237.63 | 997  | 74.556 | 2246.8  | 1038 | 92.171 | 2255.94 | 1079 | 92.324 | 2255.87 |
| 957 | 59.221 | 2237.82 | 998  | 74.986 | 2247.04 | 1039 | 92.175 | 2255.92 | 1080 | 92.328 | 2255.8  |
| 958 | 59.565 | 2238.19 | 999  | 75.419 | 2247.17 | 1040 | 92.178 | 2255.92 | 1081 | 92.332 | 2255.87 |
| 959 | 59.908 | 2238.39 | 1000 | 75.856 | 2247.44 | 1041 | 92.182 | 2255.91 | 1082 | 92.335 | 2255.85 |
| 960 | 60.252 | 2238.81 | 1001 | 76.294 | 2247.63 | 1042 | 92.186 | 2255.94 | 1083 | 92.339 | 2255.83 |
| 961 | 60.603 | 2239.15 | 1002 | 76.734 | 2247.91 | 1043 | 92.190 | 2255.94 | 1084 | 92.343 | 2255.86 |
| 962 | 60.951 | 2239.61 | 1003 | 77.179 | 2248.12 | 1044 | 92.193 | 2255.93 | 1085 | 92.346 | 2255.84 |
| 963 | 61.305 | 2239.87 | 1004 | 77.624 | 2248.41 | 1045 | 92.197 | 2255.86 | 1086 | 92.350 | 2255.83 |
| 964 | 61.657 | 2240.22 | 1005 | 78.072 | 2248.65 | 1046 | 92.201 | 2255.92 | 1087 | 92.354 | 2255.77 |
| 965 | 62.015 | 2240.68 | 1006 | 78.520 | 2248.97 | 1047 | 92.205 | 2255.94 | 1088 | 92.358 | 2255.77 |
| 966 | 62.370 | 2241    | 1007 | 78.976 | 2249.2  | 1048 | 92.208 | 2255.95 | 1089 | 92.361 | 2255.8  |
| 967 | 62.732 | 2241.24 | 1008 | 79.432 | 2249.42 | 1049 | 92.212 | 2255.94 | 1090 | 92.365 | 2255.79 |
| 968 | 63.095 | 2241.63 | 1009 | 79.891 | 2249.62 | 1050 | 92.216 | 2256    | 1091 | 92.369 | 2255.8  |
| 969 | 63.457 | 2241.82 | 1010 | 80.351 | 2249.82 | 1051 | 92.219 | 2256.03 | 1092 | 92.373 | 2255.82 |
| 970 | 63.823 | 2242.11 | 1011 | 80.814 | 2250.1  | 1052 | 92.223 | 2255.91 | 1093 | 92.376 | 2255.85 |
| 971 | 64.193 | 2242.44 | 1012 | 81.281 | 2250.39 | 1053 | 92.227 | 2255.92 | 1094 | 92.380 | 2255.87 |
| 972 | 64.563 | 2242.66 | 1013 | 81.752 | 2250.57 | 1054 | 92.231 | 2256.01 | 1095 | 92.384 | 2255.85 |
| 973 | 64.937 | 2242.99 | 1014 | 82.222 | 2250.8  | 1055 | 92.234 | 2255.95 | 1096 | 92.388 | 2255.83 |
| 974 | 65.310 | 2243.08 | 1015 | 82.697 | 2251.1  | 1056 | 92.238 | 2255.93 | 1097 | 92.391 | 2255.84 |
| 975 | 65.688 | 2243.39 | 1016 | 83.175 | 2251.33 | 1057 | 92.242 | 2255.93 | 1098 | 92.395 | 2255.76 |
| 976 | 66.069 | 2243.47 | 1017 | 83.653 | 2251.6  | 1058 | 92.246 | 2255.98 | 1099 | 92.399 | 2255.8  |
| 977 | 66.450 | 2243.84 | 1018 | 84.139 | 2251.88 | 1059 | 92.249 | 2255.99 | 1100 | 92.403 | 2255.82 |
| 978 | 66.834 | 2244.08 | 1019 | 84.625 | 2252.25 | 1060 | 92.253 | 2255.89 | 1101 | 92.406 | 2255.79 |
| 979 | 67.219 | 2244.22 | 1020 | 85.110 | 2252.51 | 1061 | 92.257 | 2255.97 | 1102 | 92.410 | 2255.8  |
| 980 | 67.608 | 2244.42 | 1021 | 85.603 | 2252.8  | 1062 | 92.261 | 2255.94 | 1103 | 92.414 | 2255.82 |
| 981 | 67.996 | 2244.66 | 1022 | 86.096 | 2253.15 | 1063 | 92.264 | 2255.81 | 1104 | 92.417 | 2255.82 |
| 982 | 68.389 | 2244.87 | 1023 | 86.593 | 2253.61 | 1064 | 92.268 | 2255.87 | 1105 | 92.421 | 2255.85 |
| 983 | 68.785 | 2245.05 | 1024 | 87.094 | 2254.13 | 1065 | 92.272 | 2255.87 | 1106 | 92.425 | 2255.77 |
| 984 | 69.181 | 2245.24 | 1025 | 87.598 | 2254.16 | 1066 | 92.275 | 2255.93 | 1107 | 92.429 | 2255.83 |
| 985 | 69.580 | 2245.43 | 1026 | 88.103 | 2254.35 | 1067 | 92.279 | 2255.91 | 1108 | 92.432 | 2255.76 |
| 986 | 69.984 | 2245.33 | 1027 | 88.611 | 2254.77 | 1068 | 92.283 | 2255.9  | 1109 | 92.436 | 2255.79 |
| 987 | 70.387 | 2245.53 | 1028 | 89.122 | 2254.93 | 1069 | 92.287 | 2255.87 | 1110 | 92.440 | 2255.8  |
| 988 | 70.794 | 2245.47 | 1029 | 89.638 | 2255.01 | 1070 | 92.290 | 2255.94 | 1111 | 92.444 | 2255.78 |
| 989 | 71.202 | 2245.41 | 1030 | 90.157 | 2255.1  | 1071 | 92.294 | 2255.87 | 1112 | 92.447 | 2255.75 |
| 990 | 71.613 | 2245.41 | 1031 | 90.677 | 2255.39 | 1072 | 92.298 | 2255.92 | 1113 | 92.451 | 2255.74 |
| 991 | 72.027 | 2245.52 | 1032 | 91.200 | 2255.64 | 1073 | 92.302 | 2255.87 | 1114 | 92.455 | 2255.76 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 1115 | 92.459 | 2255.81 | 1156 | 92.612 | 2255.67 | 1197 | 92.765 | 2255.67 | 1238 | 92.918 | 2255.72 |
| 1116 | 92.462 | 2255.76 | 1157 | 92.615 | 2255.71 | 1198 | 92.769 | 2255.75 | 1239 | 92.922 | 2255.73 |
| 1117 | 92.466 | 2255.81 | 1158 | 92.619 | 2255.79 | 1199 | 92.772 | 2255.75 | 1240 | 92.926 | 2255.66 |
| 1118 | 92.470 | 2255.73 | 1159 | 92.623 | 2255.73 | 1200 | 92.776 | 2255.71 | 1241 | 92.929 | 2255.64 |
| 1119 | 92.473 | 2255.74 | 1160 | 92.627 | 2255.74 | 1201 | 92.780 | 2255.73 | 1242 | 92.933 | 2255.7  |
| 1120 | 92.477 | 2255.71 | 1161 | 92.630 | 2255.69 | 1202 | 92.784 | 2255.78 | 1243 | 92.937 | 2255.7  |
| 1121 | 92.481 | 2255.81 | 1162 | 92.634 | 2255.74 | 1203 | 92.787 | 2255.72 | 1244 | 92.940 | 2255.69 |
| 1122 | 92.485 | 2255.74 | 1163 | 92.638 | 2255.74 | 1204 | 92.791 | 2255.68 | 1245 | 92.944 | 2255.71 |
| 1123 | 92.488 | 2255.77 | 1164 | 92.642 | 2255.8  | 1205 | 92.795 | 2255.77 | 1246 | 92.948 | 2255.71 |
| 1124 | 92.492 | 2255.77 | 1165 | 92.645 | 2255.72 | 1206 | 92.799 | 2255.69 | 1247 | 92.952 | 2255.59 |
| 1125 | 92.496 | 2255.69 | 1166 | 92.649 | 2255.67 | 1207 | 92.802 | 2255.66 | 1248 | 92.955 | 2255.7  |
| 1126 | 92.500 | 2255.77 | 1167 | 92.653 | 2255.76 | 1208 | 92.806 | 2255.65 | 1249 | 92.959 | 2255.68 |
| 1127 | 92.503 | 2255.69 | 1168 | 92.657 | 2255.74 | 1209 | 92.810 | 2255.69 | 1250 | 92.963 | 2255.62 |
| 1128 | 92.507 | 2255.69 | 1169 | 92.660 | 2255.68 | 1210 | 92.813 | 2255.73 | 1251 | 92.967 | 2255.68 |
| 1129 | 92.511 | 2255.7  | 1170 | 92.664 | 2255.73 | 1211 | 92.817 | 2255.7  | 1252 | 92.970 | 2255.67 |
| 1130 | 92.515 | 2255.72 | 1171 | 92.668 | 2255.69 | 1212 | 92.821 | 2255.72 | 1253 | 92.974 | 2255.64 |
| 1131 | 92.518 | 2255.76 | 1172 | 92.671 | 2255.66 | 1213 | 92.825 | 2255.71 | 1254 | 92.978 | 2255.64 |
| 1132 | 92.522 | 2255.77 | 1173 | 92.675 | 2255.78 | 1214 | 92.828 | 2255.67 | 1255 | 92.982 | 2255.67 |
| 1133 | 92.526 | 2255.74 | 1174 | 92.679 | 2255.71 | 1215 | 92.832 | 2255.67 | 1256 | 92.985 | 2255.68 |
| 1134 | 92.530 | 2255.78 | 1175 | 92.683 | 2255.66 | 1216 | 92.836 | 2255.67 | 1257 | 92.989 | 2255.65 |
| 1135 | 92.533 | 2255.78 | 1176 | 92.686 | 2255.74 | 1217 | 92.840 | 2255.73 | 1258 | 92.993 | 2255.65 |
| 1136 | 92.537 | 2255.68 | 1177 | 92.690 | 2255.71 | 1218 | 92.843 | 2255.67 | 1259 | 92.997 | 2255.64 |
| 1137 | 92.541 | 2255.76 | 1178 | 92.694 | 2255.75 | 1219 | 92.847 | 2255.65 | 1260 | 93.000 | 2255.66 |
| 1138 | 92.544 | 2255.78 | 1179 | 92.698 | 2255.68 | 1220 | 92.851 | 2255.72 | 1261 | 93.004 | 2255.68 |
| 1139 | 92.548 | 2255.7  | 1180 | 92.701 | 2255.67 | 1221 | 92.855 | 2255.73 | 1262 | 93.008 | 2255.66 |
| 1140 | 92.552 | 2255.77 | 1181 | 92.705 | 2255.66 | 1222 | 92.858 | 2255.71 | 1263 | 93.011 | 2255.75 |
| 1141 | 92.556 | 2255.69 | 1182 | 92.709 | 2255.73 | 1223 | 92.862 | 2255.71 | 1264 | 93.015 | 2255.61 |
| 1142 | 92.559 | 2255.72 | 1183 | 92.713 | 2255.66 | 1224 | 92.866 | 2255.71 | 1265 | 93.019 | 2255.65 |
| 1143 | 92.563 | 2255.74 | 1184 | 92.716 | 2255.67 | 1225 | 92.869 | 2255.69 | 1266 | 93.023 | 2255.56 |
| 1144 | 92.567 | 2255.86 | 1185 | 92.720 | 2255.87 | 1226 | 92.873 | 2255.7  | 1267 | 93.026 | 2255.61 |
| 1145 | 92.571 | 2255.72 | 1186 | 92.724 | 2255.71 | 1227 | 92.877 | 2255.63 | 1268 | 93.030 | 2255.7  |
| 1146 | 92.574 | 2255.71 | 1187 | 92.728 | 2255.68 | 1228 | 92.881 | 2255.59 | 1269 | 93.034 | 2255.6  |
| 1147 | 92.578 | 2255.82 | 1188 | 92.731 | 2255.68 | 1229 | 92.884 | 2255.71 | 1270 | 93.038 | 2255.65 |
| 1148 | 92.582 | 2255.72 | 1189 | 92.735 | 2255.74 | 1230 | 92.888 | 2255.65 | 1271 | 93.041 | 2255.6  |
| 1149 | 92.586 | 2255.72 | 1190 | 92.739 | 2255.66 | 1231 | 92.892 | 2255.67 | 1272 | 93.045 | 2255.64 |
| 1150 | 92.589 | 2255.76 | 1191 | 92.742 | 2255.75 | 1232 | 92.896 | 2255.67 | 1273 | 93.049 | 2255.62 |
| 1151 | 92.593 | 2255.77 | 1192 | 92.746 | 2255.7  | 1233 | 92.899 | 2255.7  | 1274 | 93.053 | 2255.64 |
| 1152 | 92.597 | 2255.76 | 1193 | 92.750 | 2255.72 | 1234 | 92.903 | 2255.65 | 1275 | 93.056 | 2255.64 |
| 1153 | 92.601 | 2255.78 | 1194 | 92.754 | 2255.72 | 1235 | 92.907 | 2255.65 | 1276 | 93.060 | 2255.62 |
| 1154 | 92.604 | 2255.72 | 1195 | 92.757 | 2255.77 | 1236 | 92.911 | 2255.67 | 1277 | 93.064 | 2255.62 |
| 1155 | 92.608 | 2255.71 | 1196 | 92.761 | 2255.69 | 1237 | 92.914 | 2255.66 | 1278 | 93.067 | 2255.69 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 1279 | 93.071 | 2255.66 | 1320 | 93.224 | 2255.59 | 1361 | 93.378 | 2255.57 | 1402 | 93.531 | 2255.62 |
| 1280 | 93.075 | 2255.71 | 1321 | 93.228 | 2255.67 | 1362 | 93.381 | 2255.55 | 1403 | 93.534 | 2255.59 |
| 1281 | 93.079 | 2255.65 | 1322 | 93.232 | 2255.57 | 1363 | 93.385 | 2255.6  | 1404 | 93.538 | 2255.59 |
| 1282 | 93.082 | 2255.6  | 1323 | 93.236 | 2255.6  | 1364 | 93.389 | 2255.52 | 1405 | 93.542 | 2255.59 |
| 1283 | 93.086 | 2255.6  | 1324 | 93.239 | 2255.64 | 1365 | 93.393 | 2255.58 | 1406 | 93.546 | 2255.6  |
| 1284 | 93.090 | 2255.52 | 1325 | 93.243 | 2255.6  | 1366 | 93.396 | 2255.62 | 1407 | 93.549 | 2255.65 |
| 1285 | 93.094 | 2255.52 | 1326 | 93.247 | 2255.6  | 1367 | 93.400 | 2255.54 | 1408 | 93.553 | 2255.65 |
| 1286 | 93.097 | 2255.64 | 1327 | 93.251 | 2255.6  | 1368 | 93.404 | 2255.52 | 1409 | 93.557 | 2255.59 |
| 1287 | 93.101 | 2255.67 | 1328 | 93.254 | 2255.61 | 1369 | 93.407 | 2255.61 | 1410 | 93.561 | 2255.62 |
| 1288 | 93.105 | 2255.62 | 1329 | 93.258 | 2255.61 | 1370 | 93.411 | 2255.58 | 1411 | 93.564 | 2255.64 |
| 1289 | 93.109 | 2255.66 | 1330 | 93.262 | 2255.61 | 1371 | 93.415 | 2255.59 | 1412 | 93.568 | 2255.57 |
| 1290 | 93.112 | 2255.59 | 1331 | 93.265 | 2255.62 | 1372 | 93.419 | 2255.65 | 1413 | 93.572 | 2255.56 |
| 1291 | 93.116 | 2255.57 | 1332 | 93.269 | 2255.61 | 1373 | 93.422 | 2255.57 | 1414 | 93.576 | 2255.62 |
| 1292 | 93.120 | 2255.63 | 1333 | 93.273 | 2255.63 | 1374 | 93.426 | 2255.59 | 1415 | 93.579 | 2255.64 |
| 1293 | 93.124 | 2255.6  | 1334 | 93.277 | 2255.6  | 1375 | 93.430 | 2255.58 | 1416 | 93.583 | 2255.59 |
| 1294 | 93.127 | 2255.62 | 1335 | 93.280 | 2255.62 | 1376 | 93.434 | 2255.6  | 1417 | 93.587 | 2255.64 |
| 1295 | 93.131 | 2255.64 | 1336 | 93.284 | 2255.63 | 1377 | 93.437 | 2255.59 | 1418 | 93.591 | 2255.61 |
| 1296 | 93.135 | 2255.61 | 1337 | 93.288 | 2255.58 | 1378 | 93.441 | 2255.56 | 1419 | 93.594 | 2255.66 |
| 1297 | 93.138 | 2255.67 | 1338 | 93.292 | 2255.53 | 1379 | 93.445 | 2255.55 | 1420 | 93.598 | 2255.69 |
| 1298 | 93.142 | 2255.6  | 1339 | 93.295 | 2255.62 | 1380 | 93.449 | 2255.62 | 1421 | 93.602 | 2255.64 |
| 1299 | 93.146 | 2255.66 | 1340 | 93.299 | 2255.6  | 1381 | 93.452 | 2255.64 | 1422 | 93.605 | 2255.66 |
| 1300 | 93.150 | 2255.59 | 1341 | 93.303 | 2255.66 | 1382 | 93.456 | 2255.65 | 1423 | 93.609 | 2255.61 |
| 1301 | 93.153 | 2255.6  | 1342 | 93.307 | 2255.61 | 1383 | 93.460 | 2255.63 | 1424 | 93.613 | 2255.59 |
| 1302 | 93.157 | 2255.64 | 1343 | 93.310 | 2255.67 | 1384 | 93.463 | 2255.64 | 1425 | 93.617 | 2255.62 |
| 1303 | 93.161 | 2255.65 | 1344 | 93.314 | 2255.62 | 1385 | 93.467 | 2255.68 | 1426 | 93.620 | 2255.57 |
| 1304 | 93.165 | 2255.59 | 1345 | 93.318 | 2255.62 | 1386 | 93.471 | 2255.63 | 1427 | 93.624 | 2255.59 |
| 1305 | 93.168 | 2255.63 | 1346 | 93.322 | 2255.63 | 1387 | 93.475 | 2255.6  | 1428 | 93.628 | 2255.62 |
| 1306 | 93.172 | 2255.64 | 1347 | 93.325 | 2255.52 | 1388 | 93.478 | 2255.62 | 1429 | 93.632 | 2255.59 |
| 1307 | 93.176 | 2255.59 | 1348 | 93.329 | 2255.59 | 1389 | 93.482 | 2255.59 | 1430 | 93.635 | 2255.58 |
| 1308 | 93.180 | 2255.63 | 1349 | 93.333 | 2255.61 | 1390 | 93.486 | 2255.58 | 1431 | 93.639 | 2255.67 |
| 1309 | 93.183 | 2255.54 | 1350 | 93.336 | 2255.62 | 1391 | 93.490 | 2255.64 | 1432 | 93.643 | 2255.59 |
| 1310 | 93.187 | 2255.62 | 1351 | 93.340 | 2255.55 | 1392 | 93.493 | 2255.62 | 1433 | 93.647 | 2255.59 |
| 1311 | 93.191 | 2255.6  | 1352 | 93.344 | 2255.59 | 1393 | 93.497 | 2255.64 | 1434 | 93.650 | 2255.6  |
| 1312 | 93.195 | 2255.62 | 1353 | 93.348 | 2255.59 | 1394 | 93.501 | 2255.57 | 1435 | 93.654 | 2255.64 |
| 1313 | 93.198 | 2255.67 | 1354 | 93.351 | 2255.62 | 1395 | 93.505 | 2255.57 | 1436 | 93.658 | 2255.58 |
| 1314 | 93.202 | 2255.61 | 1355 | 93.355 | 2255.61 | 1396 | 93.508 | 2255.59 | 1437 | 93.661 | 2255.67 |
| 1315 | 93.206 | 2255.65 | 1356 | 93.359 | 2255.56 | 1397 | 93.512 | 2255.59 | 1438 | 93.665 | 2255.61 |
| 1316 | 93.209 | 2255.66 | 1357 | 93.363 | 2255.62 | 1398 | 93.516 | 2255.53 | 1439 | 93.669 | 2255.63 |
| 1317 | 93.213 | 2255.57 | 1358 | 93.366 | 2255.6  | 1399 | 93.520 | 2255.57 | 1440 | 93.673 | 2255.62 |
| 1318 | 93.217 | 2255.7  | 1359 | 93.370 | 2255.56 | 1400 | 93.523 | 2255.63 | 1441 | 93.676 | 2255.63 |
| 1319 | 93.221 | 2255.59 | 1360 | 93.374 | 2255.58 | 1401 | 93.527 | 2255.66 | 1442 | 93.680 | 2255.66 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 1443 | 93.684 | 2255.62 | 1484 | 93.837 | 2255.78 | 1525 | 93.990 | 2255.79 | 1566 | 94.143 | 2255.77 |
| 1444 | 93.688 | 2255.65 | 1485 | 93.841 | 2255.77 | 1526 | 93.994 | 2255.82 | 1567 | 94.147 | 2255.81 |
| 1445 | 93.691 | 2255.61 | 1486 | 93.845 | 2255.73 | 1527 | 93.998 | 2255.85 | 1568 | 94.151 | 2255.74 |
| 1446 | 93.695 | 2255.61 | 1487 | 93.848 | 2255.76 | 1528 | 94.001 | 2255.71 | 1569 | 94.155 | 2255.81 |
| 1447 | 93.699 | 2255.58 | 1488 | 93.852 | 2255.84 | 1529 | 94.005 | 2255.72 | 1570 | 94.158 | 2255.82 |
| 1448 | 93.703 | 2255.63 | 1489 | 93.856 | 2255.74 | 1530 | 94.009 | 2255.8  | 1571 | 94.162 | 2255.81 |
| 1449 | 93.706 | 2255.66 | 1490 | 93.859 | 2255.8  | 1531 | 94.013 | 2255.74 | 1572 | 94.166 | 2255.8  |
| 1450 | 93.710 | 2255.71 | 1491 | 93.863 | 2255.8  | 1532 | 94.016 | 2255.8  | 1573 | 94.170 | 2255.8  |
| 1451 | 93.714 | 2255.65 | 1492 | 93.867 | 2255.8  | 1533 | 94.020 | 2255.78 | 1574 | 94.173 | 2255.72 |
| 1452 | 93.718 | 2255.69 | 1493 | 93.871 | 2255.77 | 1534 | 94.024 | 2255.78 | 1575 | 94.177 | 2255.83 |
| 1453 | 93.721 | 2255.66 | 1494 | 93.874 | 2255.8  | 1535 | 94.028 | 2255.92 | 1576 | 94.181 | 2255.71 |
| 1454 | 93.725 | 2255.66 | 1495 | 93.878 | 2255.8  | 1536 | 94.031 | 2255.8  | 1577 | 94.185 | 2255.8  |
| 1455 | 93.729 | 2255.66 | 1496 | 93.882 | 2255.76 | 1537 | 94.035 | 2255.86 | 1578 | 94.188 | 2255.78 |
| 1456 | 93.732 | 2255.65 | 1497 | 93.886 | 2255.86 | 1538 | 94.039 | 2255.83 | 1579 | 94.192 | 2255.8  |
| 1457 | 93.736 | 2255.68 | 1498 | 93.889 | 2255.8  | 1539 | 94.043 | 2255.81 | 1580 | 94.196 | 2255.78 |
| 1458 | 93.740 | 2255.68 | 1499 | 93.893 | 2255.77 | 1540 | 94.046 | 2255.78 | 1581 | 94.199 | 2255.75 |
| 1459 | 93.744 | 2255.7  | 1500 | 93.897 | 2255.74 | 1541 | 94.050 | 2255.81 | 1582 | 94.203 | 2255.7  |
| 1460 | 93.747 | 2255.58 | 1501 | 93.901 | 2255.77 | 1542 | 94.054 | 2255.75 | 1583 | 94.207 | 2255.78 |
| 1461 | 93.751 | 2255.69 | 1502 | 93.904 | 2255.81 | 1543 | 94.057 | 2255.84 | 1584 | 94.211 | 2255.78 |
| 1462 | 93.755 | 2255.69 | 1503 | 93.908 | 2255.78 | 1544 | 94.061 | 2255.82 | 1585 | 94.214 | 2255.84 |
| 1463 | 93.759 | 2255.66 | 1504 | 93.912 | 2255.82 | 1545 | 94.065 | 2255.88 | 1586 | 94.218 | 2255.78 |
| 1464 | 93.762 | 2255.68 | 1505 | 93.916 | 2255.78 | 1546 | 94.069 | 2255.77 | 1587 | 94.222 | 2255.76 |
| 1465 | 93.766 | 2255.66 | 1506 | 93.919 | 2255.79 | 1547 | 94.072 | 2255.76 | 1588 | 94.226 | 2255.81 |
| 1466 | 93.770 | 2255.77 | 1507 | 93.923 | 2255.72 | 1548 | 94.076 | 2255.8  | 1589 | 94.229 | 2255.7  |
| 1467 | 93.774 | 2255.64 | 1508 | 93.927 | 2255.82 | 1549 | 94.080 | 2255.73 | 1590 | 94.233 | 2255.77 |
| 1468 | 93.777 | 2255.68 | 1509 | 93.930 | 2255.87 | 1550 | 94.084 | 2255.73 | 1591 | 94.237 | 2255.76 |
| 1469 | 93.781 | 2255.79 | 1510 | 93.934 | 2255.85 | 1551 | 94.087 | 2255.81 | 1592 | 94.241 | 2255.76 |
| 1470 | 93.785 | 2255.68 | 1511 | 93.938 | 2255.76 | 1552 | 94.091 | 2255.78 | 1593 | 94.244 | 2255.76 |
| 1471 | 93.789 | 2255.67 | 1512 | 93.942 | 2255.8  | 1553 | 94.095 | 2255.68 | 1594 | 94.248 | 2255.8  |
| 1472 | 93.792 | 2255.73 | 1513 | 93.945 | 2255.72 | 1554 | 94.099 | 2255.7  | 1595 | 94.252 | 2255.77 |
| 1473 | 93.796 | 2255.75 | 1514 | 93.949 | 2255.72 | 1555 | 94.102 | 2255.71 | 1596 | 94.255 | 2255.67 |
| 1474 | 93.800 | 2255.72 | 1515 | 93.953 | 2255.85 | 1556 | 94.106 | 2255.86 | 1597 | 94.259 | 2255.83 |
| 1475 | 93.803 | 2255.74 | 1516 | 93.957 | 2255.75 | 1557 | 94.110 | 2255.8  | 1598 | 94.263 | 2255.82 |
| 1476 | 93.807 | 2255.79 | 1517 | 93.960 | 2255.8  | 1558 | 94.114 | 2255.76 | 1599 | 94.267 | 2255.81 |
| 1477 | 93.811 | 2255.68 | 1518 | 93.964 | 2255.67 | 1559 | 94.117 | 2255.73 | 1600 | 94.270 | 2255.8  |
| 1478 | 93.815 | 2255.76 | 1519 | 93.968 | 2255.84 | 1560 | 94.121 | 2255.77 | 1601 | 94.274 | 2255.77 |
| 1479 | 93.818 | 2255.73 | 1520 | 93.972 | 2255.73 | 1561 | 94.125 | 2255.76 | 1602 | 94.278 | 2255.88 |
| 1480 | 93.822 | 2255.77 | 1521 | 93.975 | 2255.81 | 1562 | 94.128 | 2255.75 | 1603 | 94.282 | 2255.77 |
| 1481 | 93.826 | 2255.81 | 1522 | 93.979 | 2255.76 | 1563 | 94.132 | 2255.87 | 1604 | 94.285 | 2255.74 |
| 1482 | 93.830 | 2255.75 | 1523 | 93.983 | 2255.76 | 1564 | 94.136 | 2255.84 | 1605 | 94.289 | 2255.68 |
| 1483 | 93.833 | 2255.74 | 1524 | 93.987 | 2255.8  | 1565 | 94.140 | 2255.73 | 1606 | 94.293 | 2255.76 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 1607 | 94.297 | 2255.73 | 1648 | 94.450 | 2255.79 | 1689 | 94.603 | 2255.72 | 1730 | 94.756 | 2255.8  |
| 1608 | 94.300 | 2255.8  | 1649 | 94.453 | 2255.68 | 1690 | 94.607 | 2255.81 | 1731 | 94.760 | 2255.77 |
| 1609 | 94.304 | 2255.79 | 1650 | 94.457 | 2255.75 | 1691 | 94.610 | 2255.79 | 1732 | 94.764 | 2255.8  |
| 1610 | 94.308 | 2255.82 | 1651 | 94.461 | 2255.8  | 1692 | 94.614 | 2255.82 | 1733 | 94.767 | 2255.78 |
| 1611 | 94.312 | 2255.72 | 1652 | 94.465 | 2255.81 | 1693 | 94.618 | 2255.78 | 1734 | 94.771 | 2255.8  |
| 1612 | 94.315 | 2255.83 | 1653 | 94.468 | 2255.77 | 1694 | 94.622 | 2255.76 | 1735 | 94.775 | 2255.81 |
| 1613 | 94.319 | 2255.86 | 1654 | 94.472 | 2255.77 | 1695 | 94.625 | 2255.78 | 1736 | 94.779 | 2255.88 |
| 1614 | 94.323 | 2255.79 | 1655 | 94.476 | 2255.81 | 1696 | 94.629 | 2255.83 | 1737 | 94.782 | 2255.8  |
| 1615 | 94.326 | 2255.82 | 1656 | 94.480 | 2255.8  | 1697 | 94.633 | 2255.79 | 1738 | 94.786 | 2255.8  |
| 1616 | 94.330 | 2255.84 | 1657 | 94.483 | 2255.79 | 1698 | 94.637 | 2255.74 | 1739 | 94.790 | 2255.8  |
| 1617 | 94.334 | 2255.86 | 1658 | 94.487 | 2255.78 | 1699 | 94.640 | 2255.78 | 1740 | 94.793 | 2255.79 |
| 1618 | 94.338 | 2255.81 | 1659 | 94.491 | 2255.8  | 1700 | 94.644 | 2255.76 | 1741 | 94.797 | 2255.84 |
| 1619 | 94.341 | 2255.83 | 1660 | 94.495 | 2255.76 | 1701 | 94.648 | 2255.81 | 1742 | 94.801 | 2255.76 |
| 1620 | 94.345 | 2255.78 | 1661 | 94.498 | 2255.81 | 1702 | 94.651 | 2255.8  | 1743 | 94.805 | 2255.83 |
| 1621 | 94.349 | 2255.77 | 1662 | 94.502 | 2255.81 | 1703 | 94.655 | 2255.82 | 1744 | 94.808 | 2255.78 |
| 1622 | 94.353 | 2255.82 | 1663 | 94.506 | 2255.78 | 1704 | 94.659 | 2255.72 | 1745 | 94.812 | 2255.81 |
| 1623 | 94.356 | 2255.79 | 1664 | 94.510 | 2255.79 | 1705 | 94.663 | 2255.78 | 1746 | 94.816 | 2255.82 |
| 1624 | 94.360 | 2255.73 | 1665 | 94.513 | 2255.8  | 1706 | 94.666 | 2255.79 | 1747 | 94.820 | 2255.82 |
| 1625 | 94.364 | 2255.77 | 1666 | 94.517 | 2255.79 | 1707 | 94.670 | 2255.74 | 1748 | 94.823 | 2255.74 |
| 1626 | 94.368 | 2255.81 | 1667 | 94.521 | 2255.73 | 1708 | 94.674 | 2255.81 | 1749 | 94.827 | 2255.79 |
| 1627 | 94.371 | 2255.75 | 1668 | 94.524 | 2255.76 | 1709 | 94.678 | 2255.78 | 1750 | 94.831 | 2255.86 |
| 1628 | 94.375 | 2255.85 | 1669 | 94.528 | 2255.71 | 1710 | 94.681 | 2255.8  | 1751 | 94.835 | 2255.84 |
| 1629 | 94.379 | 2255.74 | 1670 | 94.532 | 2255.79 | 1711 | 94.685 | 2255.74 | 1752 | 94.838 | 2255.87 |
| 1630 | 94.383 | 2255.73 | 1671 | 94.536 | 2255.79 | 1712 | 94.689 | 2255.75 | 1753 | 94.842 | 2255.79 |
| 1631 | 94.386 | 2255.8  | 1672 | 94.539 | 2255.77 | 1713 | 94.693 | 2255.71 | 1754 | 94.846 | 2255.81 |
| 1632 | 94.390 | 2255.76 | 1673 | 94.543 | 2255.76 | 1714 | 94.696 | 2255.76 | 1755 | 94.849 | 2255.73 |
| 1633 | 94.394 | 2255.78 | 1674 | 94.547 | 2255.71 | 1715 | 94.700 | 2255.84 | 1756 | 94.853 | 2255.8  |
| 1634 | 94.397 | 2255.74 | 1675 | 94.551 | 2255.76 | 1716 | 94.704 | 2255.77 | 1757 | 94.857 | 2255.79 |
| 1635 | 94.401 | 2255.74 | 1676 | 94.554 | 2255.79 | 1717 | 94.708 | 2255.8  | 1758 | 94.861 | 2255.83 |
| 1636 | 94.405 | 2255.75 | 1677 | 94.558 | 2255.76 | 1718 | 94.711 | 2255.89 | 1759 | 94.864 | 2255.83 |
| 1637 | 94.409 | 2255.75 | 1678 | 94.562 | 2255.75 | 1719 | 94.715 | 2255.76 | 1760 | 94.868 | 2255.83 |
| 1638 | 94.412 | 2255.76 | 1679 | 94.566 | 2255.81 | 1720 | 94.719 | 2255.82 | 1761 | 94.872 | 2255.88 |
| 1639 | 94.416 | 2255.76 | 1680 | 94.569 | 2255.75 | 1721 | 94.722 | 2255.78 | 1762 | 94.876 | 2255.82 |
| 1640 | 94.420 | 2255.79 | 1681 | 94.573 | 2255.72 | 1722 | 94.726 | 2255.79 | 1763 | 94.879 | 2255.81 |
| 1641 | 94.424 | 2255.73 | 1682 | 94.577 | 2255.83 | 1723 | 94.730 | 2255.85 | 1764 | 94.883 | 2255.78 |
| 1642 | 94.427 | 2255.79 | 1683 | 94.581 | 2255.84 | 1724 | 94.734 | 2255.69 | 1765 | 94.887 | 2255.8  |
| 1643 | 94.431 | 2255.78 | 1684 | 94.584 | 2255.81 | 1725 | 94.737 | 2255.77 | 1766 | 94.891 | 2255.79 |
| 1644 | 94.435 | 2255.78 | 1685 | 94.588 | 2255.78 | 1726 | 94.741 | 2255.73 | 1767 | 94.894 | 2255.79 |
| 1645 | 94.439 | 2255.81 | 1686 | 94.592 | 2255.79 | 1727 | 94.745 | 2255.87 | 1768 | 94.898 | 2255.86 |
| 1646 | 94.442 | 2255.73 | 1687 | 94.595 | 2255.77 | 1728 | 94.749 | 2255.81 | 1769 | 94.902 | 2255.8  |
| 1647 | 94.446 | 2255.8  | 1688 | 94.599 | 2255.74 | 1729 | 94.752 | 2255.75 | 1770 | 94.906 | 2255.84 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 1771 | 94.909 | 2255.86 | 1812 | 95.062 | 2255.81 | 1853 | 95.216 | 2255.83 | 1894 | 95.369 | 2255.93 |
| 1772 | 94.913 | 2255.76 | 1813 | 95.066 | 2255.88 | 1854 | 95.219 | 2255.9  | 1895 | 95.373 | 2255.95 |
| 1773 | 94.917 | 2255.77 | 1814 | 95.070 | 2255.81 | 1855 | 95.223 | 2255.83 | 1896 | 95.376 | 2255.82 |
| 1774 | 94.920 | 2255.77 | 1815 | 95.074 | 2255.81 | 1856 | 95.227 | 2255.89 | 1897 | 95.380 | 2255.84 |
| 1775 | 94.924 | 2255.75 | 1816 | 95.077 | 2255.81 | 1857 | 95.231 | 2255.87 | 1898 | 95.384 | 2255.82 |
| 1776 | 94.928 | 2255.82 | 1817 | 95.081 | 2255.79 | 1858 | 95.234 | 2255.81 | 1899 | 95.387 | 2255.86 |
| 1777 | 94.932 | 2255.9  | 1818 | 95.085 | 2255.82 | 1859 | 95.238 | 2255.83 | 1900 | 95.391 | 2255.84 |
| 1778 | 94.935 | 2255.85 | 1819 | 95.089 | 2255.82 | 1860 | 95.242 | 2255.87 | 1901 | 95.395 | 2255.91 |
| 1779 | 94.939 | 2255.77 | 1820 | 95.092 | 2255.82 | 1861 | 95.245 | 2255.82 | 1902 | 95.399 | 2255.85 |
| 1780 | 94.943 | 2255.85 | 1821 | 95.096 | 2255.81 | 1862 | 95.249 | 2255.82 | 1903 | 95.402 | 2255.88 |
| 1781 | 94.947 | 2255.85 | 1822 | 95.100 | 2255.81 | 1863 | 95.253 | 2255.89 | 1904 | 95.406 | 2255.81 |
| 1782 | 94.950 | 2255.77 | 1823 | 95.104 | 2255.78 | 1864 | 95.257 | 2255.84 | 1905 | 95.410 | 2255.83 |
| 1783 | 94.954 | 2255.79 | 1824 | 95.107 | 2255.8  | 1865 | 95.260 | 2255.85 | 1906 | 95.414 | 2255.82 |
| 1784 | 94.958 | 2255.82 | 1825 | 95.111 | 2255.86 | 1866 | 95.264 | 2255.86 | 1907 | 95.417 | 2255.88 |
| 1785 | 94.962 | 2255.82 | 1826 | 95.115 | 2255.81 | 1867 | 95.268 | 2255.8  | 1908 | 95.421 | 2255.86 |
| 1786 | 94.965 | 2255.84 | 1827 | 95.118 | 2255.88 | 1868 | 95.272 | 2255.87 | 1909 | 95.425 | 2255.85 |
| 1787 | 94.969 | 2255.83 | 1828 | 95.122 | 2255.87 | 1869 | 95.275 | 2255.88 | 1910 | 95.429 | 2255.81 |
| 1788 | 94.973 | 2255.81 | 1829 | 95.126 | 2255.77 | 1870 | 95.279 | 2255.82 | 1911 | 95.432 | 2255.83 |
| 1789 | 94.977 | 2255.84 | 1830 | 95.130 | 2255.83 | 1871 | 95.283 | 2255.81 | 1912 | 95.436 | 2255.95 |
| 1790 | 94.980 | 2255.87 | 1831 | 95.133 | 2255.78 | 1872 | 95.287 | 2255.8  | 1913 | 95.440 | 2255.92 |
| 1791 | 94.984 | 2255.83 | 1832 | 95.137 | 2255.83 | 1873 | 95.290 | 2255.83 | 1914 | 95.443 | 2255.82 |
| 1792 | 94.988 | 2255.83 | 1833 | 95.141 | 2255.83 | 1874 | 95.294 | 2255.86 | 1915 | 95.447 | 2255.94 |
| 1793 | 94.991 | 2255.79 | 1834 | 95.145 | 2255.77 | 1875 | 95.298 | 2255.8  | 1916 | 95.451 | 2255.88 |
| 1794 | 94.995 | 2255.86 | 1835 | 95.148 | 2255.87 | 1876 | 95.302 | 2255.88 | 1917 | 95.455 | 2255.93 |
| 1795 | 94.999 | 2255.89 | 1836 | 95.152 | 2255.86 | 1877 | 95.305 | 2255.85 | 1918 | 95.458 | 2255.85 |
| 1796 | 95.003 | 2255.83 | 1837 | 95.156 | 2255.82 | 1878 | 95.309 | 2255.86 | 1919 | 95.462 | 2255.9  |
| 1797 | 95.006 | 2255.81 | 1838 | 95.160 | 2255.78 | 1879 | 95.313 | 2255.83 | 1920 | 95.466 | 2255.86 |
| 1798 | 95.010 | 2255.77 | 1839 | 95.163 | 2255.76 | 1880 | 95.316 | 2255.83 | 1921 | 95.470 | 2255.99 |
| 1799 | 95.014 | 2255.82 | 1840 | 95.167 | 2255.78 | 1881 | 95.320 | 2255.95 | 1922 | 95.473 | 2255.85 |
| 1800 | 95.018 | 2255.82 | 1841 | 95.171 | 2255.81 | 1882 | 95.324 | 2255.94 | 1923 | 95.477 | 2255.9  |
| 1801 | 95.021 | 2255.75 | 1842 | 95.175 | 2255.81 | 1883 | 95.328 | 2255.81 | 1924 | 95.481 | 2255.83 |
| 1802 | 95.025 | 2255.78 | 1843 | 95.178 | 2255.85 | 1884 | 95.331 | 2255.78 | 1925 | 95.485 | 2255.88 |
| 1803 | 95.029 | 2255.88 | 1844 | 95.182 | 2255.84 | 1885 | 95.335 | 2255.79 | 1926 | 95.488 | 2255.82 |
| 1804 | 95.033 | 2255.77 | 1845 | 95.186 | 2255.8  | 1886 | 95.339 | 2255.82 | 1927 | 95.492 | 2255.93 |
| 1805 | 95.036 | 2255.74 | 1846 | 95.189 | 2255.82 | 1887 | 95.343 | 2255.84 | 1928 | 95.496 | 2255.86 |
| 1806 | 95.040 | 2255.81 | 1847 | 95.193 | 2255.87 | 1888 | 95.346 | 2255.88 | 1929 | 95.500 | 2255.88 |
| 1807 | 95.044 | 2255.82 | 1848 | 95.197 | 2255.87 | 1889 | 95.350 | 2255.79 | 1930 | 95.503 | 2255.92 |
| 1808 | 95.047 | 2255.85 | 1849 | 95.201 | 2255.87 | 1890 | 95.354 | 2255.84 | 1931 | 95.507 | 2255.84 |
| 1809 | 95.051 | 2255.87 | 1850 | 95.204 | 2255.85 | 1891 | 95.358 | 2255.79 | 1932 | 95.511 | 2255.9  |
| 1810 | 95.055 | 2255.85 | 1851 | 95.208 | 2255.82 | 1892 | 95.361 | 2255.8  | 1933 | 95.514 | 2255.91 |
| 1811 | 95.059 | 2255.82 | 1852 | 95.212 | 2255.81 | 1893 | 95.365 | 2255.93 | 1934 | 95.518 | 2255.89 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 1935 | 95.522 | 2255.91 | 1976 | 95.675 | 2255.92 | 2017 | 95.828 | 2255.91 | 2058 | 95.981 | 2255.93 |
| 1936 | 95.526 | 2255.9  | 1977 | 95.679 | 2255.9  | 2018 | 95.832 | 2255.93 | 2059 | 95.985 | 2255.91 |
| 1937 | 95.529 | 2255.83 | 1978 | 95.683 | 2255.91 | 2019 | 95.836 | 2255.95 | 2060 | 95.989 | 2255.93 |
| 1938 | 95.533 | 2255.93 | 1979 | 95.686 | 2255.87 | 2020 | 95.839 | 2255.87 | 2061 | 95.993 | 2255.95 |
| 1939 | 95.537 | 2255.84 | 1980 | 95.690 | 2255.93 | 2021 | 95.843 | 2256    | 2062 | 95.996 | 2255.94 |
| 1940 | 95.541 | 2255.92 | 1981 | 95.694 | 2255.84 | 2022 | 95.847 | 2255.92 | 2063 | 96.000 | 2255.92 |
| 1941 | 95.544 | 2255.91 | 1982 | 95.698 | 2255.88 | 2023 | 95.851 | 2255.91 | 2064 | 96.004 | 2256.01 |
| 1942 | 95.548 | 2255.89 | 1983 | 95.701 | 2255.86 | 2024 | 95.854 | 2255.9  | 2065 | 96.008 | 2255.96 |
| 1943 | 95.552 | 2255.88 | 1984 | 95.705 | 2255.88 | 2025 | 95.858 | 2255.92 | 2066 | 96.011 | 2255.96 |
| 1944 | 95.556 | 2255.92 | 1985 | 95.709 | 2255.81 | 2026 | 95.862 | 2255.91 | 2067 | 96.015 | 2255.92 |
| 1945 | 95.559 | 2255.91 | 1986 | 95.712 | 2255.92 | 2027 | 95.866 | 2255.94 | 2068 | 96.019 | 2255.97 |
| 1946 | 95.563 | 2255.87 | 1987 | 95.716 | 2255.94 | 2028 | 95.869 | 2255.9  | 2069 | 96.023 | 2255.93 |
| 1947 | 95.567 | 2255.91 | 1988 | 95.720 | 2255.93 | 2029 | 95.873 | 2255.83 | 2070 | 96.026 | 2255.97 |
| 1948 | 95.571 | 2255.84 | 1989 | 95.724 | 2255.96 | 2030 | 95.877 | 2255.89 | 2071 | 96.030 | 2255.94 |
| 1949 | 95.574 | 2255.9  | 1990 | 95.727 | 2255.94 | 2031 | 95.881 | 2255.89 | 2072 | 96.034 | 2255.96 |
| 1950 | 95.578 | 2255.83 | 1991 | 95.731 | 2255.86 | 2032 | 95.884 | 2255.91 | 2073 | 96.037 | 2256    |
| 1951 | 95.582 | 2255.86 | 1992 | 95.735 | 2256    | 2033 | 95.888 | 2255.98 | 2074 | 96.041 | 2255.96 |
| 1952 | 95.585 | 2255.87 | 1993 | 95.739 | 2255.98 | 2034 | 95.892 | 2255.92 | 2075 | 96.045 | 2255.89 |
| 1953 | 95.589 | 2255.83 | 1994 | 95.742 | 2255.96 | 2035 | 95.896 | 2255.98 | 2076 | 96.049 | 2255.95 |
| 1954 | 95.593 | 2255.87 | 1995 | 95.746 | 2255.94 | 2036 | 95.899 | 2256.01 | 2077 | 96.052 | 2255.89 |
| 1955 | 95.597 | 2255.82 | 1996 | 95.750 | 2255.91 | 2037 | 95.903 | 2255.96 | 2078 | 96.056 | 2255.95 |
| 1956 | 95.600 | 2255.9  | 1997 | 95.754 | 2256.01 | 2038 | 95.907 | 2256.01 | 2079 | 96.060 | 2255.96 |
| 1957 | 95.604 | 2255.89 | 1998 | 95.757 | 2255.91 | 2039 | 95.910 | 2255.92 | 2080 | 96.064 | 2255.99 |
| 1958 | 95.608 | 2255.85 | 1999 | 95.761 | 2255.94 | 2040 | 95.914 | 2255.95 | 2081 | 96.067 | 2255.91 |
| 1959 | 95.612 | 2255.85 | 2000 | 95.765 | 2255.88 | 2041 | 95.918 | 2255.93 | 2082 | 96.071 | 2255.93 |
| 1960 | 95.615 | 2255.89 | 2001 | 95.769 | 2255.89 | 2042 | 95.922 | 2255.99 | 2083 | 96.075 | 2255.89 |
| 1961 | 95.619 | 2255.85 | 2002 | 95.772 | 2255.98 | 2043 | 95.925 | 2255.81 | 2084 | 96.079 | 2255.97 |
| 1962 | 95.623 | 2255.87 | 2003 | 95.776 | 2255.88 | 2044 | 95.929 | 2255.97 | 2085 | 96.082 | 2255.88 |
| 1963 | 95.627 | 2255.86 | 2004 | 95.780 | 2255.91 | 2045 | 95.933 | 2255.96 | 2086 | 96.086 | 2256.05 |
| 1964 | 95.630 | 2255.95 | 2005 | 95.783 | 2255.99 | 2046 | 95.937 | 2255.92 | 2087 | 96.090 | 2255.97 |
| 1965 | 95.634 | 2255.92 | 2006 | 95.787 | 2255.93 | 2047 | 95.940 | 2255.95 | 2088 | 96.094 | 2255.95 |
| 1966 | 95.638 | 2255.94 | 2007 | 95.791 | 2255.95 | 2048 | 95.944 | 2255.92 | 2089 | 96.097 | 2255.91 |
| 1967 | 95.641 | 2255.92 | 2008 | 95.795 | 2255.85 | 2049 | 95.948 | 2255.89 | 2090 | 96.101 | 2256.03 |
| 1968 | 95.645 | 2255.81 | 2009 | 95.798 | 2255.9  | 2050 | 95.952 | 2255.95 | 2091 | 96.105 | 2255.98 |
| 1969 | 95.649 | 2255.84 | 2010 | 95.802 | 2255.89 | 2051 | 95.955 | 2255.89 | 2092 | 96.108 | 2255.9  |
| 1970 | 95.653 | 2255.89 | 2011 | 95.806 | 2255.88 | 2052 | 95.959 | 2255.86 | 2093 | 96.112 | 2256    |
| 1971 | 95.656 | 2255.9  | 2012 | 95.810 | 2255.94 | 2053 | 95.963 | 2255.9  | 2094 | 96.116 | 2255.94 |
| 1972 | 95.660 | 2255.96 | 2013 | 95.813 | 2255.82 | 2054 | 95.967 | 2255.92 | 2095 | 96.120 | 2255.98 |
| 1973 | 95.664 | 2255.91 | 2014 | 95.817 | 2255.98 | 2055 | 95.970 | 2255.97 | 2096 | 96.123 | 2256.05 |
| 1974 | 95.668 | 2255.88 | 2015 | 95.821 | 2255.97 | 2056 | 95.974 | 2255.95 | 2097 | 96.127 | 2255.99 |
| 1975 | 95.671 | 2255.88 | 2016 | 95.825 | 2255.95 | 2057 | 95.978 | 2255.88 | 2098 | 96.131 | 2255.97 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 2099 | 96.135 | 2255.97 | 2140 | 96.288 | 2255.89 | 2181 | 96.441 | 2256.01 | 2222 | 96.594 | 2256.07 |
| 2100 | 96.138 | 2255.98 | 2141 | 96.292 | 2255.99 | 2182 | 96.445 | 2256.01 | 2223 | 96.598 | 2256.05 |
| 2101 | 96.142 | 2256.02 | 2142 | 96.295 | 2255.98 | 2183 | 96.448 | 2255.97 | 2224 | 96.602 | 2256.05 |
| 2102 | 96.146 | 2255.96 | 2143 | 96.299 | 2255.99 | 2184 | 96.452 | 2256.04 | 2225 | 96.605 | 2256.01 |
| 2103 | 96.150 | 2255.96 | 2144 | 96.303 | 2255.95 | 2185 | 96.456 | 2256.05 | 2226 | 96.609 | 2256.1  |
| 2104 | 96.153 | 2255.95 | 2145 | 96.306 | 2255.97 | 2186 | 96.460 | 2255.98 | 2227 | 96.613 | 2255.99 |
| 2105 | 96.157 | 2256.01 | 2146 | 96.310 | 2255.96 | 2187 | 96.463 | 2256    | 2228 | 96.617 | 2256.06 |
| 2106 | 96.161 | 2255.96 | 2147 | 96.314 | 2255.96 | 2188 | 96.467 | 2255.98 | 2229 | 96.620 | 2256.13 |
| 2107 | 96.165 | 2255.94 | 2148 | 96.318 | 2256    | 2189 | 96.471 | 2256    | 2230 | 96.624 | 2256    |
| 2108 | 96.168 | 2255.98 | 2149 | 96.321 | 2255.97 | 2190 | 96.475 | 2256    | 2231 | 96.628 | 2256.02 |
| 2109 | 96.172 | 2255.92 | 2150 | 96.325 | 2255.98 | 2191 | 96.478 | 2255.99 | 2232 | 96.631 | 2256.01 |
| 2110 | 96.176 | 2255.97 | 2151 | 96.329 | 2255.92 | 2192 | 96.482 | 2255.97 | 2233 | 96.635 | 2256.01 |
| 2111 | 96.179 | 2255.97 | 2152 | 96.333 | 2256.02 | 2193 | 96.486 | 2255.98 | 2234 | 96.639 | 2255.98 |
| 2112 | 96.183 | 2255.97 | 2153 | 96.336 | 2255.99 | 2194 | 96.490 | 2256.01 | 2235 | 96.643 | 2256.01 |
| 2113 | 96.187 | 2255.94 | 2154 | 96.340 | 2255.97 | 2195 | 96.493 | 2256.04 | 2236 | 96.646 | 2256.02 |
| 2114 | 96.191 | 2255.95 | 2155 | 96.344 | 2255.94 | 2196 | 96.497 | 2256.04 | 2237 | 96.650 | 2256.09 |
| 2115 | 96.194 | 2256    | 2156 | 96.348 | 2255.98 | 2197 | 96.501 | 2256.03 | 2238 | 96.654 | 2256.02 |
| 2116 | 96.198 | 2255.97 | 2157 | 96.351 | 2256    | 2198 | 96.504 | 2256.03 | 2239 | 96.658 | 2256.07 |
| 2117 | 96.202 | 2255.87 | 2158 | 96.355 | 2255.95 | 2199 | 96.508 | 2256.05 | 2240 | 96.661 | 2256.06 |
| 2118 | 96.206 | 2255.96 | 2159 | 96.359 | 2255.99 | 2200 | 96.512 | 2256.07 | 2241 | 96.665 | 2256.09 |
| 2119 | 96.209 | 2255.99 | 2160 | 96.363 | 2255.97 | 2201 | 96.516 | 2256.05 | 2242 | 96.669 | 2256.02 |
| 2120 | 96.213 | 2255.94 | 2161 | 96.366 | 2256.04 | 2202 | 96.519 | 2256.04 | 2243 | 96.673 | 2256.03 |
| 2121 | 96.217 | 2255.93 | 2162 | 96.370 | 2256    | 2203 | 96.523 | 2255.96 | 2244 | 96.676 | 2256.09 |
| 2122 | 96.221 | 2255.95 | 2163 | 96.374 | 2256.03 | 2204 | 96.527 | 2256.02 | 2245 | 96.680 | 2256.03 |
| 2123 | 96.224 | 2255.99 | 2164 | 96.377 | 2255.94 | 2205 | 96.531 | 2256.04 | 2246 | 96.684 | 2256    |
| 2124 | 96.228 | 2256.01 | 2165 | 96.381 | 2255.95 | 2206 | 96.534 | 2256.07 | 2247 | 96.688 | 2256.07 |
| 2125 | 96.232 | 2255.97 | 2166 | 96.385 | 2255.96 | 2207 | 96.538 | 2256.03 | 2248 | 96.691 | 2255.98 |
| 2126 | 96.235 | 2255.97 | 2167 | 96.389 | 2256.06 | 2208 | 96.542 | 2256.02 | 2249 | 96.695 | 2256.11 |
| 2127 | 96.239 | 2255.99 | 2168 | 96.392 | 2255.91 | 2209 | 96.546 | 2256.06 | 2250 | 96.699 | 2256.1  |
| 2128 | 96.243 | 2255.99 | 2169 | 96.396 | 2256.02 | 2210 | 96.549 | 2256.09 | 2251 | 96.702 | 2256.1  |
| 2129 | 96.247 | 2255.99 | 2170 | 96.400 | 2255.96 | 2211 | 96.553 | 2256.13 | 2252 | 96.706 | 2256.14 |
| 2130 | 96.250 | 2256.07 | 2171 | 96.404 | 2256.07 | 2212 | 96.557 | 2256.04 | 2253 | 96.710 | 2256.06 |
| 2131 | 96.254 | 2255.96 | 2172 | 96.407 | 2255.99 | 2213 | 96.561 | 2256.05 | 2254 | 96.714 | 2256.02 |
| 2132 | 96.258 | 2255.96 | 2173 | 96.411 | 2255.93 | 2214 | 96.564 | 2255.99 | 2255 | 96.717 | 2256.04 |
| 2133 | 96.262 | 2255.96 | 2174 | 96.415 | 2256.04 | 2215 | 96.568 | 2255.99 | 2256 | 96.721 | 2256.06 |
| 2134 | 96.265 | 2256.03 | 2175 | 96.419 | 2256.04 | 2216 | 96.572 | 2256.08 | 2257 | 96.725 | 2256.02 |
| 2135 | 96.269 | 2255.98 | 2176 | 96.422 | 2255.99 | 2217 | 96.575 | 2255.96 | 2258 | 96.729 | 2256.07 |
| 2136 | 96.273 | 2256.02 | 2177 | 96.426 | 2256.06 | 2218 | 96.579 | 2256.01 | 2259 | 96.732 | 2256.07 |
| 2137 | 96.277 | 2255.95 | 2178 | 96.430 | 2256.05 | 2219 | 96.583 | 2256.04 | 2260 | 96.736 | 2256.04 |
| 2138 | 96.280 | 2255.93 | 2179 | 96.433 | 2256.03 | 2220 | 96.587 | 2256.01 | 2261 | 96.740 | 2255.97 |
| 2139 | 96.284 | 2255.96 | 2180 | 96.437 | 2255.99 | 2221 | 96.590 | 2256.05 | 2262 | 96.744 | 2256.02 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 2263 | 96.747 | 2256.02 | 2304 | 96.900 | 2256.13 | 2345 | 97.054 | 2256.19 | 2386 | 97.207 | 2256.15 |
| 2264 | 96.751 | 2256.04 | 2305 | 96.904 | 2256.08 | 2346 | 97.057 | 2256.12 | 2387 | 97.211 | 2256.15 |
| 2265 | 96.755 | 2256.02 | 2306 | 96.908 | 2256.13 | 2347 | 97.061 | 2256.17 | 2388 | 97.214 | 2256.26 |
| 2266 | 96.759 | 2256.08 | 2307 | 96.912 | 2256.16 | 2348 | 97.065 | 2256.14 | 2389 | 97.218 | 2256.17 |
| 2267 | 96.762 | 2255.99 | 2308 | 96.915 | 2256.14 | 2349 | 97.069 | 2256.2  | 2390 | 97.222 | 2256.15 |
| 2268 | 96.766 | 2256.04 | 2309 | 96.919 | 2256.11 | 2350 | 97.072 | 2256.15 | 2391 | 97.225 | 2256.14 |
| 2269 | 96.770 | 2256.03 | 2310 | 96.923 | 2256.07 | 2351 | 97.076 | 2256.2  | 2392 | 97.229 | 2256.22 |
| 2270 | 96.773 | 2256.06 | 2311 | 96.927 | 2256.1  | 2352 | 97.080 | 2256.1  | 2393 | 97.233 | 2256.17 |
| 2271 | 96.777 | 2256.01 | 2312 | 96.930 | 2256.13 | 2353 | 97.084 | 2256.13 | 2394 | 97.237 | 2256.15 |
| 2272 | 96.781 | 2256.1  | 2313 | 96.934 | 2256.13 | 2354 | 97.087 | 2256.15 | 2395 | 97.240 | 2256.19 |
| 2273 | 96.785 | 2256.05 | 2314 | 96.938 | 2256.09 | 2355 | 97.091 | 2256.15 | 2396 | 97.244 | 2256.2  |
| 2274 | 96.788 | 2256.07 | 2315 | 96.942 | 2256.14 | 2356 | 97.095 | 2256.19 | 2397 | 97.248 | 2256.19 |
| 2275 | 96.792 | 2256.08 | 2316 | 96.945 | 2256.11 | 2357 | 97.098 | 2256.15 | 2398 | 97.252 | 2256.21 |
| 2276 | 96.796 | 2256.04 | 2317 | 96.949 | 2256.08 | 2358 | 97.102 | 2256.14 | 2399 | 97.255 | 2256.16 |
| 2277 | 96.800 | 2256.05 | 2318 | 96.953 | 2256.06 | 2359 | 97.106 | 2256.26 | 2400 | 97.259 | 2256.21 |
| 2278 | 96.803 | 2256.02 | 2319 | 96.957 | 2256.1  | 2360 | 97.110 | 2256.2  | 2401 | 97.263 | 2256.22 |
| 2279 | 96.807 | 2256.08 | 2320 | 96.960 | 2256.11 | 2361 | 97.113 | 2256.14 | 2402 | 97.267 | 2256.3  |
| 2280 | 96.811 | 2256.07 | 2321 | 96.964 | 2256.07 | 2362 | 97.117 | 2256.19 | 2403 | 97.270 | 2256.19 |
| 2281 | 96.815 | 2256.11 | 2322 | 96.968 | 2256.15 | 2363 | 97.121 | 2256.21 | 2404 | 97.274 | 2256.21 |
| 2282 | 96.818 | 2256.1  | 2323 | 96.971 | 2256.12 | 2364 | 97.125 | 2256.2  | 2405 | 97.278 | 2256.23 |
| 2283 | 96.822 | 2256.1  | 2324 | 96.975 | 2256.03 | 2365 | 97.128 | 2256.07 | 2406 | 97.282 | 2256.28 |
| 2284 | 96.826 | 2256.03 | 2325 | 96.979 | 2256.19 | 2366 | 97.132 | 2256.14 | 2407 | 97.285 | 2256.19 |
| 2285 | 96.829 | 2256.12 | 2326 | 96.983 | 2256.16 | 2367 | 97.136 | 2256.18 | 2408 | 97.289 | 2256.2  |
| 2286 | 96.833 | 2256.08 | 2327 | 96.986 | 2256.13 | 2368 | 97.140 | 2256.08 | 2409 | 97.293 | 2256.19 |
| 2287 | 96.837 | 2256.04 | 2328 | 96.990 | 2256.13 | 2369 | 97.143 | 2256.21 | 2410 | 97.296 | 2256.19 |
| 2288 | 96.841 | 2256.08 | 2329 | 96.994 | 2256.1  | 2370 | 97.147 | 2256.17 | 2411 | 97.300 | 2256.18 |
| 2289 | 96.844 | 2256.1  | 2330 | 96.998 | 2256.16 | 2371 | 97.151 | 2256.1  | 2412 | 97.304 | 2256.16 |
| 2290 | 96.848 | 2256.12 | 2331 | 97.001 | 2256.16 | 2372 | 97.155 | 2256.14 | 2413 | 97.308 | 2256.16 |
| 2291 | 96.852 | 2256.06 | 2332 | 97.005 | 2256.13 | 2373 | 97.158 | 2256.17 | 2414 | 97.311 | 2256.23 |
| 2292 | 96.856 | 2256.09 | 2333 | 97.009 | 2256.13 | 2374 | 97.162 | 2256.18 | 2415 | 97.315 | 2256.24 |
| 2293 | 96.859 | 2256.04 | 2334 | 97.013 | 2256.13 | 2375 | 97.166 | 2256.21 | 2416 | 97.319 | 2256.23 |
| 2294 | 96.863 | 2256.1  | 2335 | 97.016 | 2256.16 | 2376 | 97.169 | 2256.16 | 2417 | 97.323 | 2256.19 |
| 2295 | 96.867 | 2256.04 | 2336 | 97.020 | 2256.15 | 2377 | 97.173 | 2256.17 | 2418 | 97.326 | 2256.2  |
| 2296 | 96.871 | 2256.09 | 2337 | 97.024 | 2256.13 | 2378 | 97.177 | 2256.16 | 2419 | 97.330 | 2256.2  |
| 2297 | 96.874 | 2256.1  | 2338 | 97.027 | 2256.2  | 2379 | 97.181 | 2256.19 | 2420 | 97.334 | 2256.26 |
| 2298 | 96.878 | 2256.15 | 2339 | 97.031 | 2256.15 | 2380 | 97.184 | 2256.21 | 2421 | 97.338 | 2256.22 |
| 2299 | 96.882 | 2256.08 | 2340 | 97.035 | 2256.07 | 2381 | 97.188 | 2256.23 | 2422 | 97.341 | 2256.26 |
| 2300 | 96.886 | 2256.12 | 2341 | 97.039 | 2256.05 | 2382 | 97.192 | 2256.09 | 2423 | 97.345 | 2256.2  |
| 2301 | 96.889 | 2256.12 | 2342 | 97.042 | 2256.13 | 2383 | 97.196 | 2256.16 | 2424 | 97.349 | 2256.23 |
| 2302 | 96.893 | 2256.06 | 2343 | 97.046 | 2256.14 | 2384 | 97.199 | 2256.18 | 2425 | 97.353 | 2256.19 |
| 2303 | 96.897 | 2256.11 | 2344 | 97.050 | 2256.06 | 2385 | 97.203 | 2256.16 | 2426 | 97.356 | 2256.21 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 2427 | 97.360 | 2256.24 | 2468 | 97.513 | 2256.24 | 2509 | 97.666 | 2256.35 | 2550 | 97.819 | 2256.47 |
| 2428 | 97.364 | 2256.26 | 2469 | 97.517 | 2256.23 | 2510 | 97.670 | 2256.36 | 2551 | 97.823 | 2256.45 |
| 2429 | 97.367 | 2256.24 | 2470 | 97.521 | 2256.35 | 2511 | 97.674 | 2256.33 | 2552 | 97.827 | 2256.39 |
| 2430 | 97.371 | 2256.25 | 2471 | 97.524 | 2256.3  | 2512 | 97.678 | 2256.41 | 2553 | 97.831 | 2256.46 |
| 2431 | 97.375 | 2256.2  | 2472 | 97.528 | 2256.31 | 2513 | 97.681 | 2256.36 | 2554 | 97.834 | 2256.38 |
| 2432 | 97.379 | 2256.23 | 2473 | 97.532 | 2256.32 | 2514 | 97.685 | 2256.4  | 2555 | 97.838 | 2256.4  |
| 2433 | 97.382 | 2256.25 | 2474 | 97.536 | 2256.38 | 2515 | 97.689 | 2256.46 | 2556 | 97.842 | 2256.44 |
| 2434 | 97.386 | 2256.25 | 2475 | 97.539 | 2256.27 | 2516 | 97.692 | 2256.43 | 2557 | 97.846 | 2256.45 |
| 2435 | 97.390 | 2256.32 | 2476 | 97.543 | 2256.34 | 2517 | 97.696 | 2256.4  | 2558 | 97.849 | 2256.42 |
| 2436 | 97.394 | 2256.28 | 2477 | 97.547 | 2256.31 | 2518 | 97.700 | 2256.37 | 2559 | 97.853 | 2256.47 |
| 2437 | 97.397 | 2256.2  | 2478 | 97.550 | 2256.33 | 2519 | 97.704 | 2256.37 | 2560 | 97.857 | 2256.48 |
| 2438 | 97.401 | 2256.28 | 2479 | 97.554 | 2256.34 | 2520 | 97.707 | 2256.39 | 2561 | 97.861 | 2256.48 |
| 2439 | 97.405 | 2256.27 | 2480 | 97.558 | 2256.34 | 2521 | 97.711 | 2256.42 | 2562 | 97.864 | 2256.39 |
| 2440 | 97.409 | 2256.27 | 2481 | 97.562 | 2256.37 | 2522 | 97.715 | 2256.38 | 2563 | 97.868 | 2256.42 |
| 2441 | 97.412 | 2256.26 | 2482 | 97.565 | 2256.32 | 2523 | 97.719 | 2256.43 | 2564 | 97.872 | 2256.44 |
| 2442 | 97.416 | 2256.27 | 2483 | 97.569 | 2256.33 | 2524 | 97.722 | 2256.33 | 2565 | 97.876 | 2256.36 |
| 2443 | 97.420 | 2256.31 | 2484 | 97.573 | 2256.26 | 2525 | 97.726 | 2256.36 | 2566 | 97.879 | 2256.41 |
| 2444 | 97.423 | 2256.21 | 2485 | 97.577 | 2256.28 | 2526 | 97.730 | 2256.36 | 2567 | 97.883 | 2256.42 |
| 2445 | 97.427 | 2256.29 | 2486 | 97.580 | 2256.37 | 2527 | 97.734 | 2256.34 | 2568 | 97.887 | 2256.48 |
| 2446 | 97.431 | 2256.22 | 2487 | 97.584 | 2256.36 | 2528 | 97.737 | 2256.37 | 2569 | 97.890 | 2256.46 |
| 2447 | 97.435 | 2256.28 | 2488 | 97.588 | 2256.35 | 2529 | 97.741 | 2256.39 | 2570 | 97.894 | 2256.41 |
| 2448 | 97.438 | 2256.26 | 2489 | 97.592 | 2256.43 | 2530 | 97.745 | 2256.44 | 2571 | 97.898 | 2256.46 |
| 2449 | 97.442 | 2256.32 | 2490 | 97.595 | 2256.39 | 2531 | 97.748 | 2256.4  | 2572 | 97.902 | 2256.46 |
| 2450 | 97.446 | 2256.25 | 2491 | 97.599 | 2256.34 | 2532 | 97.752 | 2256.42 | 2573 | 97.905 | 2256.48 |
| 2451 | 97.450 | 2256.35 | 2492 | 97.603 | 2256.38 | 2533 | 97.756 | 2256.45 | 2574 | 97.909 | 2256.5  |
| 2452 | 97.453 | 2256.34 | 2493 | 97.607 | 2256.32 | 2534 | 97.760 | 2256.41 | 2575 | 97.913 | 2256.46 |
| 2453 | 97.457 | 2256.32 | 2494 | 97.610 | 2256.29 | 2535 | 97.763 | 2256.35 | 2576 | 97.917 | 2256.42 |
| 2454 | 97.461 | 2256.24 | 2495 | 97.614 | 2256.36 | 2536 | 97.767 | 2256.34 | 2577 | 97.920 | 2256.45 |
| 2455 | 97.465 | 2256.26 | 2496 | 97.618 | 2256.24 | 2537 | 97.771 | 2256.36 | 2578 | 97.924 | 2256.45 |
| 2456 | 97.468 | 2256.3  | 2497 | 97.621 | 2256.32 | 2538 | 97.775 | 2256.42 | 2579 | 97.928 | 2256.48 |
| 2457 | 97.472 | 2256.25 | 2498 | 97.625 | 2256.33 | 2539 | 97.778 | 2256.39 | 2580 | 97.932 | 2256.42 |
| 2458 | 97.476 | 2256.3  | 2499 | 97.629 | 2256.32 | 2540 | 97.782 | 2256.43 | 2581 | 97.935 | 2256.49 |
| 2459 | 97.480 | 2256.34 | 2500 | 97.633 | 2256.28 | 2541 | 97.786 | 2256.38 | 2582 | 97.939 | 2256.47 |
| 2460 | 97.483 | 2256.22 | 2501 | 97.636 | 2256.34 | 2542 | 97.790 | 2256.43 | 2583 | 97.943 | 2256.48 |
| 2461 | 97.487 | 2256.27 | 2502 | 97.640 | 2256.37 | 2543 | 97.793 | 2256.43 | 2584 | 97.946 | 2256.47 |
| 2462 | 97.491 | 2256.33 | 2503 | 97.644 | 2256.41 | 2544 | 97.797 | 2256.39 | 2585 | 97.950 | 2256.52 |
| 2463 | 97.494 | 2256.28 | 2504 | 97.648 | 2256.44 | 2545 | 97.801 | 2256.46 | 2586 | 97.954 | 2256.45 |
| 2464 | 97.498 | 2256.29 | 2505 | 97.651 | 2256.36 | 2546 | 97.805 | 2256.42 | 2587 | 97.958 | 2256.49 |
| 2465 | 97.502 | 2256.32 | 2506 | 97.655 | 2256.34 | 2547 | 97.808 | 2256.52 | 2588 | 97.961 | 2256.44 |
| 2466 | 97.506 | 2256.31 | 2507 | 97.659 | 2256.36 | 2548 | 97.812 | 2256.46 | 2589 | 97.965 | 2256.44 |
| 2467 | 97.509 | 2256.34 | 2508 | 97.663 | 2256.42 | 2549 | 97.816 | 2256.38 | 2590 | 97.969 | 2256.51 |

|      |        |         |      |        |         |      |        |         |      |        |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|------|--------|---------|
| 2591 | 97.973 | 2256.49 | 2632 | 98.126 | 2256.54 | 2673 | 98.279 | 2256.58 | 2714 | 98.432 | 2256.68 |
| 2592 | 97.976 | 2256.49 | 2633 | 98.130 | 2256.57 | 2674 | 98.283 | 2256.61 | 2715 | 98.436 | 2256.62 |
| 2593 | 97.980 | 2256.51 | 2634 | 98.133 | 2256.59 | 2675 | 98.286 | 2256.64 | 2716 | 98.440 | 2256.72 |
| 2594 | 97.984 | 2256.45 | 2635 | 98.137 | 2256.52 | 2676 | 98.290 | 2256.57 | 2717 | 98.443 | 2256.73 |
| 2595 | 97.988 | 2256.43 | 2636 | 98.141 | 2256.56 | 2677 | 98.294 | 2256.62 | 2718 | 98.447 | 2256.65 |
| 2596 | 97.991 | 2256.51 | 2637 | 98.144 | 2256.61 | 2678 | 98.298 | 2256.6  | 2719 | 98.451 | 2256.69 |
| 2597 | 97.995 | 2256.47 | 2638 | 98.148 | 2256.56 | 2679 | 98.301 | 2256.67 | 2720 | 98.455 | 2256.72 |
| 2598 | 97.999 | 2256.49 | 2639 | 98.152 | 2256.6  | 2680 | 98.305 | 2256.6  | 2721 | 98.458 | 2256.76 |
| 2599 | 98.003 | 2256.51 | 2640 | 98.156 | 2256.53 | 2681 | 98.309 | 2256.72 | 2722 | 98.462 | 2256.68 |
| 2600 | 98.006 | 2256.47 | 2641 | 98.159 | 2256.54 | 2682 | 98.313 | 2256.65 | 2723 | 98.466 | 2256.72 |
| 2601 | 98.010 | 2256.53 | 2642 | 98.163 | 2256.55 | 2683 | 98.316 | 2256.59 | 2724 | 98.470 | 2256.68 |
| 2602 | 98.014 | 2256.48 | 2643 | 98.167 | 2256.44 | 2684 | 98.320 | 2256.65 | 2725 | 98.473 | 2256.7  |
| 2603 | 98.017 | 2256.54 | 2644 | 98.171 | 2256.53 | 2685 | 98.324 | 2256.6  | 2726 | 98.477 | 2256.74 |
| 2604 | 98.021 | 2256.52 | 2645 | 98.174 | 2256.57 | 2686 | 98.328 | 2256.65 | 2727 | 98.481 | 2256.74 |
| 2605 | 98.025 | 2256.5  | 2646 | 98.178 | 2256.63 | 2687 | 98.331 | 2256.62 | 2728 | 98.484 | 2256.71 |
| 2606 | 98.029 | 2256.49 | 2647 | 98.182 | 2256.51 | 2688 | 98.335 | 2256.68 | 2729 | 98.488 | 2256.71 |
| 2607 | 98.032 | 2256.51 | 2648 | 98.186 | 2256.55 | 2689 | 98.339 | 2256.66 | 2730 | 98.492 | 2256.77 |
| 2608 | 98.036 | 2256.47 | 2649 | 98.189 | 2256.63 | 2690 | 98.342 | 2256.64 | 2731 | 98.496 | 2256.77 |
| 2609 | 98.040 | 2256.49 | 2650 | 98.193 | 2256.54 | 2691 | 98.346 | 2256.57 | 2732 | 98.499 | 2256.74 |
| 2610 | 98.044 | 2256.56 | 2651 | 98.197 | 2256.56 | 2692 | 98.350 | 2256.6  | 2733 | 98.503 | 2256.71 |
| 2611 | 98.047 | 2256.53 | 2652 | 98.201 | 2256.61 | 2693 | 98.354 | 2256.66 | 2734 | 98.507 | 2256.69 |
| 2612 | 98.051 | 2256.47 | 2653 | 98.204 | 2256.61 | 2694 | 98.357 | 2256.65 | 2735 | 98.511 | 2256.72 |
| 2613 | 98.055 | 2256.48 | 2654 | 98.208 | 2256.57 | 2695 | 98.361 | 2256.62 | 2736 | 98.514 | 2256.67 |
| 2614 | 98.059 | 2256.56 | 2655 | 98.212 | 2256.55 | 2696 | 98.365 | 2256.64 | 2737 | 98.518 | 2256.76 |
| 2615 | 98.062 | 2256.48 | 2656 | 98.215 | 2256.59 | 2697 | 98.369 | 2256.65 | 2738 | 98.522 | 2256.72 |
| 2616 | 98.066 | 2256.55 | 2657 | 98.219 | 2256.56 | 2698 | 98.372 | 2256.66 | 2739 | 98.526 | 2256.79 |
| 2617 | 98.070 | 2256.49 | 2658 | 98.223 | 2256.55 | 2699 | 98.376 | 2256.62 | 2740 | 98.529 | 2256.75 |
| 2618 | 98.074 | 2256.5  | 2659 | 98.227 | 2256.56 | 2700 | 98.380 | 2256.69 | 2741 | 98.533 | 2256.78 |
| 2619 | 98.077 | 2256.56 | 2660 | 98.230 | 2256.59 | 2701 | 98.384 | 2256.61 | 2742 | 98.537 | 2256.7  |
| 2620 | 98.081 | 2256.61 | 2661 | 98.234 | 2256.57 | 2702 | 98.387 | 2256.64 | 2743 | 98.540 | 2256.69 |
| 2621 | 98.085 | 2256.54 | 2662 | 98.238 | 2256.6  | 2703 | 98.391 | 2256.64 | 2744 | 98.544 | 2256.75 |
| 2622 | 98.088 | 2256.55 | 2663 | 98.242 | 2256.63 | 2704 | 98.395 | 2256.68 | 2745 | 98.548 | 2256.7  |
| 2623 | 98.092 | 2256.52 | 2664 | 98.245 | 2256.61 | 2705 | 98.399 | 2256.66 | 2746 | 98.552 | 2256.75 |
| 2624 | 98.096 | 2256.48 | 2665 | 98.249 | 2256.62 | 2706 | 98.402 | 2256.66 | 2747 | 98.555 | 2256.75 |
| 2625 | 98.100 | 2256.51 | 2666 | 98.253 | 2256.64 | 2707 | 98.406 | 2256.77 | 2748 | 98.559 | 2256.76 |
| 2626 | 98.103 | 2256.59 | 2667 | 98.257 | 2256.61 | 2708 | 98.410 | 2256.69 | 2749 | 98.563 | 2256.7  |
| 2627 | 98.107 | 2256.57 | 2668 | 98.260 | 2256.63 | 2709 | 98.413 | 2256.63 | 2750 | 98.567 | 2256.74 |
| 2628 | 98.111 | 2256.54 | 2669 | 98.264 | 2256.64 | 2710 | 98.417 | 2256.68 | 2751 | 98.570 | 2256.85 |
| 2629 | 98.115 | 2256.55 | 2670 | 98.268 | 2256.67 | 2711 | 98.421 | 2256.66 | 2752 | 98.574 | 2256.78 |
| 2630 | 98.118 | 2256.54 | 2671 | 98.272 | 2256.7  | 2712 | 98.425 | 2256.7  | 2753 | 98.578 | 2256.67 |
| 2631 | 98.122 | 2256.52 | 2672 | 98.275 | 2256.58 | 2713 | 98.428 | 2256.71 | 2754 | 98.582 | 2256.77 |

|      |        |         |      |        |         |      |         |         |      |         |         |
|------|--------|---------|------|--------|---------|------|---------|---------|------|---------|---------|
| 2755 | 98.585 | 2256.74 | 2794 | 98.731 | 2256.84 | 2833 | 98.877  | 2256.8  | 2872 | 101.790 | 2255.77 |
| 2756 | 98.589 | 2256.76 | 2795 | 98.735 | 2256.87 | 2834 | 98.880  | 2256.79 | 2873 | 102.336 | 2255.86 |
| 2757 | 98.593 | 2256.75 | 2796 | 98.738 | 2256.74 | 2835 | 98.884  | 2256.82 | 2874 | 102.889 | 2255.95 |
| 2758 | 98.597 | 2256.75 | 2797 | 98.742 | 2256.84 | 2836 | 98.888  | 2256.78 | 2875 | 103.445 | 2256.01 |
| 2759 | 98.600 | 2256.8  | 2798 | 98.746 | 2256.79 | 2837 | 98.892  | 2256.86 | 2876 | 104.002 | 2256.18 |
| 2760 | 98.604 | 2256.8  | 2799 | 98.750 | 2256.79 | 2838 | 98.895  | 2256.83 | 2877 | 104.562 | 2256.33 |
| 2761 | 98.608 | 2256.77 | 2800 | 98.753 | 2256.76 | 2839 | 98.899  | 2256.83 | 2878 | 105.126 | 2256.64 |
| 2762 | 98.611 | 2256.71 | 2801 | 98.757 | 2256.79 | 2840 | 98.903  | 2256.83 | 2879 | 105.694 | 2256.8  |
| 2763 | 98.615 | 2256.75 | 2802 | 98.761 | 2256.77 | 2841 | 98.907  | 2256.86 | 2880 | 106.266 | 2256.9  |
| 2764 | 98.619 | 2256.73 | 2803 | 98.765 | 2256.76 | 2842 | 98.910  | 2256.9  | 2881 | 106.837 | 2257.09 |
| 2765 | 98.623 | 2256.75 | 2804 | 98.768 | 2256.79 | 2843 | 98.914  | 2256.91 | 2882 | 107.417 | 2257.35 |
| 2766 | 98.626 | 2256.81 | 2805 | 98.772 | 2256.8  | 2844 | 98.918  | 2256.89 | 2883 | 107.996 | 2257.63 |
| 2767 | 98.630 | 2256.75 | 2806 | 98.776 | 2256.79 | 2845 | 98.922  | 2256.83 | 2884 | 108.578 | 2257.87 |
| 2768 | 98.634 | 2256.77 | 2807 | 98.780 | 2256.73 | 2846 | 98.925  | 2256.86 | 2885 | 109.169 | 2258.09 |
| 2769 | 98.638 | 2256.76 | 2808 | 98.783 | 2256.77 | 2847 | 98.929  | 2256.9  | 2886 | 109.759 | 2258.25 |
| 2770 | 98.641 | 2256.82 | 2809 | 98.787 | 2256.86 | 2848 | 98.933  | 2256.88 | 2887 | 110.353 | 2258.44 |
| 2771 | 98.645 | 2256.8  | 2810 | 98.791 | 2256.77 | 2849 | 98.936  | 2256.84 | 2888 | 110.951 | 2258.63 |
| 2772 | 98.649 | 2256.75 | 2811 | 98.795 | 2256.76 | 2850 | 98.940  | 2256.9  | 2889 | 111.552 | 2258.92 |
| 2773 | 98.653 | 2256.73 | 2812 | 98.798 | 2256.75 | 2851 | 98.944  | 2256.87 | 2890 | 112.157 | 2259.2  |
| 2774 | 98.656 | 2256.73 | 2813 | 98.802 | 2256.75 | 2852 | 98.948  | 2256.77 | 2891 | 112.763 | 2259.27 |
| 2775 | 98.660 | 2256.8  | 2814 | 98.806 | 2256.76 | 2853 | 98.951  | 2256.87 | 2892 | 113.375 | 2259.44 |
| 2776 | 98.664 | 2256.76 | 2815 | 98.809 | 2256.78 | 2854 | 98.955  | 2256.81 | 2893 | 113.988 | 2259.69 |
| 2777 | 98.668 | 2256.76 | 2816 | 98.813 | 2256.84 | 2855 | 98.959  | 2256.78 | 2894 | 114.608 | 2259.92 |
| 2778 | 98.671 | 2256.8  | 2817 | 98.817 | 2256.75 | 2856 | 98.963  | 2256.84 | 2895 | 115.232 | 2260.35 |
| 2779 | 98.675 | 2256.75 | 2818 | 98.821 | 2256.76 | 2857 | 98.966  | 2256.79 | 2896 | 115.856 | 2260.77 |
| 2780 | 98.679 | 2256.77 | 2819 | 98.824 | 2256.78 | 2858 | 98.970  | 2256.78 | 2897 | 116.487 | 2260.95 |
| 2781 | 98.682 | 2256.77 | 2820 | 98.828 | 2256.78 | 2859 | 98.974  | 2256.84 | 2898 | 117.118 | 2261.48 |
| 2782 | 98.686 | 2256.81 | 2821 | 98.832 | 2256.77 | 2860 | 98.978  | 2256.89 | 2899 | 117.757 | 2261.64 |
| 2783 | 98.690 | 2256.82 | 2822 | 98.836 | 2256.77 | 2861 | 98.981  | 2256.88 | 2900 | 118.325 | 2261.65 |
| 2784 | 98.694 | 2256.83 | 2823 | 98.839 | 2256.82 | 2862 | 98.985  | 2256.83 | 2901 | 118.329 | 2261.7  |
| 2785 | 98.697 | 2256.8  | 2824 | 98.843 | 2256.8  | 2863 | 98.989  | 2256.9  | 2902 | 118.333 | 2261.59 |
| 2786 | 98.701 | 2256.75 | 2825 | 98.847 | 2256.8  | 2864 | 98.993  | 2256.91 | 2903 | 118.336 | 2261.64 |
| 2787 | 98.705 | 2256.77 | 2826 | 98.851 | 2256.86 | 2865 | 98.996  | 2256.89 |      |         |         |
| 2788 | 98.709 | 2256.7  | 2827 | 98.854 | 2256.8  | 2866 | 99.000  | 2256.93 |      |         |         |
| 2789 | 98.712 | 2256.78 | 2828 | 98.858 | 2256.82 | 2867 | 99.097  | 2255.97 |      |         |         |
| 2790 | 98.716 | 2256.73 | 2829 | 98.862 | 2256.78 | 2868 | 99.627  | 2255.72 |      |         |         |
| 2791 | 98.720 | 2256.77 | 2830 | 98.866 | 2256.85 | 2869 | 100.165 | 2255.52 |      |         |         |
| 2792 | 98.724 | 2256.79 | 2831 | 98.869 | 2256.87 | 2870 | 100.703 | 2255.8  |      |         |         |
| 2793 | 98.727 | 2256.77 | 2832 | 98.873 | 2256.82 | 2871 | 101.245 | 2255.75 |      |         |         |

# TABLA B

## CASO 2: POZO CENTENARIO-1

La Tabla B-1 contiene los valores de  $\Delta t$  vs  $p_{wf}$  que representan una prueba Mini-Fall-Off.

| Tabla B-1 |                |                |    |       |         |     |       |         |     |       |         |
|-----------|----------------|----------------|----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|
| No.       | $\Delta t$ (h) | $p_{wf}$ (psi) |    |       |         |     |       |         |     |       |         |
| 1         | 0.000          | 3005.37        | 33 | 0.089 | 2882.40 | 67  | 0.186 | 2850.26 | 101 | 0.281 | 2829.60 |
| 2         | 0.003          | 2994.61        | 34 | 0.092 | 2881.16 | 68  | 0.189 | 2849.58 | 102 | 0.283 | 2829.02 |
| 3         | 0.006          | 2973.65        | 35 | 0.094 | 2879.95 | 69  | 0.192 | 2848.89 | 103 | 0.286 | 2828.59 |
| 4         | 0.008          | 2959.17        | 36 | 0.097 | 2878.84 | 70  | 0.194 | 2848.24 | 104 | 0.289 | 2828.01 |
| 5         | 0.011          | 2948.82        | 37 | 0.103 | 2876.60 | 71  | 0.197 | 2847.40 | 105 | 0.292 | 2827.49 |
| 6         | 0.014          | 2945.08        | 38 | 0.106 | 2875.43 | 72  | 0.200 | 2846.79 | 106 | 0.294 | 2826.96 |
| 7         | 0.017          | 2938.66        | 39 | 0.108 | 2874.41 | 73  | 0.203 | 2846.17 | 107 | 0.297 | 2826.56 |
| 8         | 0.019          | 2934.89        | 40 | 0.111 | 2873.40 | 74  | 0.206 | 2845.44 | 108 | 0.300 | 2825.96 |
| 9         | 0.022          | 2930.08        | 41 | 0.114 | 2872.33 | 75  | 0.208 | 2844.78 | 109 | 0.303 | 2825.52 |
| 10        | 0.025          | 2926.41        | 42 | 0.117 | 2871.26 | 76  | 0.211 | 2844.17 | 110 | 0.306 | 2825.03 |
| 11        | 0.028          | 2923.10        | 43 | 0.119 | 2870.28 | 77  | 0.214 | 2843.49 | 111 | 0.308 | 2824.46 |
| 12        | 0.031          | 2920.04        | 44 | 0.122 | 2869.33 | 78  | 0.217 | 2842.80 | 112 | 0.311 | 2824.09 |
| 13        | 0.033          | 2917.25        | 45 | 0.125 | 2868.32 | 79  | 0.219 | 2842.29 | 113 | 0.314 | 2823.49 |
| 14        | 0.036          | 2914.53        | 46 | 0.128 | 2867.43 | 80  | 0.222 | 2841.56 | 114 | 0.317 | 2823.04 |
| 15        | 0.039          | 2912.24        | 47 | 0.131 | 2866.48 | 81  | 0.225 | 2841.07 | 115 | 0.319 | 2822.54 |
| 16        | 0.042          | 2909.77        | 48 | 0.133 | 2865.52 | 82  | 0.228 | 2840.32 | 116 | 0.322 | 2822.07 |
| 17        | 0.044          | 2907.62        | 49 | 0.136 | 2864.57 | 83  | 0.231 | 2839.70 | 117 | 0.325 | 2821.68 |
| 18        | 0.047          | 2905.63        | 50 | 0.139 | 2863.73 | 84  | 0.233 | 2839.21 | 118 | 0.328 | 2821.17 |
| 19        | 0.050          | 2903.66        | 51 | 0.142 | 2862.88 | 85  | 0.236 | 2838.56 | 119 | 0.331 | 2820.59 |
| 20        | 0.053          | 2901.76        | 52 | 0.144 | 2861.97 | 86  | 0.239 | 2838.05 | 120 | 0.333 | 2820.25 |
| 21        | 0.056          | 2899.97        | 53 | 0.147 | 2861.10 | 87  | 0.242 | 2837.38 | 121 | 0.336 | 2819.75 |
| 22        | 0.058          | 2898.14        | 54 | 0.150 | 2860.37 | 88  | 0.244 | 2836.79 | 122 | 0.339 | 2819.25 |
| 23        | 0.061          | 2896.48        | 55 | 0.153 | 2859.40 | 89  | 0.247 | 2836.15 | 123 | 0.342 | 2818.85 |
| 24        | 0.064          | 2894.86        | 56 | 0.156 | 2858.61 | 90  | 0.250 | 2835.59 | 124 | 0.344 | 2818.36 |
| 25        | 0.067          | 2893.28        | 57 | 0.158 | 2857.80 | 91  | 0.253 | 2835.08 | 125 | 0.347 | 2817.92 |
| 26        | 0.069          | 2891.80        | 58 | 0.161 | 2857.04 | 92  | 0.256 | 2834.45 | 126 | 0.350 | 2817.44 |
| 27        | 0.072          | 2890.32        | 59 | 0.164 | 2856.19 | 93  | 0.258 | 2833.89 | 127 | 0.353 | 2817.04 |
| 28        | 0.075          | 2888.99        | 60 | 0.167 | 2855.44 | 94  | 0.261 | 2833.40 | 128 | 0.356 | 2816.59 |
| 29        | 0.078          | 2887.56        | 61 | 0.169 | 2854.70 | 95  | 0.264 | 2832.84 | 129 | 0.358 | 2816.18 |
| 30        | 0.081          | 2886.17        | 62 | 0.172 | 2853.89 | 96  | 0.267 | 2832.23 | 130 | 0.361 | 2815.70 |
| 31        | 0.083          | 2884.84        | 63 | 0.175 | 2853.14 | 97  | 0.269 | 2831.78 | 131 | 0.364 | 2815.23 |
| 32        | 0.086          | 2883.67        | 64 | 0.178 | 2852.44 | 98  | 0.272 | 2831.16 | 132 | 0.367 | 2814.86 |
|           |                |                | 65 | 0.181 | 2851.76 | 99  | 0.275 | 2830.63 | 133 | 0.369 | 2814.44 |
|           |                |                | 66 | 0.183 | 2851.00 | 100 | 0.278 | 2830.14 | 134 | 0.372 | 2813.95 |

|     |       |         |     |       |         |     |       |         |     |       |         |
|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|
| 135 | 0.375 | 2813.58 | 176 | 0.489 | 2797.79 | 217 | 0.619 | 2782.55 | 258 | 0.783 | 2766.50 |
| 136 | 0.378 | 2813.20 | 177 | 0.492 | 2797.39 | 218 | 0.622 | 2782.27 | 259 | 0.789 | 2766.06 |
| 137 | 0.381 | 2812.72 | 178 | 0.494 | 2797.09 | 219 | 0.625 | 2781.94 | 260 | 0.792 | 2765.84 |
| 138 | 0.383 | 2812.33 | 179 | 0.497 | 2796.72 | 220 | 0.631 | 2781.42 | 261 | 0.797 | 2765.40 |
| 139 | 0.386 | 2811.87 | 180 | 0.500 | 2796.36 | 221 | 0.633 | 2781.09 | 262 | 0.803 | 2764.91 |
| 140 | 0.389 | 2811.49 | 181 | 0.503 | 2796.09 | 222 | 0.636 | 2780.82 | 263 | 0.806 | 2764.63 |
| 141 | 0.392 | 2811.08 | 182 | 0.506 | 2795.61 | 223 | 0.642 | 2780.19 | 264 | 0.811 | 2764.13 |
| 142 | 0.394 | 2810.61 | 183 | 0.508 | 2795.34 | 224 | 0.644 | 2780.00 | 265 | 0.817 | 2763.61 |
| 143 | 0.397 | 2810.19 | 184 | 0.511 | 2795.04 | 225 | 0.647 | 2779.63 | 266 | 0.822 | 2763.12 |
| 144 | 0.400 | 2809.85 | 185 | 0.514 | 2794.61 | 226 | 0.653 | 2779.05 | 267 | 0.825 | 2762.90 |
| 145 | 0.403 | 2809.45 | 186 | 0.517 | 2794.28 | 227 | 0.656 | 2778.74 | 268 | 0.831 | 2762.44 |
| 146 | 0.406 | 2808.95 | 187 | 0.519 | 2793.90 | 228 | 0.658 | 2778.58 | 269 | 0.836 | 2761.95 |
| 147 | 0.408 | 2808.64 | 188 | 0.522 | 2793.65 | 229 | 0.664 | 2777.91 | 270 | 0.839 | 2761.77 |
| 148 | 0.411 | 2808.31 | 189 | 0.528 | 2792.90 | 230 | 0.667 | 2777.70 | 271 | 0.844 | 2761.23 |
| 149 | 0.414 | 2807.86 | 190 | 0.531 | 2792.66 | 231 | 0.669 | 2777.46 | 272 | 0.850 | 2760.81 |
| 150 | 0.417 | 2807.46 | 191 | 0.533 | 2792.26 | 232 | 0.675 | 2776.76 | 273 | 0.856 | 2760.42 |
| 151 | 0.419 | 2807.01 | 192 | 0.536 | 2791.92 | 233 | 0.678 | 2776.54 | 274 | 0.858 | 2760.13 |
| 152 | 0.422 | 2806.61 | 193 | 0.539 | 2791.62 | 234 | 0.683 | 2775.98 | 275 | 0.864 | 2759.61 |
| 153 | 0.425 | 2806.27 | 194 | 0.542 | 2791.30 | 235 | 0.686 | 2775.77 | 276 | 0.869 | 2759.12 |
| 154 | 0.428 | 2805.87 | 195 | 0.544 | 2790.89 | 236 | 0.692 | 2775.16 | 277 | 0.875 | 2758.70 |
| 155 | 0.431 | 2805.57 | 196 | 0.547 | 2790.68 | 237 | 0.694 | 2774.91 | 278 | 0.881 | 2758.28 |
| 156 | 0.433 | 2805.13 | 197 | 0.550 | 2790.31 | 238 | 0.697 | 2774.67 | 279 | 0.886 | 2757.88 |
| 157 | 0.436 | 2804.80 | 198 | 0.556 | 2789.66 | 239 | 0.703 | 2774.15 | 280 | 0.889 | 2757.66 |
| 158 | 0.439 | 2804.26 | 199 | 0.558 | 2789.33 | 240 | 0.706 | 2773.88 | 281 | 0.894 | 2757.11 |
| 159 | 0.442 | 2803.86 | 200 | 0.561 | 2788.97 | 241 | 0.711 | 2773.38 | 282 | 0.900 | 2756.65 |
| 160 | 0.444 | 2803.62 | 201 | 0.564 | 2788.62 | 242 | 0.714 | 2773.07 | 283 | 0.906 | 2756.21 |
| 161 | 0.447 | 2803.24 | 202 | 0.567 | 2788.38 | 243 | 0.719 | 2772.55 | 284 | 0.911 | 2755.83 |
| 162 | 0.450 | 2802.79 | 203 | 0.569 | 2788.03 | 244 | 0.722 | 2772.23 | 285 | 0.917 | 2755.41 |
| 163 | 0.453 | 2802.48 | 204 | 0.575 | 2787.37 | 245 | 0.728 | 2771.69 | 286 | 0.922 | 2754.95 |
| 164 | 0.456 | 2802.07 | 205 | 0.578 | 2787.12 | 246 | 0.731 | 2771.44 | 287 | 0.928 | 2754.54 |
| 165 | 0.458 | 2801.74 | 206 | 0.581 | 2786.72 | 247 | 0.736 | 2770.88 | 288 | 0.931 | 2754.26 |
| 166 | 0.461 | 2801.38 | 207 | 0.583 | 2786.43 | 248 | 0.739 | 2770.64 | 289 | 0.936 | 2753.79 |
| 167 | 0.464 | 2800.86 | 208 | 0.586 | 2786.08 | 249 | 0.744 | 2770.14 | 290 | 0.942 | 2753.44 |
| 168 | 0.467 | 2800.64 | 209 | 0.592 | 2785.54 | 250 | 0.747 | 2769.89 | 291 | 0.947 | 2753.02 |
| 169 | 0.469 | 2800.16 | 210 | 0.594 | 2785.27 | 251 | 0.753 | 2769.35 | 292 | 0.953 | 2752.60 |
| 170 | 0.472 | 2799.92 | 211 | 0.597 | 2784.98 | 252 | 0.758 | 2768.82 | 293 | 0.958 | 2752.30 |
| 171 | 0.475 | 2799.51 | 212 | 0.600 | 2784.63 | 253 | 0.761 | 2768.61 | 294 | 0.964 | 2751.74 |
| 172 | 0.478 | 2799.23 | 213 | 0.606 | 2784.04 | 254 | 0.767 | 2768.03 | 295 | 0.969 | 2751.33 |
| 173 | 0.481 | 2798.90 | 214 | 0.608 | 2783.67 | 255 | 0.769 | 2767.91 | 296 | 0.975 | 2750.94 |
| 174 | 0.483 | 2798.42 | 215 | 0.611 | 2783.47 | 256 | 0.775 | 2767.37 | 297 | 0.981 | 2750.47 |
| 175 | 0.486 | 2798.03 | 216 | 0.614 | 2783.11 | 257 | 0.781 | 2766.74 | 298 | 0.986 | 2750.08 |

|     |       |         |     |       |         |     |       |         |     |       |         |
|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|
| 299 | 0.992 | 2749.70 | 340 | 1.258 | 2731.69 | 381 | 1.592 | 2712.72 | 422 | 2.017 | 2693.00 |
| 300 | 0.997 | 2749.23 | 341 | 1.264 | 2731.16 | 382 | 1.603 | 2712.21 | 423 | 2.028 | 2692.38 |
| 301 | 1.006 | 2748.60 | 342 | 1.272 | 2730.69 | 383 | 1.611 | 2711.85 | 424 | 2.042 | 2691.79 |
| 302 | 1.011 | 2748.13 | 343 | 1.281 | 2730.22 | 384 | 1.619 | 2711.38 | 425 | 2.053 | 2691.25 |
| 303 | 1.017 | 2747.79 | 344 | 1.286 | 2729.84 | 385 | 1.631 | 2710.82 | 426 | 2.064 | 2690.83 |
| 304 | 1.022 | 2747.44 | 345 | 1.294 | 2729.28 | 386 | 1.639 | 2710.46 | 427 | 2.075 | 2690.45 |
| 305 | 1.028 | 2746.91 | 346 | 1.303 | 2728.87 | 387 | 1.650 | 2709.84 | 428 | 2.089 | 2689.76 |
| 306 | 1.033 | 2746.57 | 347 | 1.308 | 2728.52 | 388 | 1.658 | 2709.54 | 429 | 2.100 | 2689.37 |
| 307 | 1.039 | 2746.20 | 348 | 1.317 | 2727.97 | 389 | 1.667 | 2709.18 | 430 | 2.111 | 2688.93 |
| 308 | 1.044 | 2745.74 | 349 | 1.325 | 2727.52 | 390 | 1.678 | 2708.50 | 431 | 2.125 | 2688.38 |
| 309 | 1.053 | 2745.18 | 350 | 1.333 | 2726.99 | 391 | 1.686 | 2708.05 | 432 | 2.136 | 2687.84 |
| 310 | 1.058 | 2744.72 | 351 | 1.339 | 2726.57 | 392 | 1.697 | 2707.52 | 433 | 2.150 | 2687.28 |
| 311 | 1.064 | 2744.40 | 352 | 1.347 | 2726.22 | 393 | 1.706 | 2707.19 | 434 | 2.161 | 2686.78 |
| 312 | 1.069 | 2744.05 | 353 | 1.356 | 2725.63 | 394 | 1.717 | 2706.65 | 435 | 2.175 | 2686.23 |
| 313 | 1.075 | 2743.70 | 354 | 1.364 | 2725.21 | 395 | 1.728 | 2706.07 | 436 | 2.186 | 2685.67 |
| 314 | 1.083 | 2743.13 | 355 | 1.372 | 2724.77 | 396 | 1.736 | 2705.64 | 437 | 2.200 | 2685.21 |
| 315 | 1.089 | 2742.65 | 356 | 1.378 | 2724.36 | 397 | 1.747 | 2705.13 | 438 | 2.211 | 2684.84 |
| 316 | 1.094 | 2742.34 | 357 | 1.386 | 2724.00 | 398 | 1.756 | 2704.87 | 439 | 2.225 | 2684.17 |
| 317 | 1.103 | 2741.74 | 358 | 1.394 | 2723.41 | 399 | 1.767 | 2704.24 | 440 | 2.236 | 2683.76 |
| 318 | 1.108 | 2741.33 | 359 | 1.403 | 2722.96 | 400 | 1.778 | 2703.70 | 441 | 2.250 | 2683.29 |
| 319 | 1.114 | 2740.94 | 360 | 1.411 | 2722.54 | 401 | 1.786 | 2703.29 | 442 | 2.264 | 2682.62 |
| 320 | 1.119 | 2740.60 | 361 | 1.419 | 2722.07 | 402 | 1.797 | 2702.77 | 443 | 2.275 | 2682.18 |
| 321 | 1.128 | 2740.03 | 362 | 1.428 | 2721.56 | 403 | 1.808 | 2702.33 | 444 | 2.289 | 2681.68 |
| 322 | 1.133 | 2739.68 | 363 | 1.436 | 2721.10 | 404 | 1.819 | 2701.76 | 445 | 2.303 | 2681.23 |
| 323 | 1.139 | 2739.29 | 364 | 1.444 | 2720.67 | 405 | 1.828 | 2701.42 | 446 | 2.317 | 2680.68 |
| 324 | 1.147 | 2738.62 | 365 | 1.453 | 2720.13 | 406 | 1.839 | 2700.87 | 447 | 2.331 | 2680.12 |
| 325 | 1.153 | 2738.33 | 366 | 1.461 | 2719.71 | 407 | 1.850 | 2700.29 | 448 | 2.342 | 2679.74 |
| 326 | 1.161 | 2737.78 | 367 | 1.469 | 2719.26 | 408 | 1.861 | 2699.79 | 449 | 2.356 | 2679.25 |
| 327 | 1.167 | 2737.50 | 368 | 1.478 | 2718.74 | 409 | 1.872 | 2699.27 | 450 | 2.369 | 2678.69 |
| 328 | 1.172 | 2737.03 | 369 | 1.486 | 2718.39 | 410 | 1.883 | 2698.85 | 451 | 2.383 | 2678.23 |
| 329 | 1.181 | 2736.55 | 370 | 1.494 | 2717.94 | 411 | 1.894 | 2698.25 | 452 | 2.397 | 2677.67 |
| 330 | 1.186 | 2736.22 | 371 | 1.503 | 2717.46 | 412 | 1.903 | 2697.88 | 453 | 2.411 | 2677.13 |
| 331 | 1.194 | 2735.68 | 372 | 1.511 | 2717.02 | 413 | 1.914 | 2697.37 | 454 | 2.425 | 2676.67 |
| 332 | 1.200 | 2735.33 | 373 | 1.522 | 2716.47 | 414 | 1.925 | 2696.94 | 455 | 2.439 | 2676.17 |
| 333 | 1.208 | 2734.67 | 374 | 1.531 | 2715.97 | 415 | 1.936 | 2696.43 | 456 | 2.453 | 2675.67 |
| 334 | 1.214 | 2734.47 | 375 | 1.539 | 2715.59 | 416 | 1.947 | 2695.98 | 457 | 2.467 | 2675.12 |
| 335 | 1.222 | 2733.92 | 376 | 1.547 | 2715.07 | 417 | 1.958 | 2695.38 | 458 | 2.481 | 2674.63 |
| 336 | 1.228 | 2733.51 | 377 | 1.556 | 2714.66 | 418 | 1.972 | 2694.80 | 459 | 2.497 | 2673.99 |
| 337 | 1.236 | 2732.98 | 378 | 1.567 | 2714.06 | 419 | 1.983 | 2694.37 | 460 | 2.511 | 2673.54 |
| 338 | 1.244 | 2732.40 | 379 | 1.575 | 2713.60 | 420 | 1.994 | 2693.86 | 461 | 2.525 | 2673.14 |
| 339 | 1.250 | 2732.09 | 380 | 1.583 | 2713.17 | 421 | 2.006 | 2693.41 | 462 | 2.539 | 2672.67 |

|     |       |         |     |       |         |     |       |         |     |       |         |
|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|-----|-------|---------|
| 463 | 2.556 | 2671.98 | 504 | 3.233 | 2650.92 | 545 | 4.097 | 2629.70 | 586 | 5.186 | 2608.41 |
| 464 | 2.569 | 2671.51 | 505 | 3.253 | 2650.43 | 546 | 4.119 | 2629.22 | 587 | 5.217 | 2607.86 |
| 465 | 2.583 | 2671.00 | 506 | 3.272 | 2649.91 | 547 | 4.144 | 2628.71 | 588 | 5.247 | 2607.38 |
| 466 | 2.600 | 2670.49 | 507 | 3.292 | 2649.21 | 548 | 4.167 | 2628.14 | 589 | 5.278 | 2606.87 |
| 467 | 2.614 | 2670.05 | 508 | 3.311 | 2648.82 | 549 | 4.192 | 2627.59 | 590 | 5.308 | 2606.40 |
| 468 | 2.628 | 2669.52 | 509 | 3.328 | 2648.28 | 550 | 4.217 | 2627.09 | 591 | 5.339 | 2605.85 |
| 469 | 2.644 | 2668.98 | 510 | 3.347 | 2647.81 | 551 | 4.239 | 2626.66 | 592 | 5.369 | 2605.30 |
| 470 | 2.658 | 2668.42 | 511 | 3.367 | 2647.37 | 552 | 4.264 | 2626.03 | 593 | 5.400 | 2604.79 |
| 471 | 2.675 | 2667.94 | 512 | 3.386 | 2646.76 | 553 | 4.289 | 2625.62 | 594 | 5.431 | 2604.31 |
| 472 | 2.689 | 2667.45 | 513 | 3.406 | 2646.18 | 554 | 4.314 | 2625.04 | 595 | 5.461 | 2603.82 |
| 473 | 2.706 | 2666.92 | 514 | 3.425 | 2645.71 | 555 | 4.339 | 2624.42 | 596 | 5.494 | 2603.30 |
| 474 | 2.722 | 2666.31 | 515 | 3.447 | 2645.17 | 556 | 4.364 | 2624.03 | 597 | 5.525 | 2602.66 |
| 475 | 2.736 | 2665.89 | 516 | 3.467 | 2644.76 | 557 | 4.389 | 2623.50 | 598 | 5.558 | 2602.17 |
| 476 | 2.753 | 2665.44 | 517 | 3.486 | 2644.23 | 558 | 4.414 | 2622.90 | 599 | 5.589 | 2601.71 |
| 477 | 2.769 | 2664.79 | 518 | 3.506 | 2643.62 | 559 | 4.439 | 2622.44 | 600 | 5.622 | 2601.11 |
| 478 | 2.786 | 2664.31 | 519 | 3.525 | 2643.18 | 560 | 4.467 | 2621.91 | 601 | 5.656 | 2600.48 |
| 479 | 2.800 | 2663.83 | 520 | 3.547 | 2642.76 | 561 | 4.492 | 2621.40 | 602 | 5.686 | 2600.22 |
| 480 | 2.817 | 2663.32 | 521 | 3.567 | 2642.24 | 562 | 4.517 | 2620.83 | 603 | 5.719 | 2599.67 |
| 481 | 2.833 | 2662.79 | 522 | 3.589 | 2641.72 | 563 | 4.544 | 2620.36 | 604 | 5.753 | 2599.03 |
| 482 | 2.850 | 2662.23 | 523 | 3.608 | 2641.20 | 564 | 4.569 | 2619.83 | 605 | 5.786 | 2598.50 |
| 483 | 2.867 | 2661.74 | 524 | 3.631 | 2640.70 | 565 | 4.597 | 2619.25 | 606 | 5.819 | 2597.99 |
| 484 | 2.883 | 2661.20 | 525 | 3.650 | 2640.10 | 566 | 4.622 | 2618.72 | 607 | 5.853 | 2597.48 |
| 485 | 2.900 | 2660.73 | 526 | 3.672 | 2639.70 | 567 | 4.650 | 2618.24 | 608 | 5.886 | 2596.88 |
| 486 | 2.917 | 2660.17 | 527 | 3.692 | 2639.14 | 568 | 4.675 | 2617.75 | 609 | 5.922 | 2596.29 |
| 487 | 2.933 | 2659.68 | 528 | 3.714 | 2638.66 | 569 | 4.703 | 2617.28 | 610 | 5.956 | 2595.84 |
| 488 | 2.950 | 2659.22 | 529 | 3.736 | 2638.08 | 570 | 4.731 | 2616.70 | 611 | 5.989 | 2595.40 |
| 489 | 2.967 | 2658.67 | 530 | 3.758 | 2637.64 | 571 | 4.758 | 2616.25 | 612 | 6.025 | 2594.90 |
| 490 | 2.983 | 2658.13 | 531 | 3.778 | 2637.17 | 572 | 4.786 | 2615.72 | 613 | 6.058 | 2594.33 |
| 491 | 3.000 | 2657.67 | 532 | 3.800 | 2636.66 | 573 | 4.814 | 2615.17 | 614 | 6.094 | 2593.71 |
| 492 | 3.019 | 2657.16 | 533 | 3.822 | 2636.05 | 574 | 4.842 | 2614.64 | 615 | 6.131 | 2593.28 |
| 493 | 3.036 | 2656.67 | 534 | 3.844 | 2635.52 | 575 | 4.869 | 2614.11 | 616 | 6.164 | 2592.70 |
| 494 | 3.053 | 2656.01 | 535 | 3.867 | 2634.99 | 576 | 4.897 | 2613.53 | 617 | 6.200 | 2592.20 |
| 495 | 3.072 | 2655.57 | 536 | 3.889 | 2634.52 | 577 | 4.925 | 2613.09 | 618 | 6.236 | 2591.67 |
| 496 | 3.089 | 2655.08 | 537 | 3.911 | 2634.00 | 578 | 4.953 | 2612.64 | 619 | 6.272 | 2591.19 |
| 497 | 3.106 | 2654.61 | 538 | 3.933 | 2633.45 | 579 | 4.981 | 2612.10 | 620 | 6.308 | 2590.67 |
| 498 | 3.125 | 2654.01 | 539 | 3.956 | 2632.97 | 580 | 5.011 | 2611.57 | 621 | 6.344 | 2590.21 |
| 499 | 3.142 | 2653.55 | 540 | 3.981 | 2632.39 | 581 | 5.039 | 2611.08 | 622 | 6.381 | 2589.67 |
| 500 | 3.161 | 2652.95 | 541 | 4.003 | 2631.93 | 582 | 5.069 | 2610.52 | 623 | 6.419 | 2589.19 |
| 501 | 3.178 | 2652.54 | 542 | 4.025 | 2631.38 | 583 | 5.097 | 2610.04 | 624 | 6.456 | 2588.63 |
| 502 | 3.197 | 2651.86 | 543 | 4.050 | 2630.84 | 584 | 5.128 | 2609.43 | 625 | 6.492 | 2588.12 |
| 503 | 3.217 | 2651.37 | 544 | 4.072 | 2630.27 | 585 | 5.156 | 2608.94 | 626 | 6.531 | 2587.57 |

|     |       |         |     |        |         |     |        |         |     |        |         |
|-----|-------|---------|-----|--------|---------|-----|--------|---------|-----|--------|---------|
| 627 | 6.567 | 2587.13 | 668 | 8.317  | 2565.28 | 709 | 10.531 | 2543.84 | 750 | 13.333 | 2522.57 |
| 628 | 6.606 | 2586.55 | 669 | 8.364  | 2565.04 | 710 | 10.592 | 2543.33 | 751 | 13.411 | 2522.18 |
| 629 | 6.644 | 2585.93 | 670 | 8.414  | 2564.58 | 711 | 10.653 | 2542.86 | 752 | 13.489 | 2521.67 |
| 630 | 6.683 | 2585.48 | 671 | 8.461  | 2564.14 | 712 | 10.714 | 2542.41 | 753 | 13.567 | 2521.08 |
| 631 | 6.719 | 2584.96 | 672 | 8.511  | 2563.65 | 713 | 10.775 | 2541.93 | 754 | 13.644 | 2520.58 |
| 632 | 6.758 | 2584.51 | 673 | 8.558  | 2563.22 | 714 | 10.839 | 2541.28 | 755 | 13.722 | 2520.04 |
| 633 | 6.797 | 2584.01 | 674 | 8.608  | 2562.72 | 715 | 10.900 | 2540.84 | 756 | 13.803 | 2519.45 |
| 634 | 6.839 | 2583.51 | 675 | 8.658  | 2562.29 | 716 | 10.964 | 2540.25 | 757 | 13.883 | 2518.99 |
| 635 | 6.878 | 2583.07 | 676 | 8.708  | 2561.90 | 717 | 11.028 | 2539.90 | 758 | 13.961 | 2518.34 |
| 636 | 6.917 | 2582.32 | 677 | 8.758  | 2561.42 | 718 | 11.092 | 2539.44 | 759 | 14.042 | 2517.77 |
| 637 | 6.956 | 2581.75 | 678 | 8.808  | 2560.81 | 719 | 11.156 | 2539.02 | 760 | 14.125 | 2517.13 |
| 638 | 6.997 | 2581.13 | 679 | 8.861  | 2560.16 | 720 | 11.219 | 2538.38 | 761 | 14.206 | 2516.42 |
| 639 | 7.036 | 2580.52 | 680 | 8.911  | 2559.65 | 721 | 11.283 | 2537.91 | 762 | 14.289 | 2515.82 |
| 640 | 7.078 | 2579.94 | 681 | 8.964  | 2559.18 | 722 | 11.350 | 2537.32 | 763 | 14.369 | 2515.18 |
| 641 | 7.119 | 2579.40 | 682 | 9.014  | 2558.71 | 723 | 11.414 | 2536.88 | 764 | 14.453 | 2514.66 |
| 642 | 7.161 | 2578.84 | 683 | 9.067  | 2558.20 | 724 | 11.481 | 2536.36 | 765 | 14.536 | 2514.12 |
| 643 | 7.200 | 2578.23 | 684 | 9.119  | 2557.59 | 725 | 11.547 | 2535.77 | 766 | 14.619 | 2513.51 |
| 644 | 7.242 | 2577.74 | 685 | 9.172  | 2557.02 | 726 | 11.614 | 2535.28 | 767 | 14.706 | 2513.01 |
| 645 | 7.286 | 2577.28 | 686 | 9.225  | 2556.49 | 727 | 11.681 | 2534.80 | 768 | 14.789 | 2512.52 |
| 646 | 7.328 | 2576.68 | 687 | 9.278  | 2555.84 | 728 | 11.747 | 2534.19 | 769 | 14.875 | 2512.03 |
| 647 | 7.369 | 2576.24 | 688 | 9.331  | 2555.30 | 729 | 11.817 | 2533.73 | 770 | 14.961 | 2511.55 |
| 648 | 7.411 | 2575.72 | 689 | 9.386  | 2554.77 | 730 | 11.883 | 2533.27 | 771 | 15.047 | 2510.98 |
| 649 | 7.456 | 2575.15 | 690 | 9.439  | 2554.15 | 731 | 11.953 | 2532.69 | 772 | 15.133 | 2510.42 |
| 650 | 7.497 | 2574.59 | 691 | 9.494  | 2553.60 | 732 | 12.022 | 2532.17 | 773 | 15.222 | 2509.89 |
| 651 | 7.542 | 2574.19 | 692 | 9.547  | 2553.14 | 733 | 12.092 | 2531.71 | 774 | 15.308 | 2509.32 |
| 652 | 7.583 | 2573.62 | 693 | 9.603  | 2552.46 | 734 | 12.161 | 2531.12 | 775 | 15.397 | 2508.70 |
| 653 | 7.628 | 2573.13 | 694 | 9.658  | 2551.83 | 735 | 12.231 | 2530.62 | 776 | 15.486 | 2508.21 |
| 654 | 7.672 | 2572.52 | 695 | 9.714  | 2551.38 | 736 | 12.300 | 2530.01 | 777 | 15.575 | 2507.53 |
| 655 | 7.717 | 2572.04 | 696 | 9.772  | 2550.77 | 737 | 12.372 | 2529.55 | 778 | 15.667 | 2506.98 |
| 656 | 7.761 | 2571.44 | 697 | 9.828  | 2550.26 | 738 | 12.444 | 2528.95 | 779 | 15.756 | 2506.50 |
| 657 | 7.806 | 2570.97 | 698 | 9.883  | 2549.68 | 739 | 12.517 | 2528.39 | 780 | 15.847 | 2506.09 |
| 658 | 7.850 | 2570.40 | 699 | 9.942  | 2549.21 | 740 | 12.589 | 2527.92 | 781 | 15.939 | 2505.49 |
| 659 | 7.897 | 2569.95 | 700 | 9.997  | 2548.73 | 741 | 12.661 | 2527.31 | 782 | 16.031 | 2504.88 |
| 660 | 7.942 | 2569.34 | 701 | 10.056 | 2548.10 | 742 | 12.733 | 2526.69 | 783 | 16.125 | 2504.46 |
| 661 | 7.989 | 2568.86 | 702 | 10.114 | 2547.54 | 743 | 12.808 | 2525.84 | 784 | 16.217 | 2504.00 |
| 662 | 8.033 | 2568.23 | 703 | 10.172 | 2547.14 | 744 | 12.881 | 2525.39 | 785 | 16.311 | 2503.50 |
| 663 | 8.081 | 2567.58 | 704 | 10.231 | 2546.59 | 745 | 12.956 | 2524.79 | 786 | 16.406 | 2502.97 |
| 664 | 8.128 | 2567.17 | 705 | 10.292 | 2545.96 | 746 | 13.031 | 2524.49 | 787 | 16.500 | 2502.39 |
| 665 | 8.175 | 2566.68 | 706 | 10.350 | 2545.48 | 747 | 13.106 | 2524.13 | 788 | 16.594 | 2501.90 |
| 666 | 8.222 | 2566.17 | 707 | 10.411 | 2544.86 | 748 | 13.181 | 2523.63 | 789 | 16.692 | 2501.32 |
| 667 | 8.269 | 2565.70 | 708 | 10.469 | 2544.36 | 749 | 13.258 | 2523.08 | 790 | 16.786 | 2500.71 |

|     |        |         |     |        |         |     |        |         |     |        |         |
|-----|--------|---------|-----|--------|---------|-----|--------|---------|-----|--------|---------|
| 791 | 16.883 | 2500.24 | 826 | 20.653 | 2482.33 | 861 | 25.261 | 2462.71 | 896 | 30.903 | 2446.26 |
| 792 | 16.981 | 2499.60 | 827 | 20.772 | 2481.93 | 862 | 25.408 | 2462.34 | 897 | 31.081 | 2445.85 |
| 793 | 17.078 | 2498.96 | 828 | 20.892 | 2481.53 | 863 | 25.556 | 2461.97 | 898 | 31.258 | 2445.42 |
| 794 | 17.178 | 2498.35 | 829 | 21.011 | 2480.98 | 864 | 25.703 | 2461.58 | 899 | 31.439 | 2444.92 |
| 795 | 17.278 | 2497.95 | 830 | 21.133 | 2480.33 | 865 | 25.850 | 2461.13 | 900 | 31.622 | 2444.36 |
| 796 | 17.378 | 2497.47 | 831 | 21.256 | 2479.83 | 866 | 26.000 | 2460.71 | 901 | 31.803 | 2443.95 |
| 797 | 17.478 | 2496.92 | 832 | 21.378 | 2479.23 | 867 | 26.150 | 2460.31 | 902 | 31.989 | 2443.28 |
| 798 | 17.578 | 2496.35 | 833 | 21.503 | 2478.87 | 868 | 26.300 | 2459.74 | 903 | 32.172 | 2442.72 |
| 799 | 17.681 | 2495.93 | 834 | 21.625 | 2478.32 | 869 | 26.453 | 2459.41 | 904 | 32.358 | 2442.10 |
| 800 | 17.781 | 2495.43 | 835 | 21.750 | 2477.84 | 870 | 26.606 | 2459.02 | 905 | 32.544 | 2441.46 |
| 801 | 17.883 | 2495.03 | 836 | 21.875 | 2477.21 | 871 | 26.758 | 2458.68 | 906 | 32.733 | 2440.82 |
| 802 | 17.986 | 2494.43 | 837 | 22.003 | 2476.65 | 872 | 26.914 | 2458.11 | 907 | 32.922 | 2440.16 |
| 803 | 18.092 | 2494.10 | 838 | 22.131 | 2475.92 | 873 | 27.069 | 2457.73 | 908 | 33.111 | 2439.70 |
| 804 | 18.194 | 2493.52 | 839 | 22.258 | 2475.28 | 874 | 27.225 | 2457.04 | 909 | 33.303 | 2439.11 |
| 805 | 18.300 | 2493.06 | 840 | 22.386 | 2474.78 | 875 | 27.383 | 2456.62 | 910 | 33.494 | 2438.72 |
| 806 | 18.406 | 2492.47 | 841 | 22.514 | 2474.23 | 876 | 27.542 | 2456.17 | 911 | 33.689 | 2438.24 |
| 807 | 18.514 | 2492.01 | 842 | 22.644 | 2473.82 | 877 | 27.700 | 2455.78 | 912 | 33.883 | 2437.84 |
| 808 | 18.619 | 2491.52 | 843 | 22.775 | 2473.25 | 878 | 27.861 | 2455.38 | 913 | 34.078 | 2437.26 |
| 809 | 18.728 | 2490.90 | 844 | 22.908 | 2472.71 | 879 | 28.019 | 2454.95 | 914 | 34.275 | 2436.75 |
| 810 | 18.836 | 2490.27 | 845 | 23.039 | 2472.12 | 880 | 28.183 | 2454.45 | 915 | 34.472 | 2436.13 |
| 811 | 18.944 | 2489.79 | 846 | 23.172 | 2471.57 | 881 | 28.344 | 2453.86 | 916 | 34.672 | 2435.46 |
| 812 | 19.053 | 2489.22 | 847 | 23.306 | 2471.14 | 882 | 28.508 | 2453.38 | 917 | 34.872 | 2434.88 |
| 813 | 19.164 | 2488.72 | 848 | 23.442 | 2470.49 | 883 | 28.672 | 2452.98 | 918 | 35.075 | 2434.27 |
| 814 | 19.275 | 2488.29 | 849 | 23.575 | 2469.91 | 884 | 28.839 | 2452.56 | 919 | 35.275 | 2433.82 |
| 815 | 19.386 | 2487.81 | 850 | 23.711 | 2469.39 | 885 | 29.006 | 2452.09 | 920 | 35.481 | 2433.15 |
| 816 | 19.497 | 2487.35 | 851 | 23.850 | 2468.83 | 886 | 29.172 | 2451.71 | 921 | 35.686 | 2432.63 |
| 817 | 19.608 | 2486.97 | 852 | 23.986 | 2468.40 | 887 | 29.342 | 2451.21 | 922 | 35.892 | 2431.97 |
| 818 | 19.722 | 2486.57 | 853 | 24.125 | 2467.74 | 888 | 29.511 | 2450.77 | 923 | 36.097 | 2431.56 |
| 819 | 19.836 | 2486.07 | 854 | 24.264 | 2466.98 | 889 | 29.681 | 2450.18 | 924 | 36.306 | 2431.00 |
| 820 | 19.950 | 2485.60 | 855 | 24.406 | 2466.12 | 890 | 29.853 | 2449.65 |     |        |         |
| 821 | 20.067 | 2485.10 | 856 | 24.544 | 2465.44 | 891 | 30.025 | 2449.17 |     |        |         |
| 822 | 20.183 | 2484.52 | 857 | 24.686 | 2464.80 | 892 | 30.197 | 2448.42 |     |        |         |
| 823 | 20.300 | 2484.00 | 858 | 24.831 | 2464.25 | 893 | 30.372 | 2447.99 |     |        |         |
| 824 | 20.417 | 2483.55 | 859 | 24.972 | 2463.70 | 894 | 30.547 | 2447.30 |     |        |         |
| 825 | 20.533 | 2482.96 | 860 | 25.117 | 2463.23 | 895 | 30.725 | 2446.84 |     |        |         |

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Ayoub, J.A. et al; *"Impulse Testing,"* SPEFE, 534, Sep. 1988.
2. Bourdet, D.; *"Well Testing and Interpretation,"* Ecole du Pétrole et des Moteurs, Francia, 171-173, 2002.
3. Ceccarelli, R.L. et al; *"New Methodology of Mini-Fall-Off Test to Optimize Hydraulic in Unconventional Reservoirs,"* SPE 122326, Mayo 2009.
4. Cinco Ley, H.; *"Análisis de Pruebas de Presión",* presentaciones de posgrado, F.I., UNAM, 2002.
5. Cinco Ley, H. et al: *"Analysis of Pressure Tests Through the Use of Instantaneous Source Response Concepts,"* artículo SPE 15476 presentado en 1986 en la SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Nueva Orleans, Oct. 5-8.
6. Cinco Ley, H. et al: *"Nuevos Conceptos en el Diseño, Conducción e Interpretación de Pruebas de Incremento de Presión,"* Feb. 1990.
7. Comisión Nacional de Hidrocarburos; *"Proyecto Aceite Terciario del Golfo, Primera Revisión y Recomendaciones,"* Abril 2010.
8. Earlougher, R. C., Jr; *"Advances in Well Test Analysis,"* Society of Petroleum Engineers of AIME, Dallas, Tex. 1977.
9. Harting, T.A. et al; *"Application of Mini-Fall-Off Test to Determine Reservoir Parameters and Optimize Fracture Design in a Tight Gas Field,"* SPE 90455, Sep. 2004.
10. Horne R.N; *"Modern Well Test Analysis,"* Petroway Inc., Palo Alto, California, 1-6, 1990.
11. Johnson, K. et al; *"The Nuts and Bolts of Fall-Off Testing,"* Environmental Protection Agency, E.U., Marzo 2003.
12. Lee, J.; *"Well Testing",* Vol. 1, SPE Textbook, Society of Petroleum Engineers of AIME, Dallas, Texas, 1982.
13. Matthews, C.S. et al; *"Pressure Buildup an Flow Tests in Wells,"* Society of Petroleum Engineers of AIME, Nueva York, 18-30, 1967.
14. Soliman, M.Y.: *"Analysis of Buildup tests With Short Producing Time,"* SPEFE 363-371; Trans., AIME, 285. Ago. 1985.