



Integrated Formation Damage Model

INTEGRATED FORMATION DAMAGE MODEL

Perforación y Completamiento

Manual de Usuario

Versión 2020



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



PRÓLOGO

INTEGRATED FORMATION DAMAGE MODEL constituye una herramienta computacional que permite el estudio integrado del daño de formación, la cual incluye opciones tales como análisis IPR, desagregación del daño de formación por componentes, discretización del daño de formación por mecanismos de daño mediante el análisis multiparamétrico, análisis de sensibilidades, con una base de datos georreferenciada, entre muchas otras. IFDM fue desarrollado con el fin de manejar la información relevante al daño de formación de los campos colombianos operados por el grupo empresarial ECOPETROL para realizar un diagnóstico y discretización del daño de formación, así como visualizar tendencias y riesgo de daño, presentando parámetros estadísticos de interés para los análisis y estudios integrados sobre este tema.

La presente Manual de Usuario detalla la entrada de datos para realizar los análisis mencionados anteriormente. Se requiere cierto conocimiento básico de ingeniería de yacimientos al igual que una experiencia sobre el estudio de daño de formación. Esta Manual de Usuario provee un procedimiento paso a paso para la preparación de datos de entrada para este programa.

Al elaborar el presente Manual de Usuario, se hizo todo el esfuerzo para proveer al usuario todos los detalles necesarios. Si surgen consultas, sírvase contactar al:

Grupo de Investigación de Yacimientos e Hidrocarburos

Director: Sergio Hernando Lopera Castro

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas

Medellín, Colombia

Teléfono: 311 747 3294

Sitio Web: <http://ifdm-ecp.co/>

Correo electrónico: ifdm.ecp@gmail.com

Confidencialidad: Todos los componentes de la tecnología de IFDM, incluido el software y la documentación conexas, están protegidos por derechos de autor. Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra y la transmisión por cualquier medio o método, ya sea electrónico, mecánico u otro, incluyendo los sistemas de fotocopia, registro o tratamiento informático, a cualquier parte que no esté autorizada por las entidades participantes.

1. INTRODUCCIÓN

Este manual de usuario se presenta como una herramienta detallada para el uso del software web IFDM por sus siglas en inglés (Módulo Integrado de Daño de Formación). El contenido a continuación detalla cada uno de los pasos y herramientas para el análisis del radio de invasión y skin en el Módulo de Daño por Fluido de Perforación y Completamiento.

Mediante el contenido de este manual el usuario podrá comprender de una manera sencilla el correcto uso del aplicativo, así como consultar las múltiples dificultades que se presenten en el manejo del mismo

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

2.1. Acceso al sistema

Se denomina *Acceso al Sistema*, a la interfaz inicial que le permite a un usuario determinado ingresar al aplicativo. Para ingresar a *Acceso* lo puede hacer mediante el siguiente link: <http://ifdm-ecp.co/>

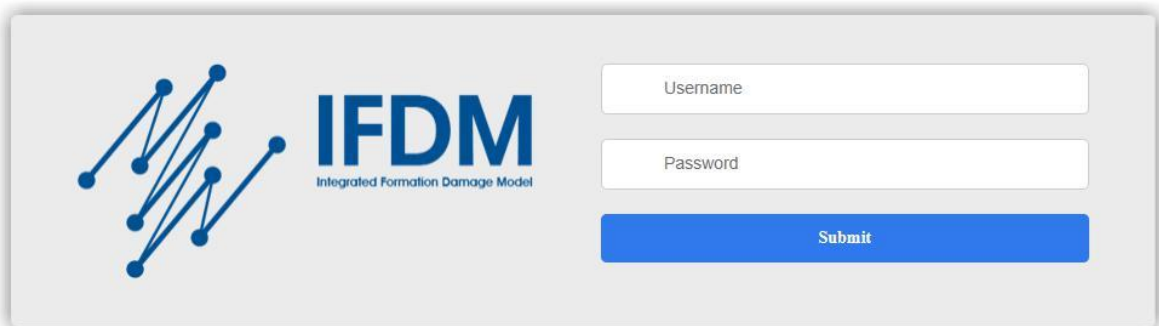


Ilustración 1. Interfaz de ingreso de usuario

En el recuadro denotado como *Username* se ingresa el usuario que le será previamente asignado. En el recuadro denotado como *Password* se ingresa la contraseña de dicho usuario. Finalmente se realiza *click* en el botón azul con la descripción *Submit* para ingresar a la herramienta de análisis.

3. VERIFICAR INFORMACIÓN EXISTENTE

Previo a la evaluación o el diagnóstico del daño por fluido de perforación y completamiento es pertinente confirmar si en la base de datos (*Database*) de la herramienta se encuentra la información correspondiente al pozo o fluido de perforación de análisis. En el menú *Database*, submenú *Database Managent* verificar:

- Cuenca, *Basin*.
- Campo, *Field*.
- Formación, *Formation*.

- Pozo, *Well*.
- Intervalo productor, *Producing Interval*.
- Proyecto, *Project*.

De lo contrario puede dirigirse al Manual de Usuario Aplicativo IFDM sección XX y completar la información inexistente.

4. CURVA DE FUNCIÓN DINÁMICA DE FILTRADO

Igualmente, es pertinente determinar si los fluidos de perforación de estudio se encuentran en la base de datos, de lo contrario seguir el siguiente esquema: *Database > Add Data > Filtration Function*. Lo cual lo debe dirigir a la interfaz que se presenta en la ilustración 2.

Add Filtration Function



Ilustración 2. Interfaz de creación función de filtrado

El sistema permite generar una curva de filtrado de un fluido de perforación característico de una cuenca, campo y formación; con el fin de ser evaluado en un pozo de interés. Adicionalmente, debe asignar un nombre característico de la función de filtrado, suele ser pertinente el nombre del fluido de perforación y el nombre del pozo de análisis.

En este punto la herramienta permite construir la curva de Función de Filtrado de dos formas:

4.1. Estableciendo los parámetros A y B manualmente.

Si se conoce el comportamiento de filtración de los fluidos de perforación se completa la información requerida: los parámetros A y B y la información básica del fluido de perforación con el fin de caracterizar e identificarlos a futuro.

- Composición.
- Densidad (ppg).

- Propiedades reológicas: viscosidad plástica, VP (cP); punto de cedencia, YP ($\text{lb/ft}^2 \cdot 1000$); fuerza gel, Gel ().

Set Filtration Function Factors

a

b

Mud Density

Kd/Ki Cement Slurry

Kd/Ki Mud

Core Diameter

Ilustración 3. Interfaz de creación función de filtrado – parámetros A y B.

4.2. A partir de curvas de filtración dinámica de pruebas de desplazamiento.

La ilustración 4 presenta la interfaz para la construcción de la función de Filtrado a partir de las curvas de filtrado obtenidas en pruebas de retorno de permeabilidad. Debe diligenciarse la siguiente información:

- Densidad del lodo, *Mud Density* (ppg).
- Relación de daño permeabilidad después del daño por fluido de perforación, Kd; permeabilidad inicial, Ki. *Kd/Ki Mud* (adimensional).
- Relación de daño permeabilidad después del daño por fluidos de completamiento, Kd; permeabilidad inicial, Ki. *Kd/Ki Cement Slurry* (adimensional).
- Diámetro del núcleo, *Core diameter* (cm).

En la sección Pruebas de Laboratorio, *Laboratory Test*, diligenciar la información:

- Permeabilidad del Núcleo, *Core Permeability* (mD).
- Presión de sobrebalance de la prueba de laboratorio, *Pob* (psi).
- Prueba de filtración Tiempo (min) vs Volumen de filtrado (ml), *Time vs Filtration Volume* (ml).

Existe la opción de adicionar más pruebas de filtrado relacionado al mismo fluido de perforación a diferentes condiciones de presión o permeabilidad, botón amarillo *Add Extra Laboratory Test*. Adicionalmente, se encuentra la opción de graficar las curvas de filtrado, botón azul, *Plot*.

5. CREACIÓN DE UN ESCENARIO

Cuando se ha verificado toda la información en la *Database* y se tiene un proyecto asociado, para ingresar un escenario se debe entrar en el menú *Project Management* y dar clic en el botón *Add Scenario* de color azul, que se observa en la Ilustración 3.

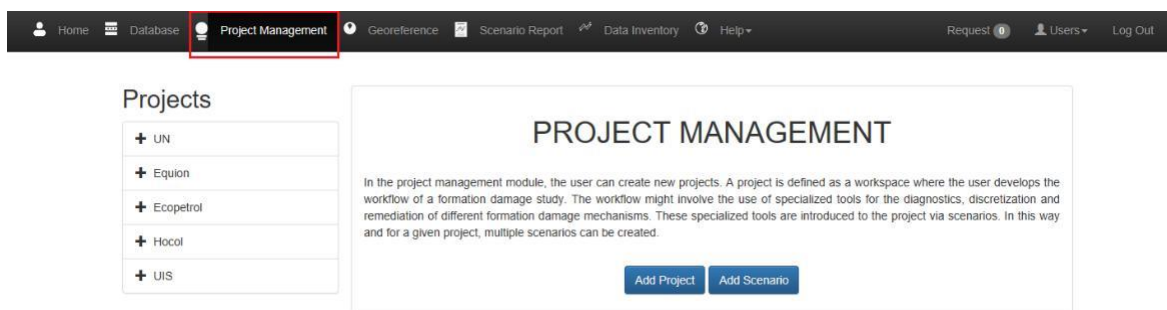


Ilustración 5. Interfaz principal de Project Management

Al dar clic en el botón *Add Scenario* dirige al usuario a la pantalla que se presenta en la Ilustración 6.

The screenshot displays the 'Scenario' creation form. It has a light gray header with the title 'Scenario'. The form is organized into two columns. The left column contains: 'Type*' (dropdown with '-'), 'Project Name*' (dropdown with 'Nothing selected'), 'Study Date (DD/MM/YY)*' (text input with '04/22/2019'), 'Basin*' (dropdown with 'Nothing selected'), and 'Well*' (dropdown with 'Nothing selected'). The right column contains: 'Duplicate from...' (input with 'Scenario' and a red 'X' button), 'Scenario Name*' (text input), 'Description*' (text area), 'Field*' (dropdown with 'Nothing selected'), and 'Producing Interval*' (dropdown with 'Nothing selected'). At the bottom right are 'Save' and 'Cancel' buttons.

Ilustración 6. Interfaz Adición de Escenario

Posteriormente se debe diligenciar cada recuadro de la siguiente manera:

- Nombre del escenario, *Scenario Name*. Aquí se ingresa el nombre que tendrá el escenario.
- Nombre del proyecto, *Project Name*: Al hacer clic en el recuadro de *Project Name* se abre un menú desplegable el cual muestra todos los proyectos visibles para ese usuario en donde se selecciona el de interés, además también aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre del proyecto.
- *Type*: Al hacer clic en el recuadro *Type* se abre un menú desplegable donde se selecciona el escenario de *Drilling and Completion*.

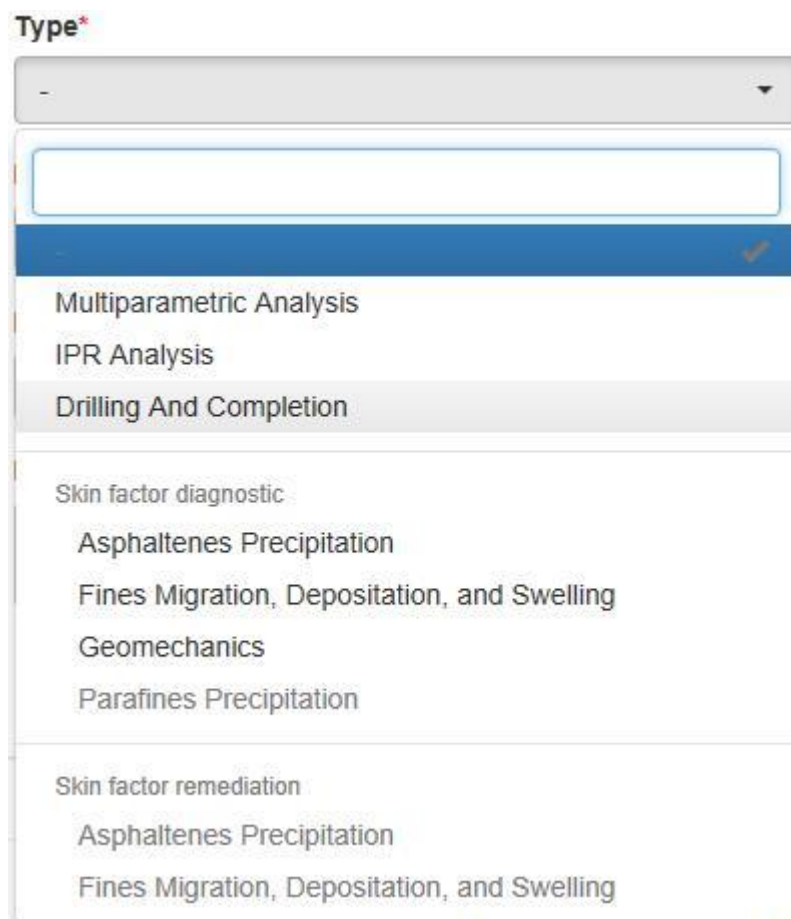


Ilustración 7. Menú desplegable de la sección Type

- Cuenca, *Basin*: Al hacer clic en el recuadro *Basin* se abre un menú desplegable donde se selecciona la cuenca a trabajar. Adicionalmente, aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre de la cuenca.
- Campo, *Field*: Después de seleccionar la cuenca (*Basin*) al hacer clic en el recuadro *Field* se abrirá un menú desplegable donde se escoge el campo referente a la cuenca. Adicionalmente, aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre del campo.
- Pozo, *Well*: Después de seleccionar el campo (*field*) al hacer clic en el recuadro *Well* se abrirá un menú desplegable donde se selecciona el pozo. Adicionalmente, aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre del pozo.

- Intervalo Productor, *Producing Interval*: Después de seleccionar el pozo (*Well*) al hacer clic en el recuadro *Producing Interval* se abrirá un menú desplegable donde se escoge el intervalo productor que se va a trabajar. Adicionalmente, aparece un recuadro en blanco donde se puede escribir el nombre del intervalo productor.
- *Study date*: Aquí se selecciona la fecha del análisis en el que fue hecho, se puede ingresar manualmente con el teclado o desde la parte derecha del recuadro seleccionar la fecha deseada.
- *Description*: Aquí se puede agregar una descripción del escenario.

Al crear un escenario de *Drilling and Completion* aparecerá la interfaz mostrada en la ilustración 8. El escenario cuenta con tres etapas: Datos generales, *General Data*; Selección de la función de filtrado, *Filtration Functions*; Datos relacionados a la perforación, *Drilling Data* y cementación, *Completion Data*. Si el nombre de una de estas secciones está en rojo significa que hay datos incompletos en dicha sección.

Scenario: Test3
 Basin: Llanos Orientales - Field: Pauto - Well: PAUTO SUR C8
 User: Johanna Vargas

General Data Filtration Functions Drilling Data Completion Data

Ilustración 8. Interfaz escenario de perforación y completamiento

5.1. Datos generales – *General Data*

Esta sección está compuesta de dos subsecciones: *General Data* e *Input Data*.

General Data: Se deben seleccionar los intervalos productores que se quieren analizar. A continuación, se despliega una tabla donde se debe ingresar los siguientes datos:

- Profundidad (TVD) tope de la formación, *Tope* en pies (ft).
- Profundidad (TVD) base de la formación, *Bottom* en pies (ft).
- Presión del yacimiento, *Reservoir Pressure* en libras por pulgada cuadrada absoluta (psi).
- Diámetro del hueco, *Hole* en pulgadas (in).
- Diámetro de la tubería de perforación, *Drill pipe* en pulgadas (in).

General Data
Filtration Functions
Drilling Data
Completion Data

General Data

Producing Interval *

BARCO

	Interval	Top [ft]	Bottom [ft]	Reservoir Pressure [psi]	Hole Diameter [in]	Drill Pipe Diameter [in]
1	BARCO	13800	15700	5700	8.50	3.50
2						

Ilustración 9. Sección General Data de Drilling and Completion

Input Data: Se utiliza el método de entrada de datos de la formación productora con información de Perfil, *Profile*; este método debe ser previamente seleccionado, tal como se puede observar en la Ilustración 10.

Input Data

Input Data Method *

Profile

Plot

Ilustración 10. Sección Input Data

Una vez se selecciona *Profile*, se debe ingresar detalladamente la formación de análisis especificando para cada intervalo de profundidad: profundidad tope (ft), profundidad base (ft), porosidad (%), permeabilidad (mD), intensidad de la fractura (#/ft) y saturación irreducible (%). Como se muestra en la ilustración 11.

Input Data Method *

Profile

Plot

	Top [ft]	Bottom [ft]	Porosity [-]	Permeability [mD]	Fracture Intensity [#ft]	Irreducible Saturation [-]
1	13800	13801	0.04	0.53	1.04	0.20
2	13801	13802	0.04	0.21	1.03	0.20
3	13802	13803	0.04	0.95	0.74	0.20
4	13803	13804	0.04	0.89	0.15	0.20
5	13804	13805	0.04	0.74	1.63	0.20
6	13805	13806	0.04	0.51	1.89	0.20
7	13806	13807	0.04	0.43	0.68	0.20
8	13807	13808	0.04	0.60	0.92	0.20
9	13808	13809	0.04	0.40	0.18	0.20
10	13809	13810	0.04	0.83	0.71	0.20

Ilustración 11. Opción de ingreso de datos – Profile

Además, en esta subsección se tiene la opción de graficar los datos mediante el botón azul *Plot* que se encuentra en la parte derecha, así se observa en la Ilustración 12.

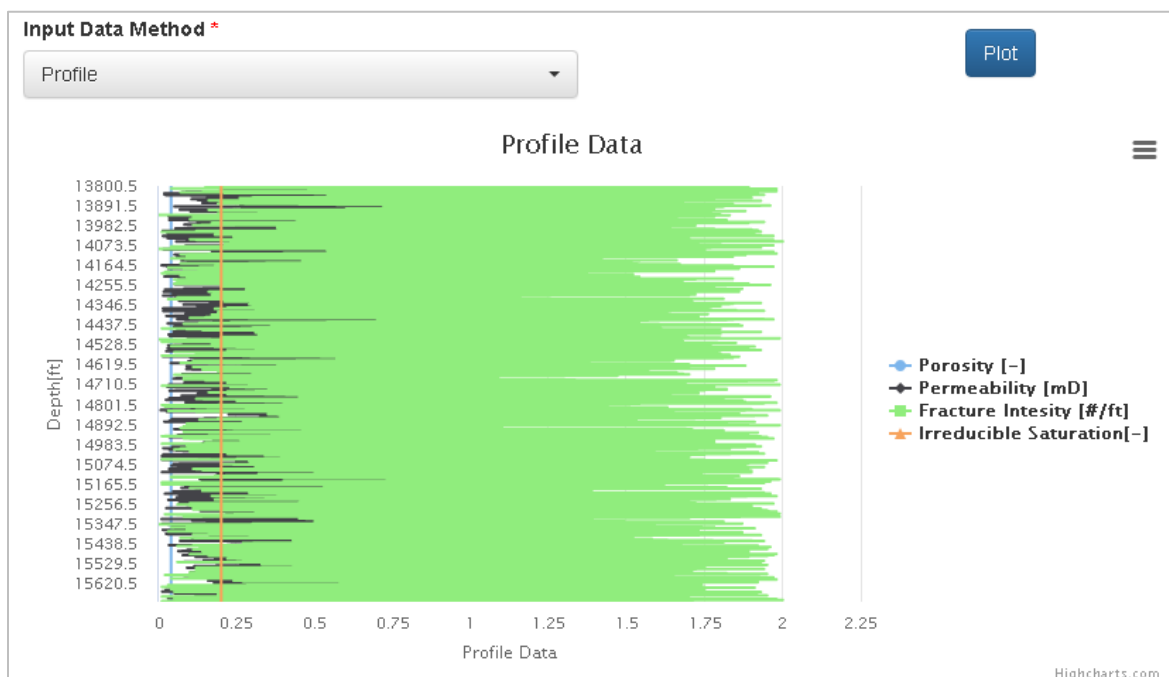


Ilustración 12. Grafico de Input data con profile

5.2. Función de Filtrado - Filtration Functions

En esta sección se selecciona la función de filtrado correspondiente al fluido de perforación de análisis. La interfaz se presenta en la ilustración 13.

Ilustración 13. Sección Filtration Functions

Se debe escoger una función de filtración dinámica para la formación en cuestión, como se observa en la Ilustración 13. Los datos *a* y *b* pueden ser modificados manualmente por el usuario.

5.3. Datos de perforación - Drilling Data

En esta sección se tienen: Datos de perforación, *Drilling Data* asociados a la operación de perforación en campo y características del lodo medidas a nivel de laboratorio. En esta sección se debe ingresar la información correspondiente a la etapa de perforación:

- Tiempo de exposición tota, *Total Exposure Time (d)*.
- Tasa de bombeo del lodo, *Pump rate (gpm)*.
- Densidad máxima del lodo, *Mud Density (ppg)*.
- Viscosidad plástica del lodo, *Plastic Viscosity (cP)*.
- Punto de cedencia, *Yield Point (lbf/100ft²)*
- Tasa de perforación, *ROP (ft/h)*. Automáticamente la herramienta calcula este valor, sin embargo, se puede modificar si se cuenta con uno más preciso.
- Densidad equivalente de circulación del lodo, *ECD (Equivalent Circulating Density) (gpm)*. La herramienta calcula este valor al hacer clic sobre el botón azul con la etiqueta *Calculate ECD* ubicado bajo la casilla; Este valor se puede modificar manualmente si el usuario así lo requiere.

The screenshot shows a software interface with four tabs: General Data, Filtration Functions, Drilling Data, and Completion Data. The Drilling Data tab is active, displaying a form with the following fields and values:

Field	Value	Unit
Total Exposure Time *	23	d
Pump Rate *	300	gpm
Mud Density *	8.4	lb/gal
Plastic Viscosity *	12	cP
Yield Point *	8	lbf/100ft ²
ROP *	3.4420289855072	ft/h
ECD (Equivalent Circulating Density) *	8.56	gpm

A blue button labeled "Calculate ECD" is located at the bottom left of the Drilling Data section.

Ilustración 14. Sección Drilling Data

5.4. Datos de cementación - Completion Data

En esta sección se tienen: Datos de completamiento, *Completion Data* asociados a la operación de cementación en campo y características de la lechada de cemento medidas a nivel de laboratorio. En esta sección se debe ingresar la información correspondiente a la etapa de cementación:

- Tiempo de exposición tota, *Total Exposure Time (d)*.
- Tasa de bombeo de la lechada de cemento, *Pump rate (gpm)*.
- Densidad máxima de la lechada de cemento, *Cement Slurry Density (ppg)*.
- Viscosidad plástica de la lechada de cemento, *Plastic Viscosity (cP)*.
- Punto de cedencia, *Yield Point (lbf/100ft²)*
- Densidad equivalente de circulación de la lechada de cemento, *ECD (Equivalent Circulating Density) (gpm)*. La herramienta calcula este valor al hacer clic sobre el botón azul con la etiqueta *Calculate ECD* ubicado bajo la casilla; Este valor se puede modificar manualmente si el usuario así lo requiere.

Si no se cuenta con las variables necesarias para esta sección o simplemente no se desea tener en cuenta la etapa de cementación en el procedimiento, ese se puede omitir haciendo clic sobre el recuadro con la etiqueta *Available* ubicado en la pestaña gris. En la ilustración 15 se muestra la interfaz para esta sección.

The screenshot shows a software interface with four tabs: General Data, Filtration Functions, Drilling Data, and Completion Data. The Completion Data tab is selected and highlighted. Below the tabs, there is a section titled 'Completion Data' with a checkbox labeled 'Available' that is checked. The section contains six input fields arranged in two columns. The left column has 'Total Exposure Time *' (0.0625 d), 'Cement Slurry Density *' (10 lb/gal), and 'Yield Point *' (8.8 bbf/100ft²). The right column has 'Pump Rate *' (210 gpm), 'Plastic Viscosity *' (17 cP), and 'ECD (Equivalent Circulating Density) *' (10.176 gpm). A blue button labeled 'Calculate ECD' is positioned below the ECD input field.

Field	Value	Unit
Total Exposure Time *	0.0625	d
Pump Rate *	210	gpm
Cement Slurry Density *	10	lb/gal
Plastic Viscosity *	17	cP
Yield Point *	8.8	bbf/100ft ²
ECD (Equivalent Circulating Density) *	10.176	gpm

Ilustración 15. Sección Completion Data

Finalmente, se da al botón azul *Run*. Los resultados que se presentan son: El perfil de invasión (ft) vs profundidad (ft) para las etapas de perforación y cementación. Adicionalmente, se presenta para la fase de perforación, cementación los siguientes parámetros:

- Máximo Skin calculado, para cada fase y total, *Maximum Calculated Skin* (adimensional).
- Skin promedio calculado, para cada fase y total, *Average Calculated Skin* (adimensional).
- Volumen total invadido, para cada fase y total, *Total Invasion Volumen* (bbl).
- Máximo radio de invasión, para cada fase, *Maximum Invasion Radius* (ft).
- Radio promedio de invasión, para cada fase, *Average Invasion Radiud* (ft).

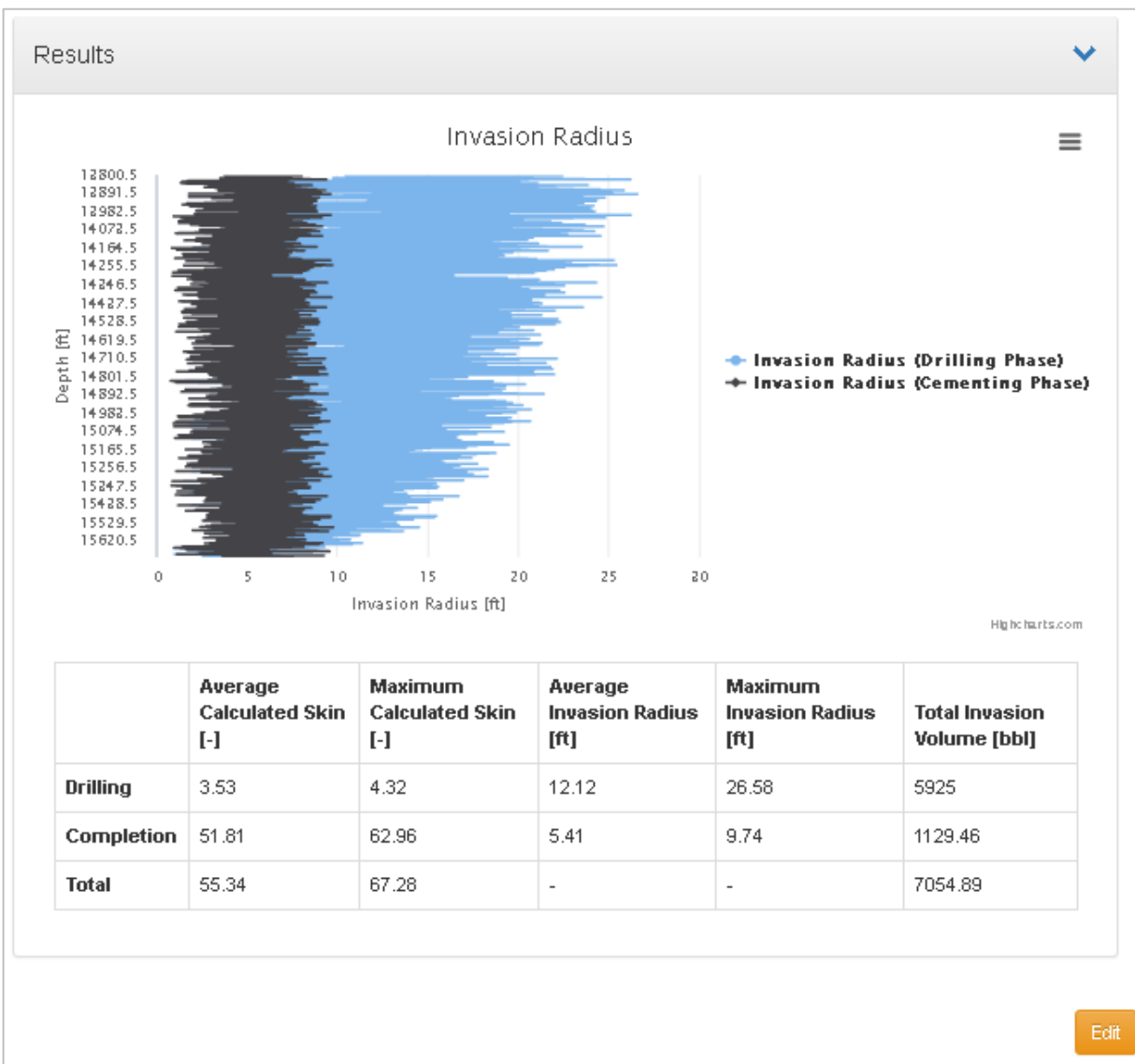


Ilustración 16. Resultados de Drilling and Completion

Adicionalmente, la herramienta cuenta con una opción de edición por si se requiere hacer algún cambio en los parámetros utilizados para el cálculo, botón amarillo, *Edit*.