

Comparación de lecturas  
obtenidas por el reflectómetro de  
dominio de tiempo con las  
predicciones del análisis numérico  
del terreno para el talud de casa de máquinas  
del Proyecto Hidroeléctrico Chucás





# Abstract

The present work is to compare the readings obtained by the Reflectometer Time Domain with the predictions of the behavior of the land from numerical analysis in various geotechnical sections of the slope of powerhouse Hydroelectric Project Chucás, what is means from the reflection coefficient data obtained from TDR and displacements obtained from the geotechnical model of the slope and compare those.

Two geotechnical models were analyzes, located on both sides of the slope and also two theories were use, first Fallas's theory and the second Dowding's theory to determine the displacement from the reflection coefficient. In the geotechnical model displacements up to 70 mm were obtained at critical stages 10 and 12 who were cuts at the foot of the slope, theories showed results of 1.5 mm maximum in the case of Fallas and Dowding values were  $9 \times 10^{-5}$  maximum. Then these were compared and the magnitude results were not close values but once you were plotted, the behavior was similar in the critical stages of the construction process, especially in tensile stress.

# Resumen

En el presente trabajo se pretende comparar las lecturas obtenidas por el reflectómetro en el dominio de tiempo con las predicciones del comportamiento del terreno a partir de análisis numérico en varias secciones geotécnicas del talud de casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Chucás, es decir, a partir de los datos de coeficiente de reflexión obtenidos del TDR y los desplazamientos obtenidos del modelo geotécnico del talud se realiza una comparación.

Se utilizan dos modelos geotécnicos para los análisis, situados en dos partes del talud y las teorías de Fallas y Dowding para determinar el desplazamiento a partir del coeficiente de reflexión. En el modelo geotécnico se obtuvieron desplazamientos de un máximo de 70 mm en las etapas críticas 10 y 12 que fueron los cortes al pie del talud, las teorías mostraron resultados de 1,5 mm como máximo en el caso de Fallas y Dowding con valores  $9 \times 10^{-5}$ . Luego, estos fueron comparados y se obtiene como conclusión con lo que respecta a la magnitud, los resultados no tuvieron valores cercanos pero una vez que fueron graficados, se considera que en las etapas críticas del proceso constructivo se aprecia comportamiento similar, sobre todo en los puntos donde se tienen esfuerzos en cortante.



# **Comparación de lecturas obtenidas por el reflectómetro de dominio de tiempo con las predicciones del análisis numérico del terreno para el talud de casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Chucás**

JESSICA MARÍA ARGUEDAS HERNÁNDEZ

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Julio del 2014

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN



# Contenido

<b>PREFACIO</b> .....	1
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	2
<b>OBJETIVOS</b> .....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos .....	3
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
<b>Instrumentación geotécnica</b> .....	5
Reflectómetro de Dominio de Tiempo.....	5
-Ventajas y desventajas .....	5
-Funcionamiento .....	5
-Colocación.....	7
-Análisis gráfico.....	7
-Filtro matemático.....	8
-Coeficiente de reflexión versus deformación .....	9
<b>Análisis de esfuerzo- deformación</b> .....	10
Factor de seguridad.....	10
Análisis numérico de esfuerzo- deformación ....	10
-Análisis en ingeniería geotécnica .....	11
-Métodos Diferenciales .....	11
-Método de elementos finitos .....	12
<b>METODOLOGÍA</b> .....	13
<b>Recopilación de datos</b> .....	13
Estudio de caracterización del talud.....	14
<b>Definir el modelo Geotécnico</b> .....	14
Modelo en Slide y Phase <sup>2</sup> .....	14
Análisis esfuerzo-deformaciones.....	14
<b>Análisis y predicción de lecturas del TDR</b> ....	15
Aproximación de desplazamientos del TDR .....	15
Comparación y ajustes entre las lecturas del TDR y el modelo geotécnico.....	15
<b>RESULTADOS</b> .....	16
<b>Perfiles estratigráficos</b> .....	16
Simplificación de los perfiles estratigráficos.....	18
Cortes y reforzamiento del talud.....	19
Caracterización del talud .....	20
<b>Análisis de estabilidad</b> .....	20
<b>Análisis de esfuerzo-deformación</b> .....	24
<b>Comparación de desplazamientos</b> .....	28
<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	42
<b>CONCLUSIONES</b> .....	45
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	46
<b>APÉNDICES</b> .....	48
<b>ANEXOS</b> .....	51

<b>REFERENCIAS</b> .....	92
--------------------------	----





# Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Funcionamiento de la medición del TDR. (Joseph Renner, 2014).....	6
<b>Figura 2.</b> Cable coaxial. (ISO/IEC, 2014) .....	6
<b>Figura 3.</b> Colocación del TDR. (Anderson, 1994) .....	7
<b>Figura 4.</b> Gráfico de deformación del TDR. (Anderson, 1994).....	8
<b>Figura 5.</b> Gráfico de zonas de interpretación. (Joseph Renner, 2014).....	8
<b>Figura 6.</b> Analogía entre el flujo de agua en medios porosos y las ondas electromagnéticas en el cable coaxial. (Dowding, 1999) .....	9
<b>Figura 7.</b> Gráfico de relación entre coeficiente de reflexión, capacitancia y la deformación a partir de análisis numérico. (Dowding, 1999)9	
<b>Figura 8.</b> Elementos básicos de un modelo. (Rocsience, 2012) .....	11
<b>Figura 9.</b> Discretización. (Robles, 2006) .....	12
<b>Figura 10.</b> Número discreto de nodos. (Robles, 2006) .....	12
<b>Figura 11.</b> Esquema de metodología (Autora, 2014) .....	15
<b>Figura 12.</b> Perfil estratigráfico TDR #2 (Insuma, 2013) .....	16
<b>Figura 13.</b> Perfil estratigráfico TDR#1 (Insuma, 2013) .....	16
<b>Figura 14.</b> Perfil estratigráfico TDR #1 (Autora) 17	
<b>Figura 15.</b> Perfil estratigráfico TDR#2 (Autora) 17	
<b>Figura 16.</b> Perfil estratigráfico simplificado TDR#1 (Autora).....	18
<b>Figura 17.</b> Perfil estratigráfico simplificado TDR#2 (Autora).....	18
<b>Figura 18.</b> Detalle de reforzamiento del talud. (ENEL Green Power, 2014) .....	19
<b>Figura 19.</b> Esquema de cortes, reforzamiento y drenajes TDR#1 (Autora) .....	19
<b>Figura 20.</b> Modelo del talud natural sección completa (Autora).....	20
<b>Figura 21.</b> Sección para el análisis de estabilidad TDR#1 (Autora) .....	21
<b>Figura 22.</b> Sección para el análisis de estabilidad TDR#1 (Autora) .....	22
<b>Figura 23.</b> Modelo del talud TDR#1 en Phase <sup>2</sup> (Autora) .....	25
<b>Figura 24.</b> Modelo del talud TDR#2 en Phase <sup>2</sup> (Autora) .....	25
<b>Figura 25.</b> Interpretación del modelo TDR#1 en Phase <sup>2</sup> (Autora) .....	26
<b>Figura 26.</b> Interpretación del modelo TDR#2 en Phase <sup>2</sup> (Autora).....	26



# Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Desplazamientos horizontales TDR#1 (Autora).....	27
<b>Gráfico 2.</b> Secuencia de datos del TDR#1 (Autora) .....	28
<b>Gráfico 3.</b> Datos de TDR#2 (Autora) .....	29
<b>Gráfico 4.</b> Comparación de desplazamientos etapa 2 TDR#1 (Autora) .....	30
<b>Gráfico 5.</b> Comparación de desplazamientos etapa 3 TDR#1 (Autora) .....	31
<b>Gráfico 6.</b> Comparación de desplazamientos etapa 4 TDR#1 (Autora) .....	32
<b>Gráfico 7.</b> Comparación de desplazamientos etapa 5 TDR#1 (Autora) .....	33
<b>Gráfico 8.</b> Comparación de desplazamientos etapa 6 TDR#1 (Autora) .....	34
<b>Gráfico 9.</b> Comparación de desplazamientos etapa 7 TDR#1 (Autora) .....	35
<b>Gráfico 10.</b> Comparación de desplazamientos etapa 8 TDR#1 (Autora) .....	36
<b>Gráfico 11.</b> Comparación de desplazamientos etapa 9 TDR#1 (Autora) .....	37
<b>Gráfico 12.</b> Comparación de desplazamientos etapa 10 TDR#1 (Autora) .....	38
<b>Gráfico 13.</b> Comparación de desplazamientos etapa 11 TDR#1 (Autora) .....	39
<b>Gráfico 14.</b> Comparación de desplazamientos etapa 12 TDR#1 (Autora) .....	40
<b>Gráfico 15.</b> Comparación de desplazamientos etapa 13 TDR#1 (Autora) .....	41



# Prefacio

Si bien es cierto, los desastres naturales no se pueden controlar, la instrumentación es útil para verificar la estabilidad de un talud de corte como el caso del talud de casa de máquinas del proyecto hidroeléctrico Chúcas. Una de estas maneras es por medio de la lectura de datos con instrumentos tecnológicos donde se pueda lograr asociar dichas lecturas a acciones de alerta.

El reflectómetro en el dominio de tiempo (TDR) es un instrumento utilizado para verificar la estabilidad de taludes. Este instrumento tiene la capacidad de detectar la profundidad a la que se encuentra la superficie de falla. Consiste en un cable coaxial que es colocado en forma vertical desde la superficie del suelo, hasta llegar a una zona estable como macizo rocoso, a este cable se le suministra una señal eléctrica y mide cómo varían las propiedades eléctricas a lo largo del cable. Estas propiedades eléctricas se pueden ver afectados por los esfuerzos que producen el suelo o la roca sobre el cable coaxial. Este método se considera económico en comparación con otros instrumentos de análisis de estabilidad de taludes como por ejemplo los inclinómetros y extensómetros.

Es por estas dos razones mencionadas anteriormente que surge la idea de proponer un proyecto para controlar el talud de excavación del proyecto hidroeléctrico Chúcas, propuesta por la empresa Campbell Scientific Inc. La empresa actualmente brinda servicios de instalación y monitoreo del sistema TDR pero también se requiere brindar el servicio para verificar la estabilidad de taludes. La idea es interpretar los datos y verificar si el comportamiento del talud es adecuado o, bien, definir la necesidad de intervenciones que garanticen su estabilidad. Se busca también promover la utilización de la tecnología del TDR para el análisis de estabilidad de taludes en Costa Rica.

Por último, me gustaría agradecer al Instituto Tecnológico de Costa Rica y a la Escuela de Ingeniería en Construcción por su apoyo y conocimientos otorgados. A cada uno de los

profesores que me formaron como profesional y el aprendizaje en cada clase.

A la empresa Campbell Scientific Inc. por brindarme la oportunidad de trabajar en este proyecto y por su gran apoyo durante el proceso en que este se llevó a cabo. También quiero agradecer en gran parte al Profesor guía Don Marco Tapia por brindarme su gran apoyo y su valioso conocimiento para realizar este proyecto a mi lado.

A mis amigos y compañeros que estuvieron en cada momento dándome su apoyo durante el proceso de toda mi carrera.

Pero en especial, infinitas gracias a mis padres y hermanos a quienes amo, que me apoyaron incondicionalmente en todo momento durante todo este proceso, sin ellos no hubiese sido posible este gran esfuerzo.

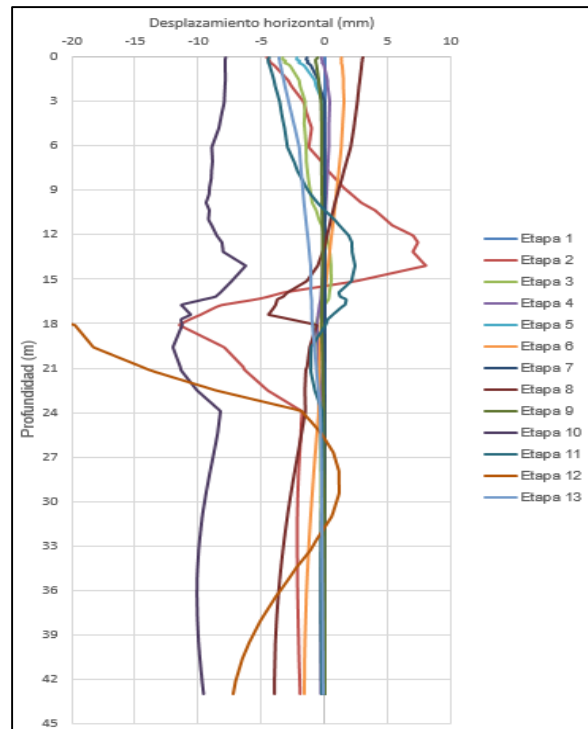
# Resumen ejecutivo

El presente trabajo tiene como objetivo general comparar las lecturas obtenidas por el reflectómetro en el dominio de tiempo con las predicciones del comportamiento del terreno a partir de análisis numérico en varias secciones geotécnicas del talud de casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Chucás.

En este proyecto se analizan dos puntos donde se encuentran colocados los TDR, para ellos se utilizó la siguiente metodología, primero se hizo una recopilación de datos para hacer un estudio de caracterización del talud y poder determinar el perfil estratigráfico. Luego se define el modelo geotécnico el cual se analiza en el programa Slide 8.0 para observar la estabilidad de ambos taludes, observando el talud del TDR#1 que la parte superior del talud es la más crítica con valores de factor de seguridad de 0,3. Esta zona tiene un punto crítico cuando se lleva a cabo los cortes 5 y 6 al pie del talud del proceso constructivo. Para el caso del talud del TDR#2 tiene un factor de seguridad de 0,6 con inestabilidad en la parte inferior en su estado natural. Luego se realiza un análisis de esfuerzo-deformación con el programa Phase2 para determinar los desplazamientos, para el caso del TDR#1 se obtiene como máximo 70 mm en las etapas críticas y en el TDR#2 valores máximos de 50 mm.

A continuación se presentan los desplazamientos obtenidos a partir del modelo geotécnico del TDR#1 en las distintas etapas del proceso constructivo. Este proceso tiene 6 cortes del talud y cada uno de ellos la colocación de reforzamiento.

Luego del análisis del modelo, se estudian las lecturas de ambos TDR, para el TDR#1 se toman las lecturas que fueron tomadas durante el proceso constructivo y en cuanto al TDR#2 se toma una de las primeras lecturas realizadas ya que está en su estado natural y se aproximan a un desplazamiento utilizando las teorías de Fernando



Fallas y O'Connor Dowding para compararlas con los desplazamiento del modelo geotécnico.

Con la teoría de Fallas los desplazamientos obtenidos tiene un máximo de 1,5 mm y para Dowding se obtiene valores de  $9 \times 10^{-5}$  mm, los cuales representan datos menores a lo obtenido en el modelo geotécnico.

Se puede concluir, que las magnitudes de los desplazamientos del modelo son mayores que las obtenidas en las teorías, con valores de 50 veces más. Pero analizando el comportamiento por medio de gráficas, se observa que las etapas críticas y cuando se presentan esfuerzos de tensión, el comportamiento es similar, debiéndose a que el TDR muestra cambios cuando los desplazamientos son mayores y no en el caso si estos son pequeños.

# Objetivos

## Objetivo General

- Comparar las lecturas obtenidas por el reflectómetro en el dominio de tiempo con las predicciones del comportamiento del terreno a partir de análisis numérico en varias secciones geotécnicas del talud de casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Chucás.

## Objetivos Específicos

- Recopilar y analizar los ensayos realizados y la información existente que la empresa Campbell Scientific posea del Proyecto Hidroeléctrico Chucás.
- Caracterizar geo-mecánicamente el suelo y la roca para el modelo geotécnico mediante la información existente y ensayos realizados previamente del Proyecto hidroeléctrico Chucás.
- Definir el modelo geotécnico que incluya las propiedades geo-mecánicas y físicas, simulando lo más cercano a la realidad al talud de casa máquinas del Proyecto hidroeléctrico Chucás.
- Determinar los esfuerzos y deformaciones del talud, analizando el modelo geotécnico por medio de la utilización de un software.
- Comparar los datos gráficos obtenidos por el reflectómetro en el dominio del tiempo con la predicción dada por el modelo geotécnico en diferentes secciones geotécnicas.
- Proponer mejoras a la metodología del análisis y comparación para casos futuros de la empresa Campbell Scientific.

# Introducción

Este proyecto de graduación presenta un modelo geotécnico del talud de casa de máquinas del Proyecto Hidroeléctrico Chucás para analizar las deformaciones, esfuerzos y estabilidad del talud y así compararlo con las lecturas obtenidas por TDR. Se pretende que esta metodología se logre implementar para otros taludes a futuro. También se busca reconocer la importancia de la instrumentación geotécnica en Costa Rica, la cual tiene como objetivo llevar un control del comportamiento de un terreno y a su vez poder predecir un posible deslizamiento y evitar un desastre. Se destaca en este proyecto el estudio del TDR, el cual es un instrumento que existe desde los años 1980. Se utilizó inicialmente para el control de fallas o rupturas en las líneas de comunicación de los túneles para la minería de carbón de esos años. Este contaba con un cable coaxial y un analizador para la lectura de voltaje. Con el pasar del tiempo se empezó a implementar en la geotecnia, sustituyendo instrumentos de alto costo como los inclinómetros.

El TDR es un instrumento que ha sido poco estudiado en cuanto a interpretación se refiere, puesto que de él no se obtienen medidas directas de desplazamientos o deformaciones. La mayoría de las investigaciones que se han realizado son acerca de su funcionamiento del TDR, como por ejemplo, sus propiedades eléctricas, interpretación de datos y cómo realiza la lectura de los mismos, es de ahí que surge la idea de este proyecto ya que con ello se logrará verificar la estabilidad del talud de casa de máquinas del proyecto hidroeléctrico Chucás por medio un modelo geotécnico y el análisis de esfuerzos-deformaciones.

Actualmente en Costa Rica la utilización de instrumentación tecnológica para el análisis de taludes está presente en proyectos hidroeléctricos y rutas viales, como por ejemplo, el proyecto hidroeléctrico Chucás y la ruta 27. Así como también es poca la investigación que hay al respecto, en su mayoría muestra la utilización del instrumento pero no más allá de ello, esto se puede evidenciar por las escasas tesis de

graduación relacionadas con este tema, según se pudo verificar en el proceso de indagación de antecedentes.

La utilización del método TDR en nuestro país ha sido en su mayoría en proyectos hidroeléctricos y se podría decir que nula en otro tipo de proyectos. Así lo afirma empresa Campbell Scientific, la cual maneja este tipo de instrumentos dentro del país. A nivel general, se podría indicar que la instrumentación geotécnica en Costa Rica no es muy utilizada en otro tipo de infraestructura. Sin embargo, su aporte podría ser muy significativo, porque con el TDR se podría verificar la estabilidad de taludes, determinar movimientos de laderas por medio de recolección de datos y poder registrar la ubicación de la superficie de falla, además por medio de comunicación remota se podría tener un control automatizado con umbrales de alarma que alerten mecanismos de emergencia. A nivel internacional existen algunas investigaciones de la utilización del método TDR en análisis de estabilidad de taludes, realizadas por los autores Dowding, SU y Connor, con artículos como “La medición de la deformación del macizo rocoso con cables de antena coaxial con lechada”, entre otros realizados por los mismos autores como “Aplicación del TDR en la industria minera” y “Principios del reflectómetro de dominio de tiempo aplicados a la medición de la deformación del macizo rocoso”. En Costa Rica existe una tesis de la Universidad de Costa Rica realizada por el estudiante Fernando Fallas, con el nombre de “Aplicación del método de TDR para análisis y monitoreo de la estabilidad de taludes”. Es importante reconocer que para la investigación y análisis de un talud es necesario contar con la mayor información posible como la topografía, la geología, las propiedades geotécnicas y otras que se vean involucradas con el comportamiento del talud, con el fin de conseguir un diseño preciso, en este caso de un modelo geotécnico para el análisis confiable de la estabilidad y del comportamiento de esfuerzo-deformación.



# Marco Teórico

## Instrumentación geotécnica

La instrumentación geotécnica tiene como finalidad determinar el comportamiento y características del terreno para predecir su evolución frente a cargas, movimientos, empujes y demás acciones, tanto naturales como inducidas por las obras. (Ramírez, 2012)

Esta se encuentra dentro del campo de la investigación in situ que tiene como objetivo la realización de estudios geológicos-geotécnicos según la fase en que se encuentre el proyecto, una de estas fases es la construcción donde es necesario el control geotécnico y la instrumentación. La cual consiste en la instalación de instrumentos y la lectura de estos para el control de calidad y seguridad del proyecto.

### Reflectómetro de Dominio de Tiempo

El reflectómetro de dominio de tiempo es uno de los sistemas de instrumentación de taludes, que es comúnmente conocido por sus siglas TDR.

El reflectómetro en el dominio de tiempo (TDR) es un instrumento utilizado para verificar la estabilidad de taludes. Este instrumento tiene la capacidad de detectar la profundidad a la que se encuentra la superficie de falla. Consiste en un cable coaxial que es colocado en forma vertical desde la superficie del suelo hasta llegar a una zona estable como macizo rocoso, a este cable se le suministra una señal eléctrica y mide como varían las propiedades eléctricas a lo largo del cable. Estas propiedades eléctricas se pueden ver afectadas por los esfuerzos que producen el suelo o la roca sobre el cable coaxial.

### Ventajas y desventajas

El TDR es un instrumento de medición de movimiento que fue desarrollado en 1980, con el objetivo de detectar fallas o rupturas en las líneas de comunicación en minas subterráneas de carbón de esa época. Contaba con un cable coaxial y un analizador para la lectura de voltaje. Con el pasar del tiempo se empezó a implementar en la geotecnia, ya que tenía algunas ventajas como el bajo costo con respecto a otros instrumentos de medición, la facilidad de medición, ya que se tarda poco minutos en comparación con métodos que es necesario hasta una hora, además puede ubicarse en varios lugares, ejemplo carreteras, presas, taludes, también su sistema de medición puede ser automático si así se desea.

Algunas de sus desventajas es que no puede determinar la deformación exacta en milímetros, sólo se pueden hacer aproximaciones, no se puede determinar la dirección del movimiento y, en caso de flexión simple, las mismas no son detectadas, es decir, no indica cualquier movimiento. En el caso de que el agua se filtre en el cable, las mediciones se ven afectadas y la dificultad de interpretación aumenta.

### Funcionamiento

El monitoreo mediante TDR consiste en la medición del tiempo que tarda un pulso eléctrico en ir y regresar a su fuente de energía, es decir, como en forma de eco. Para lograr calcular la distancia de la superficie reflejada, es necesario conocer la velocidad a la que viaja este pulso eléctrico.

En la Figura 1 se observa cómo debe ir colocada la instrumentación para que las lecturas sean certeras.

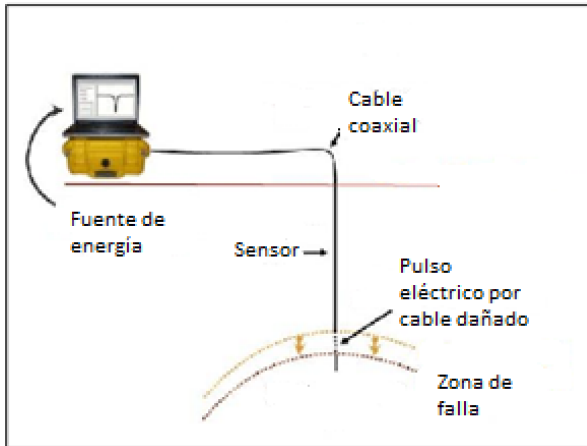


Figura 1. Funcionamiento de la medición del TDR. (Joseph Renner, 2014)

Su funcionamiento se basa en la característica principal de analizar los cambios de impedancia en un cable coaxial, donde la impedancia es la resistencia de un circuito de corriente cuando se aplica un voltaje. La impedancia es controlada por varias propiedades del cable coaxial, incluyendo la capacitancia entre los dos conductores, la inductancia del cable, la resistencia dentro de los conductores, y la conductividad del dieléctrico (Joseph Renner, 2014).

Cuando se habla de capacitancia, se refiere la característica de un sistema de almacenar carga eléctrica entre el conductor y el dieléctrico, en forma de campo eléctrico. En cuanto a la inductancia, es el campo eléctrico que se crea a partir de la corriente eléctrica que pasa a través del cable coaxial. La resistencia de un conductor es la oposición que se presenta al paso de la corriente eléctrica. Por último la conductividad que se refiere a la facilidad de que pase corriente eléctrica a través del material.

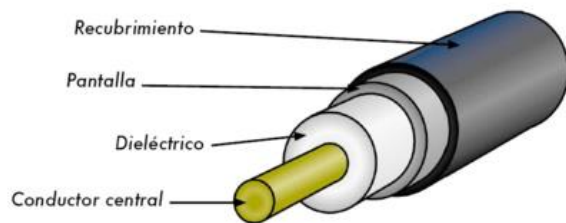


Figura 2. Cable coaxial. (ISO/IEC, 2014)

Basicamente la impedancia cambia en el cable coaxial cuando se da un cambio en su área transversal, una forma de que esto ocurra es por

medio de una deformación, esta puede ocurrir bajo esfuerzos de tensión y compresión. Esos cambios de impedancia se ven registrados por el TDR por medio de lecturas de coeficientes de reflexión en diferentes puntos a lo largo del cable coaxial.

Según O'Connor and Dowding (1999) se define el coeficiente de reflexión ( $\rho$ ) con la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{V_r}{V_i} \quad \text{Ecuación 1}$$

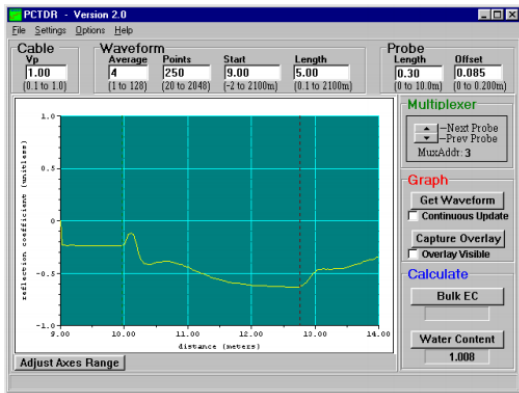
Donde  $\rho$  = coeficiente de reflexión,  $V_r$  = voltaje del pulso eléctrico reflejado y  $V_i$  = voltaje inicial.

Existen algunos aspectos importantes que deben ser considerados para que las lecturas se realicen de la forma correcta. Estos son algunos parámetros iniciales de calibración:

- Velocidad de propagación ( $V_P$ ): uno de los puntos más importantes de calibración. Este dato es dado por el fabricante y esta es la velocidad con la que viaja el pulso eléctrico a través del cable coaxial.
- Puntos: se refiere al número de puntos que se quieren medir a lo largo del cable coaxial.
- Longitud del cable: constituye a la longitud de cable coaxial donde se van a distribuir los puntos de medición.
- Promedio: en cada punto a lo largo del cable coaxial que se realice una medición, el dato obtenido es un promedio. Este parámetro lo que pide es la cantidad de datos que se quieren tomar para realizar dicho promedio.
- Inicio: se refiere a la distancia entre el servidor de energía y el inicio del cable coaxial.

Estos datos iniciales son ingresados cada vez que se realice una medición del TDR. En la figura 3 se puede observar el programa de medición del TDR. Este programa fue desarrollado por Campbell Scientific, Inc. Se pueden ver los resultados inmediatos de la medición o bien puede ser trasladado a una computadora. También se tiene la facilidad de poder medir varios TDR al mismo tiempo por medio de un sistema llamado multiplexor.

Los datos del TDR se representan generalmente por un gráfico de distancia versus el coeficiente de reflexión, en la Figura 3 se puede observar la representación gráfica.

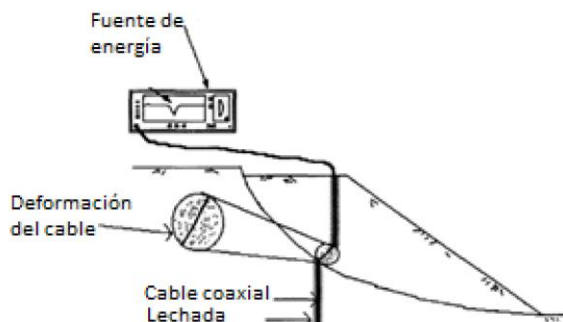


**Figura 3.** Medición y registro de datos del TDR (Scientific, 2000)

Gráficamente cuando el cable del sensor no está dañado, todos los puntos a lo largo del cable debe tener el mismo coeficiente de reflexión. El estado de la terminación de fondo de pozo del cable se puede interpretar a partir del comportamiento de la final de la forma de onda (Joseph Renner, 2014).

## Colocación

La ubicación del TDR se basa en colocarlo de tal manera que el cable coaxial pase por la falla del talud, esto con el fin de detectar, por medio de los sensores, a qué distancia se encuentra la zona de falla en el talud y seguir un control de esta. Generalmente se realizan estudios previos para que la colocación del TDR sea la óptima. A continuación se muestra la representación gráfica de la colocación de un TDR en un talud.



**Figura 3.** Colocación del TDR. (Anderson, 1994)

Cuando se realiza la perforación, el cable coaxial quedará inmerso en una lechada, es decir, alrededor del cable se encontrará lechada (agua y cemento) la cual se asemejará al suelo o roca para que los esfuerzos del suelo sean transmitidos a través de la misma. Preferiblemente se llega a roca firme donde es empotrado el cable entre 3 a 5 metros de profundidad.

Cuando es colocado el cable y la lechada ya ha fraguado, se realiza la medición inicial como se mencionó anteriormente y estos datos son utilizados como datos base.

## Análisis gráfico

Las gráficas obtenidas por el TDR pueden ser interpretadas con el fin de conocer el comportamiento del suelo y la ubicación de perfil de falla del talud. Según Joseph Renner (2014) y Fernando Fallas (2011), han determinado por pruebas en laboratorio que se han realizado al cable coaxial que este sufre dos tipos de esfuerzos, cortante y tensión. Estos esfuerzos se dan en conjunto, aunque en algunos casos uno de los esfuerzos se da en mayor magnitud y se puede observar en representación gráfica. Según KANE (1998) estos esfuerzos se pueden observar como en el siguiente gráfico.

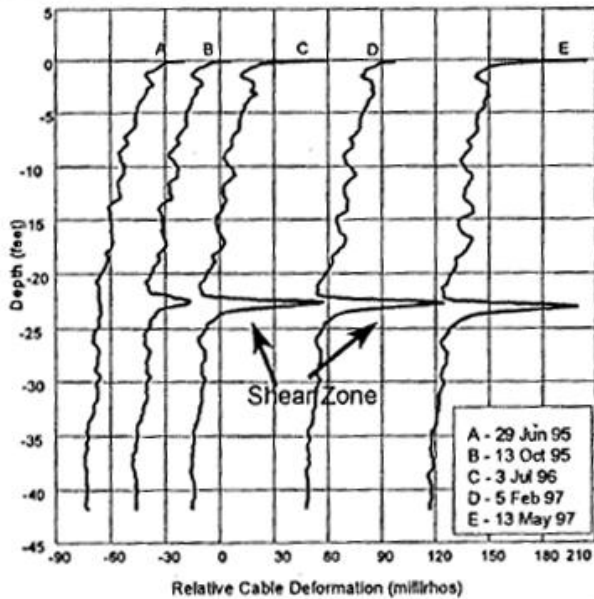


Figura 4. Gráfico de deformación del TDR (Anderson, 1994).

Según Fernando Fallas (2011) los registros constan con 3 zonas:

- Zona del efecto del conector: varía de 1 a 5 metros, esto depende del conector del cable. Se presenta al inicio del cable coaxial.
- La segunda zona es la de interpretación, donde los datos son analizados y es la parte de mayor importancia para observar los cambios que van ocurriendo.
- La tercera y última zona es la de circuito, que está presente en la última parte del cable coaxial, luego de la zona de interpretación. Se pueden presentar dos tipos de circuito: Un circuito abierto, en donde no se tenga en contacto el conductor interno y la malla externa, o un circuito en corto en donde se produzca el contacto directo entre ambas partes de la sonda, cerrando de esta forma el circuito (Barrantes, 2011).

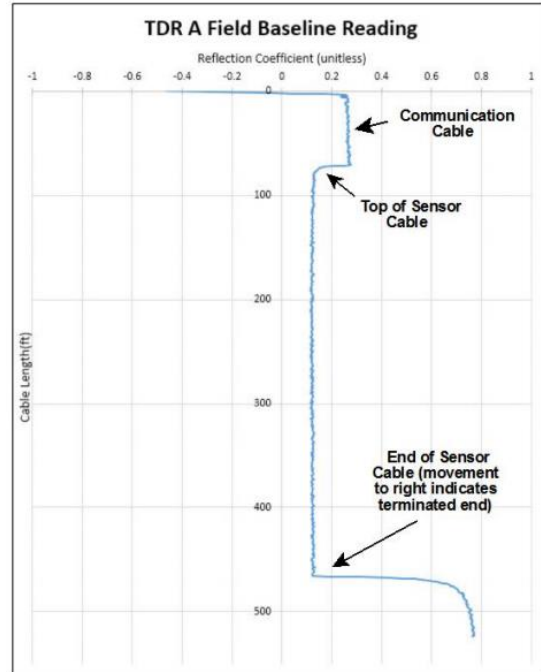


Figura 5. Gráfico de zonas de interpretación (Joseph Renner, 2014).

Es bueno recalcar que cuando los coeficientes de reflexión son cercanos al valor de +1, representa a un circuito abierto y cuando son cercanos a -1 representa a un circuito en corto. Es por esta razón que estos valores son utilizados como umbrales de alerta en la interpretación de los datos del TDR.

## Filtro matemático

Para facilitar la interpretación del TDR es común utilizar un filtro matemático de sonido, esto con el fin de tener una mejor apreciación de los cambios de los esfuerzos.

El filtro matemático consiste en remover el ruido de la gráfica. Esta técnica se llama “low-pass”, que permite una influencia logarítmicamente decreciente en los valores filtrados en las muestras vecinas. El filtro se aplica de forma bidireccional a los valores crudos del registro y los resultados de los valores filtrados en cada dirección se promedian de acuerdo con la siguiente ecuación, donde  $x'_1$  y  $x'_2$  son los valores filtrados en cada dirección y  $x'_i$  es el resultado final ya filtrado (Barrantes, 2011).

$$x'_{i,1} = kx'_{i-1,1} + (1 - k)x_i \text{Ecuación 2}$$

$$x'_{i,2} = kx'_{i-1,2} + (1 - k)x_i \text{Ecuación 3}$$

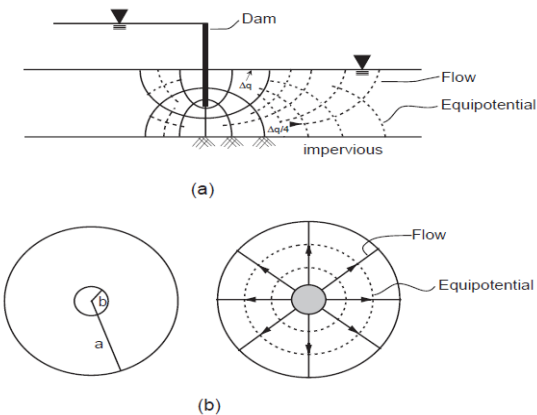
$$x'_i = 0.5(x'_{i,1} + x_{i,2}) \text{Ecuación 4}$$

Donde k es una constante y su valor es de 0.90 es el porcentaje de la frecuencia de la onda que desea ser considerada en el cálculo.

## Coeficiente de reflexión versus Deformación

Como se mencionó anteriormente, el TDR fue diseñado para detectar zonas de falla y no para la medición de deformación, pero esta deformación puede ser aproximada por medio de la determinación del coeficiente de reflexión, según mencionan O' Connor & Dowding (1999).

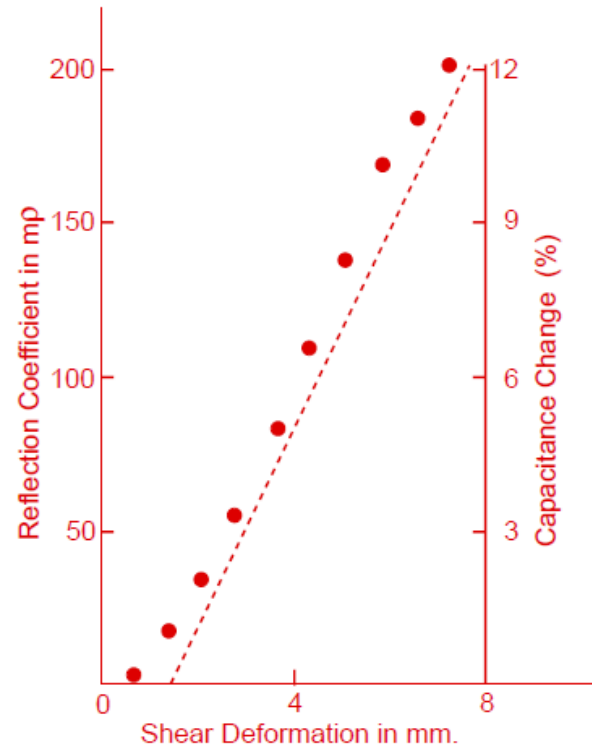
Una vez que el pulso eléctrico se propaga por el cable, la energía está siendo transformada constantemente de un campo eléctrico a un campo magnético. O' Connor & Dowding consideran que en un instante en el tiempo, el campo eléctrico está asociado con un pulso electromagnético que, a medida que pasa a través del plano transversal del cable coaxial, es equivalente matemáticamente a un campo de flujo laminar producido por la filtración. Como por ejemplo, en el caso de una presa donde el agua fluye por debajo de ella y en el caso del cable coaxial la corriente fluye del conductor interno al externo.



**Figura 6.** Analogía entre el flujo de agua en medios porosos y las ondas electromagnéticas en el cable coaxial (Dowding, 1999).

Por lo que, si se observa, ambos consisten en líneas equipotenciales y de flujo o corriente eléctrica, los cuales son perpendiculares.

Utilizando el método de elementos finitos y simulando la deformación del cable coaxial, se hace un análisis de la capacitancia del cable y sus diferentes geometrías, obteniendo la siguiente gráfica que relaciona dichos parámetros a la deformación.



**Figura 7.** Gráfico de relación entre coeficiente de reflexión, capacitancia y la deformación a partir de análisis numérico (Dowding, 1999).

Otra aproximación de deformación es la que propone Fernando Fallas (2011), por medio de pruebas de laboratorios, donde el cable coaxial es sometido a esfuerzos de tensión y cortante, analizando el comportamiento del coeficiente de reflexión con respecto a la elongación del cable y su deformación.

Fallas (2011) obtiene dos ecuaciones las cuales deben ser utilizadas para los esfuerzos respectivos. Él plantea que el cable coaxial bajo tensión pura tiene un comportamiento lineal inicialmente y luego este se deforma plásticamente. La ecuación que propone para tensión pura es la siguiente:

$$\Delta \rho [\text{mrhos}] = 0,0328 * \text{elongación} [\text{cm}] \text{ Ecuación 5}$$

Los esfuerzos de cortante también se comportan de forma lineal, en este caso no hay una zona de deformación plástica del cable pues, una vez sometido a cortante, este llega a la ruptura. La ecuación que se propone para cortante puro es la siguiente:

$$\Delta \rho [\text{mrhos}] = 0,0387 * \text{Deformación en cortante} [\text{cm}] \text{ Ecuación 6}$$

Cabe destacar que la ecuación de esfuerzos por tensión pura sólo aplica cuando el cable coaxial está únicamente en tensión. Y lo mismo sucede para caso de la ecuación de cortante puro. Sin embargo, es claro que en el campo, ambos tipos de esfuerzos pueden ocurrir en forma simultánea.

## Análisis geotécnico del talud

### Taludes y su Estabilidad

El talud por definición es una cantidad de masa de suelo que posee una pendiente o varios cambios de altura y cuya geometría fue alterada de su estado natural. Los taludes pueden fallar por distintas causas, entre estas están los cambios topográficos, los flujos de agua, cambios en la resistencia del suelo, meteorización, es decir, cualquier cambio natural o artificial que pueda afectar la estabilidad del mismo.

Esta falla se produce por medio de un deslizamiento de la masa de suelo con movimientos de arriba hacia abajo de los materiales que lo conforman, por ejemplo, rocas, suelos o rellenos. Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de la superficie de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos (Díaz, 1998).

El proceso de falla se clasifica en tres etapas según Díaz (1998) :

- Etapa de deterioro o antes de la falla donde el suelo está esencialmente intacto.
- Etapa de falla, caracterizada por la formación de una superficie de falla o el

movimiento de una masa importante de material.

- Etapa post- falla que incluye los movimientos de la masa involucrada en un deslizamiento desde el momento de la falla y hasta el preciso instante en el cual se detiene totalmente.

### Factor de seguridad

Un conocimiento esencial para el análisis de movimientos de los taludes es la resistencia del suelo, ya que los esfuerzos y deformaciones que este sufre dan el equilibrio de taludes. La técnica más utilizada para el análisis de estabilidad de taludes es la del equilibrio límite, según Díaz (1998) supone que en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1.0.

Existen distintos métodos para calcular este factor de seguridad, el más común es por el análisis de dovelas a lo largo de la longitud de la superficie de falla. Actualmente existe software que puede calcular este factor de seguridad por medio de métodos iterativos.

El factor de seguridad es empleado por lo ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña (Díaz, 1998). Donde el factor de seguridad consideran los esfuerzos o momentos de cada dovela, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$F.S = \frac{\sum \text{Resistencia al corte}}{\sum \text{Resistencia al cortante}} \text{ Ecuación 7}$$

### Análisis numérico de esfuerzo-deformación

Actualmente utilizar la computadora ha facilitado los cálculos de los métodos de análisis de esfuerzo-deformación que no pueden ser calculados fácilmente de forma manual. Existen varios software tanto para cálculo de factor de seguridad como para el análisis de esfuerzos y deformaciones.

Para realizar un análisis de esfuerzo-deformación es necesario hacer un modelo geotécnico que sea lo más cercano a la realidad,

para ello es necesaria la caracterización de los materiales y las condiciones a la que el suelo se encuentra, así como su contorno.

## Análisis en ingeniería geotécnica

El análisis numérico abarca tres etapas que son las siguientes:

- Un análisis de equilibrio límite, el método esencialmente divide la masa de suelo en unidades discretas que se llama elementos finitos. El método típicamente utilizado es el de la formulación de desplazamientos, el cual presenta los resultados en forma de esfuerzos y desplazamientos a los puntos nodales. La condición de falla obtenida es la de un fenómeno progresivo en donde no todos los elementos fallan simultáneamente (Díaz, 1998).<sup>1</sup>
- Discontinuo: que incluye el método de elementos discretos y el método de elementos distintos.
- Continuo: constituye el método de elementos finitos y el método de diferencias finitas.

En la modelación numérica para el análisis de tensión y deformación según Potts & Zgravkovic (1999) se divide en dos grandes métodos:

- Métodos integrales: en él se incluyen el análisis de método de equilibrio al límite, donde se puede decir que computacionalmente es eficiente, sin embargo el análisis de esfuerzos elásticos es limitado.
- Métodos diferenciales: incluye los métodos continuos y discontinuos. Mencionados anteriormente. Tiene como ventaja que se pueden analizar propiedades de materiales heterogéneas, sin embargo los tiempos de solución son a largo plazo.

<sup>1</sup> Díaz, J. J. (1998). **DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES.**

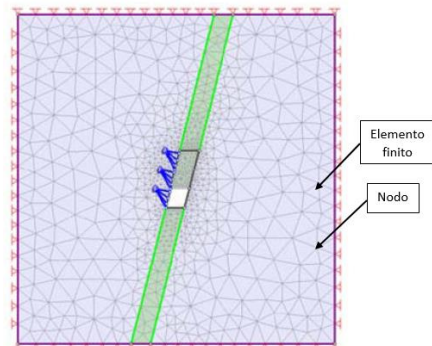
## Métodos Diferenciales

Este método se divide en dos grandes categorías:

- Método continuo: incluye los comportamientos de roca/suelo como elementos continuos. También estudia la conectividad entre los elementos y la continuidad de los desplazamientos y tensiones entre ellos.
- Método discontinuo: Representa el comportamiento de la roca como un conjunto de bloques que interactúan, estos bloques están subdivididos en una malla finita diferencial deformable que se rige bajo las leyes de tensión y deformaciones lineales o no lineales.

El método continuo es uno de los más utilizados a nivel comercial para el análisis de esfuerzo-deformación en ingeniería geotécnica.

El método continuo básicamente lo que realiza es una división del macizo donde cada una de estas pequeñas partes es llamado elemento. Estos elementos pueden tener cualquier geometría que permita el cálculo o la relación necesaria a los valores de la solución de los puntos llamados nodos, para encontrar una solución aproximada al conjunto de ecuaciones diferenciales parciales.



**Figura 8.** Elementos básicos de un modelo (Rocsience, 2012).

Los métodos utilizados para las soluciones de este conjunto de ecuaciones diferenciales son:

- Método de diferencias finitas (FDM): este método consiste en una aproximación a

una solución de una ecuación diferencial, que se soluciona resolviendo el problema por medio del conjunto de nodos en forma de cuadrícula.

- Método de elementos finitos (FEM): este método consiste en una aproximación a una solución de una ecuación diferencial, la cual se resuelve un problema en el interior de un elemento y de los nodos de la malla.

La diferencia entre un método y el otro es que el método de elementos finitos no resuelve un solo elemento de la malla, contrario al método de diferencia finita que resuelve elemento por elemento.

## Método de elementos finitos

Este método constituye en sustituir un dominio de puntos infinitos regido por ecuaciones diferenciales parciales a un dominio formado por un número finito de puntos dado por el usuario regido por ecuaciones lineales o no lineales. Este procedimiento se le conoce como discretización, dando como resultado a una malla conformada por nodos y elementos.

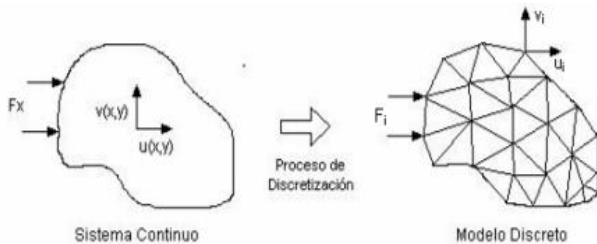


Figura 9. Discretización (Robles, 2006).

El sistema está conformado por 3 puntos importantes a analizar:

- El dominio que es todo el espacio geométrico del modelo que está dividido en elementos finitos y nodos.
- Condiciones de contorno que son variables conocidas y aquellas que

producen cambios en el modelos como cargas, cortes, entre otros.

- Incógnitas que son las variables que se desean conocer según las condiciones del contorno. Como por ejemplo, desplazamientos.

Los elementos se definen por un número discreto de nodos, que conectan entre sí los elementos. Sobre estos nodos se materializa las incógnitas fundamentales del problema, denominadas grados de libertad de cada nodo del modelo. Los grados de libertad de un nodo son las variables que determinan el estado y posición del nodo (Robles, 2006).

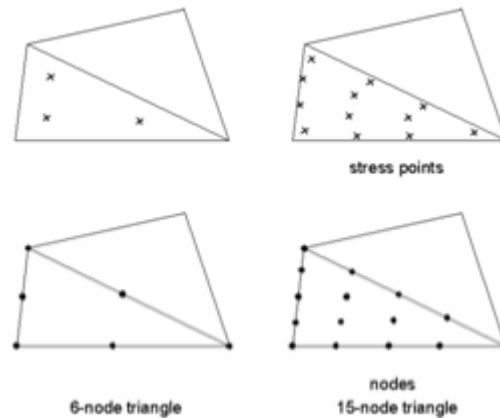


Figura 10. Número discreto de nodos (Robles, 2006).

Una vez establecidos los nodos se inicia un análisis de cada elemento encontrando la matriz que relaciona las deformaciones dentro del elemento con los desplazamientos nodales. Cuando esta etapa finaliza se inicia la conformación de la matriz de comportamiento de los materiales y finalmente la interpolación de desplazamiento a través del elemento. El sistema plantea las ecuaciones diferenciales en forma matricial para mayor facilidad de manipulación, luego de ahí se obtiene las ecuaciones lineales o no lineales para con ello encontrar los grados de libertad de cada nodo del dominio. Como resultado final se obtiene a partir de los grados de libertad de los nodos, las incógnitas, las cuales son los resultados que el usuario espera, como por ejemplo, los desplazamientos en el talud.



# Metodología

La metodología con la que se elabora este proyecto es la siguiente, cada punto será explicado para su comprensión.

## Recopilación de datos

Fue necesario recopilar la siguiente información para conocer las propiedades geo-mecánicas y físicas del talud para el modelo geotécnico. Los siguientes puntos fueron necesarios recopilar:

- Ensayos de laboratorio: Los ensayos de laboratorio pueden dar una visión muy cercana de las características geotécnicas del suelo pero siempre se debe considerar el factor humano, el cual puede alterar los datos, si los ensayos y los procedimientos no son llevados a cabo adecuadamente.  
La empresa Campbell Scientific Inc contaba con los resultados de las perforaciones de cada TDR las cuales fueron realizadas cuando estos se instalaron, teniendo así el perfil estratigráfico de cada TDR y las características de cada material. Lo que a continuación se realizó fue un análisis de los materiales con sus características respectivas y observar si estas eran congruentes con el material que se tenía.
- Parámetros Geológicos: estos son muy importantes ya que con ellos se puede determinar la presencia de materiales, duros, blandos, también la resistencia de las rocas o suelos. La formación geológica es importante ya que según la formación geológica así es el comportamiento, es decir, no es lo mismo materiales de origen ígneo que sedimentarios, para dicho estudio se tomó la información existente de estudios preliminares realizados por la empresa Campbell Scientific Inc, estos fueron los mencionados anteriormente. Estos parámetros geológicos fueron

supervisados por un geólogo que estuvo durante el proceso de perforación y realizó la caracterización respectiva.

- Topografía: la topografía no sólo muestra la representación en planta del terreno sino también su elevación por lo que permite ver el terreno como es realmente a una escala establecida. Se contaron con los planos topográficos donde se ubicaron algunos puntos importantes entre estos, ríos, carreteras, construcciones aledañas, entre otros. Por medio de curvas de nivel en los planos del Proyecto Hidroeléctrico Chucás se obtiene el perfil topográfico de cada TDR. En él se muestran las dimensiones del talud y otras características que son relevantes, como lo son los cortes que fueron realizados al talud.
- Proceso constructivo: La construcción del talud es una de las alteraciones que un talud puede sufrir y construcciones a su alrededor. Por medio de entrevistas a los ingenieros del proyecto se logró conocer el proceso constructivo del talud. Por lo que se estudió el proceso de corte del talud, así como la colocación de refuerzo y drenajes. También se logra conocer las fechas de construcción del talud las cuales son útiles para el análisis de esfuerzos-deformaciones.
- Visita de campo: Se realizó una visita a campo para verificar la localización de los Reflectómetros de Dominio de Tiempo, las construcciones aledañas y observar la congruencia de los planos suministrados por la empresa Campbell Scientific Inc. con la realidad.
- Obras en campo: se hizo una identificación y reconocimiento del sitio, además se ubicaron puntos importantes como casa de máquinas, la localización de los TDR en campo, carreteras y otro tipo de instrumentación.

## Estudio de caracterización del talud

Utilizando la información recopilada se realiza una caracterización del suelo y la roca, para conocer las propiedades geo-mecánicas del talud. Los parámetros de ángulo de fricción ( $\phi$ ), peso específico ( $\gamma$ ), Cohesión (C), entre otros fueron proporcionados. Los datos dados por la empresa fueron verificados según el tipo de roca o suelo que se tenía en los perfiles estratigráficos para tener mayor seguridad que estos datos eran acorde a las propiedades de cada material que se tenía del perfil.

Es decir, una vez que se contó con la caracterización del talud se realizó una comparación con los perfiles que se tenían de las perforaciones realizadas anteriormente, con el fin de corroborar que el perfil utilizado era congruente con lo que se tenía en campo realmente.

## Definir el modelo Geotécnico

Una vez realizada la caracterización del talud, estas propiedades geo-mecánicas y físicas son modeladas al ingresarlas al software. Este modelo pretende ser lo más cercano a la realidad del talud en sitio, esto con el fin de obtener datos bastante cercanos a la realidad y que dicha predicción sea cercana a los datos arrojados por el reflectómetro de dominio de tiempo. Este modelo considerará los datos de recopilación y las propiedades características del talud real. Dentro del modelo se incluye el perfil topográfico, la secuencia de los cortes realizados en el talud, la ubicación del refuerzo y los drenajes. También se realiza el perfil geológico del talud, con cada una de sus propiedades geotécnicas. Otro punto a considerar dentro del modelo es la ubicación del nivel freático, el cual es obtenido de las perforaciones realizadas, además considera los drenajes colocados y como estos influyen en el nivel freático.

## Modelo en Slide y Phase<sup>2</sup>

Se realiza dos modelos en el software Slide, uno para cada TDR. En este programa lo que se pretende es un análisis de estabilidad del talud en términos de factor de seguridad (FS), donde se obtiene un análisis matemático de estabilidad.

Se estudia por medio de superficies de falla circulares y utilizando el método de Bishop simplificado, donde el análisis matemático lo hace dividiendo la falla en dovelas, este asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobre-determinada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela (Diaz, 1998).

Cuando el factor de seguridad es menor a 1 la superficie de falla es inestable y en el caso de tener valores mayores a 1, la superficie de falla es estable. Este análisis se realizó para cada etapa de construcción del talud dividiéndose en cortes, colocación de drenajes y colocación de refuerzos.

Una vez realizado el análisis de estabilidad del talud, se continuó el análisis de esfuerzos-deformaciones, por medio del método de elementos finitos donde fue analizado el modelo de cada uno de los TDR para estudiar su comportamiento.

Este método consiste básicamente en la división del modelo en elementos finitos, en forma de una malla con puntos a lo largo de elemento, cada uno es analizado para el final dar un valor del modelo en sí. Todo por medio de un análisis numérico de iteración, obteniendo los resultados de esfuerzos-deformación.

## Análisis esfuerzo-deformaciones

Cuando son obtenidos los resultados en forma de esfuerzos y desplazamientos de los puntos nodales del modelo por medio del software Phase<sup>2</sup>, se hace un análisis de esfuerzo-deformación a partir del cual se obtiene una predicción de las deformaciones esperadas, justo en el punto donde se encuentra el TDR, por medio de un punto de control colocado en el modelo. Por lo que se obtiene el desplazamiento en cada una de las etapas de construcción.

Es importante recordar que en esta etapa que analizan otros aspectos como asentamientos, esfuerzos, entre otros parámetros que permiten observar que el modelo realmente se esté comportando de la manera correcta.

# Análisis y predicción de lecturas del TDR

En este punto se hace un análisis de los datos gráficos obtenidos por el TDR del Proyecto Hidroeléctrico Chucás que la empresa Campbell Scientific posee en su base de datos. Para lograr hacer el análisis del TDR fue necesario el estudio del mismo, es decir, su funcionamiento, como este realizaba la toma de datos, su sensibilidad a la deformación, entre otros puntos importantes, los cuales ayudaría al entendimiento de este instrumento.

Una vez terminada la investigación bibliográfica, se empezó a realizar un análisis de la base de datos del TDR, para ello fue necesario la utilización del método de filtro matemático para una mejor visión de los cambios a lo largo de cada una de las lecturas. En este análisis fue necesario contar con las fechas en que se llevó a cabo la construcción del talud y observar la deformaciones a lo largo de cable coaxial en las diferentes etapas de la construcción y de esta manera analizar el cambio en el desplazamiento según de modelo numérico y los datos del TDR de la base de datos.

## Aproximación de desplazamientos del TDR

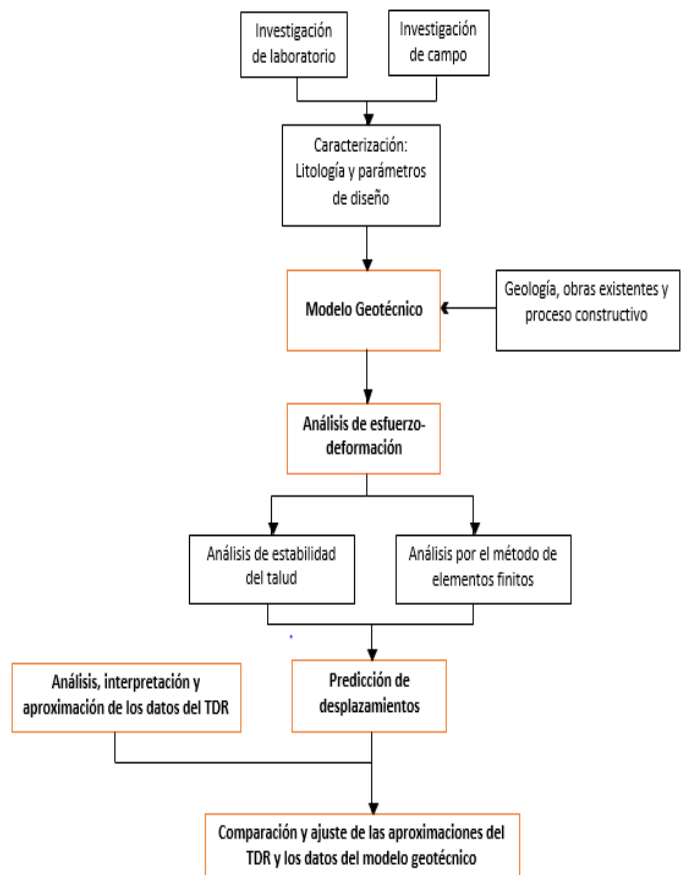
Las representaciones gráficas y las base de datos del TDR están dadas por la coeficiente de reflexión con respecto a la longitud de cable, por lo que fue necesario tomar los datos de coeficiente de reflexión y aproximarlos a un desplazamiento, en este caso se utilizaron dos teorías, una que propone el Ingeniero Fernando Fallas y la otra que proponen O'Connor\* and Charles H. Dowding, para poder ser comparados con los desplazamientos obtenidos por el modelo numérico.

Obteniendo los tres desplazamientos en cada etapa se continuó a realizar un análisis de estos y su correlación entre ellos.

## Comparación y ajustes entre las lecturas del TDR y el modelo geotécnico.

En este punto se realizará una comparación entre las lecturas del TDR del Proyecto Hidroeléctrico Chucás y los datos obtenidos por el modelo geotécnico. Esto con el fin de ver qué tan cercanos son los datos entre ellos y lograr una conclusión. En este caso se analizan los desplazamientos obtenidos por medio de las aproximaciones de los dos autores y son comparados con los resultados del modelo geotécnico. Se realizan ajustes necesarios para que los datos sean cercanos entre sí y lograr obtener una relación entre ellos. Luego se procede a dar las conclusiones en relación con lo obtenido y sus recomendaciones.

La metodología con la que se elabora este proyecto es la siguiente, mostrada en la figura 11. **Figura 11.** Esquema de metodología (Autora, 2014)



# Resultados

## Perfiles estratigráficos

Parte de realizar un modelo geotécnico es conocer las características del suelo que se tienen en el campo.

A continuación se presentan los perfiles estratigráficos en dos puntos del talud, estos son los lugares donde se encuentran ubicados los TDR. Es a partir de estos perfiles estratigráficos que se realizan los modelos geotécnicos de cada TDR.

Estos datos fueron proporcionados por la empresa Campbell Scientific.

Longitud del tramo (m)	Columna litológica	Unidad Geotécnica
4,10		Tobas Líticas
1,40		Tobas arenosas
2,75		Tobas Líticas
2,70		Basaltos Suaves
1,65		Basaltos fracturados
1,35		Basaltos fracturados
4,25		Basaltos Suaves
1,00		Arcillas
1,60		Basaltos fracturados
0,70		Arcillas
4,90		Basaltos fracturados
6,85		Brechas fracturadas
6,95		Brechas masivas

Figura 12. Perfil estratigráfico TDR #2 (Insuma, 2013)

Longitud del tramo (m)	Columna litológica	Unidad Geotécnica
0,4		Suelos residual
3,70		Tobas líticas con color café
1,90		Arcillas de color café oscuro
1,60		Basalto fracturado
0,65		Basalto fracturado con arena
2,90		Basaltos muy alterados
2,85		Arcillas y arena
1,00		Basaltos muy alterados
3,10		Lava Andesítica
5,80		Tobas líticas muy suave
1,45		Lava Andesítica muy fracturada
4,00		Lavas andesítica con brechas
6,00		Lava andesítica más masiva
4,05		Lava andesítica más masiva

Figura 13. Perfil estratigráfico TDR#1 (Insuma, 2013).

Una vez que fueron estudiados los perfiles estratigráficos de cada TDR, se realizó un perfil del talud para el TDR #1 que a continuación se presenta. Se pueden observar cuatro puntos de perforación los cuales

fueron útiles para dar un perfil más acertado, los detalles de estas perforaciones se encuentran en anexos También se estudiaron las características geológicas de cada suelo y roca para darle una apariencia adecuada al estrato.

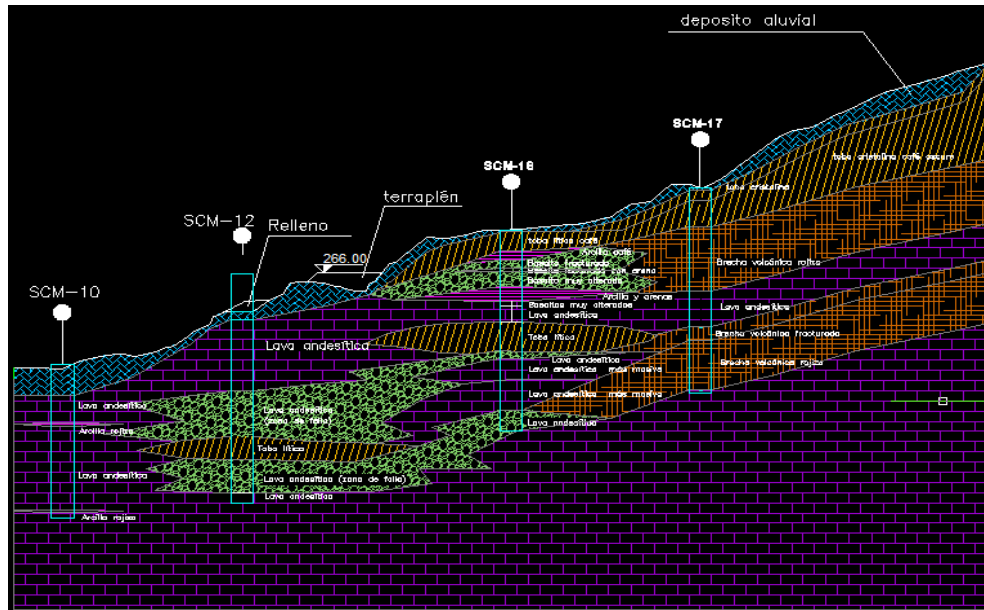


Figura 14. Perfil estratigráfico TDR #1 (Autora)

De la misma forma se realizó el perfil para el talud del TDR #2, obteniendo como resultado el siguiente perfil. En este caso se utilizaron dos

puntos de perforación, cuyos detalles se encuentran en los anexos

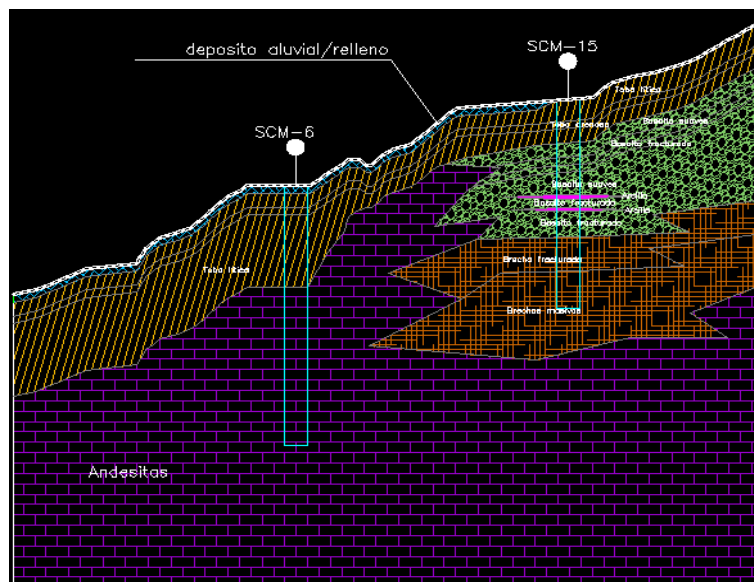


Figura 15. Perfil estratigráfico TDR#2 (Autora)

## Simplificación de los perfiles estratigráficos

Los perfiles que se realizaron anteriormente fueron simplificados, esta simplificación fue propuesta por la empresa Enel Green Power, la cual es la empresa encargada del proyecto hidroeléctrico

Chúcas. La simplificación se llevó a cabo porque solamente se contaba con los parámetros geotécnicos para el perfil simplificado.

Además, se estudiaron las similitudes entre los estratos, con el fin de conocer por qué se simplificó a cuatro estratos en total. También es importante observar que se define el nivel freático según las perforaciones realizadas.

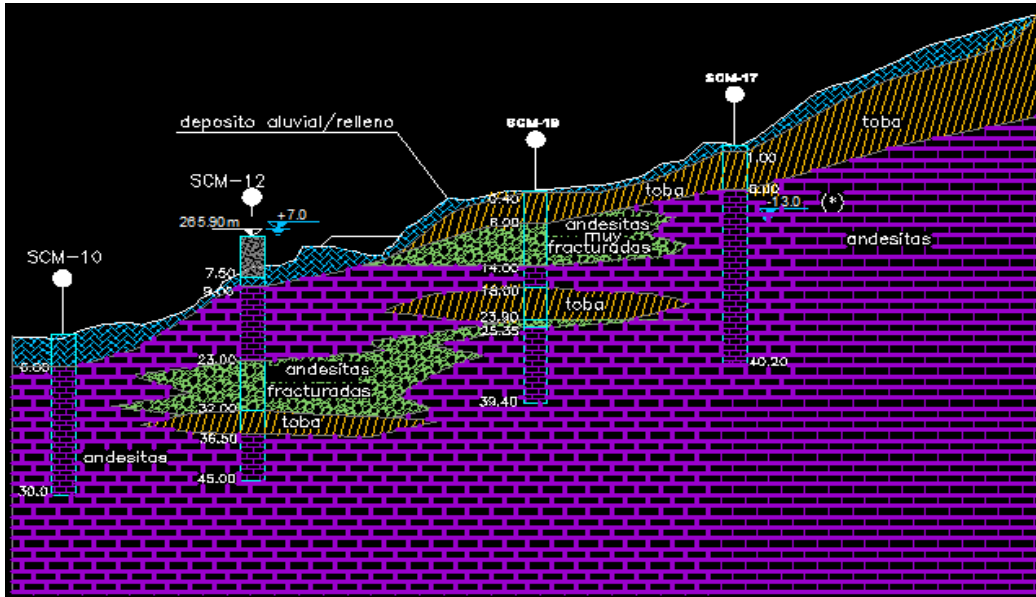


Figura 16. Perfil estratigráfico simplificado TDR#1 (Autora)

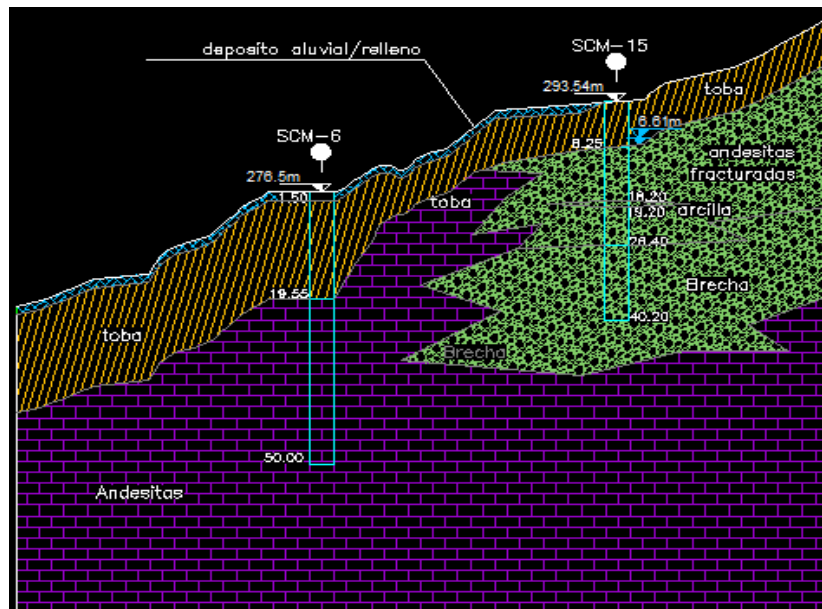


Figura 17. Perfil estratigráfico simplificado TDR#2 (Autora)

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCAS

## Cortes y reforzamiento del talud

Como parte del proceso constructivo del talud, fue necesario realizar algunos cortes y colocación de reforzamiento, estos detalles se observan en la siguiente figura.

Para el TDR#1 se realizaron seis cortes con su respectivo reforzamiento como se muestra

a continuación. Un punto importante a mencionar es que el análisis de esfuerzo – deformación se hizo con respecto a estas etapas de corte y reforzamiento como se muestran en el siguiente esquema (Figura19).

Cabe destacar el tipo de reforzamiento utilizado fueron pernos de 40-20 (ver detalles en anexos) con carga de 42 toneladas y colocados como se muestra en la figura.

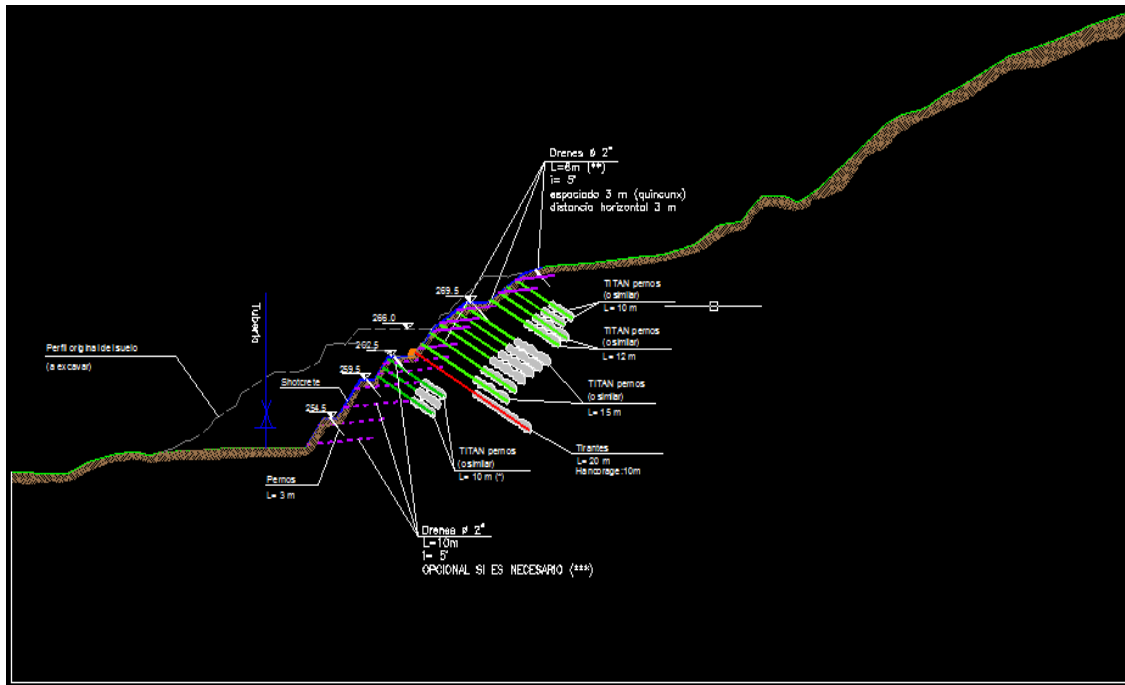


Figura 18. Detalle de reforzamiento del talud (ENEL Green Power, 2014).

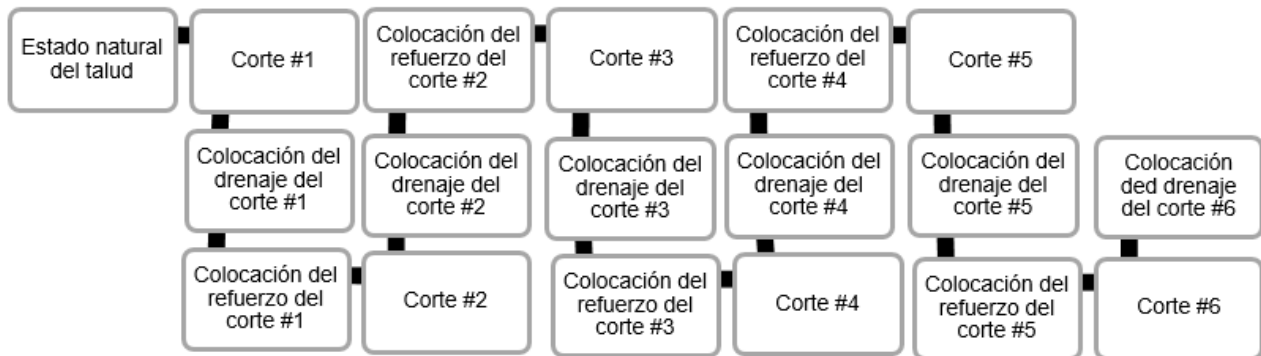


Figura 19. Esquema de cortes, reforzamiento y drenajes TDR#1 (Autora)

## Caracterización del talud

Para la caracterización del suelo y la roca, se utilizaron los datos proporcionados por la empresa Enel Green Power, esta caracterización fue la utilizada por la empresa para sus diseños.

A continuación se muestra el cuadro de los parámetros geotécnicos utilizados en el análisis de esfuerzo-deformación y estabilidad del talud. Esta caracterización es utilizada en ambos perfiles estratigráficos simplificados.

CUADRO 1. CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA			
TDR#1	Parámetros		
Tipo de suelo	Cohesión (kPa)	Angulo de fricción (°)	Peso específico(kg/m3)
Depósito aluvial	0	35	20
Toba	22	23	23
Andesita fracturada	140	37	24
Andesita	338	47	24

## Análisis de estabilidad

Para el análisis de estabilidad del talud se utilizó el software Slide versión 8.0, en este modelo se consideran las dimensiones reales del talud, los

tipos de estratos que lo conforman y sus parámetros geotécnicos respectivos.

Además se analiza el talud del TDR#1 como se mostró en el esquema anterior (ver figura 19) y cada una de las etapas es analizada en cinco secciones. Primeramente el talud en su totalidad, luego es dividido en cuatro secciones que son mostradas a continuación (ver figura 21).

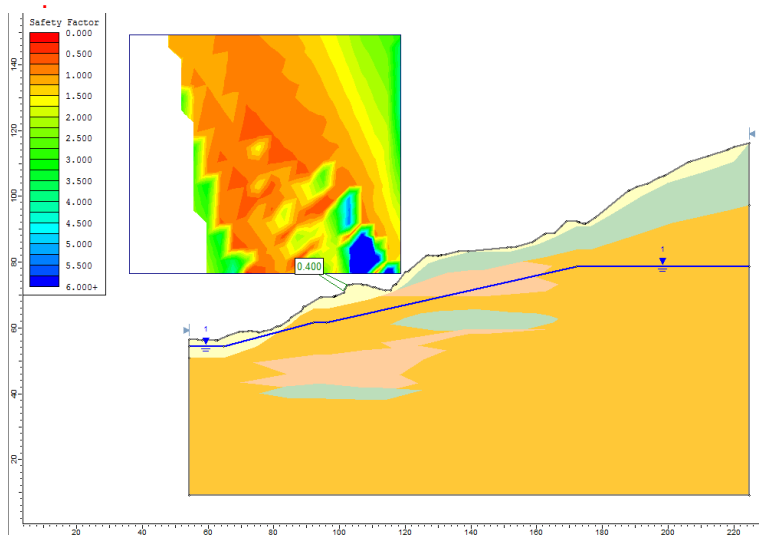
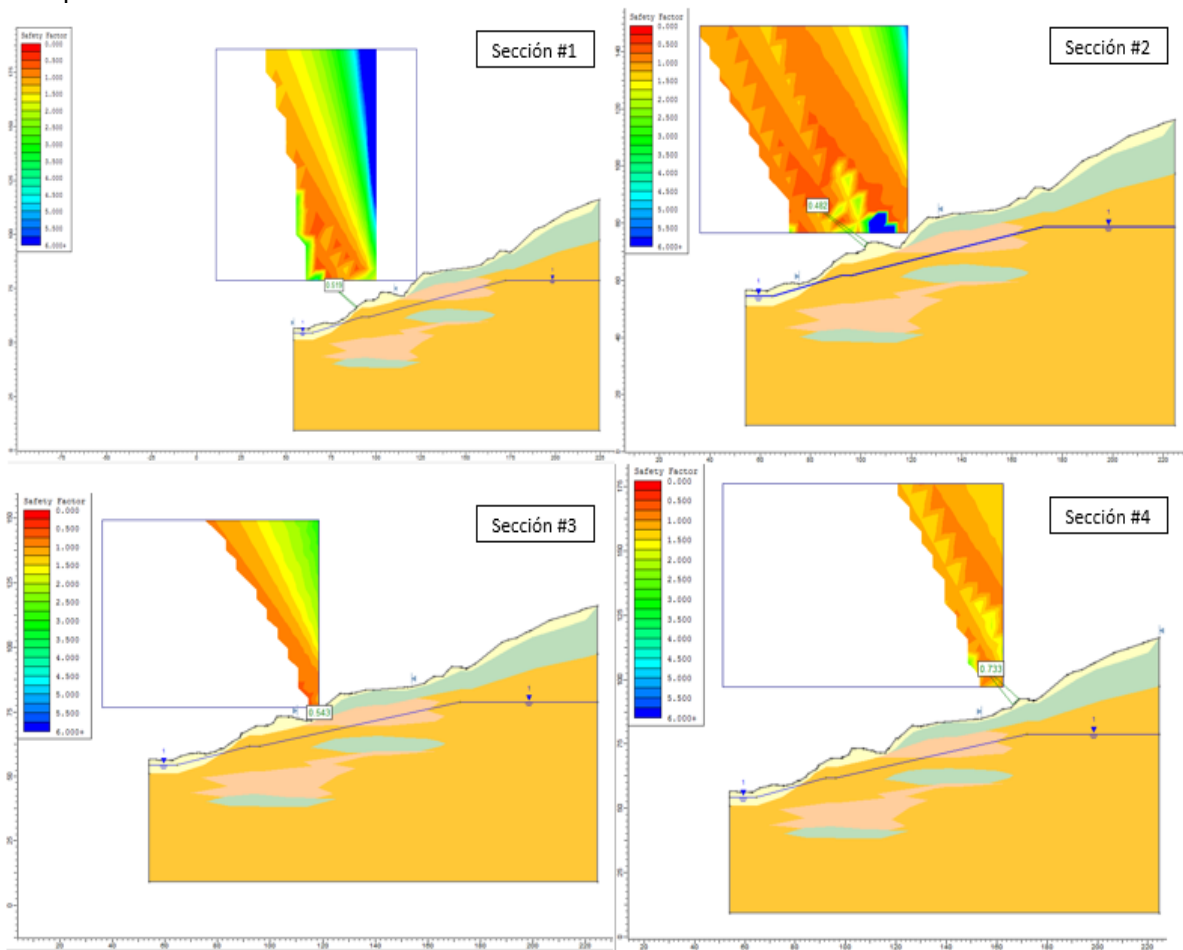


Figura 20. Modelo del talud natural sección completa (Autora)



Cada etapa de corte y reforzamiento para el talud del TDR#1 fue dividida en cuatro secciones con el fin de observar la estabilidad en cada una de ellas y a su vez poder

observar el comportamiento conforme se iba realizando los cortes y la colocación de refuerzo.



**Figura 21. Sección para el análisis de estabilidad TDR#1 (Autora)**

Para el caso del talud del TDR#2, el análisis de estabilidad fue distinto ya que en este talud no se le realizaron cortes ni se le colocó reforzamiento, por lo que se analiza sólo es su estado natural, al

igual que el talud TDR#1 se dividió en secciones para un mejor análisis de estabilidad. A continuación se muestra las secciones para el perfil estratigráfico del TDR#2.

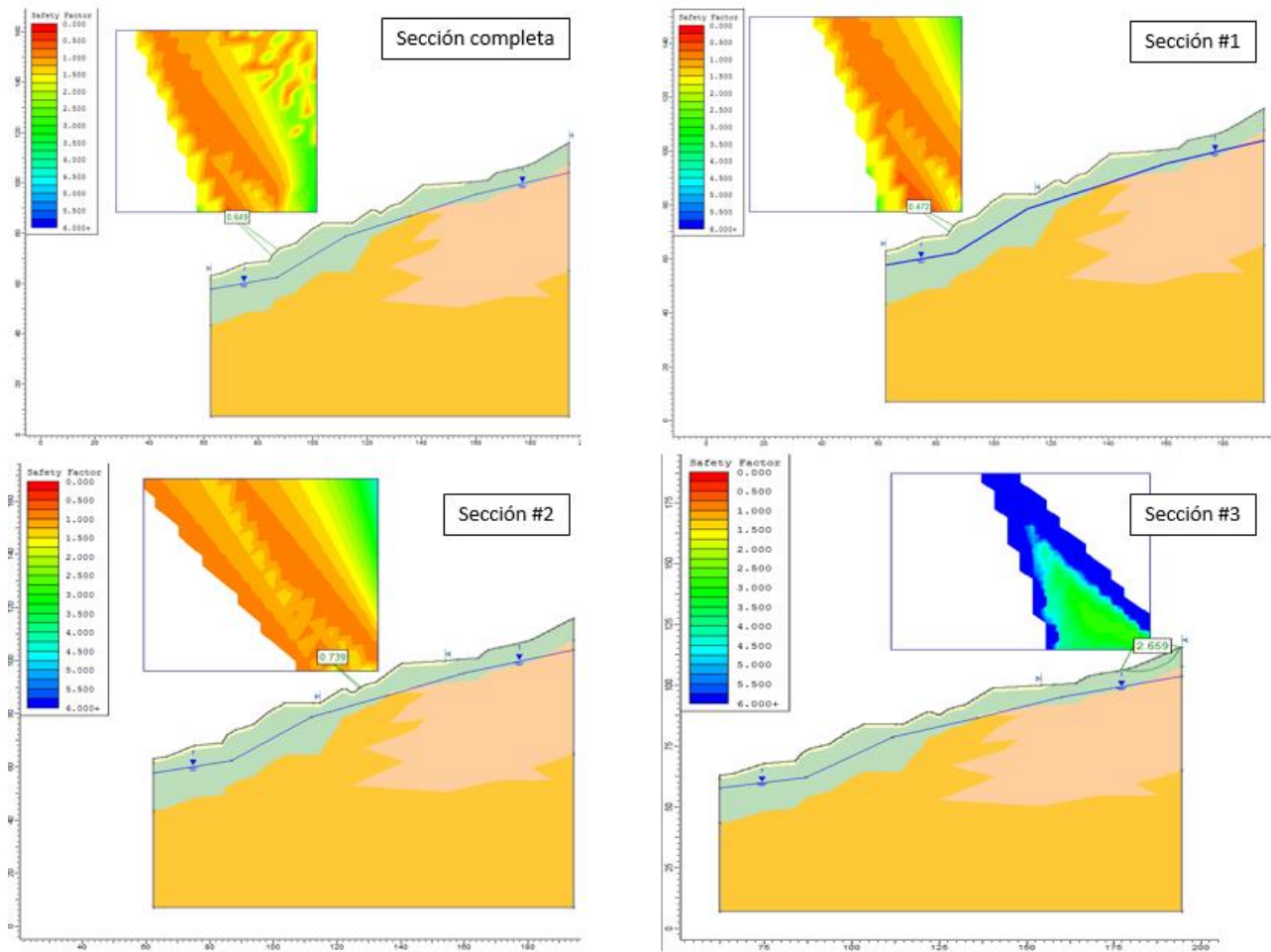


Figura 22. Sección para el análisis de estabilidad TDR#1 (Autora)

Para cada una de las secciones se obtuvo el factor de seguridad, desarrollando el siguiente cuadro de datos, con el fin de observar el comportamiento en las distintas etapas.

La división de las etapas se muestra en el cuadro 2, las cuales son las utilizadas para el modelo. La colocación de drenaje no es tomada en cuenta ya que no afecta el nivel freático del modelo.

CUADRO 2. DIVISIÓN DE ETAPAS	
Etapa	Actividad
1	Estado natural
2	Corte #1
3	Colocación de refuerzo en corte #1
4	Corte #2
5	Colocación de refuerzo en corte #2
6	Corte #3
7	Colocación de refuerzo en corte #3
8	Corte #4
9	Colocación de refuerzo en corte #4
10	Corte #5
11	Colocación de refuerzo en corte #5
12	Corte #6
13	Colocación de drenajes en corte #6 (Cambio de nivel freático)

CUADRO 3. VALORES DE FACTORES DE SEGURIDAD					
Etapa (TDR#1)	Sección				
	Completa	1	2	3	4
1	0.400	0.519	0.482	0.543	0.733
2	0.414	0.424	0.383	0.515	0.678
3	0.478	0.407	0.460	0.733	0.708
4	0.860	0.488	0.553	1.050	0.790
5	0.819	0.527	0.467	1.195	0.740
6	0.617	0.405	0.501	0.887	0.796
7	0.696	0.552	0.513	0.996	0.718
8	0.679	0.443	0.503	0.515	0.702
9	0.679	0.685	0.525	1.058	0.75
10	0.679	0.759	0.701	0.84	0.749
11	0.679	0.714	0.627	0.94	0.684
12	0.803	1.494	0.525	0.670	0.713
13	0.803	1.497	0.553	0.610	0.734

CUADRO 4. VALORES DE FACTORES DE SEGURIDAD				
Etapa (TDR#2)	Sección			
	Completa	1	2	3
1	0.649	0.472	0.739	2.659

## Análisis de esfuerzo-deformación

Terminado el análisis de estabilidad se continuó con el análisis de esfuerzo-deformación, para ello fue necesario utilizar el programa Phase<sup>2</sup>, donde se realizó un modelo para cada TDR y fue

analizada cada una de las etapa mencionadas anteriormente. A continuación se presenta el modelo para cada TDR. .

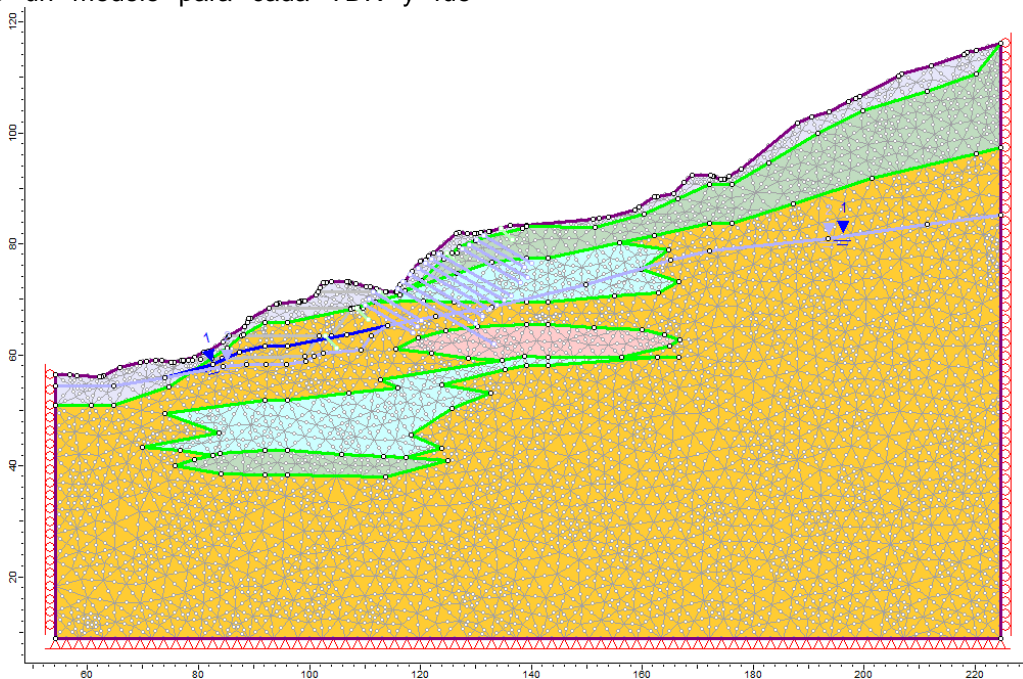


Figura 23. Modelo del talud TDR#1 en Phase2 (Autora)

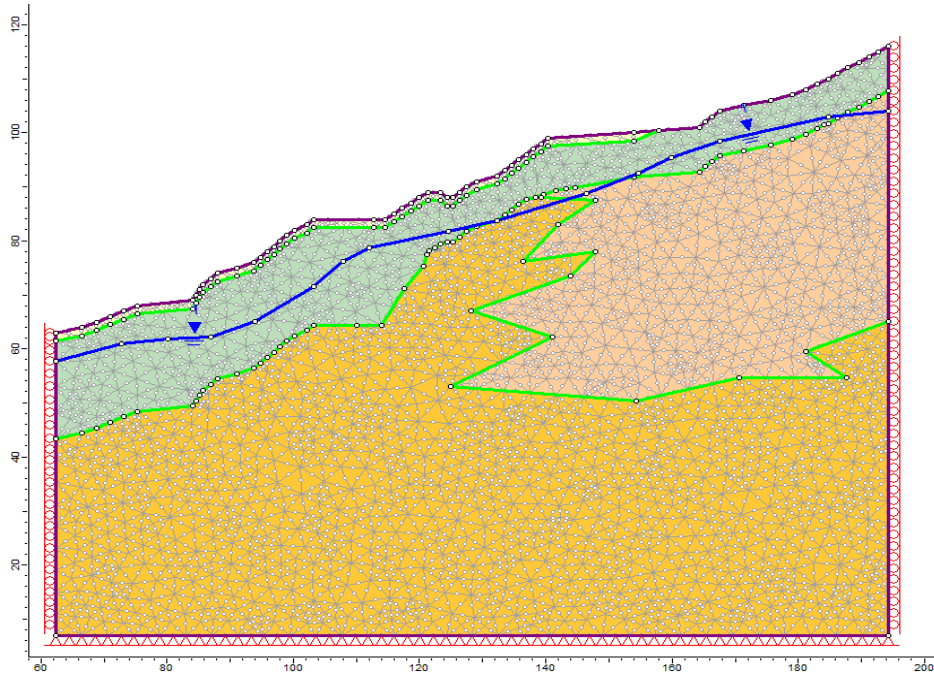


Figura 24. Modelo del talud TDR#2 en Phase<sup>2</sup> (Autora)

Una vez que el modelo es interpretado por el programa, se obtienen varios parámetros como deformación, esfuerzos horizontales y verticales, y entre estos el desplazamiento horizontal, el cual es

de interés en este proyecto. En dicha interpretación se ubica una línea de control, la cual representa el TDR en cada modelo como se muestra en la figura a continuación.

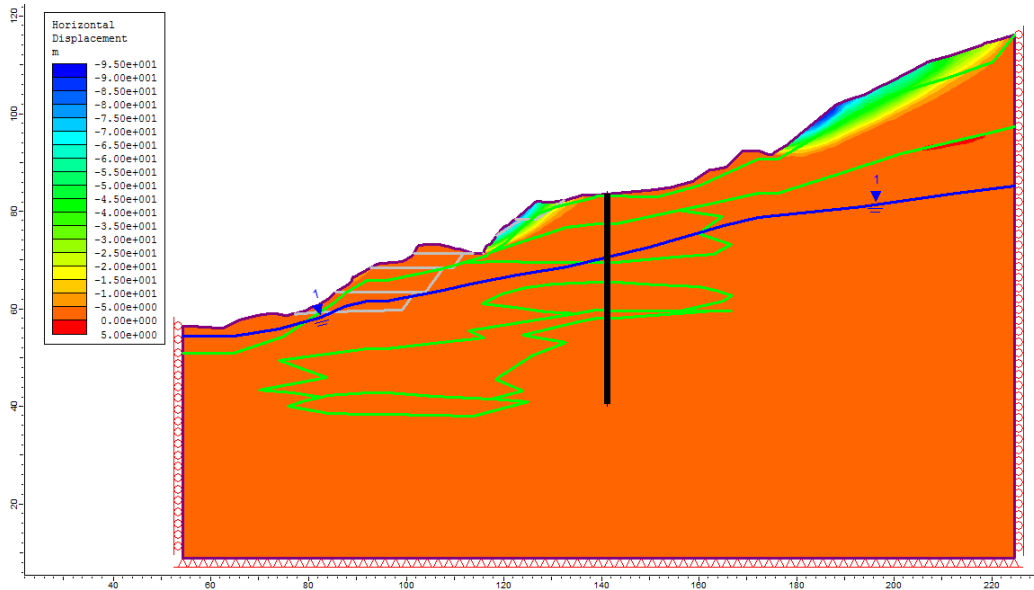


Figura 25. Interpretación del modelo TDR#1 en Phase<sup>2</sup> (Autora)

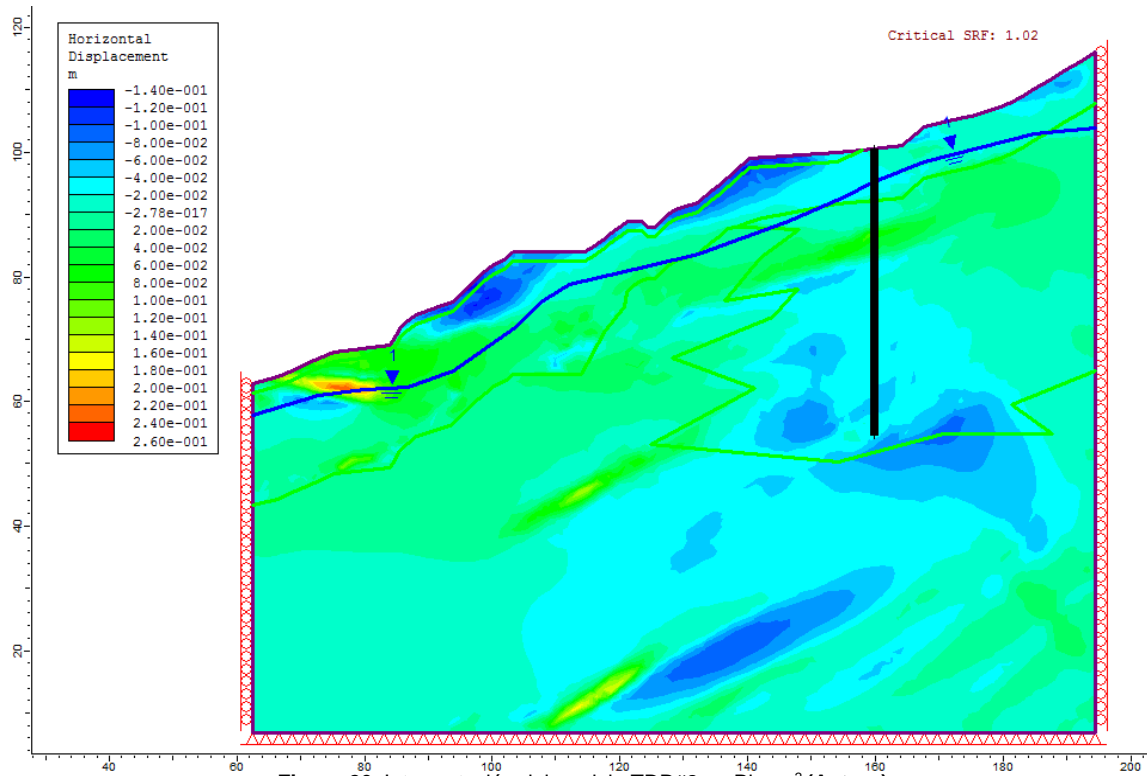
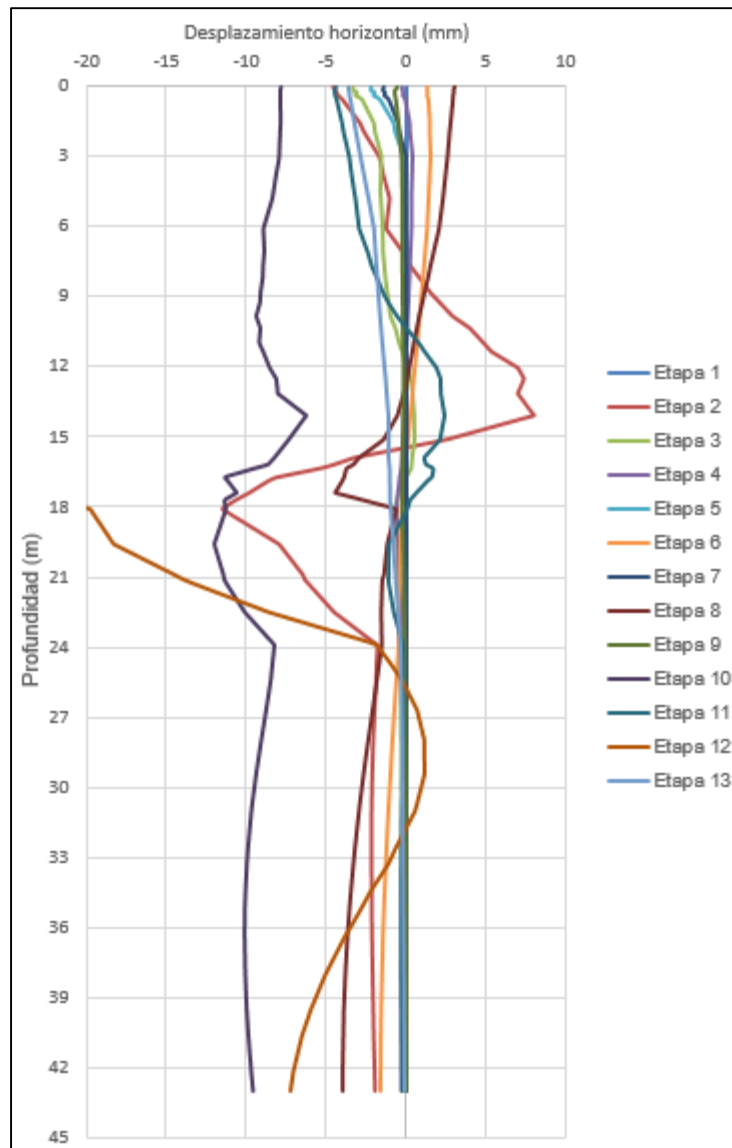


Figura 26. Interpretación del modelo TDR#2 en Phase<sup>2</sup> (Autora)

En la siguiente gráfica se muestran los desplazamientos horizontales que se dan en cada

una de las etapas para el TDR#1.



**Gráfico 1. Desplazamientos horizontales TDR#1 (Autora)**

# Comparación de desplazamiento

En este punto se analizan los datos del TDR tomados en campo, es decir, las lecturas del coeficiente de reflexión tomadas durante las etapas de corte y reforzamiento.

Para una mejor apreciación de los datos, se separaron las lecturas en forma secuencial. En el caso del TDR#1 la división de las etapas se hizo según las fechas en que se realizaron los cortes y reforzamiento en el sitio y para el TDR#2 se analizaron los datos de coeficiente de reflexión en su estado inicial.

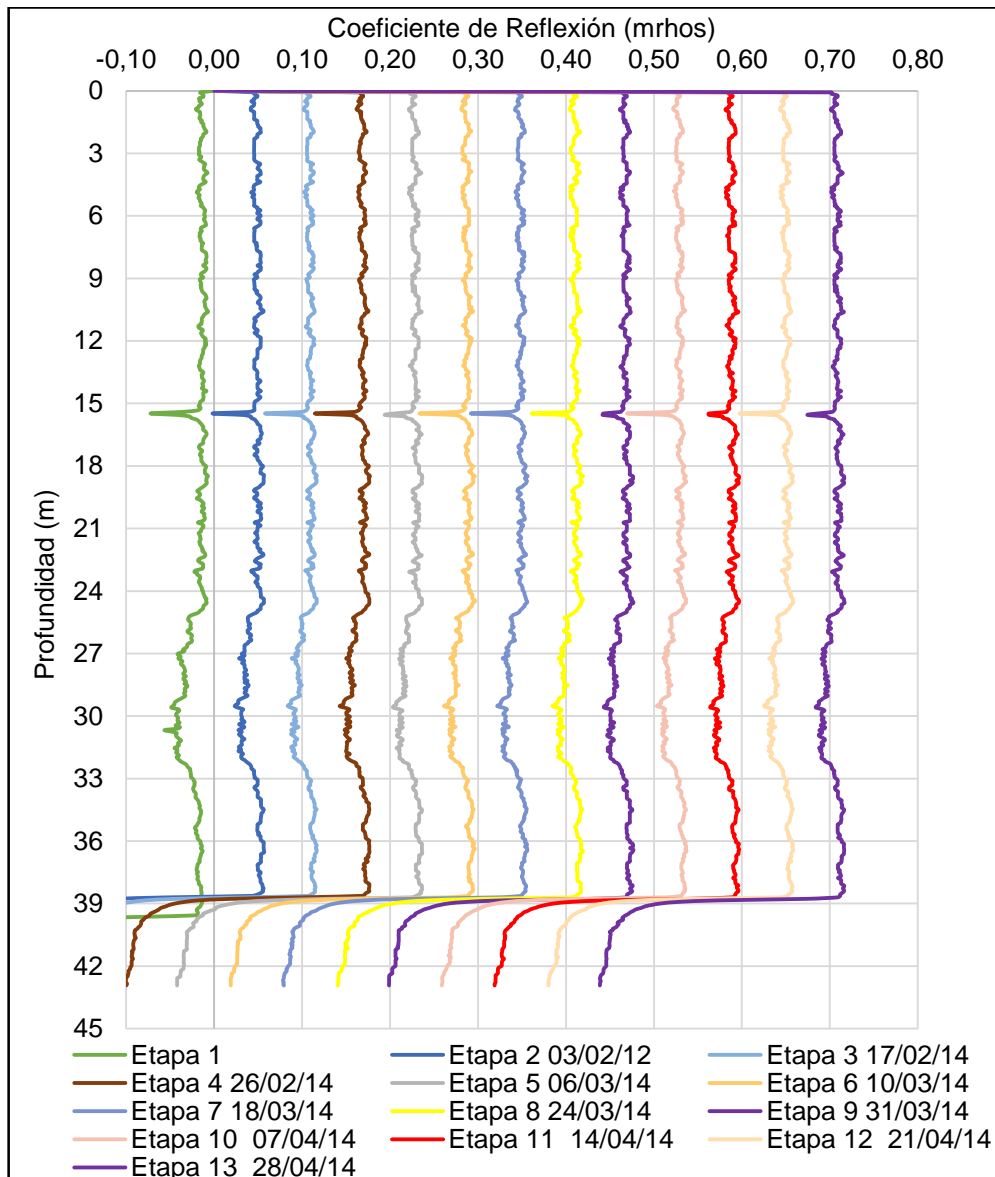


Gráfico 2. Secuencia de datos del TDR#1 (Autora)



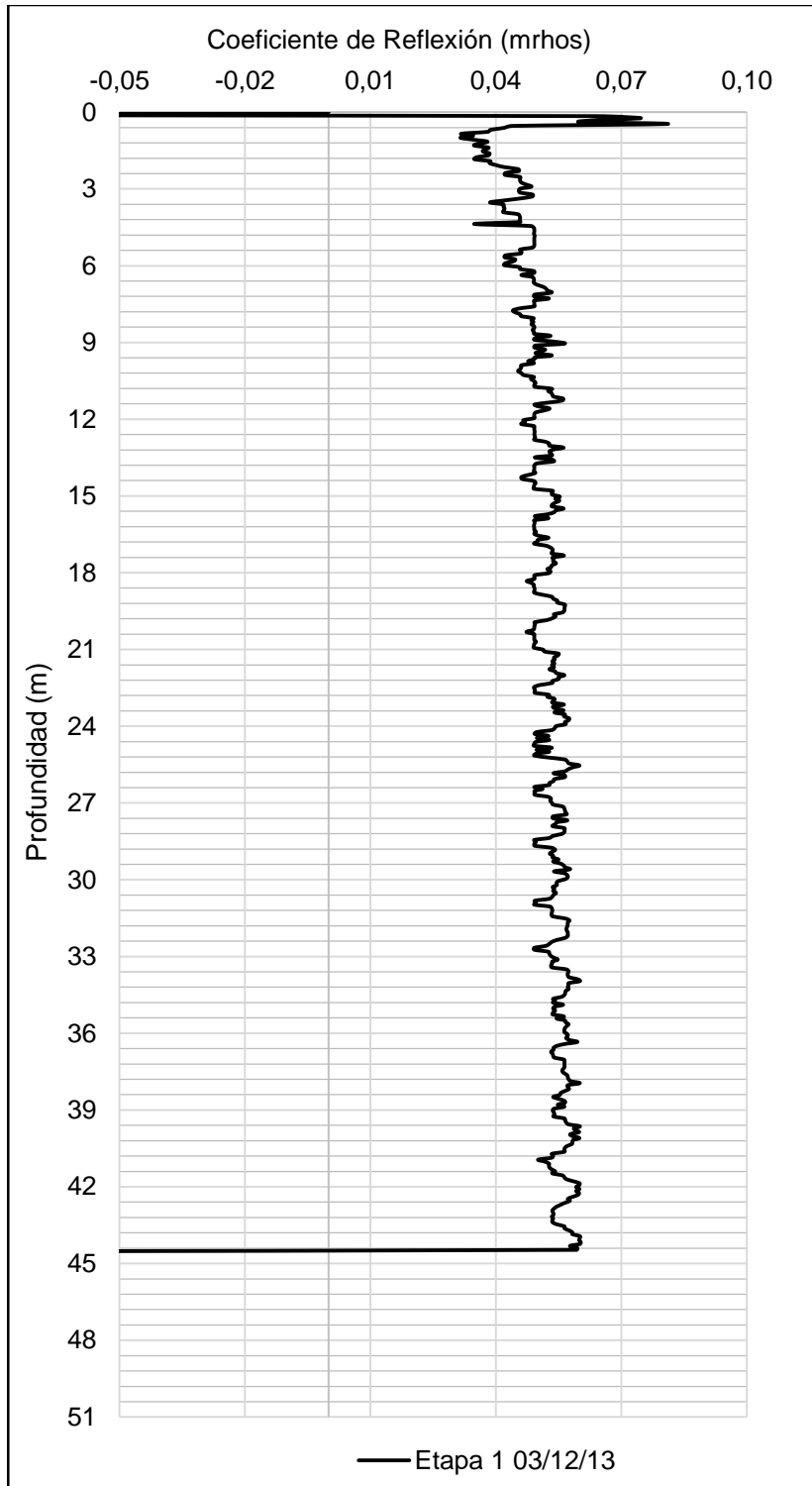


Gráfico 3. Datos de TDR#2 (Autora)

Para la comparación de desplazamientos se utilizaron dos teorías, la teoría de Fallas (ver ecuación 5 y 6) y la teoría de Dowding (ver figura 7) con el fin de aproximar los coeficientes de reflexión a un desplazamiento horizontal y de esta

manera compararlos con los desplazamientos estimados en el modelo geotécnico.

Para el caso los datos de coeficiente de reflexión se utilizaron las ecuaciones de filtro matemático (ver ecuación 2, ecuación 3 y ecuación 4) para apreciar mejor el comportamiento de los datos.

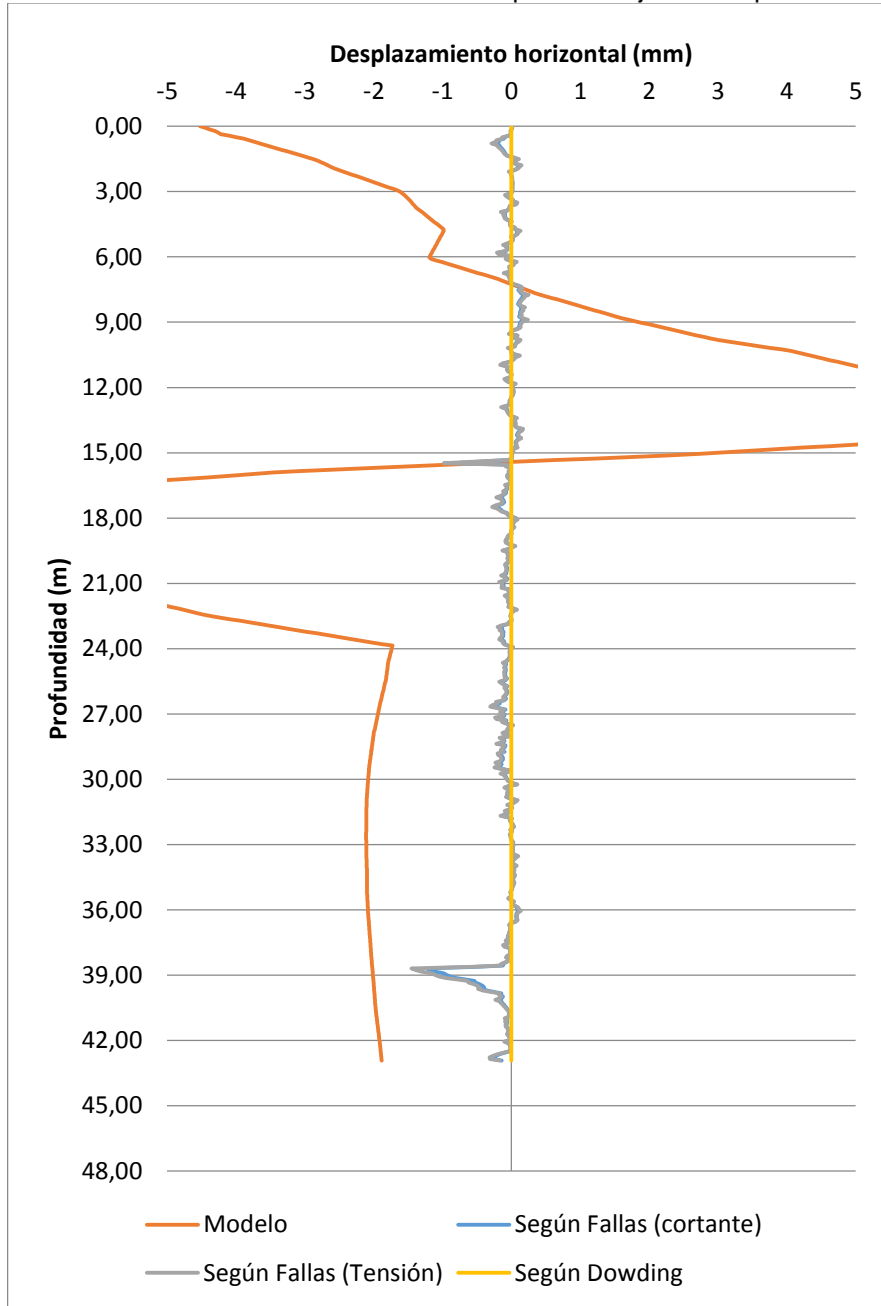
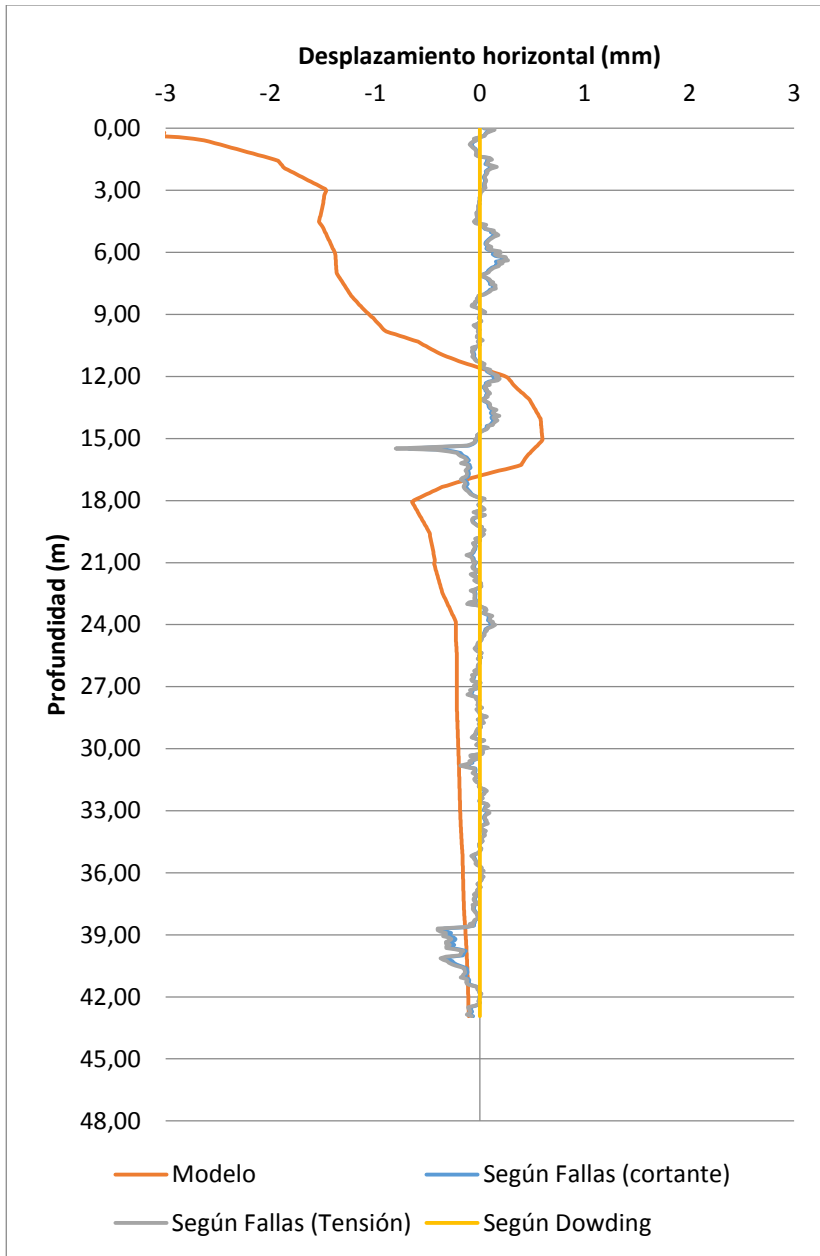


Gráfico 4. Comparación de desplazamientos etapa 2 TDR#1 (Autora)



**Gráfico 5.** Comparación de desplazamientos etapa 3 TDR#1 (Autora)

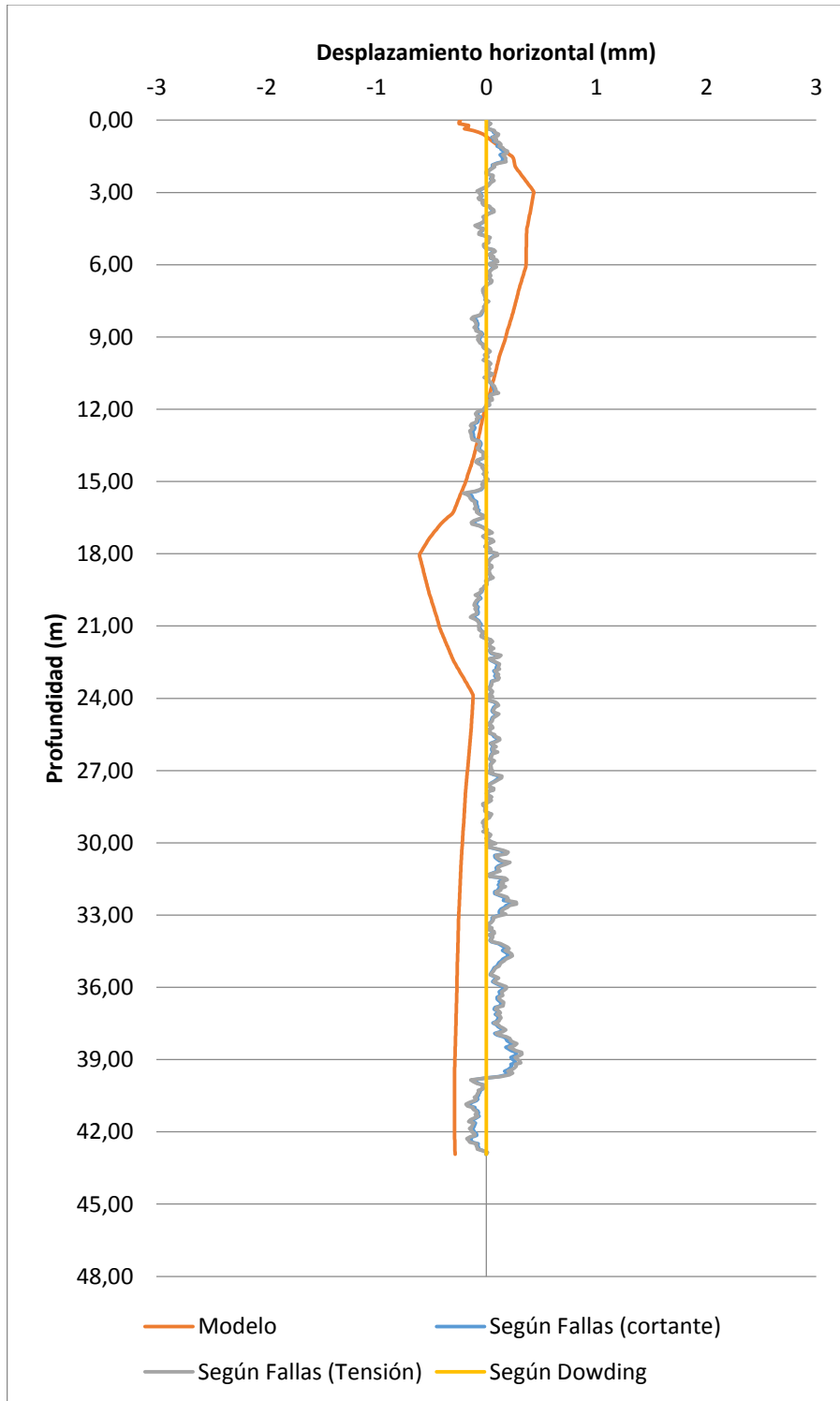
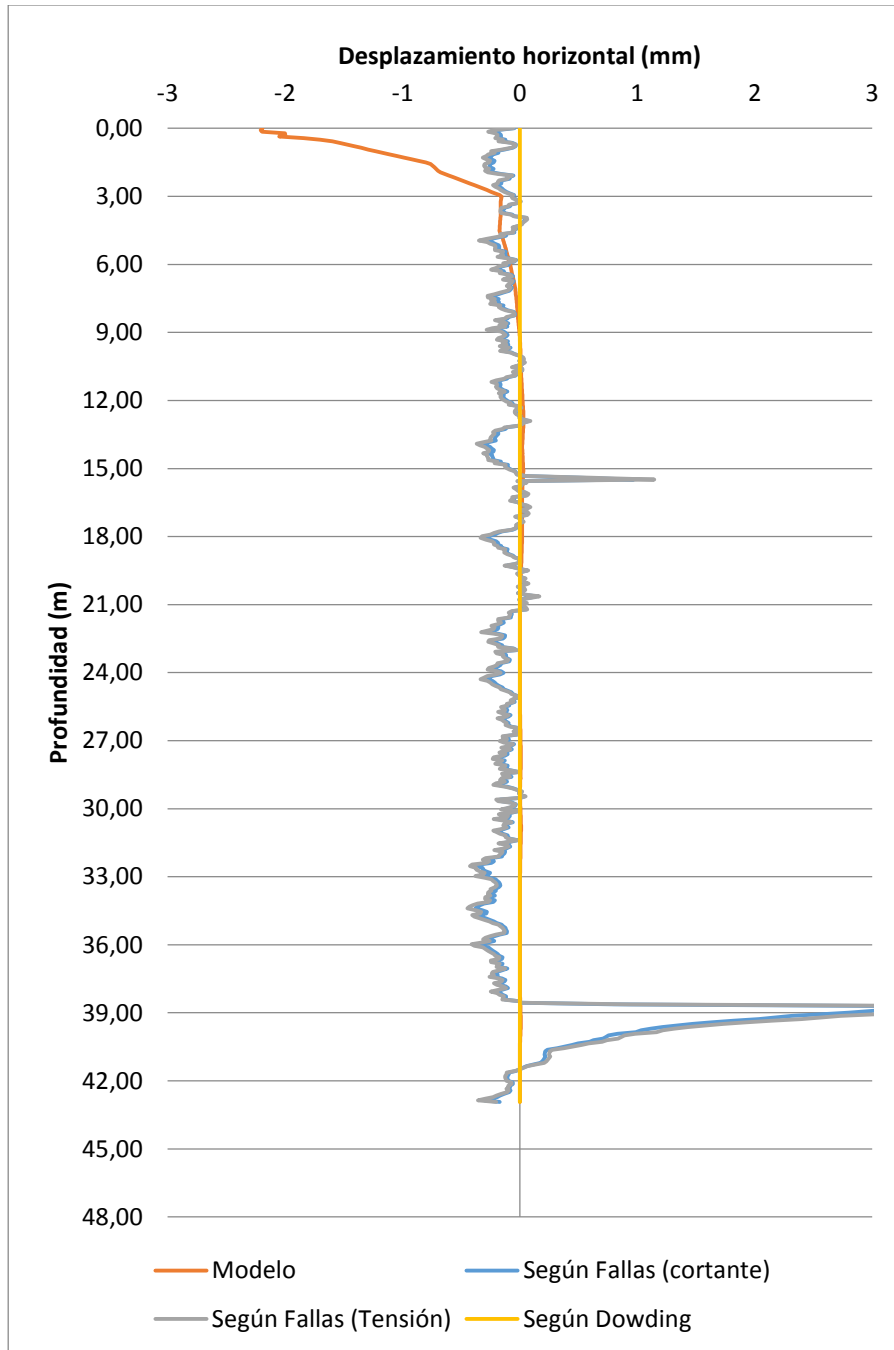
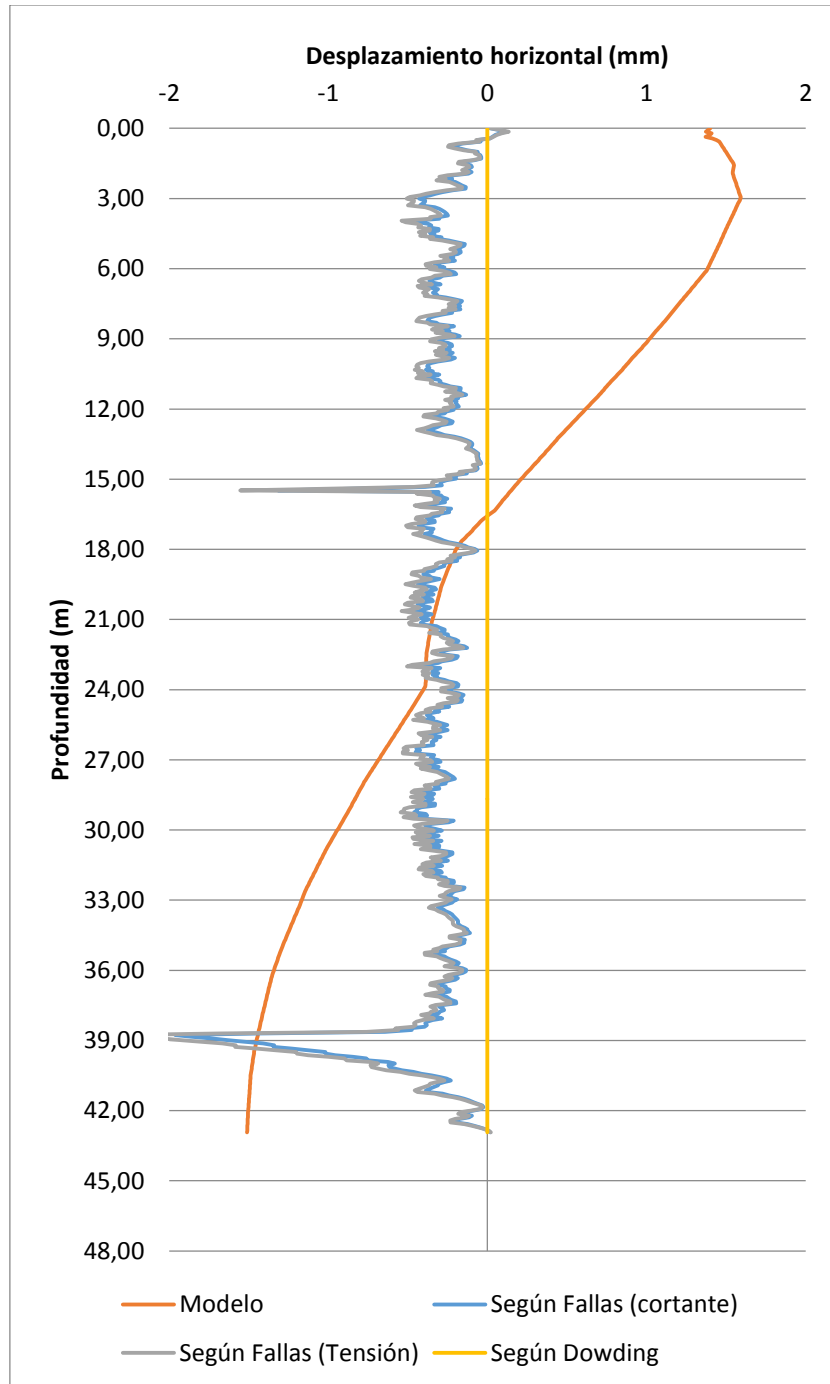


Gráfico 6. Comparación de desplazamientos etapa 4 TDR#1 (Autora)

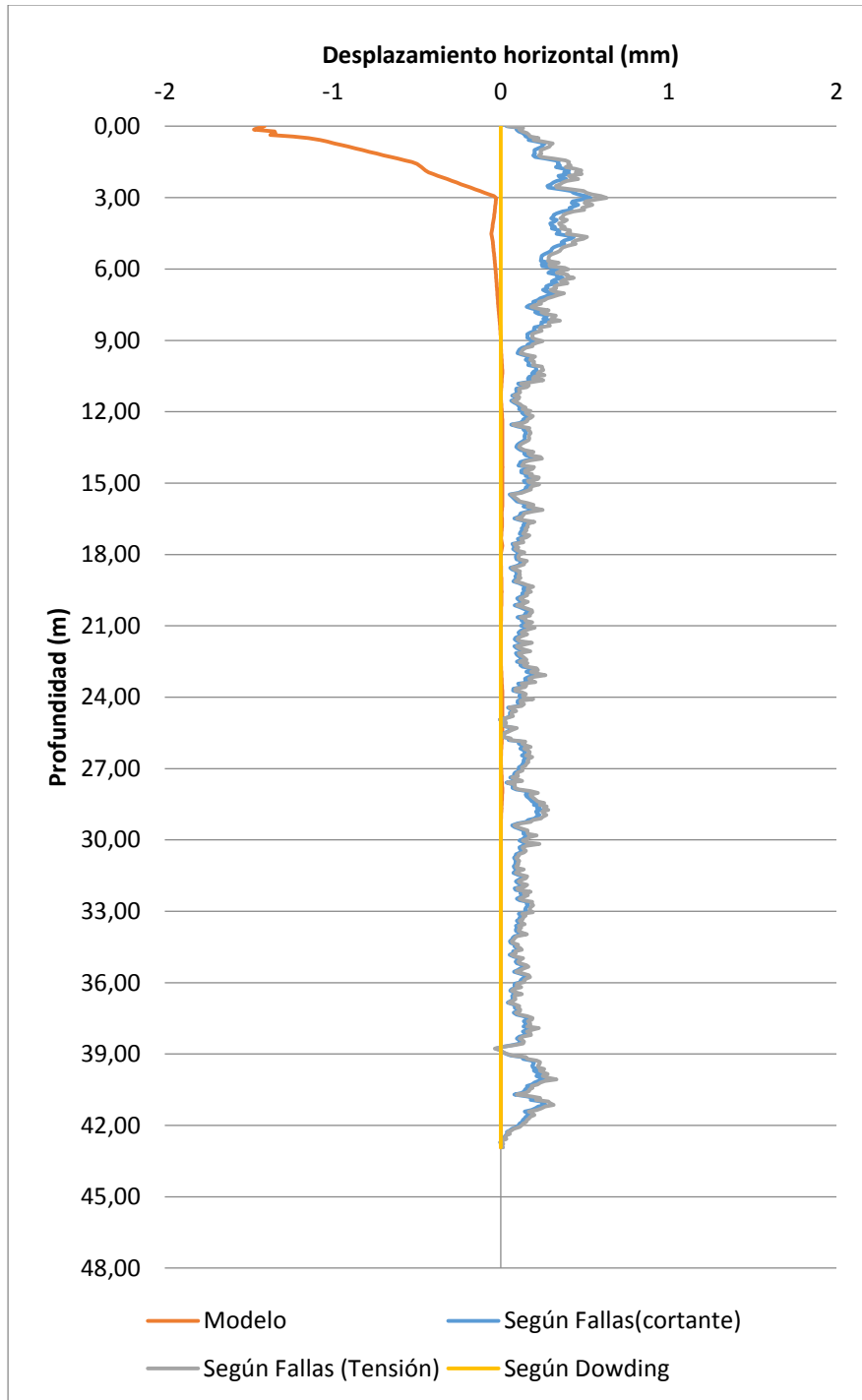
COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS



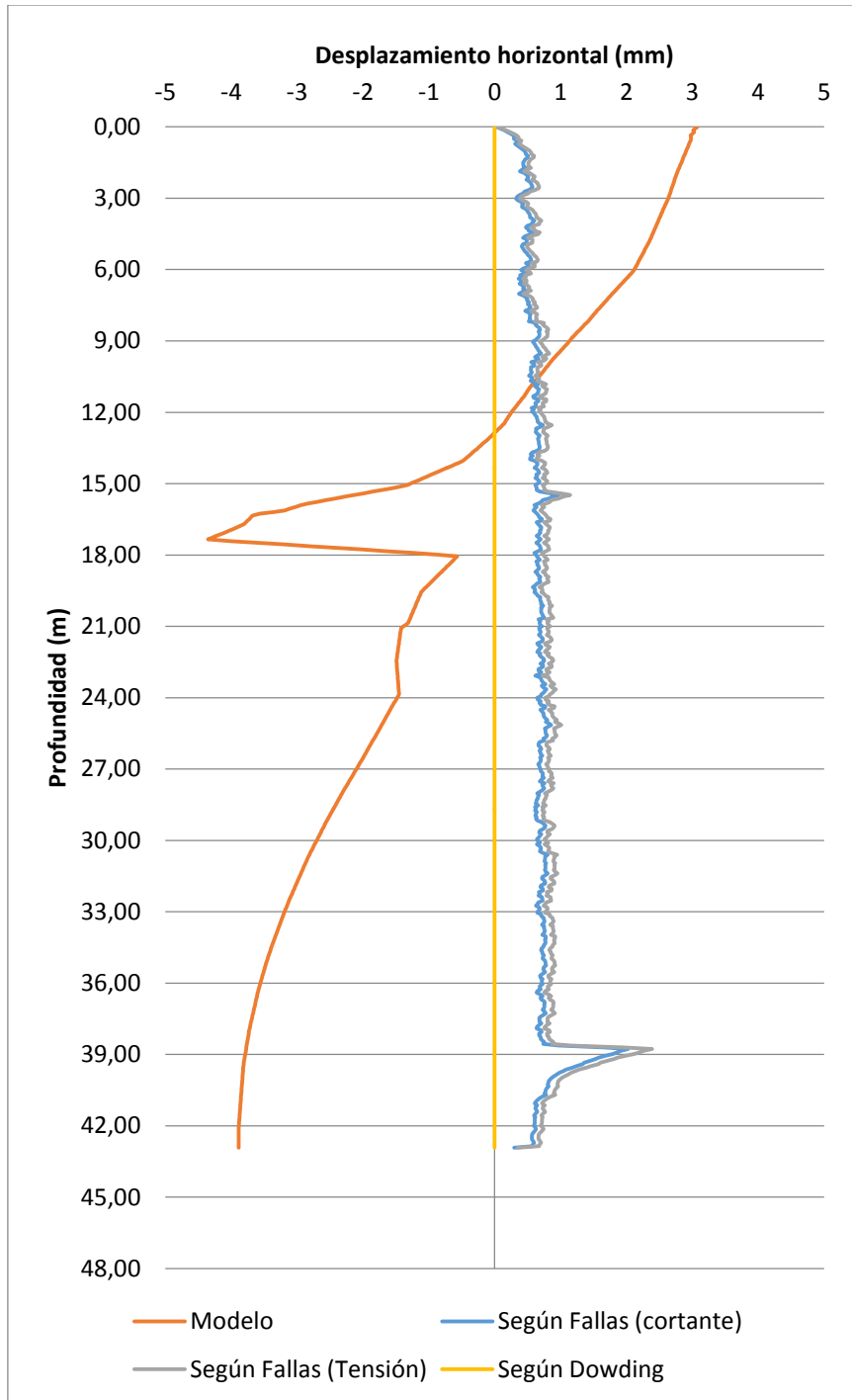
**Gráfico 7.** Comparación de desplazamientos etapa 5 TDR#1 (Autora)



**Gráfico 8.** Comparación de desplazamientos etapa 6 TDR#1 (Autora)

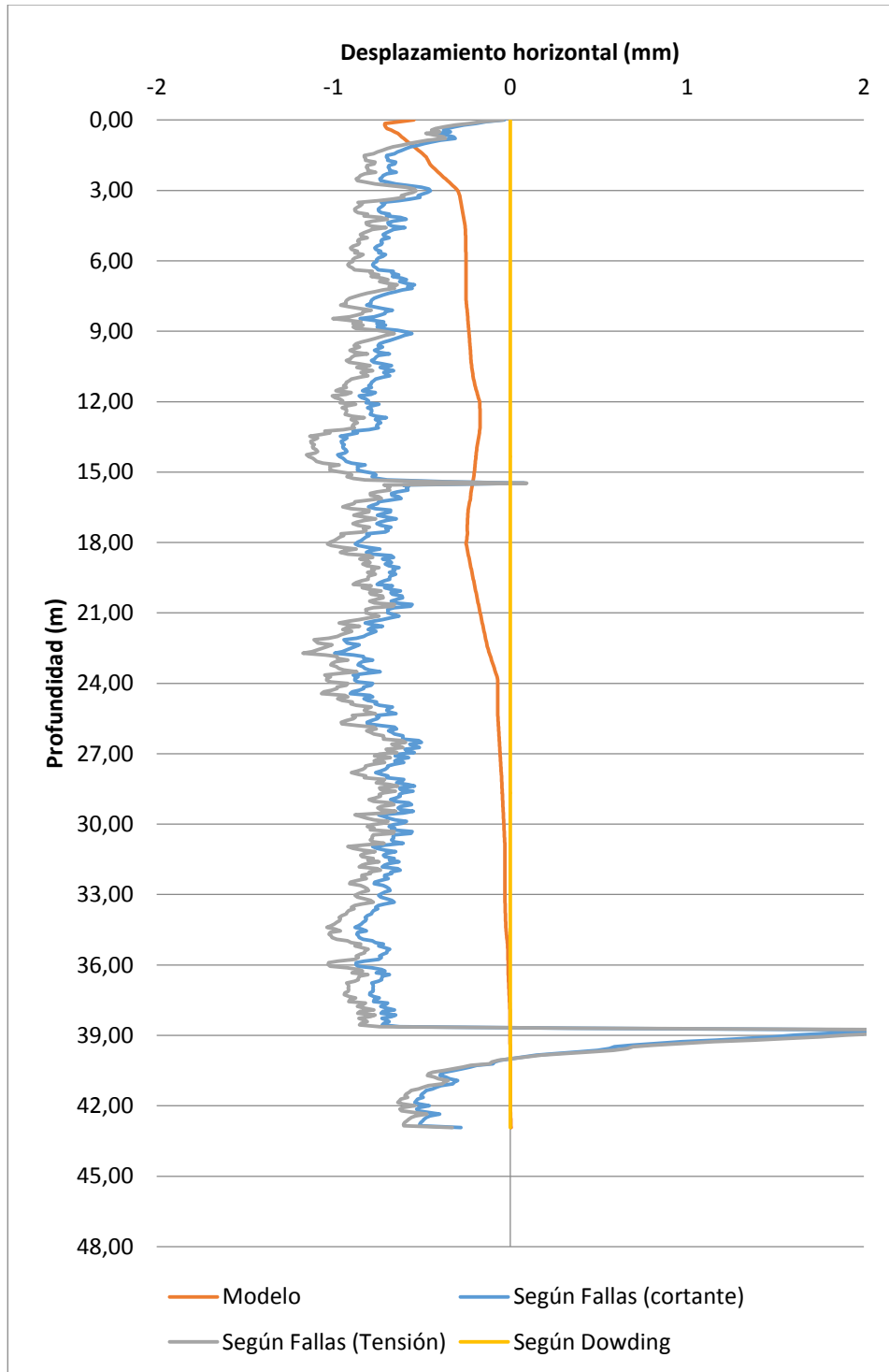


**Gráfico 9.** Comparación de desplazamientos etapa 7 TDR#1 (Autora)

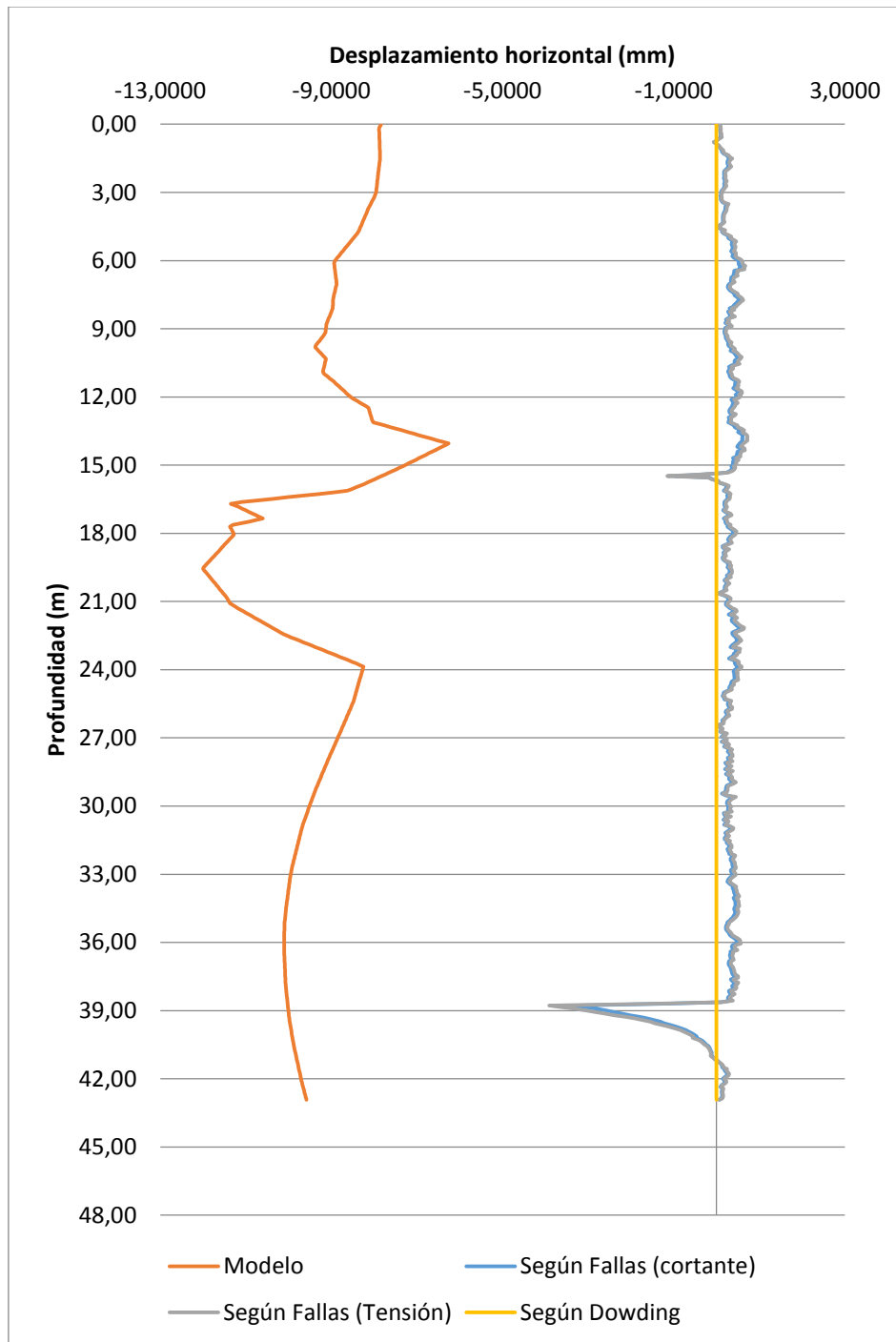


**Gráfico 10.** Comparación de desplazamientos etapa 8 TDR#1 (Autora)

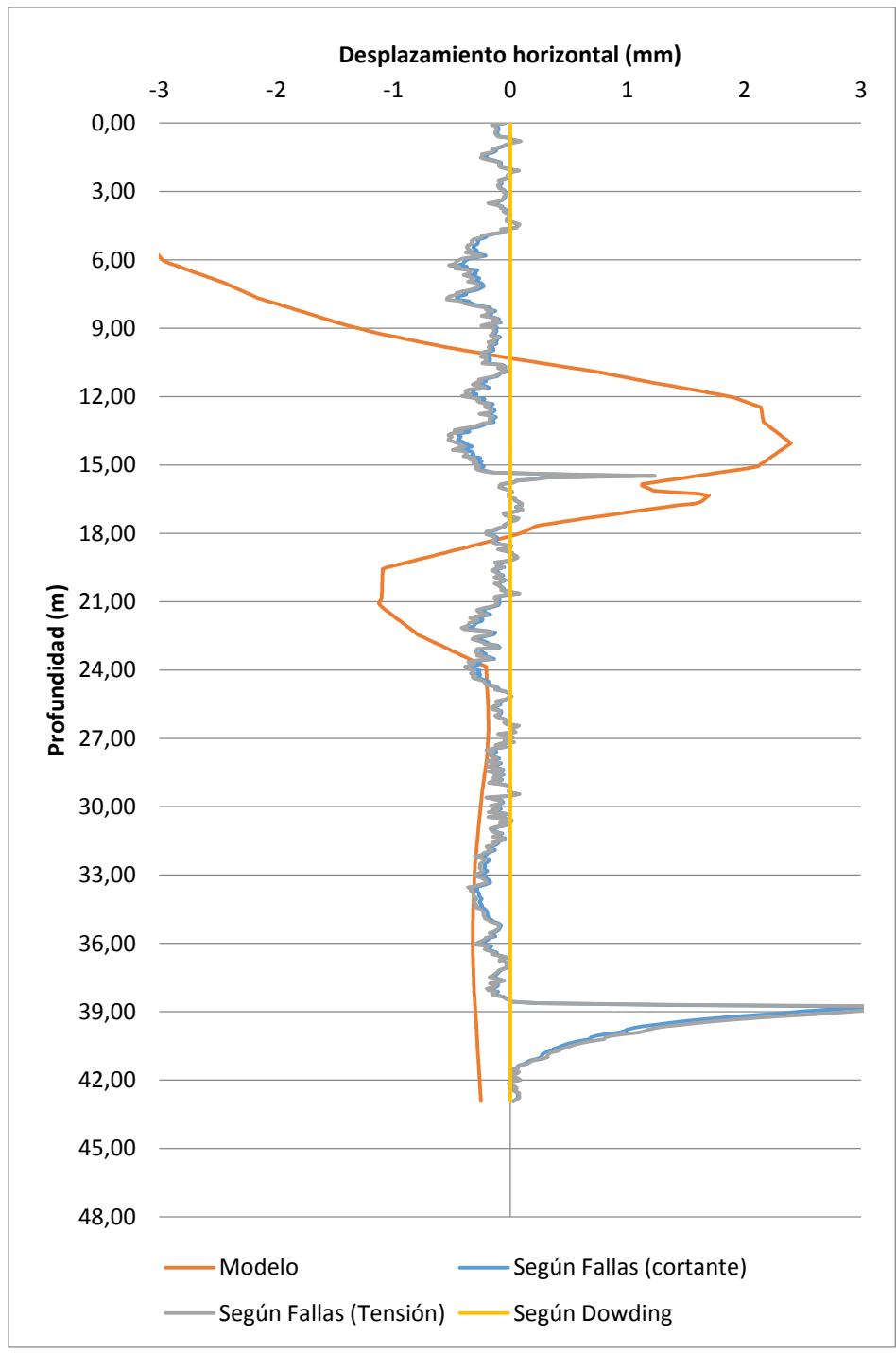




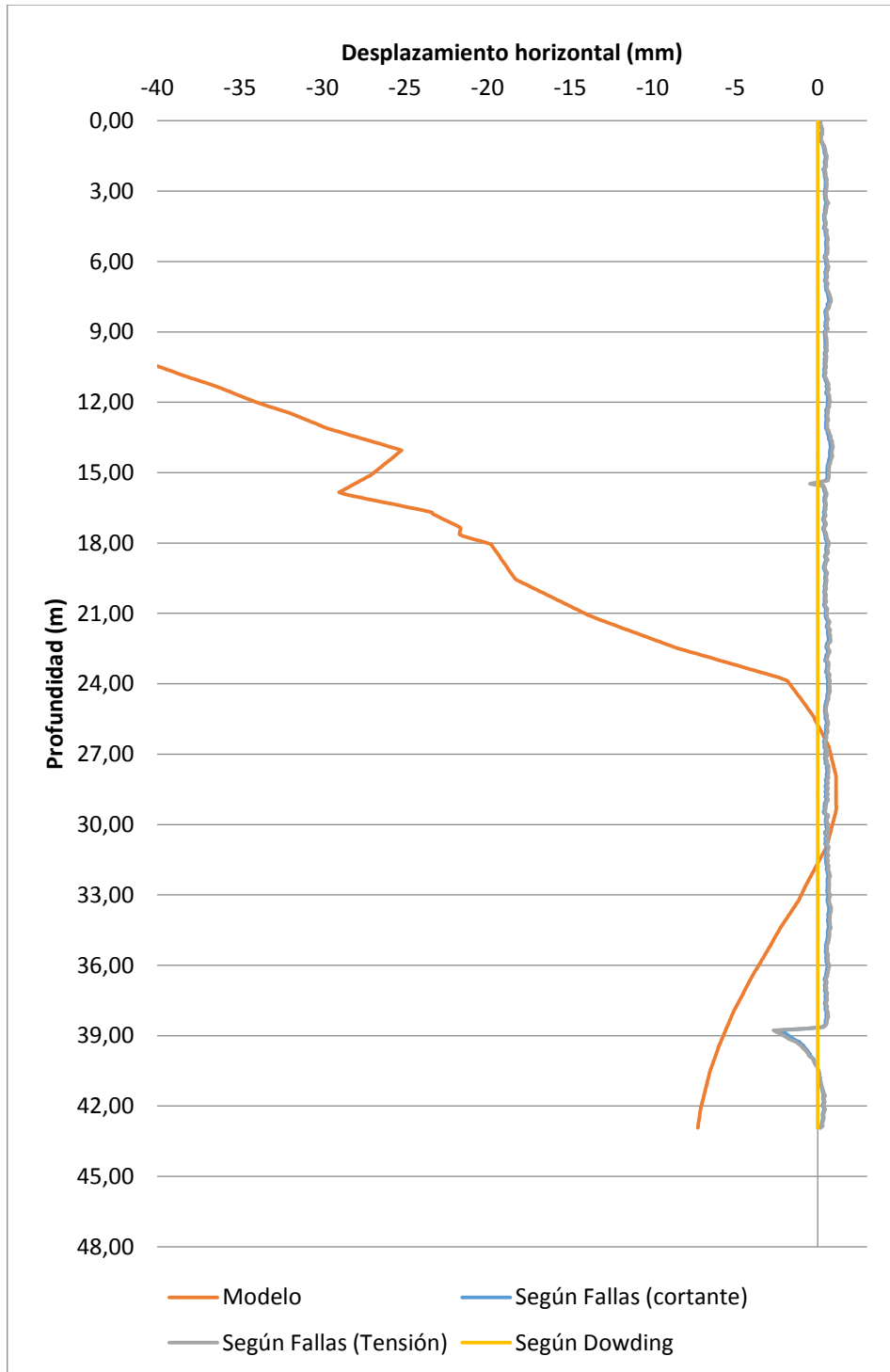
**Gráfico 11.** Comparación de desplazamientos etapa 9 TDR#1 (Autora)



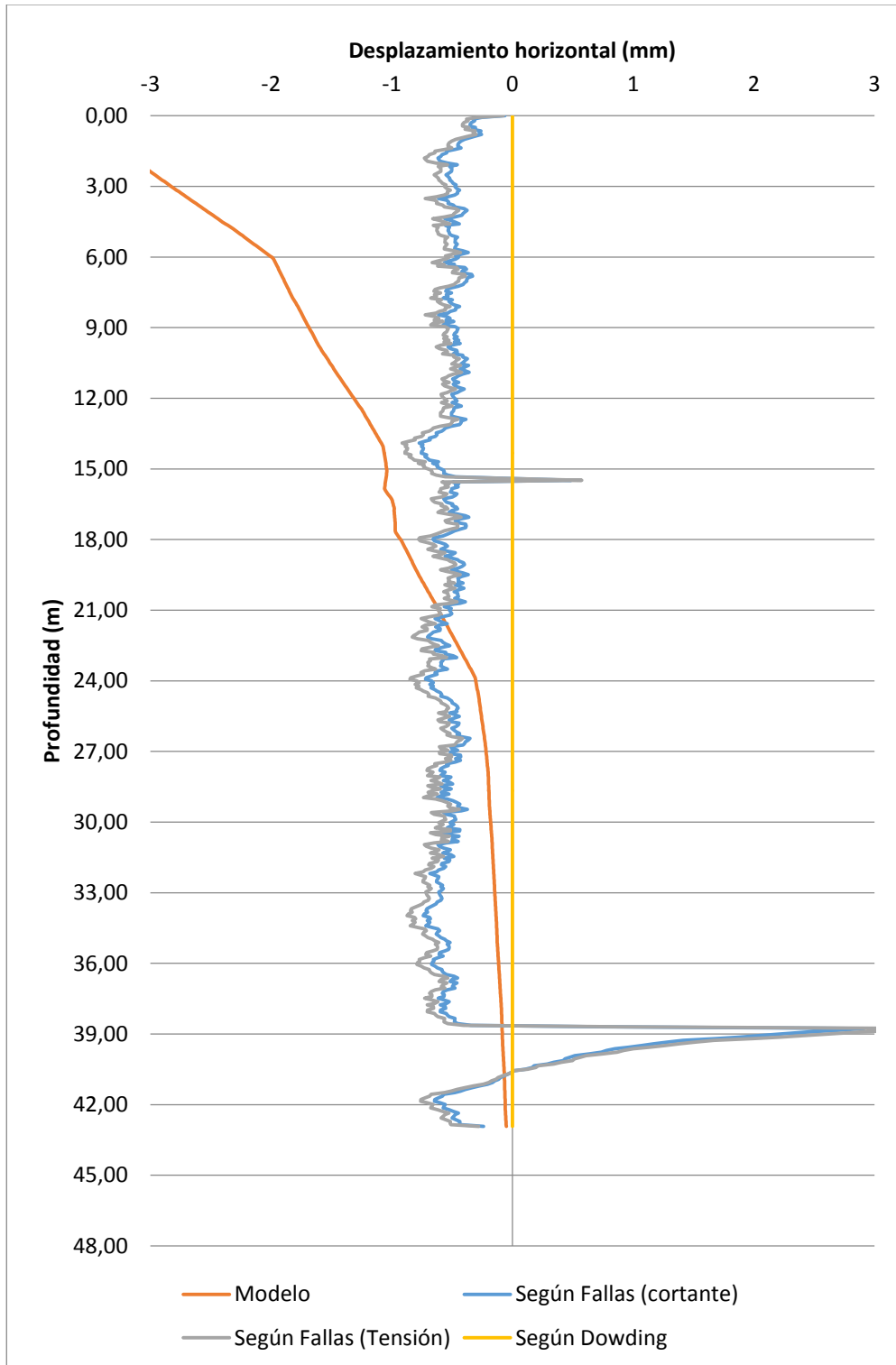
**Gráfico 12.** Comparación de desplazamientos etapa 10 TDR#1 (Autora)



**Gráfico 13.** Comparación de desplazamientos etapa 11 TDR#1 (Autora)



**Gráfico 14.** Comparación de desplazamientos etapa 12 TDR#1 (Autora)



**Gráfico 15.** Comparación de desplazamientos etapa 13 TDR#1 (Autora)

# Análisis de los resultados

Como parte del análisis geotécnico, se decide realizar una simplificación de los perfiles estratigráficos, si se observa la figura 1 y la figura 3, los estratos de Basalto volcánico son considerados como Andesitas fracturadas en el perfil simplificado. Esto se debe a que su composición química es similar. Ambos están formados por Plagioclasas Cálctica y piroxenos. (Ribes, 2007). Esto hace que se puedan simplificar de esta manera.

Otra simplificación que se realizó fueron las arcillas, estas no son tomadas en cuenta dentro del análisis geotécnico, en el caso de las arcillas rojizas son tomadas como parte de las Andesitas, si se comparan el espesor el estrato de arcillas (0,5 metros) con la andesita (42 metros), es mucho mayor que las arcillas por lo que permite que sea despreciable. En cuanto al resto de las arcillas, estas son consideradas como andesitas fracturadas, una razón es su cercanía con las andesitas fracturas y el poco espesor (2,5 metros). Además no se encuentra presente en las demás perforaciones, por lo que no es tan representativo en los estratos presentes. En cuanto a la Toba, se puede observar que se presentan tres tipos de toba (Cristalina café, cristalina y lítica café) pero en el modelo simplificado se considera únicamente una sola tipo de Toba, con el fin de facilitar el procedimiento de análisis.

De esta manera se simplifica el modelo original y con ello se utilizan los parámetros geotécnicos propuestos por la empresa en el Green Power. (Ver cuadro 1) Teniendo la caracterización de cuatro estratos (Depósitos aluviales, toba, andesitas fracturadas y andesitas) que fueron proporcionados por la misma, la cual son los datos utilizados en sus diseños geotécnicos. La caracterización muestra tres parámetros, cohesión (kPa), ángulo de fricción (°) y peso específico (kg/m<sup>3</sup>). Estos datos son considerados en el modelo realizado para obtener

los desplazamientos. Cada uno estos parámetros se analizó para que su valor fuese congruentes con el estrato indicado, según valores típicos de la matriz rocosa, estos valores fueron proporcionados en el curso de geología aplicada en el tema 13 de mecánica de rocas. (Ver anexos) En el caso del estrato de depósito aluvial la cohesión es 0,0 kPa y ángulo de fricción de 35° muestra valores de 0,0 kPa y 30° los cuales no están lejos. En el caso de las andesitas los valores de cohesión de 140kPa-338kPa y ángulo de fricción de 37°-47°, comparando estos valores con los típicos no se encuentran muy lejos con valores de 280kPa y 45°. Por último se tiene la toba con una cohesión de 22 kPa y ángulo de fricción de 23°, no coincide con los resultados típicos pero se consideran aceptables.

Fue necesario conocer el proceso constructivo con que se llevó a cabo en el talud de cada TDR, en el caso del TDR #1 no sufrió ningún tipo de corte o reforzamiento, encontrándose en su estado natural, en cuanto al talud del TDR#2 que se ubica exactamente a la par de casa de máquinas, se realizó cortes y colocación de reforzamiento teniendo 6 cortes y a su vez reforzamiento de cada uno de ellos. Es con este proceso que se realiza un análisis de cada talud. Es importante conocer el proceso constructivo ya que los cambios que el talud sufre se ven reflejados en su estabilidad.

Una vez obtenido los perfiles estratigráficos, sus características y el proceso constructivos se continua con el análisis de estabilidad, para ello fue necesario utilizar el programa Slide 8.0, el cual analiza la estabilidad del talud en cada una de sus etapa, esta estabilidad es medida por medio del factor de seguridad, en el cuadro 3 se tiene los factores de seguridad de cada una de las etapas para el TDR#1 (ver cuadro 2), la estabilidad del talud aumenta conforme se van realizando los cortes y el reforzamiento, se puede notar que cuando se

realiza un corte el cambio en el factor de seguridad es significativo en un valor de 0,2, contrario a cuando se coloca el reforzamiento donde el cambio es de 0,05 y en el caso del reforzamiento del corte 3 y 4 no se observa cambio al colocarse el reforzamiento. Esto se da por que la inestabilidad del talud está en la parte superior y es ahí donde se hace el primer corte y el reforzamiento, luego los siguientes cortes aumentan la estabilidad pero la parte crítica sigue siendo la parte superior. El cambio más grande en el factor de seguridad es el corte #10 y el#12, que es la zona que presenta mayor inestabilidad. La mayor inestabilidad se da en el corte #12 en la sección 1 que corresponde a la parte superior del talud con un factor de seguridad de 0,383, ambos cortes se dan al pie del talud, lo que hace que la inestabilidad aumente en la parte superior, ya que la cantidad de volumen de suelo disminuye en la parte inferior.

La segunda parte del análisis es de esfuerzo-deformación, para el TDR#1 se observa el comportamiento de los desplazamientos en su estado natural como se observa en la figura 25 utilizando el programa Phase2, para una mejor comparación con los resultados del TDR se estudia el cambio en el desplazamiento en las etapas establecidas. Los mayores cambios de desplazamiento se dan en la etapa 10 y 12 que es cuando se realizan los dos últimos cortes al pie del talud, con un desplazamiento máximo de 70 mm, en el análisis de estabilidad se observa que la zona crítica del talud es la parte superior del talud por lo que un corte al pie de talud es símbolo de inestabilidad en la parte superior del talud. Estos desplazamientos también se dan por el tipo de roca en esta zona, ya que hay presencia de gran cantidad de andesitas.

Para una mejor apreciación de los desplazamientos y su comportamiento del talud, en el gráfico 1 se muestran en las diferentes etapas de colocación de reforzamiento y cortes, en la colocación de refuerzo el cambio en el desplazamiento es muy pequeño, esto se debe a que el refuerzo colocado no tiene la función de estabilización sino de evitar erosión, se puede observar con la longitud de los pernos que son de 12 a 13 metros. Con respecto al TDR#2, se observa en la figura 26 los desplazamientos y los asentamientos para el talud en estado natural, con un máximo de 50 mm de desplazamiento en su estado natural, al contrario al TDR#1 que se encuentra reforzado y con estabilización con

cortes, lo que hace que este talud sea una zona inestable.

Antes de realizar la comparación de datos del TDR y los datos obtenidos del modelo geotécnico es necesario observar el comportamiento de los datos del TDR#1 en cada una de las etapas, estos datos corresponden al coeficiente de reflexión con respecto a la profundidad. En el gráfico 2 se pueden apreciar los datos de coeficiente de reflexión en cada etapa, mostrando mayores cambios de coeficiente de reflexión 0,07 mrhos en las etapas de corte, en especial en las etapas 10 y 12, que corresponde a los últimos cortes al pie del talud. Este cambio muestra una deformación por cortante a la profundidad de 15,5 metros. Por lo que se puede decir que el TDR#1 tomó lectura de los cortes realizados y la colocación de refuerzo. De la misma forma, los cambios de coeficiente de reflexión son menores en el caso de colocación de refuerzo de 0,01 mrhos. El TDR#2 muestra un comportamiento constante sin cambios drásticos de coeficiente de reflexión a diferencia del TDR#1 no existe comparación ya que solamente es el talud en estado natural como se encuentra actualmente.

Para la comparación de desplazamientos fue necesario utilizar dos teorías, la teoría del Ingeniero Fernando Fallas y la de O'Connor Dowding para interpretar el coeficiente de reflexión en desplazamiento y compararlo con los desplazamientos obtenidos a partir del modelo geotécnico. Analizando cada una de las etapas del modelo con los desplazamientos obtenidos de las dos teorías, los datos de Dowding son muy pequeños en comparación con los resultados del modelo geotécnico con diferencia de  $1 \times 10^{-5}$  mm. Por lo que no se considera dentro del análisis ya que su valor es muy cercano a cero. A nivel de todos los desplazamientos comparados con el modelo geotécnico, en los cortes 3, 8, 10, 11 y 12 el comportamiento tiende a ser similar en las zonas de cortante que corresponde a grandes cambios en el desplazamiento. En el gráfico 5, muestra un desplazamiento mayor a la profundidad de 15,5 metros, el gráfico 10 se observa el aumento en el desplazamiento entre los 15 -18 metros, en cuanto al gráfico 12, 13 y 14 se observa el mismo comportamiento a la profundidad de 15-20 metros. Una de las razones es porque el TDR tiene la facilidad de detectar movimiento grandes, cuando estos son muy pequeños son difíciles de detectar. En conclusión,

no se puede decir que las teorías muestran los desplazamientos según el modelo geotécnico, se debe recordar que los datos utilizados para el modelo fueron simplificados lo que hace que no sea lo más cercano a la realidad., además se debe considerar que la zona de estudio tiene una clasificación estratigráfica muy variable a lo largo

del talud, lo que hace que sea difícil de modelar lo más cercano a lo que se tiene en sitio. Se podría decir que en cambios representativos de 50 mm en adelante el cambio se puede observar en los datos del TDR y cuando estos son menores no son representados por el TDR.



# Conclusiones

- Como resultado de la recopilación de la información de los ensayos existente, se logró conocer los distintos estratos con que el reflectómetro de dominio de tiempo interactúa como lo son la toba lítica, lava andesitas y lava andesitas fracturadas, a su vez los perfiles estratigráficos de los taludes donde se encontraban cada reflectómetro de dominio de tiempo. Al mismo tiempo se conoce el nivel freático que estos perfiles y sus cambios a lo largo del proceso constructivo. Otro punto importante a recalcar es la información de los cortes realizados lo cuales se obtuvieron un total de 6 cortes, también la colocación de reforzamiento del talud de pernos tipo Titán de distintas cargas y diámetros según fue el diseño, ambos puntos son de suma importancia ya que con ello se logra dividir el análisis del modelo en etapas para un mejor desarrollo del proyecto.
- Caracterización geo-mecánicamente, el suelo y la roca para el modelo geotécnico se obtiene para cuatro estratos que son los siguientes, deposito aluvial, Toba, Andesitas y Andesitas fracturas con cohesiones de 0kPa, 22kPa, 140kPa y 338kPa, respectivamente, obteniendo también parámetros como el ángulo de fricción y el peso específico de cada estrato, estos fueron utilizados con éxito para caracterización de modelo geotécnico.
- El modelo geotécnico fue realizado con el objetivo que este fuese lo más cercano a la realidad, para ellos fue necesario construir este modelo a partir de los planos topografías con que se contaba, también con los perfiles estratigráficos y las caracterización del suelo y la roca. Ambos TDR fueron construidos bajo perfiles estratigráficos simplificados utilizando los cuatro estratos, depósitos aluviales, Toba, Andesitas y Andesitas fracturadas y sus características respectivas.
- El análisis de estabilidad y esfuerzos-deformaciones fue llevado a cabo con la utilización de dos programas, primeramente el Slide 8.0 para análisis de estabilidad, donde se observaron puntos de falla con factores de seguridad menores a 1, en todas las etapas del proceso constructivo. El mismo modelo fue analizado en el programa Phase<sup>2</sup> donde se obtuvieron los desplazamientos horizontales de cada etapa para ser comparados, encontrándose dentro de los rangos de 0,0 mm y 70,0 mm. Estos resultados mostraron asentamientos y desplazamientos. Dicho análisis se realizó bajo a metodología de elementos finitos.
- Por medio de la comparación gráfica, se obtiene que el modelo geotécnico muestra semejanza con la teoría de Fallas, aunque no representan la misma magnitud de desplazamiento, ambas coinciden en la configuración del movimiento, caso contrario a la teoría de Dowding donde los desplazamientos son muy pequeños. En los cortes 10 y 12 se observa en las gráficas de fallas y del modelo los cambios drásticos que sufre el talud, coincidiendo su comportamiento en las zonas de esfuerzos por cortante.
- La metodología de análisis se debería de analizar por medio de zonas de alerta y en caso de sismo y lluvias, las lecturas del TDR deben hacerse con mayor frecuencia ya que el riesgo de desplazamiento aumenta. Y asegurarse que cuando el coeficiente de reflexión esté cerca de 0,1 se dé un mensaje de alerta.

# Recomendaciones

- Realizar un perfil estratigráfico más representativo, es decir, realizar un estudio geológico adecuado y pruebas de suelo para determinar los parámetros geotécnicos del suelo y roca, como el ángulo de fricción, peso específico y cohesión. Las pruebas de suelo como triaxial, resistencia a la compresión, entre otras necesarias para determinar cada parámetro. Un perfil estratigráfico más cercano a la realidad daría datos más cercanos a los que se tiene en sitio.
- Mejorar el control de alerta con un sistema que procese los datos inmediatamente y analice los datos dentro del umbral de  $\pm 0,1$  mmhos, así como la toma de lectura en caso de sismo o tormenta de lluvia de forma automática. Una lectura por semana es suficiente pero los datos deben ser procesados por el personal de forma inmediata y caso de algún atraso puede que la información en caso de alerta no sea notificada a tiempo. De la misma forma en caso de un sismo o tormenta de lluvia donde la posibilidad de un desplazamiento aumenta y la lectura no se hace de forma inmediata y lo más adecuado sería hacerla justo después de ocurrido el incidente.
- En zonas con estratigrafía muy diferente se recomienda realizar un mayor número de sondeos para lograr clasificar del suelo y roca de forma adecuada a la situación, ya que al variar tanto es difícil determinar un perfil estratigráfico a partir de un solo sondeo.
- La instalación de TDR junto con un inclinómetro es una buena solución para asociar datos, además de que el inclinómetro puede tomar lectura de pequeños desplazamientos y el TDR detectar desplazamiento de mayor magnitud.
- El Ing. Fernando Fallas plantea en su tesis el estudio de laboratorio de deformaciones de TDR por medio de pruebas de laboratorio, para este tipo de comparación, el estudio en laboratorio sería útil por lo que se recomiendan los estudios de laboratorio para el análisis del comportamiento de cable coaxial y su deformación ante esfuerzo de corte y tensión.
- Implementar esta metodología en nuevos proyectos geotécnicos donde se cuente con taludes, ya que es una manera de ir aproximando el coeficiente de reflexión a un desplazamiento por medio de modelos geotécnicos.



# Apéndices

Profundidad Cable (m)	Desplazamientos (mm)			
	Campaña 5			
	Modelo (Natural)	Según Dowding	Según Fallas (Cortante)	Según Fallas (Tensión)
0.00	-15.2268	1.5	0	0
0.08	-15.4159	1.491489	-73.30749354	-86.49390244
0.15	-15.6050	1.500114	0.981912145	1.158536585
0.23	-15.7941	1.500441	3.798449612	4.481707317
0.31	-15.9832	1.500132	1.136950904	1.341463415
0.38	-16.1723	1.500006	0.051679587	0.06097561
0.46	-16.3614	1.50063	5.426356589	6.402439024
0.54	-16.5505	1.499517	-4.160206718	-4.908536585
0.61	-16.7396	1.49946	-4.651162791	-5.487804878
0.69	-16.9151	1.499361	-5.503875969	-6.493902439
0.77	-17.0444	1.499343	-5.658914729	-6.676829268
0.84	-17.1738	1.499151	-7.312661499	-8.62804878
0.92	-17.3032	1.499238	-6.563307494	-7.743902439
1.00	-17.4326	1.499145	-7.364341085	-8.68902439
1.07	-17.5620	1.499238	-6.563307494	-7.743902439
1.15	-17.6914	1.49934	-5.684754522	-6.707317073
1.23	-17.8208	1.499283	-6.175710594	-7.286585366
1.30	-17.9832	1.499244	-6.511627907	-7.682926829
1.38	-18.1486	1.499346	-5.633074935	-6.646341463
1.46	-18.3140	1.499322	-5.839793282	-6.890243902
1.53	-18.4795	1.499307	-5.968992248	-7.042682927
1.61	-18.6449	1.499355	-5.555555556	-6.554878049
1.69	-18.8187	1.499346	-5.633074935	-6.646341463
1.76	-19.0378	1.499262	-6.356589147	-7.5
1.84	-19.2570	1.499247	-6.485788114	-7.652439024
1.92	-19.4761	1.499361	-5.503875969	-6.493902439
1.99	-19.6953	1.499355	-5.555555556	-6.554878049
2.07	-19.9144	1.499403	-5.142118863	-6.067073171
2.15	-20.1335	1.49946	-4.651162791	-5.487804878
2.22	-20.3527	1.499559	-3.798449612	-4.481707317
2.30	-20.5718	1.499565	-3.746770026	-4.420731707
2.38	-20.7910	1.499469	-4.573643411	-5.396341463
2.45	-21.0101	1.499466	-4.599483204	-5.426829268
2.53	-21.2293	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
2.61	-21.4483	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
2.68	-21.6079	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
2.76	-21.7675	1.499586	-3.565891473	-4.207317073
2.84	-21.9272	1.499622	-3.255813953	-3.841463415
2.91	-22.0868	1.499655	-2.971576227	-3.506097561
2.99	-22.2465	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
3.07	-22.4061	1.499565	-3.746770026	-4.420731707
3.14	-22.5657	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
3.22	-22.7254	1.499664	-2.894056848	-3.414634146
3.30	-22.8850	1.499661	-2.919896641	-3.445121951
3.37	-23.0223	1.499574	-3.669250646	-4.329268293

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

3.45	-23.1438	1.49946	-4.651162791	-5.487804878
3.53	-23.2449	1.499358	-5.529715762	-6.524390244
3.60	-23.3784	1.499454	-4.702842377	-5.548780488
3.68	-23.5267	1.499454	-4.702842377	-5.548780488
3.76	-23.6749	1.499463	-4.625322997	-5.457317073
3.83	-23.8231	1.499457	-4.677002584	-5.518292683
3.91	-23.9714	1.499454	-4.702842377	-5.548780488
3.99	-24.1196	1.499559	-3.798449612	-4.481707317
4.06	-24.2679	1.499571	-3.695090439	-4.359756098
4.14	-24.4161	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
4.22	-24.5644	1.499571	-3.695090439	-4.359756098
4.29	-24.7126	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
4.37	-24.8608	1.499244	-6.511627907	-7.682926829
4.45	-25.0030	1.499652	-2.997416021	-3.536585366
4.52	-25.1242	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
4.60	-25.2454	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
4.68	-25.3666	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
4.75	-25.4877	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
4.83	-25.6089	1.499679	-2.764857881	-3.262195122
4.91	-25.6852	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
4.98	-25.7595	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
5.06	-25.8339	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
5.14	-25.9083	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
5.21	-25.9826	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
5.29	-26.0570	1.499664	-2.894056848	-3.414634146
5.37	-26.1357	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
5.44	-26.2511	1.499583	-3.591731266	-4.237804878
5.52	-26.3665	1.49958	-3.617571059	-4.268292683
5.60	-26.4819	1.499469	-4.573643411	-5.396341463
5.67	-26.5973	1.499463	-4.625322997	-5.457317073
5.75	-26.7127	1.499538	-3.979328165	-4.695121951
5.83	-26.8361	1.499526	-4.082687339	-4.817073171
5.90	-26.9866	1.499469	-4.573643411	-5.396341463
5.98	-27.1370	1.49946	-4.651162791	-5.487804878
6.06	-27.2875	1.499571	-3.695090439	-4.359756098
6.13	-27.4380	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
6.21	-27.5885	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
6.29	-27.7208	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
6.36	-27.2171	1.499583	-3.591731266	-4.237804878
6.44	-26.7133	1.499661	-2.919896641	-3.445121951
6.52	-26.2096	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
6.59	-25.7058	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
6.67	-25.2021	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
6.75	-24.6983	1.499697	-2.609819121	-3.079268293
6.82	-24.1946	1.499739	-2.248062016	-2.652439024
6.90	-23.6908	1.49976	-2.067183463	-2.43902439
6.98	-23.1871	1.499772	-1.963824289	-2.317073171
7.05	-22.6833	1.499799	-1.73126615	-2.042682927
7.13	-22.1796	1.499679	-2.764857881	-3.262195122
7.21	-21.6792	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
7.28	-20.8313	1.499781	-1.88630491	-2.225609756

7.36	-19.8391	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
7.44	-18.8469	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
7.51	-17.8546	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
7.59	-16.8624	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
7.67	-15.8702	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
7.74	-14.8780	1.499523	-4.108527132	-4.847560976
7.82	-13.8858	1.499538	-3.979328165	-4.695121951
7.90	-12.8936	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
7.97	-11.9014	1.499583	-3.591731266	-4.237804878
8.05	-10.9092	1.49967	-2.842377261	-3.353658537
8.13	-9.9170	1.499655	-2.971576227	-3.506097561
8.20	-8.9248	1.49967	-2.842377261	-3.353658537
8.28	-8.4117	1.499655	-2.971576227	-3.506097561
8.36	-8.6684	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
8.43	-8.9251	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
8.51	-9.1819	1.499664	-2.894056848	-3.414634146
8.59	-9.4386	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
8.66	-9.6953	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
8.74	-9.9520	1.499793	-1.782945736	-2.103658537
8.82	-10.0911	1.499688	-2.687338501	-3.170731707
8.89	-10.2158	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
8.97	-10.3405	1.499823	-1.524547804	-1.798780488
9.05	-10.4652	1.499892	-0.930232558	-1.097560976
9.12	-10.5899	1.499682	-2.739018088	-3.231707317
9.20	-10.7146	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
9.28	-10.8393	1.499754	-2.118863049	-2.5
9.35	-10.9640	1.499715	-2.454780362	-2.896341463
9.43	-11.0887	1.499688	-2.687338501	-3.170731707
9.51	-11.2134	1.499802	-1.705426357	-2.012195122
9.58	-11.3381	1.499679	-2.764857881	-3.262195122
9.66	-11.4628	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
9.74	-11.5875	1.499631	-3.178294574	-3.75
9.81	-11.8058	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
9.89	-12.1572	1.499583	-3.591731266	-4.237804878
9.97	-12.5086	1.499583	-3.591731266	-4.237804878
10.04	-12.8466	1.499574	-3.669250646	-4.329268293
10.12	-13.0031	1.499559	-3.798449612	-4.481707317
10.20	-13.1595	1.499583	-3.591731266	-4.237804878
10.27	-13.3160	1.499598	-3.4625323	-4.085365854
10.35	-13.4725	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
10.43	-13.6290	1.499652	-2.997416021	-3.536585366
10.50	-13.7854	1.499673	-2.816537468	-3.323170732
10.58	-13.9419	1.499685	-2.713178295	-3.201219512
10.66	-14.0984	1.499676	-2.790697674	-3.292682927
10.73	-14.2549	1.499679	-2.764857881	-3.262195122
10.81	-14.4113	1.499802	-1.705426357	-2.012195122
10.89	-14.5823	1.499775	-1.937984496	-2.286585366
10.96	-14.7750	1.499796	-1.757105943	-2.073170732
11.04	-14.9676	1.499805	-1.679586563	-1.981707317
11.12	-15.1603	1.499814	-1.602067183	-1.890243902
11.19	-15.3530	1.499883	-1.007751938	-1.18902439

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

11,27	-15,5457	1,499877	-1,059431525	-1,25
11,35	-15,7384	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
11,42	-15,7290	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
11,50	-13,8417	1,499706	-2,532299742	-2,987804878
11,58	-11,9543	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
11,65	-10,0670	1,499751	-2,144702842	-2,530487805
11,73	-8,1796	1,499688	-2,687338501	-3,170731707
11,81	-6,1872	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
11,88	-3,8791	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
11,96	-1,5711	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
12,04	0,7369	1,499598	-3,4625323	-4,085365854
12,11	3,0450	1,49961	-3,359173127	-3,963414634
12,19	5,3530	1,499583	-3,591731266	-4,237804878
12,27	7,6610	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
12,34	9,9691	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
12,42	12,2771	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
12,50	14,5851	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
12,57	17,6046	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
12,65	21,4810	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
12,73	25,3575	1,499682	-2,739018088	-3,231707317
12,80	29,2339	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
12,88	33,1104	1,499754	-2,118863049	-2,5
12,96	37,3170	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
13,03	42,1377	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
13,11	46,9584	1,499886	-0,981912145	-1,158536585
13,19	51,7791	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
13,26	56,5998	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
13,34	61,4204	1,499796	-1,757105943	-2,073170732
13,42	66,2411	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
13,49	71,0618	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
13,57	75,8825	1,499799	-1,73126615	-2,042682927
13,65	78,6671	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
13,72	76,9611	1,499697	-2,609819121	-3,079268293
13,80	75,2551	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
13,88	73,5491	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
13,95	71,8432	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
14,03	70,1372	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
14,11	68,4312	1,499682	-2,739018088	-3,231707317
14,18	66,7252	1,499628	-3,204134367	-3,780487805
14,26	65,0193	1,499583	-3,591731266	-4,237804878
14,34	63,3133	1,499589	-3,54005168	-4,176829268
14,41	61,6061	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
14,49	59,8212	1,499685	-2,713178295	-3,201219512
14,57	58,0363	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
14,64	56,2514	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
14,72	55,4537	1,499673	-2,816537468	-3,323170732

14,80	54,7364	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
14,87	54,0190	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
14,95	53,3017	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
15,03	52,5843	1,499859	-1,214470284	-1,432926829
15,10	51,8669	1,499826	-1,49870801	-1,768292683
15,18	51,1496	1,499856	-1,240310078	-1,463414634
15,26	50,4322	1,499829	-1,472868217	-1,737804878
15,33	49,7149	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
15,41	48,9975	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
15,49	48,2801	1,499886	-0,981912145	-1,158536585
15,56	47,5628	1,499832	-1,447028424	-1,707317073
15,64	46,9680	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
15,72	46,5149	1,499769	-1,989664083	-2,347560976
15,79	46,0618	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
15,87	45,6087	1,499778	-1,912144703	-2,256097561
15,95	45,1557	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
16,02	43,6536	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
16,10	42,1186	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
16,18	40,5835	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
16,25	39,0485	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
16,33	37,5135	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
16,41	35,9785	1,499688	-2,687338501	-3,170731707
16,48	34,4435	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
16,56	32,9085	1,499712	-2,480620155	-2,926829268
16,64	31,3735	1,499778	-1,912144703	-2,256097561
16,71	29,5454	1,499703	-2,558139535	-3,018292683
16,79	26,4650	1,499697	-2,609819121	-3,079268293
16,87	23,3847	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
16,94	20,3044	1,49976	-2,067183463	-2,43902439
17,02	17,2241	1,499793	-1,782945736	-2,103658537
17,10	14,1438	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
17,17	10,9162	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
17,25	7,5984	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
17,33	4,2806	1,499889	-0,956072351	-1,12804878
17,40	0,9628	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
17,48	-2,3550	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
17,56	-5,6728	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
17,63	-8,9906	1,499832	-1,447028424	-1,707317073
17,71	-12,3083	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
17,79	-15,6261	1,499796	-1,757105943	-2,073170732
17,86	-18,4469	1,499769	-1,989664083	-2,347560976
17,94	-21,1605	1,499793	-1,782945736	-2,103658537
18,02	-23,8741	1,499781	-1,88630491	-2,225609756
18,09	-26,5877	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
18,17	-29,3014	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
18,25	-31,3209	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
18,32	-31,3712	1,499622	-3,255813953	-3,841463415
18,40	-31,4214	1,499655	-2,971576227	-3,506097561
18,48	-31,4717	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
18,55	-31,5219	1,499673	-2,816537468	-3,323170732

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS



18,63	-31,5722	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
18,71	-31,6224	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
18,78	-31,6727	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
18,86	-31,7229	1,499733	-2,299741602	-2,713414634
18,94	-31,7732	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
19,01	-31,8234	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
19,09	-31,8737	1,499841	-1,369509044	-1,615853659
19,17	-31,9239	1,499841	-1,369509044	-1,615853659
19,24	-31,9742	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
19,32	-32,0166	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
19,40	-32,0198	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
19,47	-32,0229	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
19,55	-32,0163	1,49988	-1,033591731	-1,219512195
19,63	-31,5184	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
19,70	-31,0204	1,499829	-1,472868217	-1,737804878
19,78	-30,5225	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
19,86	-29,9986	1,499763	-2,041343669	-2,408536585
19,93	-29,4678	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
20,01	-28,9370	1,499682	-2,739018088	-3,231707317
20,09	-28,4062	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
20,16	-27,8754	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
20,24	-27,3446	1,499667	-2,868217054	-3,384146341
20,32	-26,8138	1,499619	-3,281653747	-3,87195122
20,39	-26,2829	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
20,47	-25,7521	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
20,55	-25,2213	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
20,62	-24,6905	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
20,70	-24,4216	1,499688	-2,687338501	-3,170731707
20,78	-24,1785	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
20,85	-23,9354	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
20,93	-23,6923	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
21,01	-23,4492	1,499739	-2,248062016	-2,652439024
21,08	-23,2061	1,499751	-2,144702842	-2,530487805
21,16	-22,9631	1,49985	-1,291989664	-1,524390244
21,24	-22,7200	1,499844	-1,343669251	-1,585365854
21,31	-22,4769	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
21,39	-22,2338	1,499823	-1,524547804	-1,798780488
21,47	-21,9907	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
21,54	-21,7482	1,49982	-1,550387597	-1,829268293
21,62	-21,5212	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
21,70	-21,2941	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
21,77	-21,0670	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
21,85	-20,8399	1,499823	-1,524547804	-1,798780488
21,93	-20,6129	1,499835	-1,42118863	-1,676829268
22,00	-20,3858	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
22,08	-20,1587	1,49985	-1,291989664	-1,524390244
22,16	-19,9528	1,49985	-1,291989664	-1,524390244
22,23	-20,1788	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
22,31	-20,4048	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
22,39	-20,6308	1,499718	-2,428940568	-2,865853659

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

22,46	-20,8568	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
22,54	-21,0829	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
22,62	-21,3089	1,499682	-2,739018088	-3,231707317
22,69	-21,5349	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
22,77	-21,7609	1,499781	-1,88630491	-2,225609756
22,85	-21,9869	1,499769	-1,989664083	-2,347560976
22,92	-22,2129	1,49982	-1,550387597	-1,829268293
23,00	-22,4390	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
23,08	-22,6650	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
23,15	-22,8910	1,499889	-0,956072351	-1,12804878
23,23	-23,1294	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
23,31	-23,5662	1,499826	-1,49870801	-1,768292683
23,38	-24,0030	1,499886	-0,981912145	-1,158536585
23,46	-24,4398	1,49982	-1,550387597	-1,829268293
23,54	-24,8766	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
23,61	-25,3134	1,499889	-0,956072351	-1,12804878
23,69	-25,7223	1,499925	-0,645994832	-0,762195122
23,77	-25,8143	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
23,84	-25,9063	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
23,92	-25,9983	1,499901	-0,852713178	-1,006097561
24,00	-26,0902	1,499832	-1,447028424	-1,707317073
24,07	-26,1804	1,499823	-1,524547804	-1,798780488
24,15	-26,2690	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
24,23	-26,3577	1,499694	-2,635658915	-3,109756098
24,30	-26,4464	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
24,38	-26,5350	1,499778	-1,912144703	-2,256097561
24,46	-26,6237	1,499694	-2,635658915	-3,109756098
24,53	-26,7124	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
24,61	-26,8010	1,499688	-2,687338501	-3,170731707
24,69	-26,8897	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
24,76	-26,9784	1,499673	-2,816537468	-3,323170732
24,84	-27,0670	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
24,92	-27,1557	1,499691	-2,661498708	-3,140243902
24,99	-27,2444	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
25,07	-27,3330	1,499691	-2,661498708	-3,140243902
25,15	-27,4217	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
25,22	-27,7650	1,499778	-1,912144703	-2,256097561
25,30	-28,1515	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
25,38	-28,5380	1,499913	-0,749354005	-0,884146341
25,45	-28,9246	1,499925	-0,645994832	-0,762195122
25,53	-29,3111	1,5	0	0
25,61	-29,6976	1,499952	-0,413436693	-0,487804878
25,68	-30,0842	1,499919	-0,697674419	-0,823170732
25,76	-30,4707	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
25,84	-30,8572	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
25,91	-31,2437	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
25,99	-31,6303	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
26,07	-32,0168	1,49982	-1,550387597	-1,829268293
26,14	-32,3343	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
26,22	-32,6243	1,499784	-1,860465116	-2,195121951

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

26,30	-32,9142	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
26,37	-33,2042	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
26,45	-33,4941	1,499736	-2,273901809	-2,682926829
26,53	-33,7840	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
26,60	-34,0740	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
26,68	-34,3047	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
26,76	-34,4802	1,499775	-1,937984496	-2,286585366
26,83	-34,6556	1,499796	-1,757105943	-2,073170732
26,91	-34,8310	1,49979	-1,80878553	-2,134146341
26,99	-35,0065	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
27,06	-35,1819	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
27,14	-35,3569	1,49988	-1,033591731	-1,219512195
27,22	-35,4651	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
27,29	-35,5732	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
27,37	-35,6813	1,499901	-0,852713178	-1,006097561
27,45	-35,7894	1,499907	-0,801033592	-0,945121951
27,52	-35,8975	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
27,60	-36,0056	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
27,68	-36,1138	1,499913	-0,749354005	-0,884146341
27,75	-36,2219	1,499838	-1,395348837	-1,646341463
27,83	-36,3300	1,499826	-1,49870801	-1,768292683
27,91	-36,4381	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
27,98	-36,5462	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
28,06	-36,6863	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
28,14	-36,8653	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
28,21	-37,0443	1,499871	-1,111111111	-1,31097561
28,29	-37,2232	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
28,37	-37,4022	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
28,44	-37,5812	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
28,52	-37,7601	1,499688	-2,687338501	-3,170731707
28,60	-37,9391	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
28,67	-38,1181	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
28,75	-38,2971	1,499799	-1,73126615	-2,042682927
28,83	-38,4760	1,499826	-1,49870801	-1,768292683
28,90	-38,6550	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
28,98	-38,8340	1,499787	-1,834625323	-2,164634146
29,06	-39,0129	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
29,13	-39,1919	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
29,21	-39,3441	1,49985	-1,291989664	-1,524390244
29,29	-39,4567	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
29,36	-39,5693	1,499862	-1,188630491	-1,402439024
29,44	-39,6193	1,499886	-0,981912145	-1,158536585
29,52	-39,5708	1,499898	-0,878552972	-1,036585366
29,59	-39,5223	1,499931	-0,594315245	-0,701219512
29,67	-39,4738	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
29,75	-39,3673	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
29,82	-39,2394	1,499913	-0,749354005	-0,884146341
29,90	-39,1116	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
29,98	-38,9837	1,499898	-0,878552972	-1,036585366
30,05	-38,8559	1,499847	-1,317829457	-1,554878049

30,13	-38,7280	1,499835	-1,42118863	-1,676829268
30,21	-38,6002	1,499838	-1,395348837	-1,646341463
30,28	-38,4723	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
30,36	-38,3445	1,49982	-1,550387597	-1,829268293
30,44	-38,2166	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
30,51	-38,0888	1,499832	-1,447028424	-1,707317073
30,59	-37,9609	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
30,67	-37,8331	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
30,74	-37,7053	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
30,82	-37,6121	1,499679	-2,764857881	-3,262195122
30,90	-37,6078	1,499688	-2,687338501	-3,170731707
30,97	-37,6035	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
31,05	-37,5992	1,49979	-1,80878553	-2,134146341
31,13	-37,5949	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
31,20	-37,5907	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
31,28	-37,5864	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
31,36	-37,5821	1,499799	-1,73126615	-2,042682927
31,43	-37,5778	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
31,51	-37,5735	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
31,59	-37,5692	1,499928	-0,620155039	-0,731707317
31,66	-37,5649	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
31,74	-37,5568	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
31,82	-37,5458	1,499913	-0,749354005	-0,884146341
31,89	-37,5347	1,499907	-0,801033592	-0,945121951
31,97	-37,5236	1,499907	-0,801033592	-0,945121951
32,05	-37,5125	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
32,12	-37,5014	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
32,20	-37,4126	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
32,28	-37,2041	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
32,35	-36,9956	1,499838	-1,395348837	-1,646341463
32,43	-36,7871	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
32,51	-36,5786	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
32,58	-36,3701	1,49976	-2,067183463	-2,43902439
32,66	-36,1616	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
32,74	-35,9531	1,499676	-2,790697674	-3,292682927
32,81	-35,7445	1,499778	-1,912144703	-2,256097561
32,89	-35,5360	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
32,97	-35,3275	1,499793	-1,782945736	-2,103658537
33,04	-35,1190	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
33,12	-34,9105	1,499844	-1,343669251	-1,585365854
33,20	-34,7020	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
33,27	-34,4895	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
33,35	-34,2717	1,499796	-1,757105943	-2,073170732
33,43	-34,0539	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
33,50	-33,8362	1,499907	-0,801033592	-0,945121951
33,58	-33,6184	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
33,66	-33,4006	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
33,73	-33,1829	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
33,81	-32,9439	1,499925	-0,645994832	-0,762195122
33,89	-32,6835	1,499985	-0,129198966	-0,152439024

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

33,96	-32,4232	1,500003	0,025839793	0,030487805
34,04	-32,1986	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
34,12	-31,9867	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
34,19	-31,7749	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
34,27	-31,5630	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
34,35	-31,3511	1,499901	-0,852713178	-1,006097561
34,42	-31,1392	1,499898	-0,878552972	-1,036585366
34,50	-30,9273	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
34,58	-30,7154	1,499871	-1,111111111	-1,31097561
34,65	-30,5036	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
34,73	-30,2917	1,499826	-1,49870801	-1,768292683
34,81	-30,0798	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
34,88	-29,8679	1,499883	-1,007751938	-1,18902439
34,96	-29,6560	1,499823	-1,524547804	-1,798780488
35,04	-29,4442	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
35,11	-29,2323	1,499826	-1,49870801	-1,768292683
35,19	-29,0204	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
35,27	-28,8085	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
35,34	-28,7412	1,499889	-0,956072351	-1,12804878
35,42	-28,6847	1,499835	-1,42118863	-1,676829268
35,50	-28,6282	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
35,57	-28,5718	1,499901	-0,852713178	-1,006097561
35,65	-28,5153	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
35,73	-28,4588	1,499907	-0,801033592	-0,945121951
35,80	-28,4024	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
35,88	-28,3459	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
35,96	-28,2894	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
36,03	-28,2330	1,499913	-0,749354005	-0,884146341
36,11	-28,1765	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
36,19	-28,1200	1,499904	-0,826873385	-0,975609756
36,26	-28,0636	1,499928	-0,620155039	-0,731707317
36,34	-28,0071	1,499985	-0,129198966	-0,152439024
36,42	-27,9635	1,499898	-0,878552972	-1,036585366
36,49	-28,3258	1,499838	-1,395348837	-1,646341463
36,57	-28,9361	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
36,65	-29,5463	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
36,72	-30,1565	1,499796	-1,757105943	-2,073170732
36,80	-30,7667	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
36,88	-31,3769	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
36,95	-31,9871	1,49982	-1,550387597	-1,829268293
37,03	-32,5973	1,499889	-0,956072351	-1,12804878
37,11	-33,2075	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
37,18	-33,8177	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
37,26	-34,4279	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
37,34	-35,0382	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
37,41	-35,6484	1,49988	-1,033591731	-1,219512195
37,49	-36,2586	1,499877	-1,059431525	-1,25
37,57	-36,8688	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
37,64	-37,4790	1,499913	-0,749354005	-0,884146341
37,72	-38,0892	1,499916	-0,723514212	-0,853658537

37,80	-38,6994	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
37,87	-39,3096	1,499937	-0,542635659	-0,640243902
37,95	-39,7734	1,500003	0,025839793	0,030487805
38,03	-39,9277	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
38,10	-40,0820	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
38,18	-40,2363	1,499925	-0,645994832	-0,762195122
38,26	-40,3906	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
38,33	-40,5450	1,499865	-1,162790698	-1,37195122
38,41	-40,6203	1,499859	-1,214470284	-1,432926829
38,49	-40,5980	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
38,56	-40,5758	1,49985	-1,291989664	-1,524390244
38,64	-40,5535	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
38,72	-40,5313	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
38,79	-40,5090	1,499844	-1,343669251	-1,585365854
38,87	-40,4868	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
38,95	-40,4645	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
39,02	-40,4423	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
39,10	-40,4200	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
39,18	-40,3978	1,49982	-1,550387597	-1,829268293
39,25	-40,3756	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
39,33	-40,3533	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
39,41	-40,3311	1,499898	-0,878552972	-1,036585366
39,48	-40,3088	1,499904	-0,826873385	-0,975609756
39,56	-40,7442	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
39,64	-41,2959	1,500003	0,025839793	0,030487805
39,71	-41,8476	1,499961	-0,335917313	-0,396341463
39,79	-42,3994	1,49997	-0,258397933	-0,304878049
39,87	-42,9511	1,499997	-0,025839793	-0,030487805
39,94	-43,5028	1,499934	-0,568475452	-0,670731707
40,02	-44,1180	1,499949	-0,439276486	-0,518292683
40,10	-44,8160	1,5	0	0
40,17	-45,5140	1,499955	-0,387596899	-0,457317073
40,25	-46,2119	1,499949	-0,439276486	-0,518292683
40,33	-46,9099	1,499946	-0,465116279	-0,548780488
40,40	-47,6079	1,499913	-0,749354005	-0,884146341
40,48	-48,3059	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
40,56	-49,0039	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
40,63	-49,7019	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
40,71	-50,3998	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
40,79	-51,0978	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
40,86	-51,1561	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
40,94	-50,9479	1,499703	-2,558139535	-3,018292683
41,02	-50,7396	1,499751	-2,144702842	-2,530487805
41,09	-50,5313	1,499781	-1,88630491	-2,225609756
41,17	-50,3230	1,499781	-1,88630491	-2,225609756
41,25	-50,1147	1,499784	-1,860465116	-2,195121951
41,32	-49,9064	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
41,40	-49,6981	1,499826	-1,49870801	-1,768292683
41,48	-49,4898	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
41,55	-49,2815	1,499877	-1,059431525	-1,25

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

41,63	-49,0732	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
41,71	-48,8649	1,499907	-0,801033592	-0,945121951
41,78	-48,6566	1,499955	-0,387596899	-0,457317073
41,86	-48,4483	1,5	0	0
41,94	-48,2972	1,499997	-0,025839793	-0,030487805
42,01	-47,2845	1,499976	-0,206718346	-0,243902439
42,09	-46,1258	1,5	0	0
42,17	-44,9670	1,499976	-0,206718346	-0,243902439
42,24	-43,8083	1,499997	-0,025839793	-0,030487805
42,32	-42,6495	1,499988	-0,103359173	-0,12195122
42,40	-41,4908	1,499949	-0,439276486	-0,518292683
42,47	-40,3320	1,499916	-0,723514212	-0,853658537
42,55	-39,1733	1,499931	-0,594315245	-0,701219512
42,63	-38,0145	1,499895	-0,904392765	-1,067073171
42,70	-36,8558	1,499865	-1,162790698	-1,37195122
42,78	-35,6971	1,499835	-1,42118863	-1,676829268
42,86	-34,5383	1,499817	-1,57622739	-1,859756098
42,93	-33,3796	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
43,01	-32,2208	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
43,09	-31,0621	1,499814	-1,602067183	-1,890243902
43,16	-29,9033	1,499802	-1,705426357	-2,012195122
43,24	-28,7446	1,499811	-1,627906977	-1,920731707
43,32	-27,8484	1,499805	-1,679586563	-1,981707317
43,39	-27,3429	1,499808	-1,65374677	-1,951219512
43,47	-27,0127	1,499838	-1,395348837	-1,646341463
43,55	-26,8432	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
43,62	-26,6737	1,499892	-0,930232558	-1,097560976
43,70	-26,5042	1,499922	-0,671834625	-0,792682927
43,78	-26,3347	1,499949	-0,439276486	-0,518292683
43,85	-26,1651	1,499949	-0,439276486	-0,518292683
43,93	-25,9956	1,500003	0,025839793	0,030487805
44,01	-25,8261	1,500003	0,025839793	0,030487805
44,08	-25,6566	1,499997	-0,025839793	-0,030487805
44,16	-25,4871	1,500009	0,07751938	0,091463415
44,24	-25,3176	1,500003	0,025839793	0,030487805
44,31	-25,1481	1,499931	-0,594315245	-0,701219512
44,39	-24,9786	1,499985	-0,129198966	-0,152439024
44,47	-24,7831	1,499979	-0,180878553	-0,213414634
44,54	-24,5671	1,49391	-52,45478036	-61,8902439
44,62	-24,3511	1,484832	-130,6459948	-154,1463415
44,70	-24,1351	1,481244	-161,5503876	-190,6097561
44,77	-23,9191	1,479609	-175,6330749	-207,2256098
44,85	-23,7031	1,47879	-182,6873385	-215,5487805
44,93	-23,4871	1,478235	-187,4677003	-221,1890244
45,00	-23,2711	1,477791	-191,2919897	-225,7012195
45,08	-23,0551	1,477353	-195,0645995	-230,152439
45,16	-22,8392	1,477113	-197,1317829	-232,5914634
45,23	-22,6232	1,47681	-199,7416021	-235,6707317
45,31	-22,4072	1,476594	-201,6020672	-237,8658537
45,39	-22,2852	1,476378	-203,4625323	-240,0609756

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

<b>45,46</b>	-22,3632	1,476153	-205,4005168	-242,347561
<b>45,54</b>	-22,4413	1,475937	-207,2609819	-244,5426829
<b>45,62</b>	-23,3442	1,475805	-208,3979328	-245,8841463
<b>45,69</b>	-24,4923	1,475592	-210,2325581	-248,0487805
<b>45,77</b>	-25,8748	1,475463	-211,3436693	-249,3597561
<b>45,85</b>	-27,5749	1,475268	-213,0232558	-251,3414634
<b>45,92</b>	-29,2751	1,475151	-214,0310078	-252,5304878



<b>Campaña 23 (07/04/14)</b>			
<i>Modelo etapa 10 (Corte 5)</i>	Según Dowding	Según Fallas (Cortante)	Según Fallas (Tensión)
-3,2070E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-3,2119E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-3,2167E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,2120E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,2122E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,2137E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,2072E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,2027E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,1987E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,1965E+01	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-3,1943E+01	-1,5000E-05	-1,2920E-01	-1,5244E-01
-3,1921E+01	-8,4000E-05	-7,2351E-01	-8,5366E-01
-3,1899E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,1877E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,1855E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,1833E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,1811E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,1789E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,1767E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,1745E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,1723E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,1701E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-3,1690E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,1694E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,1698E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,1702E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,1706E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,1706E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,1700E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,1693E+01	-2,4000E-05	-2,0672E-01	-2,4390E-01
-3,1686E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,1679E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,1672E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,1665E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,1658E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,1651E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,1644E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,1638E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,1631E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,1624E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,1617E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,1610E+01	-2,1000E-05	-1,8088E-01	-2,1341E-01
-3,1615E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-3,1632E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,1649E+01	-6,0000E-06	-5,1680E-02	-6,0976E-02
-3,1667E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,1686E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,1705E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,1724E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-3,1743E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,1762E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,1781E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,1800E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,1819E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,1837E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-3,1855E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,1874E+01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-3,1892E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,1910E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,1928E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-3,1947E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,1965E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,1983E+01	-5,1000E-05	-4,3928E-01	-5,1829E-01
-3,2002E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-3,2017E+01	-4,2000E-05	-3,6176E-01	-4,2683E-01
-3,2033E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,2048E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,2069E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,2095E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,2122E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,2148E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,2174E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,2201E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,2227E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,2253E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,2280E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,2306E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,2332E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,2358E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,2385E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,2411E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,2437E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,2464E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,2490E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-3,2516E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-3,2536E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,2548E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,2560E+01	1,2900E-04	1,1111E+00	1,3110E+00
-3,2572E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,2585E+01	1,2000E-04	1,0336E+00	1,2195E+00
-3,2597E+01	-6,0000E-05	-5,1680E-01	-6,0976E-01
-3,2609E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,2621E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-3,2633E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,2645E+01	-9,0000E-06	-7,7519E-02	-9,1463E-02
-3,2658E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,2670E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-3,2682E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,2695E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-3,2713E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,2731E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,2749E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,2767E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,2786E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-3,2804E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-3,2822E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,2840E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-3,2858E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,2874E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,2890E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,2906E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,2921E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,2937E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,2953E+01	-6,3000E-05	-5,4264E-01	-6,4024E-01
-3,2974E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,2996E+01	-4,5000E-05	-3,8760E-01	-4,5732E-01
-3,3019E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,3041E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,3063E+01	1,1400E-04	9,8191E-01	1,1585E+00
-3,3086E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,3108E+01	-5,4000E-05	-4,6512E-01	-5,4878E-01
-3,3130E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,3152E+01	-2,1000E-05	-1,8088E-01	-2,1341E-01
-3,3174E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,3193E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-3,3213E+01	-3,9000E-05	-3,3592E-01	-3,9634E-01
-3,3232E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,3252E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-3,3271E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,3294E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-3,3319E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,3343E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,3368E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,3393E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,3417E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-3,3442E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,3467E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,3491E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,3512E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-3,3534E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,3556E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,3578E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-3,3600E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-3,3622E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,3644E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,3671E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,3698E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,3724E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,3751E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,3778E+01	-5,4000E-05	-4,6512E-01	-5,4878E-01
-3,3805E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,3831E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,3858E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,3883E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,3906E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,3928E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,3951E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,3974E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-3,3997E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,4026E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,4055E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,4085E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-3,4114E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,4143E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,4172E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,4201E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,4231E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,4260E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,4286E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,4309E+01	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-3,4332E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,4355E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,4378E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,4401E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,4424E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,4453E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,4483E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-3,4512E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,4541E+01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-3,4571E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,4600E+01	-2,1000E-05	-1,8088E-01	-2,1341E-01
-3,4630E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,4659E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,4688E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,4714E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,4739E+01	1,1700E-04	1,0078E+00	1,1890E+00
-3,4765E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,4790E+01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-3,4816E+01	1,4400E-04	1,2403E+00	1,4634E+00
-3,4842E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,4867E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-3,4893E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-3,4918E+01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-3,4944E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,4969E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,4995E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,5020E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,5040E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,5060E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,5079E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,5099E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-3,5118E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-3,5138E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,5157E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,5177E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-3,5196E+01	-4,8000E-05	-4,1344E-01	-4,8780E-01
-3,5216E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,5235E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,5255E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,5274E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,5294E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,5310E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,5324E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,5338E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-3,5352E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-3,5366E+01	-1,7400E-04	-1,4987E+00	-1,7683E+00
-3,5380E+01	-9,9300E-04	-8,5530E+00	-1,0091E+01
-3,5394E+01	3,1800E-04	2,7390E+00	3,2317E+00
-3,5408E+01	1,3200E-04	1,1370E+00	1,3415E+00
-3,5422E+01	1,8000E-04	1,5504E+00	1,8293E+00
-3,5436E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,5450E+01	1,1400E-04	9,8191E-01	1,1585E+00
-3,5459E+01	1,2600E-04	1,0853E+00	1,2805E+00
-3,5466E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,5473E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,5480E+01	-2,4000E-05	-2,0672E-01	-2,4390E-01
-3,5485E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,5489E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,5493E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-3,5499E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,5504E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,5509E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,5515E+01	-1,5000E-05	-1,2920E-01	-1,5244E-01
-3,5519E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,5518E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,5517E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,5518E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,5519E+01	-1,8000E-05	-1,5504E-01	-1,8293E-01
-3,5519E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,5520E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,5521E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,5522E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-3,5523E+01	-4,5000E-05	-3,8760E-01	-4,5732E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-3,5521E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,5520E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,5519E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,5518E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,5510E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-3,5497E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-3,5484E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,5472E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-3,5459E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,5385E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,5167E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,4949E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,4731E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-3,4513E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,4296E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,4078E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,3860E+01	-5,4000E-05	-4,6512E-01	-5,4878E-01
-3,3642E+01	-5,1000E-05	-4,3928E-01	-5,1829E-01
-3,3425E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-3,3207E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,2989E+01	-1,2000E-05	-1,0336E-01	-1,2195E-01
-3,2771E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,2554E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,2336E+01	-1,8000E-05	-1,5504E-01	-1,8293E-01
-3,2118E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,1900E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,1683E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,1465E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,1247E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,1029E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-3,0775E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,0420E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,0065E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-2,9710E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,9356E+01	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-2,9001E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,8646E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-2,8292E+01	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-2,7937E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-2,7582E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-2,7227E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-2,6873E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-2,6518E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-2,6163E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-2,5809E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-2,5454E+01	-1,0500E-04	-9,0439E-01	-1,0671E+00
-2,5099E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,4744E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-2,4390E+01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-2,4028E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-2,3665E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-2,3289E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-2,2810E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-2,2331E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-2,1850E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-2,1369E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-2,0887E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-2,0405E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-1,9924E+01	-3,9000E-05	-3,3592E-01	-3,9634E-01
-1,9442E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-1,8960E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-1,8479E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-1,7997E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-1,7516E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-1,7034E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-1,6552E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-1,6071E+01	1,2600E-04	1,0853E+00	1,2805E+00
-1,5589E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-1,5107E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,4626E+01	-4,2000E-05	-3,6176E-01	-4,2683E-01
-1,4144E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-1,3568E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,2936E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-1,2304E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-1,1671E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-1,1039E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,0407E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-9,7745E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-9,1422E+00	-5,7000E-05	-4,9096E-01	-5,7927E-01
-8,5099E+00	1,5000E-04	1,2920E+00	1,5244E+00
-7,8777E+00	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-7,2454E+00	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-6,6131E+00	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-5,9809E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-5,3486E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-4,7163E+00	-4,8000E-05	-4,1344E-01	-4,8780E-01
-4,0841E+00	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,4518E+00	1,2600E-04	1,0853E+00	1,2805E+00
-2,8292E+00	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,2766E+00	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-1,7454E+00	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-1,6974E+00	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-1,6494E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-1,6014E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-1,5533E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,5053E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-1,4573E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-1,4093E+00	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,3612E+00	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,3132E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-1,2652E+00	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-1,2143E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,1554E+00	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-1,0965E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-1,0376E+00	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-9,7874E-01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-9,1986E-01	-4,8000E-05	-4,1344E-01	-4,8780E-01
-8,6098E-01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-8,0210E-01	-2,7000E-05	-2,3256E-01	-2,7439E-01
-7,4322E-01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-6,8433E-01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-6,2545E-01	1,2000E-04	1,0336E+00	1,2195E+00
-5,7822E-01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-5,3218E-01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-4,8613E-01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-4,4009E-01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,9404E-01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,4800E-01	-2,7000E-05	-2,3256E-01	-2,7439E-01
-3,0196E-01	-9,0000E-06	-7,7519E-02	-9,1463E-02
-2,5591E-01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-2,0987E-01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,6382E-01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-1,1778E-01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-7,1734E-02	-3,0000E-05	-2,5840E-01	-3,0488E-01
-2,5690E-02	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
2,0354E-02	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
6,6398E-02	-7,8000E-05	-6,7183E-01	-7,9268E-01
1,1244E-01	-2,7000E-05	-2,3256E-01	-2,7439E-01
1,5849E-01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
1,9547E-01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
2,0862E-01	-4,5000E-05	-3,8760E-01	-4,5732E-01
2,2177E-01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
2,3492E-01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
2,4807E-01	-4,5000E-05	-3,8760E-01	-4,5732E-01
2,6122E-01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
2,7437E-01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
2,8752E-01	-6,9000E-05	-5,9432E-01	-7,0122E-01
3,0067E-01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
3,1382E-01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
3,2697E-01	-3,9000E-05	-3,3592E-01	-3,9634E-01
3,4012E-01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
3,5326E-01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
3,6641E-01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
3,7956E-01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
3,9271E-01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
4,0586E-01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
4,1913E-01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
4,1611E-01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
3,9436E-01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
3,7261E-01	-4,8000E-05	-4,1344E-01	-4,8780E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS



3,5085E-01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
3,3057E-01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
3,1068E-01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
2,9079E-01	-6,3000E-05	-5,4264E-01	-6,4024E-01
2,7090E-01	1,1700E-04	1,0078E+00	1,1890E+00
2,5101E-01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
2,3112E-01	-4,2000E-05	-3,6176E-01	-4,2683E-01
2,1123E-01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
1,9134E-01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
1,7145E-01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
1,5156E-01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
1,3167E-01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
1,1178E-01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
9,1893E-02	-3,9000E-05	-3,3592E-01	-3,9634E-01
7,2003E-02	-1,5000E-05	-1,2920E-01	-1,5244E-01
5,2113E-02	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
3,1731E-02	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
4,0903E-03	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,3673E-02	-4,8000E-05	-4,1344E-01	-4,8780E-01
-8,6548E-02	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-1,3942E-01	1,9800E-04	1,7054E+00	2,0122E+00
-1,9230E-01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,4517E-01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-2,9805E-01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,5092E-01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-4,0380E-01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-4,5667E-01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-5,0954E-01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-5,6242E-01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-6,1529E-01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-6,6817E-01	-6,0000E-05	-5,1680E-01	-6,0976E-01
-7,2104E-01	-4,5000E-05	-3,8760E-01	-4,5732E-01
-7,7392E-01	1,2000E-04	1,0336E+00	1,2195E+00
-8,2679E-01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-8,7967E-01	-4,8000E-05	-4,1344E-01	-4,8780E-01
-9,3254E-01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-9,8344E-01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,0335E+00	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-1,0836E+00	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-1,1337E+00	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-1,2070E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-1,2888E+00	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-1,3706E+00	-3,9000E-05	-3,3592E-01	-3,9634E-01
-1,4523E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-1,5341E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-1,6159E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-1,6977E+00	-2,7000E-05	-2,3256E-01	-2,7439E-01
-1,7794E+00	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-1,8612E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-1,9430E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-2,0247E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-2,1065E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-2,1883E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-2,2700E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-2,3518E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,4336E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-2,5153E+00	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-2,5971E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,6789E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-2,7606E+00	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-2,8424E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,9242E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-2,9949E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,0582E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,1215E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,1849E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,2482E+00	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,3115E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,3748E+00	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,4382E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,5015E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,5719E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,6572E+00	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-3,7425E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,8278E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,9131E+00	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-3,9984E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-4,0837E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-4,1689E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-4,2542E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-4,3395E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-4,4248E+00	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-4,5101E+00	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-4,5954E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-4,6807E+00	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-4,7660E+00	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-4,8513E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-4,9366E+00	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-5,0111E+00	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-5,0774E+00	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-5,1438E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-5,2101E+00	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-5,2764E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-5,3428E+00	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-5,4091E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-5,4755E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-5,5418E+00	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-5,6081E+00	-2,1000E-05	-1,8088E-01	-2,1341E-01
-5,6736E+00	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-5,7378E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-5,8020E+00	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-5,8662E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-5,9305E+00	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-5,9947E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-6,0589E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-6,1231E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-6,1873E+00	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-6,2515E+00	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-6,3157E+00	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-6,3799E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-6,4441E+00	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-6,5114E+00	-2,1000E-05	-1,8088E-01	-2,1341E-01
-6,5807E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-6,6500E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-6,7136E+00	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-6,7655E+00	-2,4000E-05	-2,0672E-01	-2,4390E-01
-6,8175E+00	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-6,8694E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-6,9213E+00	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-6,9732E+00	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-7,0251E+00	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-7,0770E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-7,1289E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-7,1808E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-7,2327E+00	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-7,2846E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-7,3365E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-7,3884E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-7,4403E+00	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-7,4922E+00	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-7,5441E+00	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-7,5960E+00	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-7,6479E+00	-2,4000E-05	-2,0672E-01	-2,4390E-01
-7,6998E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-7,7513E+00	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-7,7998E+00	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-7,8483E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-7,8968E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-7,9361E+00	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-7,9728E+00	-2,7000E-05	-2,3256E-01	-2,7439E-01
-8,0095E+00	-9,0000E-06	-7,7519E-02	-9,1463E-02
-8,0462E+00	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-8,0829E+00	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-8,1196E+00	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-8,1563E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-8,1929E+00	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-8,2296E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-8,2663E+00	-4,5000E-04	-3,8760E+00	-4,5732E+00
-8,3030E+00	-2,3430E-03	-2,0181E+01	-2,3811E+01
-8,3397E+00	-9,8100E-04	-8,4496E+00	-9,9695E+00

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-8,3764E+00	-4,1700E-04	-3,5917E+00	-4,2378E+00
-8,4131E+00	-1,8000E-04	-1,5504E+00	-1,8293E+00
-8,4498E+00	-1,3500E-04	-1,1628E+00	-1,3720E+00
-8,4864E+00	-9,6000E-05	-8,2687E-01	-9,7561E-01
-8,5231E+00	-6,6000E-05	-5,6848E-01	-6,7073E-01
-8,5598E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-8,5955E+00	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-8,6309E+00	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-8,6622E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-8,6875E+00	-5,4000E-05	-4,6512E-01	-5,4878E-01
-8,7129E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-8,7383E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-8,7636E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-8,7901E+00	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-8,8170E+00	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-8,8439E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-8,8709E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-8,8978E+00	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-8,9247E+00	-6,3000E-05	-5,4264E-01	-6,4024E-01
-8,9516E+00	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-8,9786E+00	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-9,0055E+00	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-9,0324E+00	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-9,0538E+00	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-9,0686E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-9,0835E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-9,0983E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-9,1132E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-9,1280E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-9,1428E+00	-3,0000E-05	-2,5840E-01	-3,0488E-01
-9,1577E+00	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-9,1725E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-9,1874E+00	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-9,2022E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-9,2170E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-9,2319E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-9,2467E+00	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-9,2616E+00	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-9,2764E+00	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-9,2913E+00	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-9,3061E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-9,3224E+00	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-9,3398E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-9,3573E+00	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-9,3747E+00	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-9,3819E+00	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-9,3874E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-9,3928E+00	-1,8000E-05	-1,5504E-01	-1,8293E-01
-9,3982E+00	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-9,4037E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-9,4091E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-9,4145E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-9,4200E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-9,4254E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-9,4308E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-9,4363E+00	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-9,4417E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02

<b>Campaña 25 (21/04/14)</b>			
<i>Modelo etapa 12 (Corte 6)</i>	Según Dowding	Según Fallas (Cortante)	Según Fallas (Tensión)
-3,2056E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-3,2114E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-3,2116E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,1849E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,1841E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,1895E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,1629E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,1443E+01	-9,0000E-06	-7,7519E-02	-9,1463E-02
-3,1290E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-3,1195E+01	-3,3000E-05	-2,8424E-01	-3,3537E-01
-3,1100E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,1005E+01	-3,9000E-05	-3,3592E-01	-3,9634E-01
-3,0910E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,0815E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-3,0720E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,0625E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-3,0530E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,0435E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-3,0340E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-3,0245E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,0150E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,0055E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-2,9989E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,9963E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,9937E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-2,9910E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,9884E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9848E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-2,9790E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,9732E+01	-4,8000E-05	-4,1344E-01	-4,8780E-01
-2,9674E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-2,9616E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-2,9558E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-2,9499E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-2,9441E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-2,9383E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-2,9325E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-2,9267E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-2,9208E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-2,9150E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,9092E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-2,9034E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-2,9012E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-2,9026E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-2,9039E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-2,9053E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,9068E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,9082E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-2,9097E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-2,9112E+01	1,3500E-04	1,1628E+00	1,3720E+00
-2,9126E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-2,9141E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-2,9155E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,9170E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-2,9185E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9199E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-2,9214E+01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-2,9228E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-2,9243E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-2,9258E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,9272E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,9287E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-2,9301E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-2,9316E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-2,9326E+01	-3,0000E-05	-2,5840E-01	-3,0488E-01
-2,9335E+01	1,4100E-04	1,2145E+00	1,4329E+00
-2,9344E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,9358E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-2,9376E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-2,9395E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-2,9413E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-2,9431E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-2,9450E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-2,9468E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9487E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9505E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-2,9523E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-2,9542E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9560E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9578E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-2,9597E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-2,9615E+01	-1,8000E-05	-1,5504E-01	-1,8293E-01
-2,9634E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9652E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-2,9670E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-2,9684E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,9692E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,9700E+01	1,3800E-04	1,1886E+00	1,4024E+00
-2,9709E+01	-1,2000E-05	-1,0336E-01	-1,2195E-01
-2,9717E+01	1,2600E-04	1,0853E+00	1,2805E+00
-2,9725E+01	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-2,9733E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-2,9742E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-2,9750E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-2,9758E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9766E+01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-2,9775E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,9783E+01	1,1700E-04	1,0078E+00	1,1890E+00
-2,9791E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-2,9803E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-2,9814E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9825E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-2,9836E+01	1,1700E-04	1,0078E+00	1,1890E+00
-2,9848E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-2,9859E+01	1,1400E-04	9,8191E-01	1,1585E+00
-2,9870E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-2,9881E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-2,9893E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-2,9904E+01	1,1700E-04	1,0078E+00	1,1890E+00
-2,9914E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-2,9925E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,9936E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-2,9947E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,9958E+01	-1,5000E-05	-1,2920E-01	-1,5244E-01
-2,9971E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-2,9983E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-2,9996E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,0009E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,0021E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-3,0034E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,0047E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,0060E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,0072E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,0085E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,0097E+01	1,1700E-04	1,0078E+00	1,1890E+00
-3,0109E+01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-3,0121E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,0133E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,0145E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,0158E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,0172E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-3,0186E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,0200E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,0214E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,0228E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,0242E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,0256E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-3,0269E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,0283E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,0296E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,0309E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,0322E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-3,0336E+01	-6,0000E-06	-5,1680E-02	-6,0976E-02

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS



-3,0349E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-3,0362E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-3,0377E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,0391E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,0406E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,0421E+01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-3,0435E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,0450E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,0464E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,0479E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-3,0493E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,0506E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,0519E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,0533E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-3,0546E+01	1,3800E-04	1,1886E+00	1,4024E+00
-3,0559E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-3,0574E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,0589E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-3,0603E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,0618E+01	-9,0000E-06	-7,7519E-02	-9,1463E-02
-3,0633E+01	1,3800E-04	1,1886E+00	1,4024E+00
-3,0647E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,0662E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,0677E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,0692E+01	1,2300E-04	1,0594E+00	1,2500E+00
-3,0705E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,0717E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,0728E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,0740E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,0751E+01	-9,0000E-06	-7,7519E-02	-9,1463E-02
-3,0763E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,0775E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,0788E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,0802E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,0816E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,0830E+01	1,1700E-04	1,0078E+00	1,1890E+00
-3,0844E+01	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-3,0858E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,0872E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,0886E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-3,0900E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,0914E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,0929E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-3,0944E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,0958E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,0973E+01	1,4100E-04	1,2145E+00	1,4329E+00
-3,0988E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,1002E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,1017E+01	1,4700E-04	1,2661E+00	1,4939E+00
-3,1032E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-3,1046E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-3,1061E+01	1,2600E-04	1,0853E+00	1,2805E+00
-3,1076E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-3,1090E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,1103E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-3,1116E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,1128E+01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-3,1141E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-3,1153E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,1166E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,1179E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,1191E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-3,1204E+01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-3,1216E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,1229E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-3,1242E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-3,1254E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-3,1267E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-3,1277E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-3,1285E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-3,1292E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,1300E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,1308E+01	-6,9000E-05	-5,9432E-01	-7,0122E-01
-3,1316E+01	-7,5600E-04	-6,5116E+00	-7,6829E+00
-3,1323E+01	3,6000E-04	3,1008E+00	3,6585E+00
-3,1331E+01	1,6200E-04	1,3953E+00	1,6463E+00
-3,1339E+01	1,5300E-04	1,3178E+00	1,5549E+00
-3,1347E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,1354E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,1360E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-3,1366E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-3,1371E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-3,1376E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-3,1379E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-3,1381E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,1385E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,1389E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,1393E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,1397E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,1401E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-3,1404E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-3,1404E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-3,1404E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,1404E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-3,1405E+01	-1,8000E-05	-1,5504E-01	-1,8293E-01
-3,1405E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,1406E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-3,1406E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,1407E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-3,1407E+01	-1,8000E-05	-1,5504E-01	-1,8293E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-3,1409E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-3,1410E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-3,1411E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-3,1413E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,1408E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-3,1398E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,1387E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-3,1377E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-3,1367E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-3,1297E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-3,1089E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-3,0881E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-3,0673E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-3,0465E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-3,0257E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-3,0049E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,9841E+01	-1,5000E-05	-1,2920E-01	-1,5244E-01
-2,9632E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-2,9424E+01	1,2300E-04	1,0594E+00	1,2500E+00
-2,9216E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,9008E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-2,8800E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,8592E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-2,8384E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-2,8175E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,7967E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,7759E+01	1,2300E-04	1,0594E+00	1,2500E+00
-2,7551E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,7343E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-2,7135E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-2,6917E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-2,6675E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-2,6433E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-2,6190E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-2,5948E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-2,5706E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-2,5463E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-2,5221E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-2,4978E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,4736E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-2,4494E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-2,4251E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,4009E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-2,3767E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-2,3524E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-2,3282E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-2,3039E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-2,2797E+01	1,2000E-04	1,0336E+00	1,2195E+00
-2,2555E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-2,2316E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-2,2077E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-2,1835E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-2,1570E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-2,1306E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-2,1038E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-2,0769E+01	1,3500E-04	1,1628E+00	1,3720E+00
-2,0500E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-2,0231E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,9962E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-1,9693E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-1,9424E+01	1,3200E-04	1,1370E+00	1,3415E+00
-1,9155E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-1,8886E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-1,8617E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-1,8348E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-1,8079E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,7810E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,7541E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-1,7272E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-1,7003E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-1,6734E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-1,6445E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-1,6145E+01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-1,5845E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-1,5545E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-1,5245E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-1,4944E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,4644E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,4344E+01	-3,6000E-05	-3,1008E-01	-3,6585E-01
-1,4044E+01	1,3200E-04	1,1370E+00	1,3415E+00
-1,3744E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-1,3444E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-1,3144E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,2843E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-1,2543E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,2243E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-1,1943E+01	1,2900E-04	1,1111E+00	1,3110E+00
-1,1643E+01	1,2300E-04	1,0594E+00	1,2500E+00
-1,1345E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-1,1065E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,0796E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-1,0786E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-1,0775E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0764E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0753E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-1,0742E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,0731E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-1,0720E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,0710E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-1,0699E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-1,0688E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0677E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-1,0668E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-1,0658E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-1,0648E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,0639E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-1,0629E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-1,0620E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0610E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-1,0600E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-1,0591E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0581E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-1,0577E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0574E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,0570E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-1,0567E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-1,0564E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,0560E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-1,0557E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-1,0554E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0550E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,0547E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0544E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,0540E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-1,0537E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0534E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0530E+01	-1,5000E-05	-1,2920E-01	-1,5244E-01
-1,0527E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-1,0524E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-1,0521E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-1,0521E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-1,0520E+01	1,4400E-04	1,2403E+00	1,4634E+00
-1,0520E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,0519E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-1,0519E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-1,0518E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-1,0518E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-1,0517E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0517E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-1,0516E+01	2,7000E-05	2,3256E-01	2,7439E-01
-1,0516E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-1,0515E+01	1,3800E-04	1,1886E+00	1,4024E+00
-1,0515E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0514E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-1,0514E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0513E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-1,0513E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-1,0514E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0514E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-1,0515E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-1,0516E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0516E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-1,0516E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-1,0517E+01	-6,0000E-06	-5,1680E-02	-6,0976E-02
-1,0517E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-1,0518E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-1,0518E+01	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-1,0519E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-1,0519E+01	9,9000E-05	8,5271E-01	1,0061E+00
-1,0520E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-1,0520E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0521E+01	1,1400E-04	9,8191E-01	1,1585E+00
-1,0521E+01	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-1,0522E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-1,0522E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,0522E+01	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-1,0523E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-1,0521E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-1,0521E+01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-1,0521E+01	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-1,0522E+01	1,7100E-04	1,4729E+00	1,7378E+00
-1,0523E+01	1,1400E-04	9,8191E-01	1,1585E+00
-1,0523E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-1,0524E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-1,0525E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-1,0526E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-1,0526E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-1,0527E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0528E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0529E+01	1,3800E-04	1,1886E+00	1,4024E+00
-1,0529E+01	-2,7000E-05	-2,3256E-01	-2,7439E-01
-1,0530E+01	-9,0000E-06	-7,7519E-02	-9,1463E-02
-1,0531E+01	1,3500E-04	1,1628E+00	1,3720E+00
-1,0532E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,0532E+01	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-1,0533E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0532E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-1,0531E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-1,0530E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-1,0529E+01	1,2300E-04	1,0594E+00	1,2500E+00
-1,0529E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-1,0528E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0527E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-1,0527E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,0526E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-1,0525E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0525E+01	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-1,0524E+01	1,1400E-04	9,8191E-01	1,1585E+00
-1,0523E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,0523E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-1,0522E+01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-1,0522E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-1,0521E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0520E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0520E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-1,0519E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-1,0518E+01	1,1700E-04	1,0078E+00	1,1890E+00
-1,0518E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-1,0517E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,0516E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0516E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0515E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-1,0513E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0509E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-1,0505E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-1,0501E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0498E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-1,0494E+01	1,0200E-04	8,7855E-01	1,0366E+00
-1,0490E+01	1,0800E-04	9,3023E-01	1,0976E+00
-1,0487E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0483E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0479E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0475E+01	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-1,0471E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-1,0467E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-1,0463E+01	1,2600E-04	1,0853E+00	1,2805E+00
-1,0459E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-1,0455E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-1,0451E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-1,0447E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,0443E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-1,0439E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-1,0435E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-1,0431E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-1,0426E+01	8,7000E-05	7,4935E-01	8,8415E-01
-1,0422E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-1,0418E+01	7,2000E-05	6,2016E-01	7,3171E-01
-1,0414E+01	1,1400E-04	9,8191E-01	1,1585E+00
-1,0410E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0404E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-1,0399E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0393E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0388E+01	7,5000E-05	6,4599E-01	7,6220E-01
-1,0383E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0377E+01	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-1,0372E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0367E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0361E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-1,0355E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,0348E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-1,0340E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0333E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-1,0325E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0318E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-1,0310E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,0303E+01	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-1,0296E+01	1,0500E-04	9,0439E-01	1,0671E+00
-1,0288E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0281E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-1,0273E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-1,0266E+01	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-1,0258E+01	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-1,0251E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0243E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-1,0235E+01	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-1,0225E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-1,0216E+01	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-1,0207E+01	1,2000E-05	1,0336E-01	1,2195E-01
-1,0198E+01	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-1,0188E+01	7,8000E-05	6,7183E-01	7,9268E-01
-1,0179E+01	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-1,0170E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-1,0160E+01	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-1,0151E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-1,0142E+01	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-1,0132E+01	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-1,0123E+01	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-1,0114E+01	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-1,0104E+01	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-1,0095E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,0086E+01	9,0000E-05	7,7519E-01	9,1463E-01
-1,0076E+01	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-1,0067E+01	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-1,0058E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0048E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-1,0037E+01	4,8000E-05	4,1344E-01	4,8780E-01
-1,0026E+01	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-1,0015E+01	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-1,0004E+01	9,3000E-05	8,0103E-01	9,4512E-01
-9,9921E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-9,9806E+00	9,6000E-05	8,2687E-01	9,7561E-01
-9,9690E+00	5,7000E-05	4,9096E-01	5,7927E-01
-9,9575E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-9,9459E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-9,9344E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-9,9228E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-9,9113E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-9,8997E+00	-1,9200E-04	-1,6537E+00	-1,9512E+00
-9,8882E+00	-1,7820E-03	-1,5349E+01	-1,8110E+01
-9,8766E+00	-7,4400E-04	-6,4083E+00	-7,5610E+00

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS



-9,8651E+00	-3,0300E-04	-2,6098E+00	-3,0793E+00
-9,8535E+00	-1,3800E-04	-1,1886E+00	-1,4024E+00
-9,8420E+00	-8,4000E-05	-7,2351E-01	-8,5366E-01
-9,8304E+00	-5,1000E-05	-4,3928E-01	-5,1829E-01
-9,8189E+00	-3,3000E-05	-2,8424E-01	-3,3537E-01
-9,8073E+00	8,1000E-05	6,9767E-01	8,2317E-01
-9,7949E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-9,7821E+00	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-9,7691E+00	6,0000E-06	5,1680E-02	6,0976E-02
-9,7557E+00	-1,2000E-05	-1,0336E-01	-1,2195E-01
-9,7423E+00	3,0000E-05	2,5840E-01	3,0488E-01
-9,7289E+00	-6,0000E-06	-5,1680E-02	-6,0976E-02
-9,7155E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-9,7026E+00	-2,4000E-05	-2,0672E-01	-2,4390E-01
-9,6899E+00	3,0000E-06	2,5840E-02	3,0488E-02
-9,6771E+00	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-9,6644E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-9,6517E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-9,6389E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-9,6262E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-9,6135E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-9,6008E+00	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-9,5880E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-9,5743E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-9,5595E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-9,5447E+00	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-9,5299E+00	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-9,5151E+00	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-9,5003E+00	1,8000E-05	1,5504E-01	1,8293E-01
-9,4855E+00	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01
-9,4707E+00	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-9,4559E+00	5,4000E-05	4,6512E-01	5,4878E-01
-9,4411E+00	5,1000E-05	4,3928E-01	5,1829E-01
-9,4263E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-9,4115E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-9,3967E+00	6,6000E-05	5,6848E-01	6,7073E-01
-9,3819E+00	4,5000E-05	3,8760E-01	4,5732E-01
-9,3671E+00	1,1100E-04	9,5607E-01	1,1280E+00
-9,3523E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
-9,3374E+00	2,4000E-05	2,0672E-01	2,4390E-01
-9,3226E+00	6,3000E-05	5,4264E-01	6,4024E-01
-9,3083E+00	6,0000E-05	5,1680E-01	6,0976E-01
-9,2944E+00	2,1000E-05	1,8088E-01	2,1341E-01
-9,2805E+00	-3,0000E-06	-2,5840E-02	-3,0488E-02
-9,2666E+00	6,9000E-05	5,9432E-01	7,0122E-01
-9,2510E+00	8,4000E-05	7,2351E-01	8,5366E-01
-9,2350E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-9,2190E+00	3,3000E-05	2,8424E-01	3,3537E-01
-9,2030E+00	-1,5000E-05	-1,2920E-01	-1,5244E-01
-9,1871E+00	4,2000E-05	3,6176E-01	4,2683E-01

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

-9,1711E+00	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-9,1551E+00	3,9000E-05	3,3592E-01	3,9634E-01
-9,1391E+00	1,5000E-05	1,2920E-01	1,5244E-01
-9,1232E+00	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-9,1072E+00	9,0000E-06	7,7519E-02	9,1463E-02
-9,0912E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01
-9,0752E+00	3,6000E-05	3,1008E-01	3,6585E-01

# Anexos


A continuación se muestran los perfiles estratigráficos según las perforaciones realizadas,

luego se muestra la caracterización del suelo o roca del modelo simplificado.

FECHA INICIO: 30/08/2018 FECHA FINAL: 03/11/2018		UBICACIÓN: Camino hacia la casa de máquinas		RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA		RECUPERACIÓN (%)		ROD (%)		FAMILIA DE FRACTURAS		CONDICIÓN DE FRACTURAS		METEORIZACION		ÍNDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA														
ELEVACIÓN (MSNM)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)	DIRECCION PRECEDENTE	COLUMNA LITOLÓGICA	UNIDAD GEOLOGICA (LUG)	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO - LITOLÓGIA	CLASIFICACION	RCS (MPa)	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	0-30°	30-60°	60-90°	I	II	III	IV	V	VI	RANGOS DEL GSI		
																												10	30	
293,9	0,00				UO 1.1 Toba Mocha	Tobas lílidas de color café claro y café oscuro, es una roca suave y muy desmenuzable, con fragmentos lílidos de levas basálticas de tamaños mm hasta de 1 cm; con tramos muy alterados a arcilla con plasticidad y minerales oxidados	S3	0,05-0,10																					10 - 15	
289,44	4,10	6,21 m			UO 2 Toba arenosa	Toba arenosa con mucho mineral y muy suelta; con algunos tramos muy arcillosos	S3	0,05-0,10																					10 - 15	
286,04	5,50	1,40			UO 3 Toba Mocha	Toba lílida ídem 0-4,10 m; con fragmentos de levas y minerales como cuarzos y plagioclasas	S3	0,05-0,10											1										10 - 15	
285,29	8,25	2,70			UO 4 Basalto Mocha	Basalto de color rojo; zona muy meteorizada y fracturada; con tramos muy alterados a arcillas y espejos de falla en los planos de las fracturas perpendiculares al eje del núcleo	R3	25-50											1										30 - 35	
282,59	10,95	2,70			UO 5 Basalto Mocha	Basalto de color azul oscuro-verdoso, textura afanítica, es una roca fracturada, con precipitaciones mm de minerales en las fracturas que también tienen arcillas de falla; la roca tiene alteración hidrotermal con hematitas, cloritas, cuarzo y pirita diseminada	R3	25-50											1	2									55-60	
280,24	12,60	1,30			UO 6 Basalto Mocha	Basalto ídem anterior pero menos fracturado; sin embargo en las fracturas tiene espejos de falla y sericita de espesores menores a 1 mm	R5	100-250											1										55-60	
279,59	13,95	4,30			UO 8 Basalto Mocha	Basalto de color rojo; muy fracturado; con roca bituminosa; espejos de falla en las fracturas; tiene una textura brechosa debido a la alteración hidrotermal; roca muy fracturada y bituminosa entre 15,10-16,40 m	R3	25-50											2										30 - 35	
275,34	18,20	1,00			UO 7 Arcilla	Arcilla de color morado; es posible que se trate de un basalto muy oxidado por la zona de falla	S4	0,10-0,25																					10 - 15	
274,34	19,20	1,00			UO 8 Basalto Mocha	Basalto-andesítico de color azulado, textura afanítica, es una roca dura pero entranos está fracturada, con patinas de sericita en las fracturas; entre 19,57-19,77 m la roca tiene color morado por la alteración hidrotermal. Entre 19,90-20,25 la roca está muy fracturada	R4	50-100																					55-60	
272,74	20,80	0,70			UO 9 Arcilla	Roca muy fracturada y arcillosa con textura de arenas; se puede tratar de una lava muy retrabajada por la zona de falla	S4	0,10-0,25																					10 - 15	
272,04	21,50	4,90			UO 10 Basalto Mocha	Basalto-andesítico muy fracturado color azul-verdoso, con alteración hidrotermal; textura afanítica porfírica; con fenocristales de plagioclasas y cloritas y con coqueles en las vacuolas; es una roca dura pero está fracturada, con patinas de sericita en las fracturas. Zonas fracturadas entre 20,80-20,90; entre 21,60-21,85 con arcilla; 21,80-21,85; 22,25-22,60; 23,60-24,00 y 24,25-25,25 m. Las fracturas tienen espejos de falla y precipitaciones de minerales como sericita	R4	50-100												2										55-60
267,14	26,4	6,80			UO 11 Brecha Mocha	Brecha volcánica de color morado rojo; con clastos de levas principalmente de tamaños de 1 a 2 cm de color rojo y verde, se observan minerales arcillosos, pirita, limonita y hematita, bajo contenido de vetillas de cuarzo mm. La roca está muy fracturada por una zona de falla ya que hay tramos muy bituminosa a arenas y arcillas. Es una roca semidura con alteración hidrotermal y precipitaciones de sericita en las fracturas; la zona más bituminosa es entre los 26,60-32,85 m	R1	1,0-5,0											1	1									20 - 30	
260,29	33,25	6,80			UO 11 Brecha Mocha	Brecha volcánica ídem anterior pero más masiva y menos fracturada de color azul verdoso, con mucho contenido de cloritas por la alteración hidrotermal. Mayor contenido de vetas de cuarzo de 3 a 5 mm	R5	100,0-200,0											1	1									60 - 70	

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICCIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

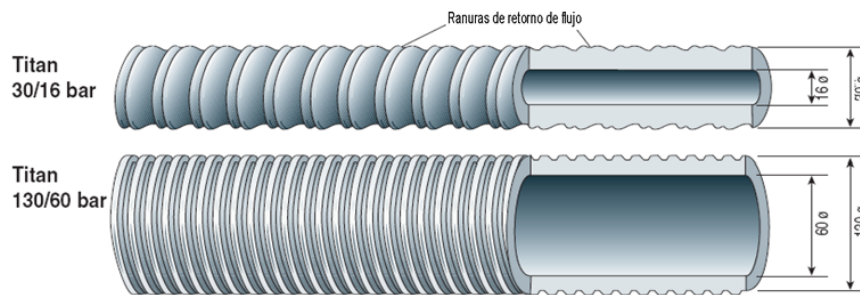
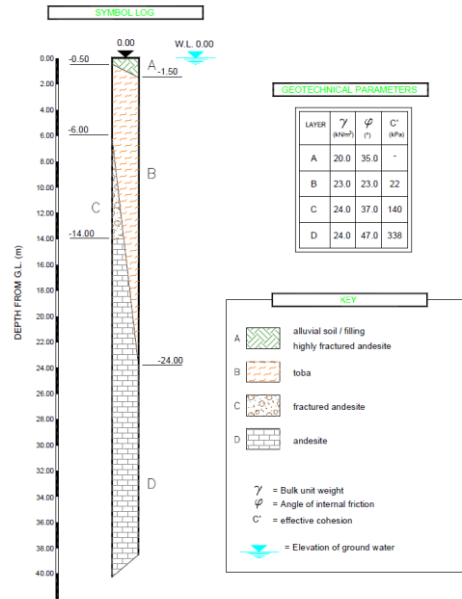


		REGISTRO GEOTÉCNICO DE SONDEO ROTATIVO		Profundidad (m):	39,40	Elevación Nivel freático (m):	1: 2:	Descrito por:	Geól. A. Alfaro										
<b>PROYECTO: PH CHUCÁS</b>		UBICACIÓN: Sector de los galpones, curva del camino a casa de máquinas		Díámetro:	Nº= 9-28,4	COORDENADAS	X: 409956,14	Revisado por:											
Fecha Inicio:	16/10/2013	Fecha Final:	22/10/2013	Inclinación:	Vertical		Y: 212714,12	Fecha:	15/10/2008										
				Altura:	-	Z: 275,08	Sondeo No.:	SCM-18	Hoja: 1/1										
RELEVACIÓN (m)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)	NIVEL PRESIÓN	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO - LITOLÓGICA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA	RECUPERACIÓN (%)	RQD (%)	FAMILIA DE FRACTURAS	CONDICIÓN DE FRACTURAS	METEORIZACION	ÍNDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA								
					CLASIFIC. (MPa)	200	400	600	800	1000	0-30°	30-60°	60-90°						RANGO DEL GSI
275,00	0,00		0,40	LUJ 1: 1,5 m de arena	S1	<0,0025													5-10
275,00	0,40		3,70	LUJ 2: 3,30 m de brecha color café	S2	0,0025-0,0050													10-15
271,00	4,10		1,90	LUJ 3: Arena de color café	S3	0,025-0,050													15-20
269,00	6,00		1,90	LUJ 4: Brecha fracturada	R4	500-800													65-70
267,73	8,25		0,65	LUJ 5: Brecha fracturada - arena	R3	250-500													40-50
264,03	11,15		2,90	LUJ 6: Brecha muy alterada	S4	0,05-0,25													20-30
261,90	14,00		2,85	LUJ 7: Arena y brecha	S1	<0,0025													5-10
260,90	15,00		1,90	LUJ 8: Brecha muy alterada	R3	250-500						2		Lias con espejo de falla y Lias con patina mm de sericita y clorita					55-60
257,00	16,10		3,10	LUJ 9: Brecha alterada	R4	500-800						2		Rugosa y con espejo de falla, sin relleno pero con patina de sericita < 1mm					70-75
252,00	23,90		6,90	LUJ 10: Brecha muy alterada	S6	<0,05													25-30
250,63	25,35		1,45	LUJ 11: Lave arenosa muy fracturada	R0	0,25-1,00													20-25
246,63	28,35		4,90	LUJ 12: Brecha con brechas	R4	500-800						1	1	Lias con espejo de falla y Lias onduladas con espejo de falla					60-65
240,63	35,35		6,90	LUJ 13: Brecha con brecha	R4	500-800						2		Lias con espejo de falla. Rugosa ondulada sin relleno					65-70
236,50	38,40		4,95	LUJ 15: Brecha con brecha	R5	1000-2500						1	1	Lias con espejo de falla. Rugosa sin relleno					70-75

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS

ELEVACIÓN (mmsnm)		PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)	NEVEL FREÁTICO	COLU MINA LITOLÓGICA	DESCRIPCIÓN DEL TESTIGO - LITOLÓGIA	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA		RECUPERACIÓN (%)					ROD (%)			FAMILIA DE FRACTURAS			CONDICIÓN DE FRACTURAS	METEORIZACION					INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA	
ELEVACIÓN (mmsnm)		PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD DEL TRAMO (m)	NEVEL FREÁTICO	COLU MINA LITOLÓGICA		CLASIFIC.	RC B (MPa)	20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	0-30°	30-60°	60-90°		I	II	III	IV	V
260,7	0,00		0,60		UG 1 Basaltos fracturados	Basaltos muy fracturados, con arenas y fragmentos de roca dura	R1	1,0 - 5,0																			10 - 15
260,18	0,50				UG 2 Basaltos	Basaltos de color azul oscuro, textura afanítica porfirítica con fenocristales de plagioclasas, pirroboles y olivinos, es una roca dura pero está fracturada, con tramos que tienen vetillas mm de cuarzo de 0,5 a 1 mm de espesor; sin embargo las fracturas son en su mayoría semionduladas y rugosas	RS	100-250										1	1	1							65 - 70
251,88	8,80		8,30	7,87	UG 3 Basaltos con vetillas de cuarzo	Basaltos de color azul oscuro, a partir de los 9 metros aumenta el contenido de las vetillas de cuarzo 1 a 2 mm hasta 1 cm de espesor; la roca tiene alteración hidrotermal ya que se observan minerales cloritizados, sin embargo es una roca dura, entre los 10,40 - 10,50 m hay una veta de cuarzo lechoso y cristalino de 2 a 3 cm, de espesor la roca está muy fracturada entre los 10,50-10,60; 11,80-12,00 metros, zonas de falla, menor densidad de vetillas de cuarzo entre 12,80 y 13,50 m	RS	100-250										1	1	1							70 - 75
247,18	13,50		4,70		UG 3 Basaltos fracturados con cenizas	Basaltos de color azul oscuro, con una textura mas masiva y afanítica, disminuye mucho la densidad de vetillas de cuarzo, tramos de roca muy fracturada entre los 13,80-13,90; 14,10-14,20, 15,20-15,30, 15,70-15,90 metros, tiene vasculas rellenas con cenizas de 0,5 a 1 cm. Tiene vetillas de cuarzo a partir de los 19 m	RS	100-250										1	1	1							70 - 75
240,18	20,50		7,00																								

COMPARACIÓN DE LECTURAS OBTENIDAS POR EL REFLECTÓMETRO DE DOMINIO DE TIEMPO CON LAS PREDICIONES DEL ANÁLISIS NUMÉRICO DEL TERRENO PARA EL TALUD DE CASA DE MÁQUINAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHUCÁS



Barra	Carga			Diámetro			Sección mm <sup>2</sup>	Peso kg/m	Dirección de rosca
	rotura kN	límite elástico kN	Tensión de influencia To2 N/mm <sup>2</sup>	exterior mm	efectivo exterior mm	interior mm			
30/16	220	180	470	30	26	16	382	2.7	izquierda
30/14	260	220	610	30	26	14	395	2.9	izquierda
30/11	320	260	580	30	26	11	446	3.3	izquierda
40/20	539	430	590	40	36	20	726	5.6	izquierda
40/16	660	525	590	40	36	16	879	7	izquierda
52/26	929	730	550	52	49	26	1337	10	izquierda
73/56	1035	830	550	73	70	56	1414	11.1	derecha
73/53	1160	970	590	73	70	53	1631	12.3	derecha
73/45	1630	1180	510	73	70	45	2260	17.8	derecha
73/35	1980	1355	500	73	70	35	2710	21.2	derecha
103/78	2282	1800	570	103	100	78	3146	24.9	derecha
103/51	3460	2750	500	103	100	51	5501	43.4	derecha
127/111	2400	1810	600	127		111	3000	23.5	derecha

Nota:

sujeto a cambiar sin  
previo aviso

Fuerza Cortante

La fuerza cortante

admisible

es determinada por la fórmula

Certificado a

ISO 9001

# Referencias

- Anderson, N. 1994. **MONITORING OF EMBANKMENT STABILITY USING EMBEDDED COAXIAL CABLES.** California.
- Barrantes, F. F. 2011. **APLICACIÓN DEL MÉTODO DE REFLECTOMETRÍA EN EL DOMINIO DE TIEMPO PARA EL ANÁLISIS Y MONITOREO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES.** Tesis de graduación. . Escuela de Ingeniería, Universidad de Costa Rica.
- Diaz, J. J. 1998. **DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES.** Bucaramanga: Colombia.
- Dowding, O. &. 1999. **REAL TIME MONITORING OF INFRASTRUCTURE USING TDR TECHNOLOGY:PRINCIPLES.** California: Editorial GeoTDR, Inc.
- Escribano, P. O. (2012). *Tema 14. Investigación in situ.* **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.** Geología Aplicada.
- ISO/IEC, N. 2014. *Guimi.* Obtenido de [http://guimi.net/GCableado\\_estructurado.pdf](http://guimi.net/GCableado_estructurado.pdf)
- Joseph Renner, G. 2014. **USING TIME-DOMAIN REFLECTOMETRY TO MONITOR SUBSURFACE VOID PROPAGATION.** Stockton, California : Editorial KANE GeoTech, Inc.
- Robles, J. M. 2006. *Los elementos finitos en la Ingeniería Geotecnica.***UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL VALPARAÍSO DE CHILE.** Ingeniería computacional.
- Rocsience. 2012. **TUTORIAL MANUAL.** *Materials & Staging Tutorial.*
- Scientific, C. (2000). **INSTRUCTION MANUAL.** TDR100. Campbell Scientific, Inc.
- Wood, D. M. 2004. **GEOTECHNICAL MODELLING.**