



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Pronóstico del comportamiento plástico y resistente de suelos,  
usando polímero bicomponente, mediante redes neuronales  
artificiales, CUSCO, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Almanza Ccori, Noel Gudmer (ORCID: 0000-0002-5368-6195)

Villalobos Limachi, Rene (ORCID: 0000-0001-5386-6172)

**ASESOR:**

Mg. Benavente Leon, Christian (ORCID: 0000-0003-2416-4301)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

CALLAO - PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A Cristo, por su infinita gracia esparcida en nuestras vidas por darnos un objetivo en este universo, estamos eternamente agradecidos porque Jesucristo ahora habita en nosotros.

A mis padres: Gabriela y Leonidas, también a mi hermano Leonel, de parte de Noel. De parte de Rene, a mi esposa Jeny, a mis hijos Isaac Samuel y Sami Sumaq T'ika, que han sido una bendición por parte del Señor, jamás nos abandonaron, siempre nos exigían y entusiasmaban a cada instante e incondicionalmente. Agradecemos su constante apoyo de todo corazón, muchas gracias.

A nuestros educadores, siendo así, piezas importantísimas en nuestra formación como profesionales. Agradecemos también a nuestros docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias para ser profesionales de calidad que esten al servicio de la sociedad

A nuestros amigos(as), quienes han sido un apoyo fundamental durante nuestro camino universitario, siempre os tendremos presentes y os apoyaremos unos a otros.

Con amor; Noel y  
Rene

## **Agradecimiento**

A nuestro Padre Redentor,

Por darnos un Espíritu luchador necesario para ir adelante, y habernos mostrado un propósito invaluable en nuestras vidas y haber descubierto el infinito amor puesta en nuestras vidas.

A la Universidad César Vallejo,

Por brindarnos esta oportunidad de ser parte de esta formación profesional de una generación que innovará los métodos educacionales. Gracias a ello podremos ejercer nuestra profesión con honestidad y dedicación a la innovación y desarrollo del país.

A nuestros asesores,

Que aportaron y exigieron, sabiduría, esfuerzo, conocimiento y profesionalismo ético para lograr un trabajo de investigación de calidad.

A nuestros hermanos cristianos,

Personas infaltables que han sido importantes en nuestra motivación alentadora a que de ninguna manera nos rindamos a lograr este objetivo exitosamente.

Estamos eternamente agradecidos por el infinito apoyo que nos dedicaron; Noel y Rene.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I.INTRODUCCIÓN .....	2
II.MARCO TEÓRICO.....	5
III.METODOLOGÍA .....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	19
3.2. Variables y operacionalización.....	20
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis ....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
3.5. Procedimientos .....	25
3.6. Método de análisis de datos .....	26
3.7. Aspectos éticos .....	26
IV.RESULTADOS.....	27
V.DISCUSIÓN .....	88
VI.CONCLUSIONES .....	91
VII.RECOMENDACIONES .....	92
REFERENCIAS .....	93
ANEXOS .....	96

## Índice de tablas

<i>Tabla1.</i> Criterios de expansividad .....	11
<i>Tabla2.</i> Grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos ..	11
<i>Tabla3.</i> Grado de expansión .....	12
<i>Tabla4.</i> Grado de expansión. Método USBR.....	12
<i>Tabla5.</i> Distribución Granulométrica .....	16
<i>Tabla6.</i> Proporciones de polímero.....	29
<i>Tabla7.</i> Pesado de muestras proporcionando los polímeros para cada A.P.V.....	32
<i>Tabla8.</i> Pesado de muestra sin polímero – A.P.V Los proceres – San Sebastian	34
<i>Tabla9.</i> Pesado de muestra sin polímero – A.P.V Qollana – San Jerónimo.....	36
<i>Tabla10.</i> Pesado de muestra sin polímero – A.P.V Los Jardines – Santiago.....	38
<i>Tabla11.</i> Límite Líquido A.P.V Los Proceres – San Sebastian.....	42
<i>Tabla12.</i> Límite Líquido A.P.V Qollana – San Jerónimo.....	44
<i>Tabla13.</i> Límite Líquido A.P.V Los Jardines – Santiago.....	46
<i>Tabla14.</i> Estadística descriptiva de los resultados del límite líquido (A.P.V Los proceres – San Sebastian).....	48
<i>Tabla15.</i> Estadística descriptiva de los resultados del límite líquido (A.P.V Qollana – San Jerónimo).....	49
<i>Tabla16.</i> Estadística descriptiva de los resultados del límite líquido (A.P.V Los Jardines – Santiago) .....	50
<i>Tabla17.</i> Resistencia al esfuerzo cortante del suelo – A.P.V Los Próceres – San Sebastian .....	65
<i>Tabla18.</i> Resistencia al esfuerzo cortante del suelo – A.P.V Qollana– San Jerónimo. ....	67
<i>Tabla19.</i> Resistencia al esfuerzo cortante del suelo – A.P.V Los Jardines – Santiago.....	69

<i>Tabla20.</i> Estadística descriptiva de los resultados de la resistencia al corte del suelo (A.P.V Los próceres – San Sebastian).....	71
<i>Tabla21.</i> Estadística descriptiva de los resultados de la resistencia al corte del suelo (A.P.V Qollana – San Jerónimo) .....	72
<i>Tabla22.</i> Estadística descriptiva de los resultados de la resistencia al corte del suelo (A.P.V Los Jardines– Santiago) .....	73

### Índice de gráficos y figuras

<i>Figura1.</i> Un suelo de la comarca del Alt Urgell .....	10
<i>Figura2.</i> Criterio de rotura de suelos .....	13
<i>Figura3.</i> Curvas tensión – tangencial para diversos suelos .....	14
<i>Figura4.</i> Plasticidad de las Arcillas.....	15
<i>Figura5.</i> Efecto de la adición de Consolid 444 en el suelo.....	18
<i>Figura6.</i> Estructura de una red neuronal artificial.....	18
<i>Figura7.</i> Extracción de muestra A.P.V Los Proceres – San Sebastián .....	27
<i>Figura8.</i> Extracción de muestra A.P.V Qollana – San Jerónimo .....	27
<i>Figura9.</i> Extracción de muestra A.P.V Los Jardines – Santiago .....	28
<i>Figura10.</i> Proporción del polímero solido (Solidry) y líquido (Consolid444) .....	28
<i>Figura11.</i> Pesado de muestras .....	31
<i>Figura12.</i> Preparación muestra en copa Casagrande para cada A.P.V .....	41
<i>Figura13.</i> Conteo de golpes a la que cierra la ranura en la copa Casagrande .....	41
<i>Figura14.</i> Datos del límite líquido insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Los Próceres – San Sebastián .....	51
<i>Figura15.</i> Definición de factores a analizar para cada A.P.V en función del límite líquido.....	52
<i>Figura16.</i> Red neuronal del límite líquido – A.P.V Los Proceres – San Sebastián.....	53

<i>Figura17.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Los Próceres – San Sebastian.....	54
<i>Figura18.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Los Próceres – San Sebastian – Disminución de límite líquido.....	55
<i>Figura19.</i> Datos del límite líquido insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Qollana – San Jerónimo .....	56
<i>Figura20.</i> Red neuronal del límite líquido – A.P.V Qollana – San Jerónimo.....	57
<i>Figura21.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Qollana – San Jerónimo.....	58
<i>Figura22.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Qollana – San Jerónimo – Disminución de límite líquido.....	59
<i>Figura23.</i> Datos del límite líquido insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Los Jardines – Santiago .....	60
<i>Figura24.</i> Red neuronal del límite líquido – A.P.V Los Jardines – Santiago.....	61
<i>Figura25.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Los Jardines – Santiago.....	62
<i>Figura26.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Los Jardines – Santiago – Disminución de límite líquido.....	63
<i>Figura27.</i> Aplicación del equipo Veleta Torvane para la lectura de la resistencia al corte del suelo .....	64
<i>Figura28.</i> Datos de la resistencia al corte del suelo insertados al Ellistat con sus respectas proporciones de polímero – A.P.V Los Próceres – San Sebastián....	73
<i>Figura29.</i> Definición de factores a analizar para cada A.P.V en función de la resistencia al corte del suelo.....	74
<i>Figura30.</i> Red neuronal de la resistencia al corte del suelo– A.P.V Los Próceres – San Sebastián.....	75
<i>Figura31.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Los Próceres – San Sebastián.....	76

<i>Figura32.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Los Próceres – San Sebastián – incremento de la resistencia al corte del suelo .....	77
<i>Figura33.</i> Datos de la resistencia al corte del suelo insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Qollana – San Jerónimo .....	78
<i>Figura34.</i> Red neuronal de la resistencia al corte del suelo– A.P.V Qollana – San Jerónimo .....	79
<i>Figura35.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Qollana – San Jerónimo.....	80
<i>Figura36.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Qollana – San Jerónimo – incremento de la resistencia al corte del suelo .....	81
<i>Figura37.</i> Datos de la resistencia al corte del suelo insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Los Jardines – Santiago .....	82
<i>Figura38.</i> Red neuronal de la resistencia al corte del suelo– A.P.V Los Jardines – Santiago	83
<i>Figura39.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Los jardines – Santiago.....	84
<i>Figura40.</i> Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Los Jardines – Santiago– incremento de la resistencia al corte del suelo .....	85

## Resumen

En el entorno del desarrollo de la ingeniería civil, el suelo, es un tema de interés y atención, ya que a menudo causa problemas de ejecución relacionados con las cimentaciones y, por lo tanto, ocasionan daños a las obras de ingeniería civil.

Al aplicar las redes neuronales relacionadas con la plasticidad y la resistencia, el pronóstico del efecto de un polímero bi-componente sobre la plasticidad y resistencia de un suelo es demasiado confiable.

El valor teórico de esta investigación, es que se puede fortalecer, planteando, el estado del suelo, cómo estabilizarla, así como el uso de polímeros en la ingeniería civil.

La utilidad metodológica de este estudio es que se puede aplicar a problemas de ingeniería civil más antiguos, utilizando métodos modernos como son las redes neuronales. Nuestro estudio encontró que la aplicación de un polímero de dos componentes (bicomponente) a un suelo, reduce la plasticidad en más del 20% y aumenta la resistencia en más del 55%.

Este tipo de investigación aplicada tiene como objetivo utilizar teorías establecidas para pronosticar el comportamiento de un polímero bi-componente sobre la plasticidad y resistencia de suelos.

**Palabras Clave:** Plasticidad, resistencia, suelos, redes neuronales.

## **Abstract**

In the civil engineering development environment, highly expansive clay is a topic of interest and attention, as it often causes foundation-related execution problems and therefore damages civil engineering works.

When applying the neural networks related to plasticity and resistance, the prediction of the effect of a bi-component polymer on the plasticity and resistance of highly expansive clays is too reliable.

The theoretical value of this research is that it is possible to strengthen, by silvering, the state of the clay, how to stabilize it, the clays with a high degree of plasticity, as well as the use of polymers in civil engineering.

The methodological utility of this study is that it can be applied to older civil engineering problems, using modern methods such as neural networks. Our study found that applying a two-component (bi-component) polymer to a highly expansive clay reduces plasticity by more than 20% and increases strength by more than 55%.

This type of applied research aims to use established theories to predict the effect of a polymer on the plasticity and strength of soils.

**Keywords:** Plasticity, resistance, soils, neural networks.

## I. INTRODUCCIÓN

Para producir respuestas más que nada en el emplazamiento de obras de ingeniería, como es en la situación de la provincia del Cusco, se necesita disponer de un análisis que posibilite obtener las características físicas y mecánicas del suelo, una vez que se le agregan polímeros para su mejoramiento en la estabilización, en ese sentido se demuestra en la presente investigación, debido a lo cual se refleje la eficiencia con una oportuna exactitud de resultados, teniendo presente que el comportamiento de los suelos, son diversas en las diferentes latitudes de nuestro suelo.

Por esto, este trabajo de indagación tiene como fin primordial “Determinar el pronóstico del comportamiento plástico y resistente de un suelo, cuando se adiciona un polímero bicomponente mediante redes neuronales artificiales”. Por lo que, se expone en una población de suelos de la Región del cusco con sus respectivos distritos que se detallan más adelante, sugiriendo como fin general., Establecer el impacto del aumento de polímero bi-componente en las propiedades físicas y mecánicas de suelos en la región Cusco. Generando solución al riesgo de las secuelas, gracias a la acción en los suelos del área de estudio, hecho que justifica la presente indagación de forma teórica y práctica.

Es de esta forma, que el muestreo por conveniencia se realizará por medio de la investigación de los resultados, por los ensayos ejecutados del límite líquido, así como también al ensayo del esfuerzo cortante, por medio de veleta de corte tipo Torvane.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el pronóstico del comportamiento plástico y resistente de un suelo, cuando se adiciona un polímero bicomponente mediante redes neuronales artificiales?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- A.** ¿En qué medida disminuye el comportamiento plástico, cuando se adiciona un polímero bicomponente sobre un suelo?
- B.** ¿En qué medida incrementa el comportamiento resistente, cuando se adiciona un polímero bicomponente sobre un suelo?
- C.** ¿Cuál es el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales artificiales, en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo?
- D.** ¿Cuál es el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales artificiales, en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo?

## **1.3. Justificación de la Investigación**

El presente estudio tiende a obtener datos que resaltan en el análisis de la propiedad de los suelos, tanto físicas y mecánicas, por medio de pruebas de laboratorio estandarizados, sobre suelos que no se han tratado anteriormente en la Región Cusco a través de un método, que con el pasar de los años se ha estado expandiendo, como lo son, las redes neuronales artificiales, ya que es imprescindible abordar este tema, porque estamos inmersos en un avance tecnológico continuo, también sabemos, como la aplicación tecnológica a la ingeniería civil, ha estado cambiando con el tiempo, con el fin de optimizar los tiempos y los recursos de estudio para llegar a un producto de calidad que se desea alcanzar. Por consiguiente, esta investigación se justifica en la aplicación de las redes neuronales en el mejoramiento de las propiedades físico-químicas usando polímeros, y que sus resultados de estas se puedan pronosticar.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar el pronóstico del comportamiento plástico y resistente de un suelo, cuando se adiciona un polímero bicomponente mediante redes neuronales artificiales.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- A.** Determinar la medida en que disminuye el comportamiento plástico, cuando se adiciona un polímero bicomponente sobre un suelo.
- B.** Determinar la medida en que incrementa el comportamiento resistente, cuando se adiciona un polímero bi-componente sobre un suelo.
- C.** Determinar el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo.
- D.** Determinar el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

**A.** El uso de redes neuronales, pronostica el incremento del comportamiento resistente y la disminución del comportamiento plástico, cuando se adiciona un polímero bi-componente sobre un suelo.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- A.** La adición de un polímero bi-componente sobre un suelo, disminuye el comportamiento plástico en un 20%.
- B.** La adición de un polímero bi-componente sobre un suelo, incrementa el comportamiento resistente en un 55%.
- C.** La aplicación de redes neuronales en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo es confiable en un 95%.
- D.** La aplicación de redes neuronales en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo es confiable en un 97%.

### **1.6. Delimitación la investigación**

#### **1.6.1. Delimitación espacial**

El presente estudio se desarrollará en la provincia del Cusco, donde se ha elegido 3 distritos con su respectivas A.P.V para la extracción de las muestras de suelo y estas son los siguientes:

- Santiago (A.P.V Los Jardines)
- San Sebastián (A.P.V Los Proceres)
- San Jerónimo (A.P.V Qollana)

#### **1.6.2. Delimitación temporal**

La presente investigación es desarrollada dentro los primeros cinco meses del año presente.

## II. MARCO TEÓRICO

### **Antecedentes del estudio**

#### **a) Antecedentes internacionales**

Para Lao, Rivas, Pérez y Marrero (2017), con el título “Procedimiento para el pronóstico de la demanda mediante redes neuronales artificiales”, en la revista, Ciencias Holguín, de la Universidad de Holguín, Cuba. Esta investigación enmarcó como objetivo, pronosticar la demanda mediante redes neuronales artificiales, para lo cual se tuvieron que optar por medicamentos, provenientes de la empresa distribuidora de medicamentos de Holguín, siendo así, la investigación usó los siguientes bienes: Heberprot – P25 y 75, Diprona 300mg 10 tab y Captopril 25mg 10 tab. El método a desarrollar se dividió en 3 fases: análisis, diseño del instrumento para el pronóstico y la implantación. En la primera fase, que es la del análisis, se tuvo que recopilar información para diseñar y aplicar el instrumento basados en ANN, posteriormente en la segunda fase denominada, diseño del instrumento para el pronóstico, se persiguió la obtención del instrumento para pronosticar mediante el uso de ANN. Finalmente, en la implantación, se pretendió detectar posibles variaciones en la obtención de resultados para que el error tenga una mínima variación. Luego de haber hecho los procedimientos mencionados anteriormente del presente artículo, se llegó a las siguientes conclusiones, como parte del resultado: es viable el entrenamiento de una red neuronal artificial multicapa con origen en las variaciones que influyen a la demanda, con un gran desempeño, ya que permitió su utilización al momento de tomar decisiones.

En la investigación sobre la estimación del módulo de resiliencia usando redes neuronales, pertenecientes a los autores: Garnica, Gómez y Pérez (2018) del Instituto Mexicano del Transporte. Este estudio, persiguió como objetivo, crear un modelo de ANN para estimar un módulo de resiliencia de la compactación de suelos finos con respecto a sus propiedades físicas y estado de esfuerzos. La metodología, se basó en el entrenamiento de las ANN mediante un aprendizaje supervisado, quiere decir que la ANN es manipulado por un externo para determinar una respuesta a partir de una entrada ya fijada. Por otra parte, en relación al resultado concluyo que, la validación ensayados con suelos diferentes, se llegó a obtener un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.8143$ .

(Quiñones et al.,2020). En este artículo de investigación que trató sobre la estimación del índice de calidad del agua mediante la aplicación de ANN, tuvo como objetivo, describir los parámetros químico – físicos y microbiológicos que modifican la calidad del agua. La metodología usada fue del tipo analítica, desglosándose en tres fases, en la primera fase, se recolecto datos paramétricos concernientes del río Utcubamba, siguiente a la primera fase, se tuvo que desarrollar un modelo de ANN para estimar el índice de la calidad de agua en el río que se mencionó anteriormente de la región de Amazonas. Finalmente, este modelo se pudo validar al momento de comparar los residuos encontrados por el modelo y los datos de campo que se recolectaron. De esta manera se pudo encontrar una arquitectura optima, y esta fue de 6-12-1, haciendo que el porcentaje de validación y prueba fuese de 70%, 10% y 20% respectivamente, como resultado también se pudo obtener un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.94$ .

En la revista Geocentro de la Universidad de Brasilia, presentada por Natalia A. Bonaventura de Souza y silva (2019), con el artículo, basado en el comportamiento mecánico de un compuesto suelo – polímero, teniendo, así como objetivo, verificar el comportamiento en relación a los parámetros de cohesión y fricción del suelo, al adicionar el polímero. La metodología se basó en una serie de procesos de cálculo con respecto a la granulometría, la dosis del polímero y el compuesto del suelo. En el polímero se consideró una dosis del 25% frente a un 75% de agua, en una proporción de 1:4 en volumen y un tiempo de curado de 4 días. Se llego a concluir que el mejoramiento del suelo con polímero tuvo un incremento significativo.

Para Aguilar y Borda (2015), para titularse como Ingeniero civil, tuvieron que sustentar su trabajo de investigación en la Universidad Santo Tomas, Colombia, abocado a la revisión del estado de arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos, persiguiendo como objetivo. Desarrollar una búsqueda respecto al arte y técnica de utilización de polímeros en el mejoramiento de suelos de manera nacional e internacionalmente. La metodología fue en base al enfoque cuantitativo, ya que se midió y cuantificó el problema de investigación, logrando obtener resultados numéricos, que serán objetos de comparación, discernimiento y análisis. Se concluyó que, Colombia presenta un suelo con inestabilizad e inviable para

obras de edificación, también se pudo encontrar que el suelo colombiano es un suelo muy arcilloso.

#### **b) Antecedentes nacionales**

(Manrique Davila, 2019), para optar el título de Ingeniero Civil, defendió en la Universidad Continental con la tesis titulada: “Predicción de propiedades mecánicas de suelos utilizando redes neuronales artificiales”. Esta investigación mantuvo como objetivo principal encontrar los resultados de los ensayos de las propiedades mecánicas de los suelos aplicando un software basado en algoritmos de redes neuronales artificiales a manera de predicción. El proceso de la metodología fue que, a partir de una recopilación y conformación de una base de datos, se pudieron describir los estudios definitivos de Provías Nacional. Obteniendo así los componentes de la misma base de datos, donde se llegó a registrar los resultados de los ensayos del suelo que se realizaron. Posteriormente se tuvo que analizar, así como la identificación de los datos de entrada y salida, la conformación de datos y el entrenamiento de la red neuronal artificial con el software Neural Tools. Luego de ello también se analizó las propiedades mecánicas del suelo usando redes neuronales artificiales con respecto a los resultados de las propiedades mecánicas del suelo de acuerdo al modelo neuronal para finalmente calcular las propiedades mecánicas del suelo usando un modelo de red neuronal óptimo. Es así que se llegó a la siguiente conclusión, luego de haber analizado y determinado las propiedades mecánicas del suelo a través de un software llamado Neural Tools basado en redes neuronales teniendo como resultado a un coeficiente de correlación  $R^2 = 0.7063$  para un CBR al 100%,  $R^2 = 0.8232$  para un CBR al 95%,  $R^2 = 0.8433$  para el OCH, un  $R^2 = 0.9245$  para la MDS, por lo que demostraron que se puede llegar a determinar las propiedades mecánicas del suelo con un alto grado de precisión.

Según (Valderrama Purizaca, 2020), para obtener el título de Ingeniero Civil, sustentado en la Universidad Señor de Sipán con la tesis titulada “Desarrollo de un modelo de redes neuronales artificiales para predecir las propiedades mecánicas del suelo”. En este proyecto de investigación se sostuvo como objetivo principal el de desarrollar un modelo de redes neuronales artificiales que pueda predecir dichas propiedades mecánicas del suelo en la región Lambayeque. Esta investigación usó una metodología de tipo propositiva o proyectiva, ya que se buscó desarrollar

modelos de ANN (Artificial Neural Networks) que fueron propuestos para predecir las propiedades del suelo, cabe mencionar que también, usaron un diseño transversal en la investigación, dado que los datos se obtuvieron en un momento determinado.

De esta manera se llegó a los resultados, permitiéndole demostrar su hipótesis planteada, donde sostiene que los modelos ANN desarrollados, logran predecir las propiedades mecánicas del suelo, teniendo así una precisión del 80%.

Para Boza y Merino (2018), aspirantes al título de Ingeniero Civil con la tesis titulada “Parámetros de resistencia al corte de los suelos a partir de sus propiedades físicas, utilizando redes neuronales artificiales y equipo triaxial, UNH”, expuesto en la Universidad Nacional de Huancavelica. En esta tesis se planteó como objetivo, determinar el rendimiento de las ANN para predecir los parámetros resistentes al corte, a consecuencia de las propiedades físicas, cuya metodología se basó en una investigación de tipo aplicada o tecnológica, ya que se utilizaron conocimientos ya debatidos o impartidos para actuar, construir, modificar y llevarlo al campo, con el propósito de resolver problemas suscitadas en un suelo. También se consideró el método general científico, ya que se basó en desarrollar una investigación cuantitativa. Con respecto al diseño de la investigación, fue transversal, ya que las mediciones se hicieron en un solo momento determinado. Se concluyó que la correlación de los datos obtenidos por medio de redes neuronales con equipo Triaxial, resultó que la correlación fue positivo muy alta, llegando a obtener un coeficiente de correlación de Pearson  $r = 0.982$  y con respecto al nivel de significancia, fue 0.01, demostrando así ser menor el nivel de confianza respecto a 0.05. Por consiguiente, lograron que exista una mínima variación en la correlación de la cohesión que obtuvieron al usar la aplicación de redes neuronales artificiales y dicho equipo triaxial.

De acuerdo a (Yanqui Quispe, 2021), para optar el título de Ingeniero Civil con la tesis “Efecto de la adición de polímero bicomponente, en las propiedades físicas y mecánicas de arcillas expansivas del sector de Ccapaq Moqo – Cusco, 2021”, sustentado en la Universidad Continental. Este trabajo de investigación mantuvo como objetivo, determinar el efecto de la adición de un polímero bicomponente, en las propiedades físico – mecánicas de arcillas expansivas de dicho sector

mencionado en el título de investigación del presente antecedente. La metodología en seguir fue de carácter científico con enfoque cuantitativo, porque se recolectaron datos para probar una hipótesis, basado en la medición de datos numéricos y análisis estadístico, con el fin de encontrar patrones de comportamiento para probar teorías, con respecto al diseño de la investigación se empleó una investigación experimental, ya que se manipuló el experimento intencionalmente frente a una acción, con la finalidad de evaluar nuevos resultados. De esta manera se concluyó que los límites de consistencia de arcillas en el sector de Ccapaq Moqo. El IP (índice de plasticidad) fue controlado, teniendo así un descenso según una dosificación del 0.2% del polímero bicomponente, alcanzando un IP del 44% más baja. Según una dosificación del polímero bicomponente del 3.6%. Con respecto al IP inicial sin adicionar el polímero a la muestra, el IP fue de 55.47%, teniendo una variación negativa buena del 11.47% con relación a la disminución del IP. La cantidad máxima del polímero bicomponente en la que se pudo adicionar, es ese mismo 3.6%, de lo contrario podría incrementar su plasticidad. Por otro lado, el esfuerzo cortante pudo incrementar hasta  $0.47\text{kg/cm}^2$  con una dosificación del 3.2% del polímero bicomponente. Inicialmente el esfuerzo cortante sin añadir el polímero fue  $0.19\text{kg/cm}^2$ . Del mismo modo, este 3.2% fue el límite máximo de adición del polímero bicomponente a la muestra, de lo contrario este disminuiría en su capacidad de mejoramiento con respecto al suelo.

(Nesterenko Cortez, 2018), para obtener el grado de Máster en Ingeniería Civil con mención en Ingeniería Vial, sustentado en la Universidad de Piura con la tesis titulada "Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú". Dicha tesis de maestría sostuvo como objetivo, definir el proceso constructivo de la estabilización de los suelos mediante la adición de polímeros de tipo poliacrilamida (PAM) de acuerdo a la realidad peruana, incluyendo variables propias referidas a los equipos de ejecución y a los rendimientos constructivos, también se tuvo como otro objetivo, comparar sometidas a las mismas condiciones del contexto con relación a los resultados del ensayo de suelos en su estado original con respecto a suelos estabilizados con PAM. En el proceso metodológico se elaboró un procedimiento constructivo para estabilizar los suelos con PAM, empleando diferentes tipos de ejecución y diferentes rendimientos constructivos en las

diferentes regiones del Perú como son: Pucallpa, Pasco, Huánuco, Cajamarca y Chiclayo, donde se describió las definiciones operacionales para elaborar una dinámica de actividades en el transcurso de la estabilización de suelos. Finalmente, se concluyó, que el polímero PAM puede ser considerado como una mejora para los caminos con déficit en su capacidad portante para un CBR menor al 30%, debido a su gran efecto en campo, el CBR sufrió un incremento del 20%. De igual manera, la densidad con PAM aumento un 2% en promedio. Por otra parte, el OCH presento una reducción de valores del 8% en promedio.

## **2.1 Bases teóricas**

### **2.1.1 Pronostico científico**

Según, Gonzales de Dios, Ibáñez y Alapont (2007), lo definen como un posible acontecimiento que se puede desarrollar durante el curso de una eventualidad y a la frecuencia de que estos se puedan prever a que se produzcan.

### **2.1.2 Suelo**

De acuerdo al Instituto Cartográfico y Geológico de Catalunya (ICGC), el suelo está definido como una capa superior de la corteza de la Tierra que está constituida por una diferente mezcla de partículas minerales, agua, materia orgánica, organismos vivos y aire; por lo que conforma un medio ambiente muy variable y complejo.

**FIGURA1.** Un suelo de la comarca del Alt Urgell



*Fuente:* Alt Urgell (ICGC, 2019)

### 2.1.3 Plasticidad de suelos

Según el histórico químico y científico, Albert Atterberg, la plasticidad fue definida como aquel suelo que sufre deformación sin agrietarse, ni ocasionar rebote elástico.

Por otra parte, la expansividad, está relacionada a los cambios volumétricos con la capacidad de generar presión, si se modifica las condiciones de humedad. Generalmente, estos tipos de cambios suelen darse en las arcillas, que modifican su propia estructura al adsorber agua u otros líquidos.

**Tabla1.** Criterios de expansividad

Expansividad	Límite de retracción	IP	WL	%#200	%<0,001	Actividad (Skempton mod.)	Potencial hinchamiento (Seed %)	Índice Lambe (Kg/cm <sup>2</sup> )	Presión hinchamiento probable (kg/cm <sup>2</sup> )	Hinchamiento probable superficie (cm) (McDowell)	% hinchamiento probable
Baja	>15	<18	<30	<30	<15	<0,5	0-1,5	<0,8	<0,3	0-1	<1
Media	12-16	15-28	30-40	30-60	13-23	0,5-0,7	1,5-5,0	0,8-1,5	0,3-1,2	1-3	1-5
Alta	8-12	25-40	40-60	60-95	20-30	0,7-1,0	5-25	1,5-2,3	1,2-3,0	3-7	3-10
Muy alta	<10	>35	>60	>95	>30	>1,0	>25	>2,3	>3,0	>7	>10

Fuente: (Ortiz, 1975)

**Tabla2.** Grados de expansividad y valores medios de parámetros geotécnicos

Grado	Expansividad	Finos (%)	Límite Líquido	Índice PVC (kPa)	Presión de hinch (KPa)	Hinchamiento libre (%)
I	Baja	<30	<35	<80	<25	<1
II	Baja a media	30-60	35-50	80-150	25-125	1-4
III	Media a alta	60-95	50-65	150-230	125-300	4-10
IV	Muy alta	>95	>65	>230	>300	>10

Fuente: (Gonzales de vallejo, 2002)

**Tabla3.** Grado de expansión

<b>Grado de expansión</b>	<b>% Pasa por Tamiz 200</b>	<b>Límite líquido</b>	<b>S.R.T.</b>	<b>Expansión Probable %</b>	<b>Presión de Hinchamiento</b>
Muy alto	>95	>60	>30	>10	>10
Alto	60-95	40-60	20-30	3-10	2,5-10
Medio	30-60	30-40	10-20	1-5	1,5-2,5
Bajo	<30	<30	<10	<1	<0,5

Fuente: (Chen, 1988)

**Tabla4.** Grado de expansión. Método USBR.

<b>Grado de expansión</b>	<b>Contenido Coloidal %&lt;0,001mm</b>	<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>Límite de Retracción</b>	<b>Expansión probable, % total de cambio de volumen</b>
Muy alto	>28	>35	>11	>30
Alto	20-13	25-41	7-12	20-30
Medio	13-23	15-28	10-16	10-30
bajo	<15	<18	<15	<10

Fuente: Holtz y Gibbs (1956)

### 2.1.4 Resistencia al corte de los suelos

Para los investigadores Adames, Pineda y Rodríguez (2014), lo definen como aquel suelo de resistencia interna, que es capaz de soportar esfuerzos por falla y deslizamiento.

Por otra parte, para Coulomb, la resistencia al corte de los suelos, fue definida como una relación entre las tensiones tangenciales y efectivas normales que actúan en cualquier superficie del suelo. El criterio mencionado, solo se cumple para suelos saturados, por consiguiente, la resistencia al corte viene dada por la siguiente formula:

$$\tau = C' + (\sigma_u - U) \tan \phi$$

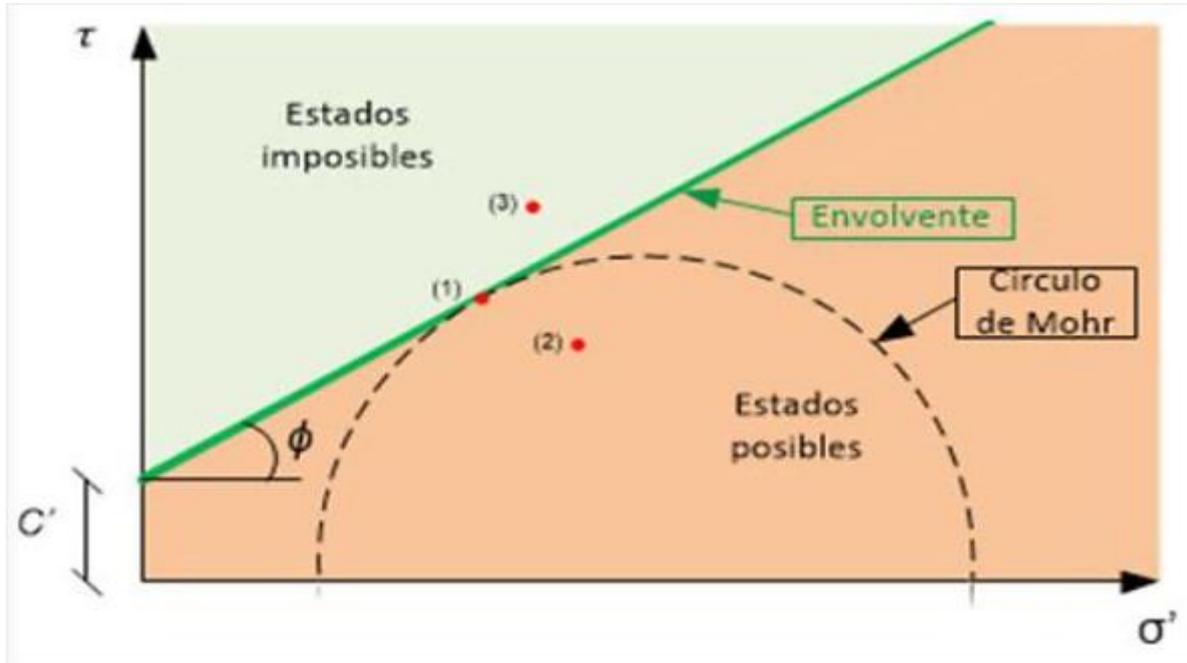
$\sigma_u$ : Tensión total normal actuando sobre el mismo plano

$C'$ : Cohesión efectiva

$U$ : Presión intersticial

$\phi$ : Angulo de fricción o de rozamiento interno efectivo

**FIGURA2.** Criterio de rotura de suelos



Fuente: (Pérez, 2020)

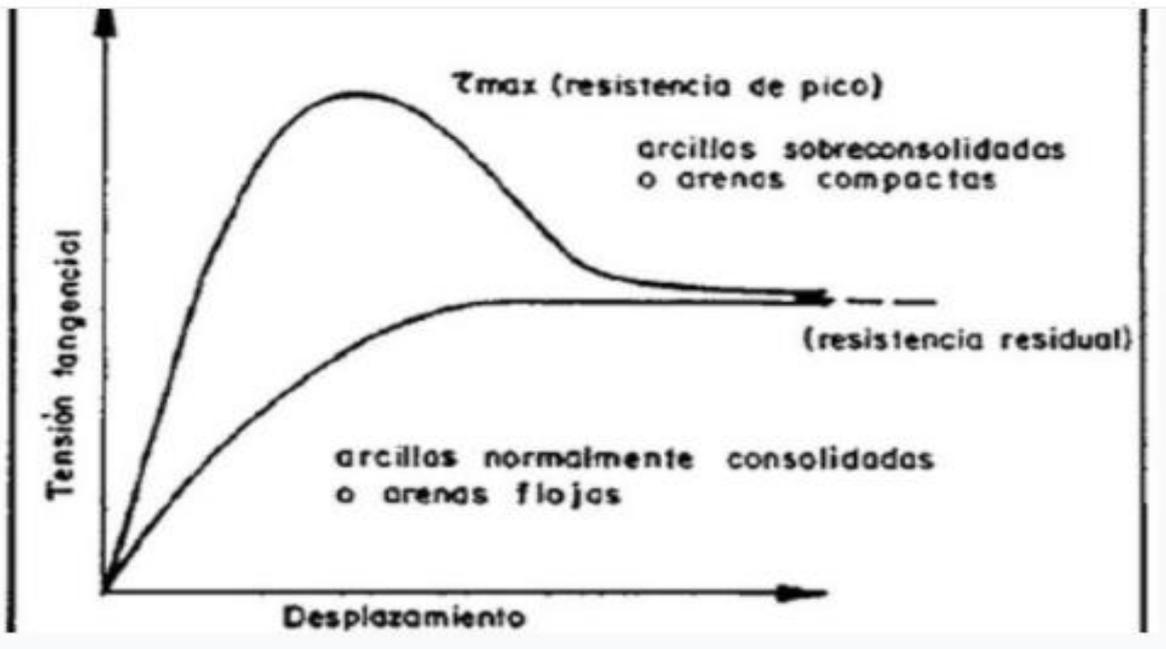
Como podemos visualizar en la figura 2, se interpretaría de la siguiente manera:

- Para (1), representando al estado de rotura.

-Para (2), representando a la combinación de ( $\sigma_u$ ), teniendo un cierto grado de seguridad, ya que, para una determinada tensión, la tensión tangencial es menor al máximo.

-Para (3), representando al estado imposible por estar sobre la envolvente de rotura, quiere decir, que ha sobrepasado la combinación máxima ( $\sigma_u$ ), por ende, no es compatible con la resistencia del suelo.

**FIGURA3.** Curvas tensión – tangencial para diversos suelos



Fuente: (Pérez, 2020)

### 2.1.5 Límites de consistencia o de Atterberg

Según SUCS, los límites de consistencia o de Atterberg, vienen a ser ensayos de laboratorio ya normalizados que facilitan la obtención de sus límites del rango de humedad, en el cual el suelo permanece en su estado plástico.

Por otro lado, necesitaremos algunas definiciones referidas a los límites de consistencia en las siguientes:

**a) Contenido de humedad (w):** Valor porcentual obtenida de la división del peso del agua entre el peso del suelo seco, por consiguiente, lo expresaremos en la siguiente formula:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Ww: Peso del agua

Ws: Peso del suelo seco

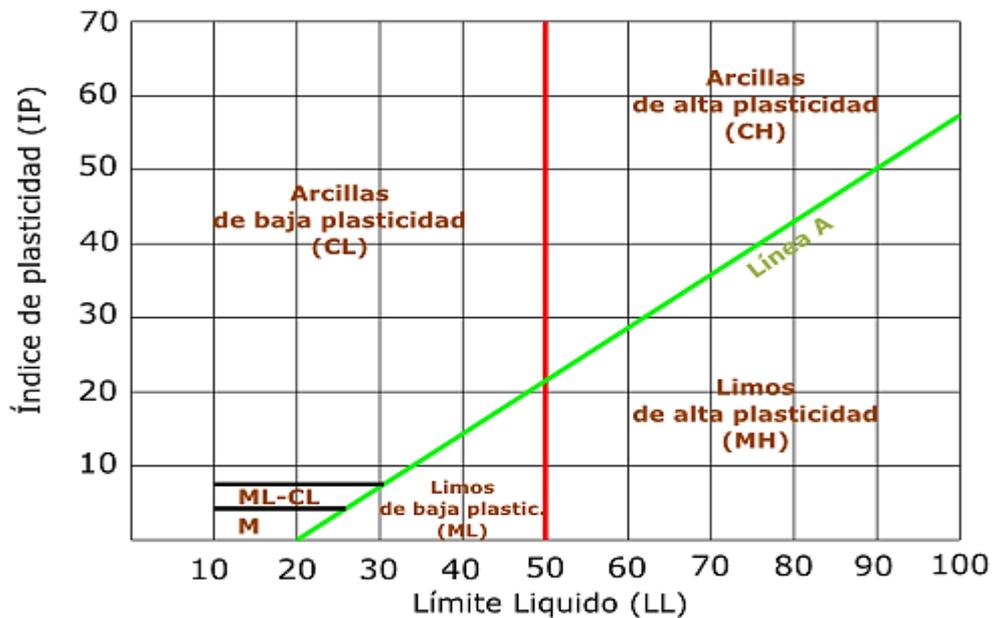
**b) Límite Líquido (LI):** Es el contenido limite, comprendida entre el estado semilíquido y plástico en función de la humedad.

**c) Límite plástico (Lp):** Es el contenido limite, comprendida entre el estado semisólido y plástico en función de la humedad.

**d) Índice de plasticidad (IP):** Viene a ser la diferencia del límite líquido y el del plástico. Expresada en la siguiente formula:

$$IP = LI - Lp$$

**FIGURA4.** Plasticidad de las Arcillas



Fuente: S.U.C.S

## 2.1.6 Granulometría de los suelos

De acuerdo a la norma ASTM C 136, la granulometría, es la distribución existente entre los tamaños de partículas de un agregado. En este caso se aplicará, la granulometría por tamizado, este método consiste en el análisis de una muestra de suelo, dicha muestra es tamizada por una serie de tamices con diferentes aberturas con la finalidad de determinar la masa retenida por cada tamiz y debe ser expresado en porcentaje con respecto a la masa total.

**Tabla5.** Distribución Granulométrica

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.	
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla	
<0,002			Limo fino	
0,005	Limo	Limo	Limo medio	
0,01			Limo grueso	
0,02			Arena muy fina	Arena fina
0,05				Arena fina
0,1	Arena gruesa	Arena fina	Arena media	
0,25		Arena gruesa	Arena gruesa	
0,2		Arena muy gruesa		
0,5	Grava fina	Grava fina	Grava	
1,0		Grava		
2,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	
3,0		Grava gruesa y piedras		
5,0				
10,0				
20,0				
>20,0				

Fuente: (Sánchez, 2013)

### 2.1.7 Polímeros

Vienen a ser una composición de macromoléculas constituidas por una o varias unidades químicas, también llamados monómeros, que van repitiéndose en secuencia de tipo cadena.

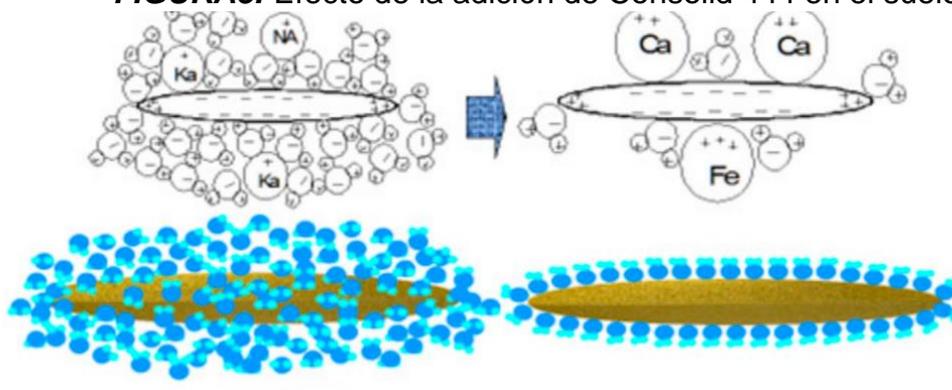
No olvidemos que, los polímeros según su tipo se clasifican de acuerdo a las siguientes:

- a) **Polímeros Naturales:** Son todos aquellos que podemos encontrar en la naturaleza, como ejemplo, podríamos mencionar a los cauchos, almidón, los polisacáridos, las proteínas y el glucógeno.
  
- b) **Polímeros Artificiales o Sintéticos:** Ellos son originados por los laboratorios, generalmente, poseen ingredientes que se derivan del aceite, como ejemplos más comunes tenemos: polimetacrilato de metilo (acrílico), poliestireno, polietileno, polipropileno, plásticos, llantas, envases y demás.

Por consiguiente, la presente investigación ha de usar un bpolimero, quiere decir un polímero de dos componentes. Para nuestro caso será de tipo sintético, como son el Solidry y el Consolid 444, siendo así, los componentes mencionados estarán definidas como las siguientes:

- ✚ **Solidry:** Es una mezcla sustanciosa inorgánica y seca de color grisáceo conformado por un 63.5% y 32.5% de cal, esta mezcla tiene la capacidad de intercambiar iones, recolocando a los iones que se atraen, sellando a todas las partículas del suelo sin permitir el paso del agua.
  
- ✚ **Consolid 444:** Mezcla sustanciosa monopolimérica que contiene catalizadores de penetración acelerada que rompe las películas de agua de manera instantánea que rodea los finos del suelo, haciendo que estas sean más unidas irreversiblemente, haciendo que aumente su densidad.

**FIGURA5.** Efecto de la adición de Consolid 444 en el suelo.



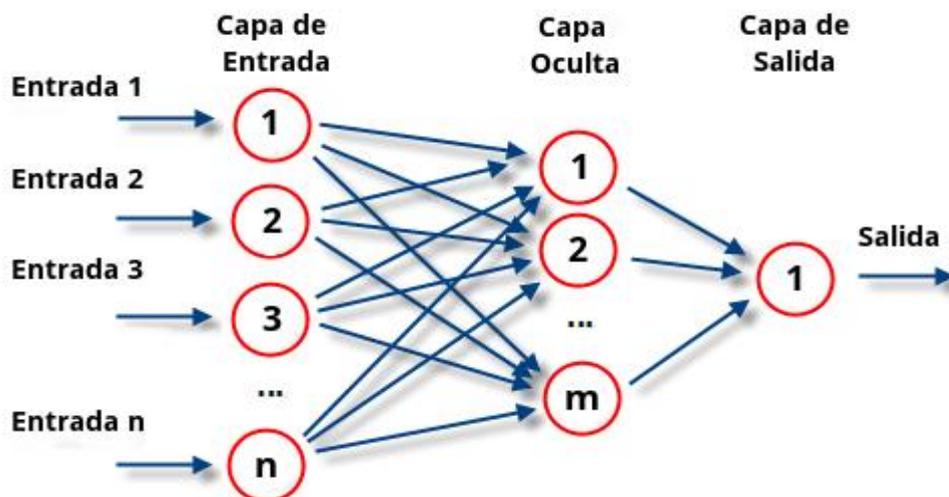
Fuente: <https://consolidusala.com/consolid-444/>

### 2.1.8 Redes Neuronales Artificiales

Según (Serna, 2017) una red neuronal, es una configuración modelada que simula el procesamiento de la información por el cerebro humano. El funcionamiento de una red neuronal está constituido por tres capas:

- a) **Capa de Entrada:** Datos de entrada dependiendo del tipo de estudio.
- b) **Capa oculta:** Zona neuronal donde se procesan los datos
- c) **Capa de Salida:** Resultado obtenido a partir de los datos de entrada

**FIGURA6.** Estructura de una red neuronal artificial



Fuente: <https://www.atriainnovation.com/>

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de Investigación

Según (German, 2019). Se considera aplicada cuando una investigación estudia las posibilidades de aplicación a la solución de un problema real de manera práctica. Entonces al haber mencionado la definición anteriormente, la presente investigación es de tipo aplicada porque tiende a determinar el pronóstico del comportamiento plástico y resistente de un suelo, cuando a este se le añade un polímero bicomponente.

##### 3.1.2. Diseño de la investigación

Para (Baptista, Fernández y Hernández, 2018). Indican que, un estudio para que sea un diseño cuasi - experimental, este tiene que cumplir ciertas condiciones, en la cual explica que, dentro de estas condiciones para ser un diseño cuasi - experimental, tiene que haber una manipulación de una variable independiente. Por consiguiente, decimos que la presente investigación es cuasi - experimental, ya que se manipulará un polímero bicomponente para incrementar la resistencia y disminuir la plasticidad de un suelo.

**Gc (A): Y1>>>>>>>>>X>>>>>>>>>>Y2**

**Ge (A): Y3>>>>>>>>>X'>>>>>>>>>>Y4**

**Gc:** Observación de la muestra del suelo sin polímero (grupo control)

**Ge:** Observación de la muestra del suelo con polímero (grupo experimento)

### **3.1.3. Enfoque de la Investigación**

Mencionan (Baptista, Fernández y Hernández,2014). Este tipo de enfoque se basa en el seguimiento de pasos y procesos de manera detallada y ordenada sin omitir alguno, originándose de las preguntas, llevándonos a plantearnos objetivos en un proyecto de investigación, del mismo modo estableciendo una hipótesis y la determinación de sus variables para ser comprobadas. (German, 2019, p. 17-18). Por lo mencionado en lo anterior, la presente investigación plantea un enfoque cuantitativo, ya que los análisis se determinarán según las hipótesis formuladas en la investigación.

### **3.1.4. Nivel de la investigación**

El nivel de investigación es explicativo, ya que presenta una relación de causa, debido a que no se enfoca únicamente en describir o acercarse a un problema, sino que pretende encontrar las causas del mismo.

## **3.2. Variables y operacionalización**

**Variable independiente:** Adición del polímero bicomponente.

**Variables Dependientes:**

- Plasticidad del suelo.
- Resistencia al corte del suelo.
- Nivel de confianza de la red neuronal

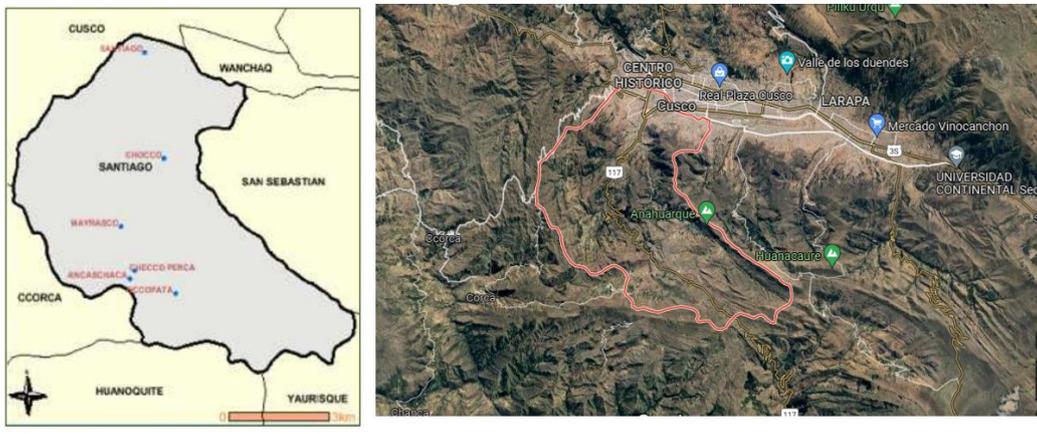
<b>Identificación de Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Razón</b>
Polímero bicomponente	Aglomerante estabilizador formado con polímeros que aceleran la penetración	Se procederá a adicionar proporcionalmente al diseño de muestra	Proporción	%	%
Plasticidad	Condición física de materiales que determinan su uso de acuerdo a sus características	Se procederá a extraer 120gr por cada muestra extraída	Consistencia	LL%	%
Resistencia al corte	Proporcionalidad de los componentes, que determina características importantes al ingeniero	Se procederá a extraer 120gr por cada muestra extraída	Resistencia	Esfuerzo Cortante	Kg/cm <sup>2</sup>
Red neuronal	Configuración de neuronas artificiales para pronosticar un resultado	Se procederá a operar con 35 datos de entrada para cada A.P. V	Coefficiente de determinación	R <sup>2</sup>	%

### 3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

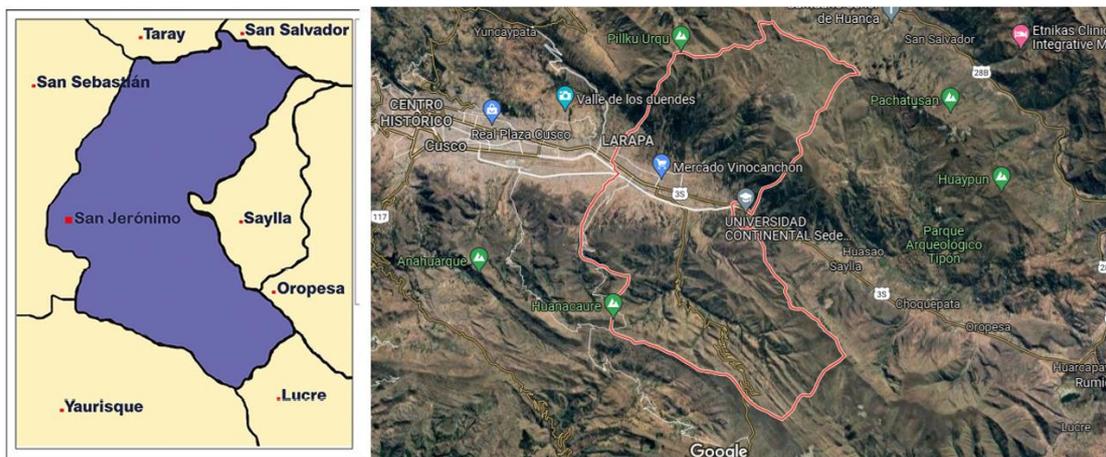
#### 3.3.1. Población

Según Arias-Gomez (2016) La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que forma el referente para la elección de una muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados. De acuerdo a esa definición, la población será los distritos de Santiago, San Jerónimo y San Sebastian en la provincia de Cusco, y de ellas se tomarán las muestras de suelo. La muestra será obtenida de las APV. Los Próceres, los Jardines y Qollana.

#### Distrito de Santiago



#### Distrito de san Jerónimo



## Distrito de San Sebastián



### 3.3.2. Muestra

En relación al diseño muestral se ejecutará mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. “Esto, fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador”. Tamara Otzen (2017). En tal sentido, la muestra para esta investigación será en un número de 35 porciones de suelo de cada APV llegando a un total de 105 muestras, en cantidades de acuerdo a la norma ASTM D – 2487, dicha norma sugiere un mínimo 100 gr. y uso del tamiz No. 4 de acuerdo a la norma ASTM D2487, I. (2013). Por tal motivo se decidió la cantidad de 120 gr por porción. Una vez obtenido las porciones del espécimen, se llevará a cabo 35 ensayos de (LL), de acuerdo a la norma ASTM D4318, además 35 ensayos de resistencia al esfuerzo cortante a través de la veleta tipo Torvane por cada A.P.V, según indica la norma ASTM D – 8121.

### 3.3.3. Muestreo

Se realizará el muestreo por conveniencia, para esta investigación se tomará en cuenta la información que se conoce de la población, la que conformará una parte de la muestra y está estará dentro de los parámetros necesarios para ser trabajados conforme a la metodología de este estudio.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recolección de información se dará en dos etapas, la primera etapa será a través de la recolección bibliográfica, mediante fichas bibliográficas digitales, lo que nos permitirá citar correctamente la bibliografía. La segunda etapa consta de la recopilación de datos a través de la técnica de la observación, logrando entender plenamente el comportamiento del fenómeno, registrando de forma manual y digital con ayuda de algunos instrumentos la información obtenida, de modo tal que nos ayude en las siguientes etapas de depuración, tratamiento y corrección de datos.

#### **3.4.1. Instrumentos metodológicos**

Se utilizarán fichas de recolección de datos e instrumentos utilizados en ingeniería ya que nos ayudara al momento de registrar los datos obtenidos de los ensayos. Para la recolección y medición de los ensayos, se utilizará los siguientes instrumentos:

- instrumental de ensayo – contenido de humedad
- instrumental de ensayo - límite líquido
- equipo de ensayo estándar para calcular la resistencia al esfuerzo cortante mediante veleta manual, tipo torvane.

### **3.5. Procedimientos**

Se determinará la zona de donde se extraerá las porciones necesarias de tierra que nos servirá para la investigación, utilizando pico y pala, con la ayuda de un vehículo para transportar lo recabado. Cabe aclarar, que las porciones extraídas son de tipo alterada, las mismas que se someterán a ensayos de laboratorio y análisis respectivo en gabinete.

### **3.5.1. Equipos y Materiales**

- Suelo del lugar de investigación
- Palas
- Picos
- Vehículo

✓ Balanza de precisión.

✓ Horno de Temperatura de 110°C.

✓ Aparato de globo con Cono y Placa Base metálica.

✓ Equipos varios: picota, cincel, cuchara, bolsa de plástico, Tapers, etc.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Al analizar la información lograda en laboratorio y con la ayuda de hojas de cálculo electrónicas se hará la depuración de los datos y de ese modo comprobar la existencia de mediciones atípicas.

Posteriormente a través de un análisis estadístico, computarizado, se lograrán la estadística descriptiva de las mediciones.

Para interpretar los resultados nos basaremos primero en la hipótesis planteada en la presente investigación. Después se realizará la discusión de los resultados, contrastándolos con el resultado obtenido en otras investigaciones, todo este proceso se realizará con la colaboración del ingeniero asesor.

### **3.7. Aspectos éticos**

Esta investigación respeta los principios éticos- morales, sin afectación psicológica ni material de las personas y espacios donde se desarrollará la presente investigación.

#### IV. RESULTADOS

Previamente, antes de nuestros resultados, se han tenido que extraer muestras porcionales de suelo como lo mostraremos en las siguientes figuras fotográficas:

**FIGURA7.** Extracción de muestra A.P.V Los Proceres – San Sebastián



Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA8.** Extracción de muestra A.P.V Qollana – San Jerónimo



Fuente: Elaboración Propia

**FIGURA9.** Extracción de muestra A.P.V Los Jardines – Santiago



Fuente: Elaboración Propia

Para llegar al logro del objetivo de esta investigación, se manipulo la variable independiente por medio de proporciones poliméricas. Así mismo se determinó que la proporción de polímero líquido va desde un 0.06% a 2% en peso respecto a las muestras extraídas. En cuanto al polímero sólido, se determinó una dosis variable de 0.23% a 8%.

**FIGURA10.** Proporción del polímero sólido (Solidry) y líquido (Consolid444)



Fuente: Elaboración Propia

Estas dosis se dividieron en 35 pasos para cada A.P.V, como se observa en el cuadro siguiente:

**Tabla6.** Proporciones de polímero

N	Polímero Líquido (%) Consolid 444	Polímero Sólido (%) Solidry
1	0,06	0,23
2	0,11	0,46
3	0,17	0,69
4	0,23	0,91
5	0,29	1,14
6	0,34	1,37
7	0,40	1,60
8	0,46	1,83
9	0,51	2,06
10	0,57	2,29
11	0,63	2,51
12	0,69	2,74
13	0,74	2,97
14	0,80	3,20
15	0,86	3,43
16	0,91	3,66

N	Polímero Líquido (%)	Polímero Sólido (%)
17	0,97	3,89
18	1,03	4,11
19	1,09	4,34
20	1,14	4,57
21	1,20	4,80
22	1,26	5,03
23	1,31	5,26
24	1,37	5,49
25	1,43	5,71
26	1,49	5,94
27	1,54	6,17
28	1,60	6,40
29	1,66	6,63
30	1,71	6,86
31	1,77	7,09
32	1,83	7,31
33	1,89	7,54
34	1,94	7,77
35	2,00	8,00

*Fuente:* Elaboración Propia

Las proporciones que se han determinado se han convertido en peso gramo respectivo a los componentes del polímero. Para el caso nuestra muestra se determinó por el muestreo no probabilístico por conveniencia. Absolutamente todas las muestras tuvieron un peso seco de 120g.

**FIGURA 11.** Pesado de muestras



*Fuente:* Elaboración Propia

Considerando que es material suficiente, usado para los diferentes ensayos que se determinó en la investigación mostrado en las siguientes tablas:

**Tabla7.** Pesado de muestras proporcionando los polímeros para cada A.P.V

N	Muestra (g)	Polímero Líquido (g)	Polímero Sólido (g)	Peso de muestra (g)
1	120	0,07	0,27	120,34
2	120	0,14	0,55	120,69
3	120	0,21	0,82	121,03
4	120	0,27	1,10	121,37
5	120	0,34	1,37	121,71
6	120	0,41	1,65	122,06
7	120	0,48	1,92	122,40
8	120	0,55	2,19	122,74
9	120	0,62	2,47	123,09
10	120	0,69	2,74	123,43
11	120	0,75	3,02	123,77
12	120	0,82	3,29	124,11
13	120	0,89	3,57	124,46
14	120	0,96	3,84	124,80
15	120	1,03	4,11	125,14
16	120	1,10	4,39	125,49
17	120	1,17	4,66	125,83
18	120	1,23	4,94	126,17

N	Muestra (g)	Polímero Líquido (g)	Polímero Sólido (g)	Peso de muestra (g)
19	120	1,30	5,21	126,51
20	120	1,37	5,49	126,86
21	120	1,44	5,76	127,20
22	120	1,51	6,03	127,54
23	120	1,58	6,31	127,89
24	120	1,65	6,58	128,23
25	120	1,71	6,86	128,57
26	120	1,78	7,13	128,91
27	120	1,85	7,41	129,26
28	120	1,92	7,68	129,60
29	120	1,99	7,95	129,94
30	120	2,06	8,23	130,29
31	120	2,13	8,50	130,63
32	120	2,19	8,78	130,97
33	120	2,26	9,05	131,31
34	120	2,33	9,33	131,66
35	120	2,40	9,60	132,00

*Fuente:* Elaboración Propia

Para obtener resultados, se empleó el método de observación estructurada (nos ayudamos con elementos apropiados técnicos tales como: cuadros, fichas, tablas), se siguió estrictamente los procedimientos detallados en la norma ASTM - D4318. Este proceso se hará para cada A.P.V, por lo que se mostrará solo tablas.

$$LL = w_N * \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta}$$

Dónde:

LL= Límite Líquido

$w_N$  = Contenido de humedad

N = Número de golpes

$\tan\beta$  = pendiente de la línea de flujo (0.121 es una buena aproximación)

**Tabla8.** Pesado de muestra sin polímero – A.P.V Los proceres – San Sebastián

N	Código de Capsula – San Sebastian - Los Proceres (SSLP)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la capsula + suelo húmedo (g)	Peso de la capsula + suelo seco (g)
1	SSLP1	10,9	47,6	24,5
2	SSLP2	10,9	47,8	23,4
3	SSLP3	5,8	26,8	12
4	SSLP4	10,9	30,1	18,7
5	SSLP5	6,3	26,9	12
6	SSLP6	10,9	45,9	21,2
7	SSLP7	10,9	54,4	23,7
8	SSLP8	10,8	47	22,8
9	SSLP9	6	29,6	12,7
10	SSLP10	10,6	48,5	22
11	SSLP11	10,8	48,4	22,8
12	SSLP12	5,7	24,2	19,9

N	Código de Capsula – San Sebastián - Los Proceres (SSLP)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (g)	Peso de la cápsula + suelo seco (g)
13	SSLP13	6,1	26,4	24,3
14	SSLP14	10,9	37,1	26,2
15	SSLP15	10,9	38,5	24,6
16	SSLP16	5,9	26,4	18,4
17	SSLP17	10,8	54,3	26,8
18	SSLP18	11	50,6	24,9
19	SSLP19	10,8	54,6	26,4
20	SSLP20	6,3	28,4	13,6
21	SSLP21	10,7	48,4	22,8
22	SSLP22	6,2	27,3	14,4
23	SSLP23	11	52,2	26,8
24	SSLP24	7,3	28,6	16,4
25	SSLP25	10,9	47,5	24,4
26	SSLP26	5,8	24,6	12
27	SSLP27	10,9	48,2	13,8
28	SSLP28	11	52,6	26,8
29	SSLP29	7,3	30,3	14,8

N	Código de Cápsula – San Sebastián - Los Proceres (SSLP)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (g)	Peso de la cápsula + suelo seco (g)
30	SSLP30	10,9	50,8	25
31	SSLP31	5,8	24,8	12,2
32	SSLP32	10,8	52,4	26,2
33	SSLP33	6,4	26,2	12,9
34	SSLP34	11	54,4	26,4
35	SSLP35	10,7	52,5	24,3

*Fuente:* Elaboración Propia

**Tabla9.** Pesado de muestra sin polímero – A.P.V Qollana – San Jerónimo

N	Código de Capsula – San Jerónimo - Qollana (SJQ)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (g)	Peso de la cápsula + suelo seco (g)
1	SJQ1	10,9	47,6	22,8
2	SJQ2	10,9	47,8	24,4
3	SJQ3	5,8	26,8	12,2
4	SJQ4	10,9	30,1	18,7
5	SJQ5	6,3	26,9	12,4
6	SJQ6	10,9	45,9	21,4
7	SJQ7	10,9	54,4	23,8

N	Código de Cápsula – San Jerónimo - Qollana (SJQ)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (g)	Peso de la cápsula + suelo seco (g)
8	SJQ8	10,8	47	21,9
9	SJQ9	6	29,6	12,3
10	SJQ10	10,6	48,5	22,9
11	SJQ11	10,8	48,4	23,8
12	SJQ12	5,7	24,2	12,8
13	SJQ13	6,1	26,4	13,3
14	SJQ14	10,9	37,1	26,2
15	SJQ15	10,9	38,5	24,8
16	SJQ16	5,9	26,4	12,4
17	SJQ17	10,8	54,3	26,8
18	SJQ18	11	50,6	24,9
19	SJQ19	10,8	54,6	26,4
20	SJQ20	6,3	28,4	13,6
21	SJQ21	10,7	48,4	22,8
22	SJQ22	6,2	27,3	14,4
23	SJQ23	11	52,2	26,4
24	SJQ24	7,3	28,6	16,2
25	SJQ25	10,9	47,5	22,4

N	Código de Cápsula – San Jerónimo - Qollana (SJQ)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (g)	Peso de la cápsula + suelo seco (g)
26	SJQ26	5,8	24,6	12
27	SJQ27	10,9	48,2	13,8
28	SJQ28	11	52,6	26,8
29	SJQ29	7,3	30,3	14,4
30	SJQ30	10,9	50,8	25,2
31	SJQ31	5,8	24,8	12,4
32	SJQ32	10,8	52,4	26
33	SJQ33	6,4	26,2	13
34	SJQ34	11	54,4	26,1
35	SJQ35	10,7	52,5	23,3

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla10.** Pesado de muestra sin polímero – A.P.V Los Jardines – Santiago

N	Código de Cápsula – Santiago - Los Jardines (SLJ)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (g)	Peso de la cápsula + suelo seco (g)
1	SLJ1	10,9	47,6	23,8
2	SLJ2	10,9	47,8	25,4
3	SLJ3	5,8	26,8	13,2

N	Código de Capsula – Santiago - Los Jardines (SLJ)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (g)	Peso de la cápsula + suelo seco (g)
4	SLJ4	10,9	30,1	19,6
5	SLJ5	6,3	26,9	12,4
6	SLJ6	10,9	45,9	21,4
7	SLJ7	10,9	54,4	23,5
8	SLJ8	10,8	47	22
9	SLJ9	6	29,6	12,8
10	SLJ10	10,6	48,5	23,9
11	SLJ11	10,8	48,4	23,8
12	SLJ12	5,7	24,2	10,2
13	SLJ13	6,1	26,4	13,3
14	SLJ14	10,9	37,1	26,4
15	SLJ15	10,9	38,5	24,8
16	SLJ16	5,9	26,4	12,4
17	SLJ17	10,8	54,3	26,2
18	SLJ18	11	50,6	22,9
19	SLJ19	10,8	54,6	25,4
20	SLJ20	6,3	28,4	13,6
21	SLJ21	10,7	48,4	22,8

N	Código de Cápsula – Santiago - Los Jardines (SLJ)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la cápsula + suelo húmedo (g)	Peso de la cápsula + suelo seco (g)
22	SLJ22	6,2	27,3	14,4
23	SLJ23	11	52,2	26,2
24	SLJ24	7,3	28,6	16,8
25	SLJ25	10,9	47,5	21,4
26	SLJ26	5,8	24,6	12
27	SLJ27	10,9	48,2	13,5
28	SLJ28	11	52,6	24,8
29	SLJ29	7,3	30,3	14,4
30	SLJ30	10,9	50,8	25,2
31	SLJ31	5,8	24,8	12,4
32	SLJ32	10,8	52,4	26
33	SLJ33	6,4	26,2	13,8
34	SLJ34	11	54,4	26,1
35	SLJ35	10,7	52,5	24,3

*Fuente:* Elaboración propia

En las siguientes tablas se mostrará el límite líquido para cada A.P.V, empleando la fórmula que se mostró anteriormente, en la fórmula de limite líquido en relación al número de golpes que se efectuó con la ayuda de la cuchara o copa de casa grande que será mostrado en imágenes a continuación: Es por eso también que, se mostrará solo tablas con resultado de limite líquido posteriormente a las imágenes que se presentaran.

**FIGURA12.** Preparación muestra en copa Casagrande para cada A.P.V



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA13.** Conteo de golpes a la que cierra la ranura en la copa Casagrande



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11.** Límite Líquido A.P.V Los Proceres – San Sebastián

N	Código de Capsula – San Sebastian - Los Proceres (SSLP)	Contenido de humedad (%W)	Nro. de golpes que cierra la ranura	Límite Líquido (%)
1	SSLP1	94,29	27	95,17
2	SSLP2	104,27	18	100,19
3	SSLP3	123,33	15	115,91
4	SSLP4	60,96	30	62,33
5	SSLP5	124,17	16	117,61
6	SSLP6	116,51	18	111,95
7	SSLP7	129,54	12	118,48
8	SSLP8	106,14	19	102,66
9	SSLP9	133,07	10	119,04
10	SSLP10	120,45	14	112,25
11	SSLP11	112,28	27	113,34
12	SSLP12	21,61	31	22,18
13	SSLP13	8,64	33	8,94
14	SSLP14	41,60	29	42,36
15	SSLP15	56,50	22	55,63
16	SSLP16	43,48	20	42,31
17	SSLP17	102,61	20	99,87

18	SSLP18	103,21	19	99,83
----	--------	--------	----	-------

N	Código de Capsula – San Sebastian - Los Proceres (SSLP)	Contenido de humedad (%W)	Nro. de golpes que cierra la ranura	Límite Líquido (%)
19	SSLP19	106,82	22	105,17
20	SSLP20	108,82	21	106,54
21	SSLP21	112,28	17	107,14
22	SSLP22	89,58	26	90,01
23	SSLP23	94,78	27	95,67
24	SSLP24	74,39	29	75,74
25	SSLP25	94,67	30	96,79
26	SSLP26	105,00	18	100,89
27	SSLP27	249,28	7	213,53
28	SSLP28	96,27	26	96,73
29	SSLP29	104,73	20	101,93
30	SSLP30	103,20	18	99,16
31	SSLP31	103,28	21	101,11
32	SSLP32	100,00	24	99,50
33	SSLP33	103,10	26	103,59
34	SSLP34	106,06	24	105,54
35	SSLP35	116,05	17	110,73

Fuente: Elaboración propia

**Tabla12.** Límite Líquido A.P.V Qollana – San Jerónimo

N	Código de Cápsula – San Jerónimo - Qollana (SJQ)	Contenido de humedad (%W)	Nro. de golpes que cierra la ranura	Límite Líquido (%)
1	SJQ1	108,77	24	108,23
2	SJQ2	95,90	30	98,05
3	SJQ3	119,67	20	116,47
4	SJQ4	60,96	32	62,82
5	SJQ5	116,94	16	110,76
6	SJQ6	114,49	18	110,00
7	SJQ7	128,57	13	118,74
8	SJQ8	114,61	20	111,54
9	SJQ9	140,65	16	133,22
10	SJQ10	111,79	22	110,07
11	SJQ11	103,36	26	103,86
12	SJQ12	89,06	30	91,06
13	SJQ13	98,50	30	100,70
14	SJQ14	41,60	34	43,19
15	SJQ15	55,24	33	57,14
16	SJQ16	112,90	21	110,53
17	SJQ17	102,61	27	103,58
18	SJQ18	103,21	19	99,83

N	Código de Cápsula – San Jerónimo - Qollana (SJQ)	Contenido de humedad (%W)	Nro. de golpes que cierra la ranura	Límite Líquido (%)
19	SJQ19	106,82	20	103,96
20	SJQ20	108,82	21	106,54
21	SJQ21	112,28	23	111,15
22	SJQ22	89,58	29	91,21
23	SJQ23	97,73	23	96,74
24	SJQ24	76,54	30	78,26
25	SJQ25	112,05	22	110,33
26	SJQ26	105,00	18	100,89
27	SJQ27	249,28	8	217,02
28	SJQ28	96,27	26	96,73
29	SJQ29	110,42	20	107,46
30	SJQ30	101,59	18	97,61
31	SJQ31	100,00	21	97,90
32	SJQ32	101,54	24	101,04
33	SJQ33	101,54	26	102,02
34	SJQ34	108,43	24	107,89
35	SJQ35	125,32	15	117,77

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla13.** Límite Líquido A.P.V Los Jardines – Santiago

N	Código de Cápsula – Santiago - Los Jardines (SLJ)	Contenido de humedad (%W)	Nro. de golpes que cierra la ranura	Límite Líquido (%)
1	SLJ1	100,84	26	101,33
2	SLJ2	88,19	30	90,17
3	SLJ3	103,03	22	101,44
4	SLJ4	53,57	34	55,61
5	SLJ5	116,94	18	112,36
6	SLJ6	114,49	18	110,00
7	SLJ7	131,49	14	122,54
8	SLJ8	113,64	16	107,63
9	SLJ9	131,25	18	126,11
10	SLJ10	102,93	23	101,89
11	SLJ11	103,36	22	101,77
12	SLJ12	137,25	13	126,76
13	SLJ13	98,50	30	100,70
14	SLJ14	40,53	34	42,07
15	SLJ15	55,24	33	57,14
16	SLJ16	112,90	17	107,73
17	SLJ17	107,25	22	105,60

N	Código de Cápsula – Santiago - Los Jardines (SLJ)	Contenido de humedad (%W)	Nro. de golpes que cierra la ranura	Limite Líquido (%)
18	SLJ18	120,96	15	113,68
19	SLJ19	114,96	16	108,89
20	SLJ20	108,82	21	106,54
21	SLJ21	112,28	17	107,14
22	SLJ22	89,58	32	92,31
23	SLJ23	99,24	30	101,46
24	SLJ24	70,24	33	72,65
25	SLJ25	121,96	22	120,08
26	SLJ26	105,00	18	100,89
27	SLJ27	257,04	8	223,78
28	SLJ28	112,10	26	112,63
29	SLJ29	110,42	20	107,46
30	SLJ30	101,59	18	97,61
31	SLJ31	100,00	21	97,90
32	SLJ32	101,54	24	101,04
33	SLJ33	89,86	26	90,28
34	SLJ34	108,43	24	107,89
35	SLJ35	116,05	16	109,92

*Fuente:* Elaboración propia

En este caso se mostrará los estadísticos descriptivos con respecto al límite líquido para cada A.P.V. Por lo que también sólo se mostrará tablas estadísticas descriptivas del límite líquido.

**Tabla14.** Estadística descriptiva de los resultados del límite líquido (A.P.V Los proceres – San Sebastian)

	%w		%LL		N° de golpes
Media	99,17	Media	95,71	Media	22
Error típico	4,11	Error típico	4,40	Error típico	4,40
Mediana	103,28	Mediana	100,89	Mediana	21,00
Moda	112,28	Moda	#N/D	Moda	18,00
Desv. Estándar	39,22	Desv. Estándar	34,05	Desv. Estándar	6,22
Varianza	1494,14	Varianza	1126,05	Varianza	37,56
Curtosis	6,22	Curtosis	4,55	Curtosis	-0,38
Coef. asimétrico	0,92	Coef. asimétrico	0,19	Coef. asimétrico	-0,19
Rango	240,63	Rango	204,59	Rango	26,00
Mínimo	8,64	Mínimo	8,94	Mínimo	7,00
Máximo	249,28	Máximo	213,53	Máximo	33,00
Suma	3470,98	Suma	3349,81	Suma	753,00
Cuenta	35,00	Cuenta	35,00	Cuenta	35,00
alfa	0,05	alfa	0,05	alfa	0,05
Nivel de confianza 95%	12,99	Nivel de confianza 95%	11,28	Nivel de confianza 95%	2,06

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla15.** Estadística descriptiva de los resultados del límite líquido (A.P.V  
Qollana – San Jerónimo)

	%W		%LL		N° de golpes
Media	106,34	Media	103,84	Media	23
Error típico	3,54	Error típico	3,70	Error típico	3,70
Mediana	105,00	Mediana	103,86	Mediana	22,00
Moda	101,54	Moda	#N/D	Moda	30,00
Desv. Estándar	31,57	Desv. Estándar	26,24	Desv. Estándar	5,96
Varianza	967,96	Varianza	668,69	Varianza	34,48
Curtosis	12,58	Curtosis	10,54	Curtosis	-0,11
Coef. asimétrico	2,43	Coef. asimétrico	1,85	Coef. asimétrico	-0,11
Rango	207,67	Rango	173,84	Rango	26,00
Minimo	41,60	Minimo	43,19	Minimo	8,00
Maximo	249,28	Maximo	217,02	Maximo	34,00
Suma	3722,05	Suma	3634,32	Suma	799,00
Cuenta	35,00	Cuenta	35,00	Cuenta	35,00
alfa	0,05	alfa	0,05	alfa	0,05
Nivel de confianza 95%	10,46	Nivel de confianza 95%	8,69	Nivel de confianza 95%	1,97

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 16.** Estadística descriptiva de los resultados del límite líquido (A.P.V Los Jardines – Santiago)

	%W		%LL		N° de golpes
Media	107,18	Media	104,09	Media	22
Error típico	4,19	Error típico	4,37	Error típico	4,37
Mediana	107,25	Mediana	105,60	Mediana	22,00
Moda	#N/D	Moda	#N/D	Moda	18,00
Desv. Estándar	33,46	Desv. Estándar	27,85	Desv. Estándar	6,67
Varianza	1087,55	Varianza	753,45	Varianza	43,19
Curtosis	11,93	Curtosis	10,26	Curtosis	-0,63
Coef. asimétrico	2,31	Coef. asimétrico	1,81	Coef. asimétrico	0,25
Rango	216,51	Rango	181,71	Rango	26,00
Minimo	40,53	Minimo	42,07	Minimo	8,00
Maximo	257,04	Maximo	223,78	Maximo	34,00
Suma	3751,46	Suma	3643,01	Suma	777,00
Cuenta	35,00	Cuenta	35,00	Cuenta	35,00
alfa	0,05	alfa	0,05	alfa	0,05
Nivel de confianza 95%	11,08	Nivel de confianza 95%	9,23	Nivel de confianza 95%	2,21

*Fuente:* Elaboración propia

## Procesamiento de los datos del límite líquido en el programa Ellistat

En este caso la figura que se presenta, son los datos del límite líquido que se determinó para cada proporción de polímero líquido y sólido.

**FIGURA 14.** Datos del límite líquido insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Los Proceres – San Sebastián

Name	Polímero Líquido (g)	Polímero Sólido (g)	LL %
2	0.07	0.27	95.17
3	0.14	0.55	100.19
4	0.21	0.82	115.91
5	0.27	1.10	62.33
6	0.34	1.37	117.61
7	0.41	1.65	111.95
8	0.48	1.92	118.48
9	0.55	2.19	102.66
10	0.62	2.47	119.04
11	0.69	2.74	112.25
12	0.75	3.02	113.34
13	0.82	3.29	22.18
14	0.89	3.57	8.94
15	0.96	3.84	42.36
16	1.03	4.11	55.63
17	1.10	4.39	42.31
18	1.17	4.66	99.87
19	1.23	4.94	99.83
20	1.30	5.21	105.17
21	1.37	5.49	106.54
22	1.44	5.76	107.14
23	1.51	6.03	90.01
24	1.58	6.31	95.67
25	1.65	6.58	75.74
26	1.71	6.86	96.79
27	1.78	7.13	100.89
28	1.85	7.41	213.53
29	1.92	7.68	96.73
30	1.99	7.95	101.93
31	2.06	8.23	99.16
32	2.13	8.50	101.11
33	2.19	8.78	99.50
34	2.26	9.05	103.59
35	2.33	9.33	105.54
36	2.40	9.60	110.73

Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 15.** Definición de factores a analizar para cada A.P.V en función del limite liquido

Machine Learning X&Y

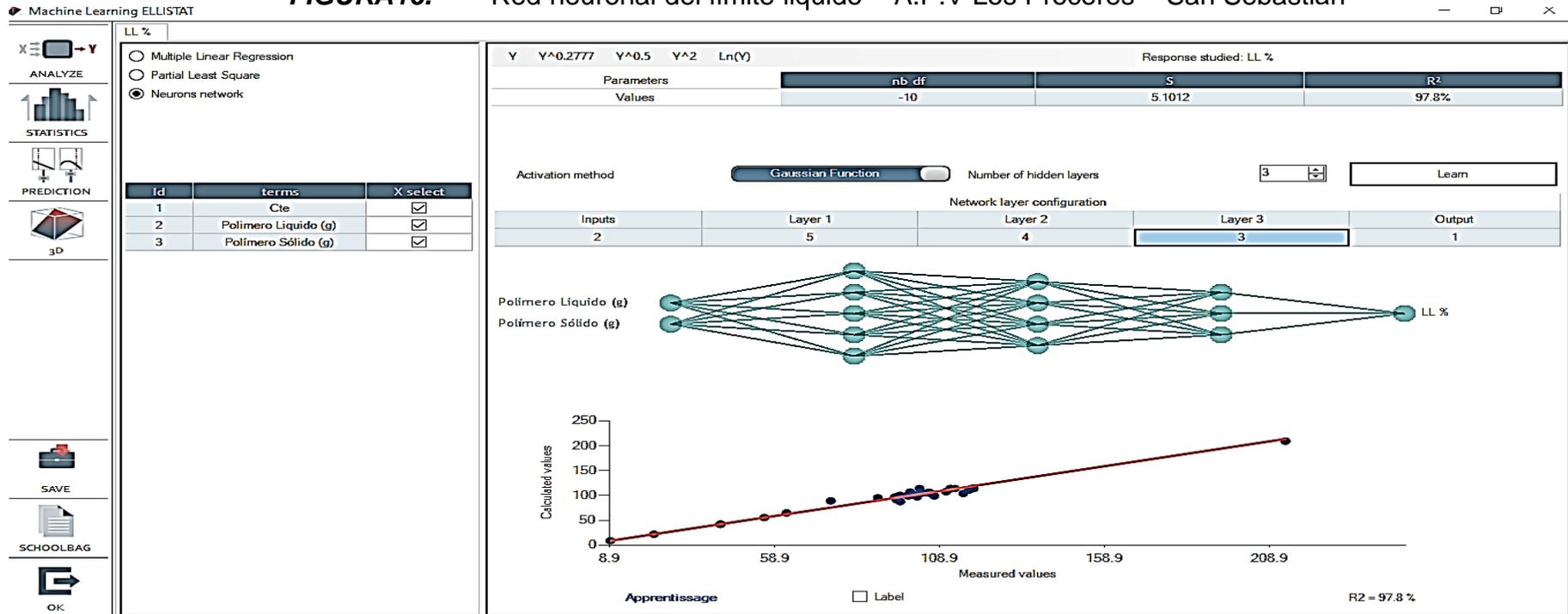
	Fact X	Nom	Resp Y	Test	Prediction	Repetitions
A	<input checked="" type="checkbox"/>	Polimero Liquido (g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
B	<input checked="" type="checkbox"/>	Polímero Sólido (g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
C	<input type="checkbox"/>	LL %	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1

Random selection of test lines

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se visualiza los datos a ejecutar en este caso, los datos de entrada están en el eje X y el dato de salida que será la respuesta a pronosticar, en este caso, el límite líquido.

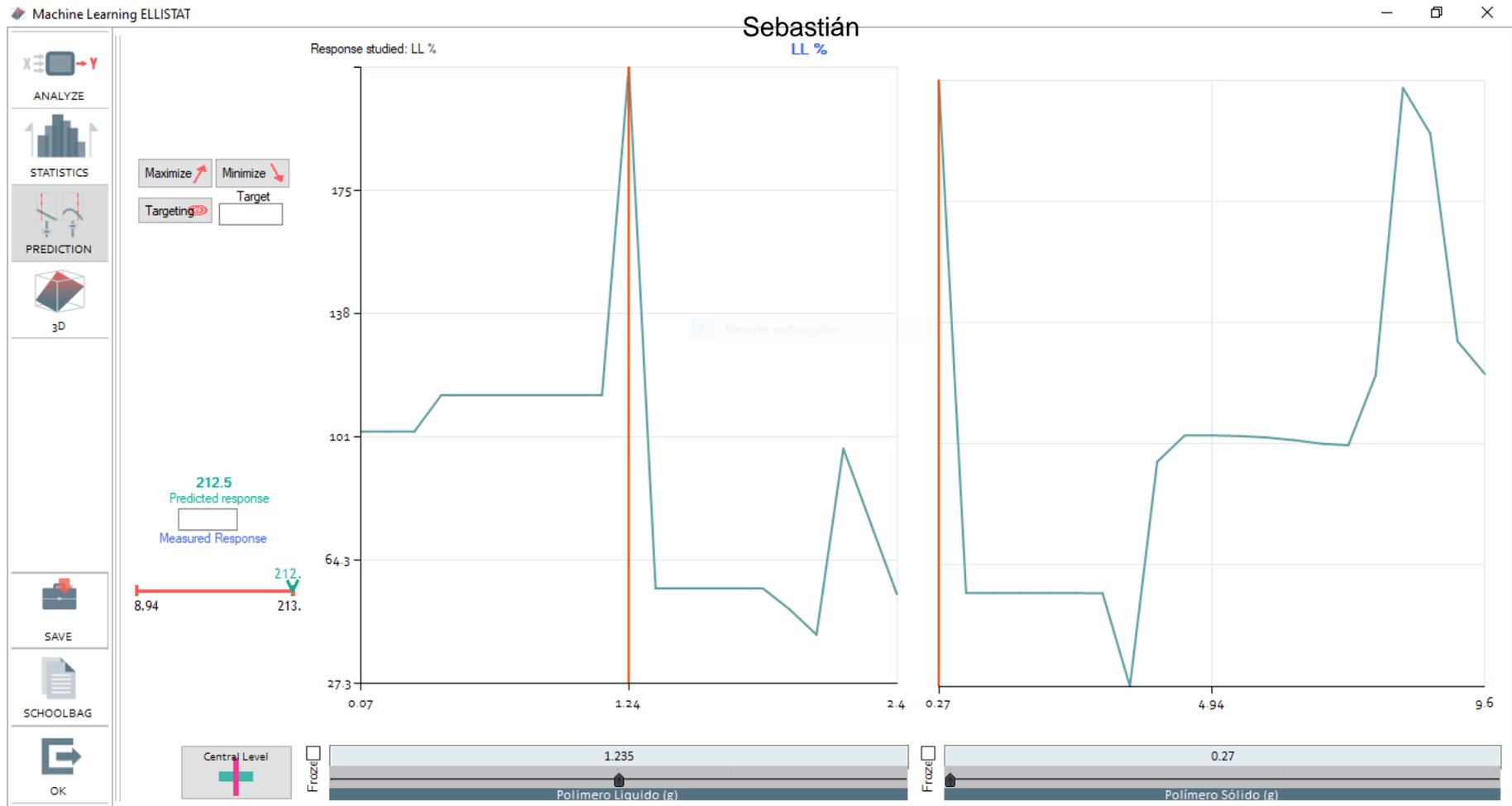
**FIGURA 16.** Red neuronal del Límite líquido – A.P.V Los Proceres – San Sebastián



Fuente: Elaboración propia

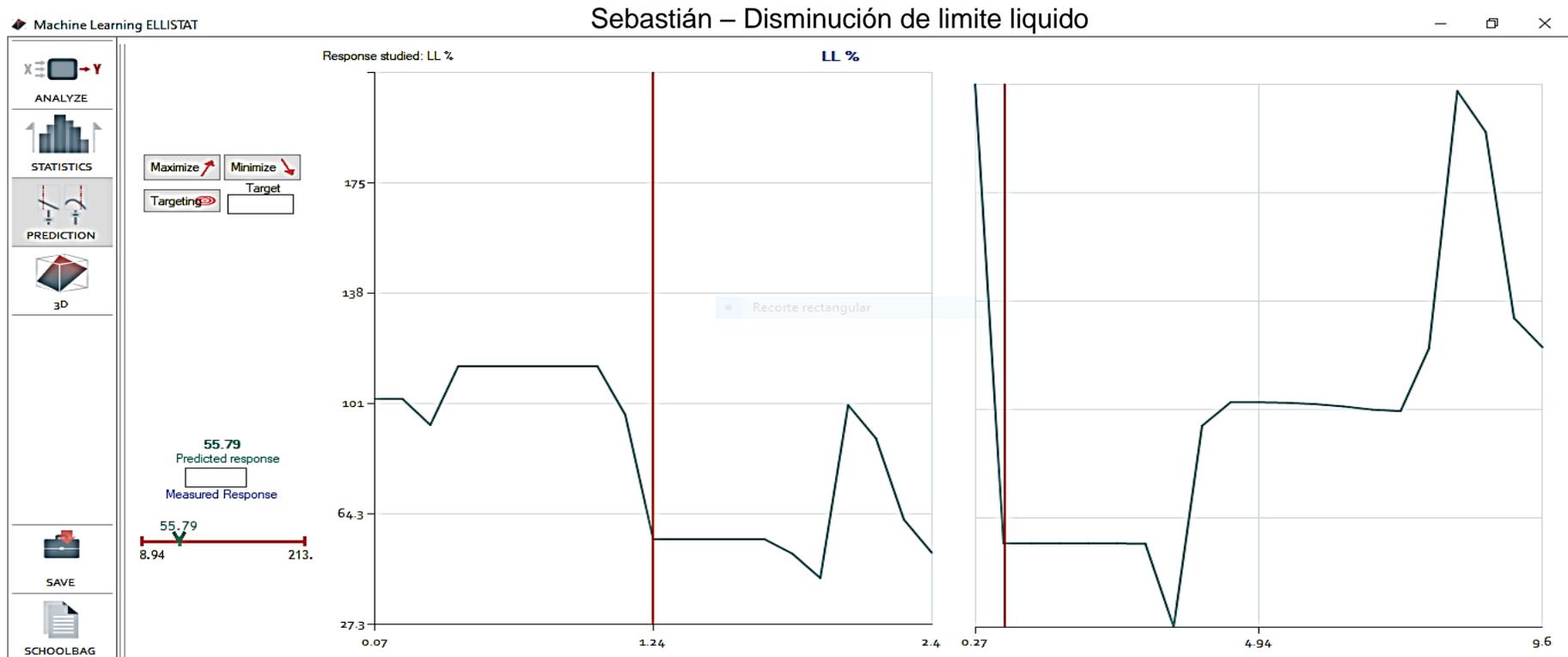
Como podemos ver en nuestra figura 16, nos muestra la red neuronal, en este caso con tres capas ocultas donde se hace todas las ecuaciones de cálculo indirectamente como una función de inteligencia artificial, para minimizar errores haciendo que el coeficiente de determinación  $R^2$  sea confiable. En este caso el coeficiente de determinación varía entre 0 y 1, por lo que decimos, para que nuestra red neuronal sea confiable debe ser lo más próximo a 1. En este caso vemos un 97.8%, por lo que sería confiable nuestra red neuronal.

**FIGURA 17.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Los Proceres – San



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 18.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Los Proceres – San



Fuente: Elaboración propia

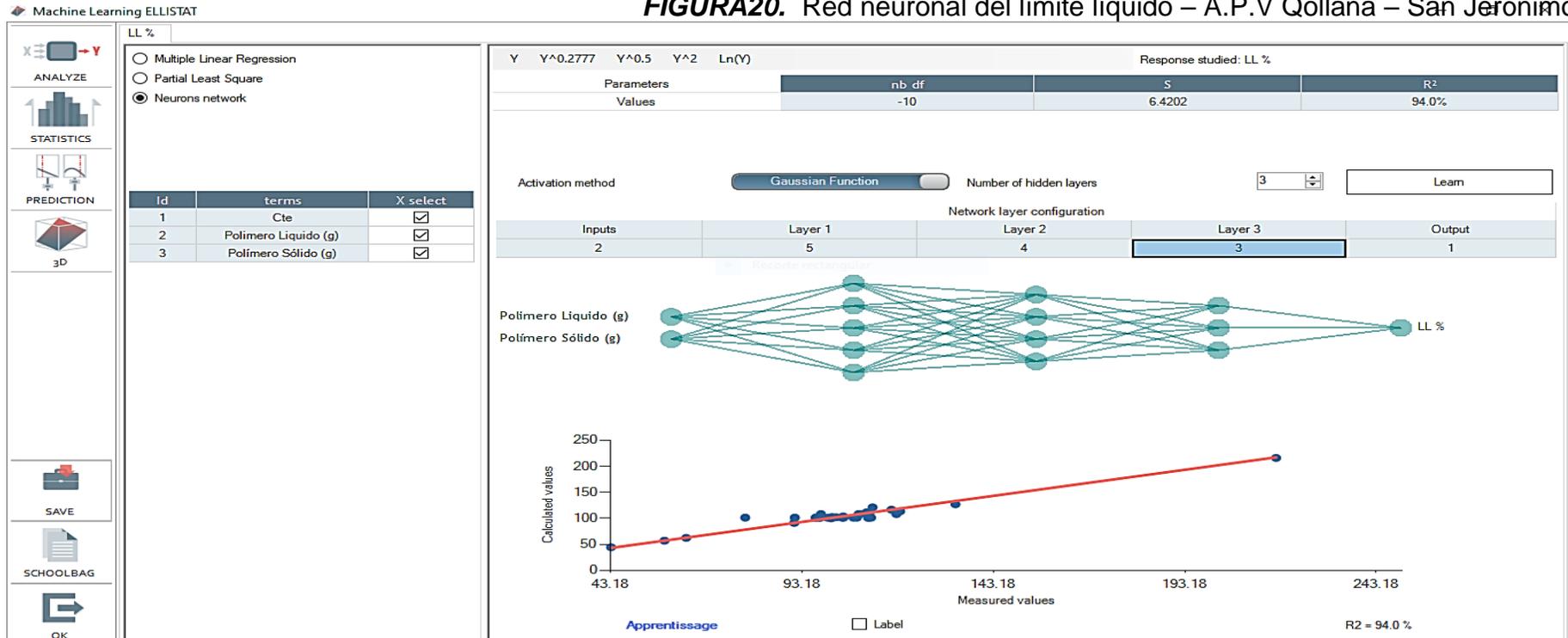
De las figuras 17 y 18 podemos decir que a partir de una proporción de 1.24gr (polímero liquido) y 0.27gr (polímero solido) se logró reducir de un 212.50% a 55.79% de limite liquido por lo que es una diferencia del 156.71%. Por lo que interpretamos, sabiendo que 212.50% representa el 100% de nuestro limite liquido haciendo una regla de tres simple, 156.71% equivaldría una disminución del 73.74% de limite líquido.

**FIGURA 19.** Datos del límite liquido insertados al Ellistat con sus respectivasas proporciones de polímero – A.P.V  
Qollana – San Jerónimo

Name	Polímero Líquido (g)	Polímero Sólido (g)	LL %
2	0,07	0,27	108,23
3	0,14	0,55	98,05
4	0,21	0,82	116,47
5	0,27	1,10	62,82
6	0,34	1,37	110,76
7	0,41	1,65	110,00
8	0,48	1,92	118,74
9	0,55	2,19	111,54
10	0,62	2,47	133,22
11	0,69	2,74	110,07
12	0,75	3,02	103,86
13	0,82	3,29	91,06
14	0,89	3,57	100,70
15	0,96	3,84	43,19
16	1,03	4,11	57,14
17	1,10	4,39	110,53
18	1,17	4,66	103,58
19	1,23	4,94	99,83
20	1,30	5,21	103,96
21	1,37	5,49	106,54
22	1,44	5,76	111,15
23	1,51	6,03	91,21
24	1,58	6,31	96,74
25	1,65	6,58	78,26
26	1,71	6,86	110,33
27	1,78	7,13	100,89
28	1,85	7,41	217,02
29	1,92	7,68	96,73
30	1,99	7,95	107,46
31	2,06	8,23	97,61
32	2,13	8,50	97,90
33	2,19	8,78	101,04
34	2,26	9,05	102,02
35	2,33	9,33	107,89
36	2,40	9,60	117,77

Fuente: Elaboración propia

**FIGURA20.** Red neuronal del límite líquido – A.P.V Qollana – San Jerónimo

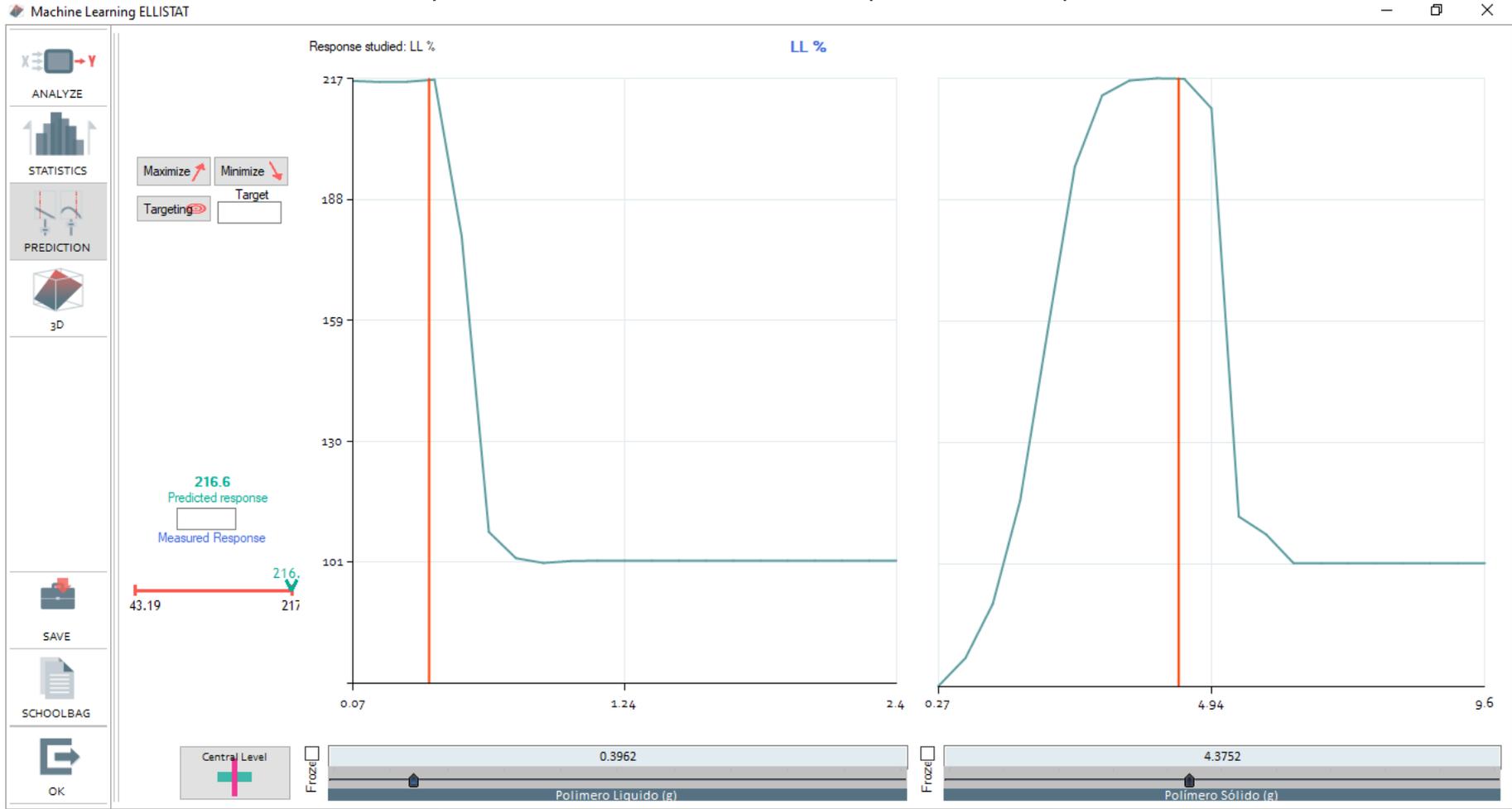


Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en nuestra figura 20, nos muestra la red neuronal, en este caso con tres capas ocultas donde se hace todas las ecuaciones de cálculo indirectamente como una función de inteligencia artificial, para minimizar errores haciendo que el coeficiente de determinación  $R^2$  se confiable. En este caso el coeficiente de determinación varía entre 0 y 1, por lo que decimos, para que nuestra red neuronal sea confiable debe ser lo más próximo a 1. En este caso vemos un 94.00%, por lo que sería confiable nuestra red neuronal.

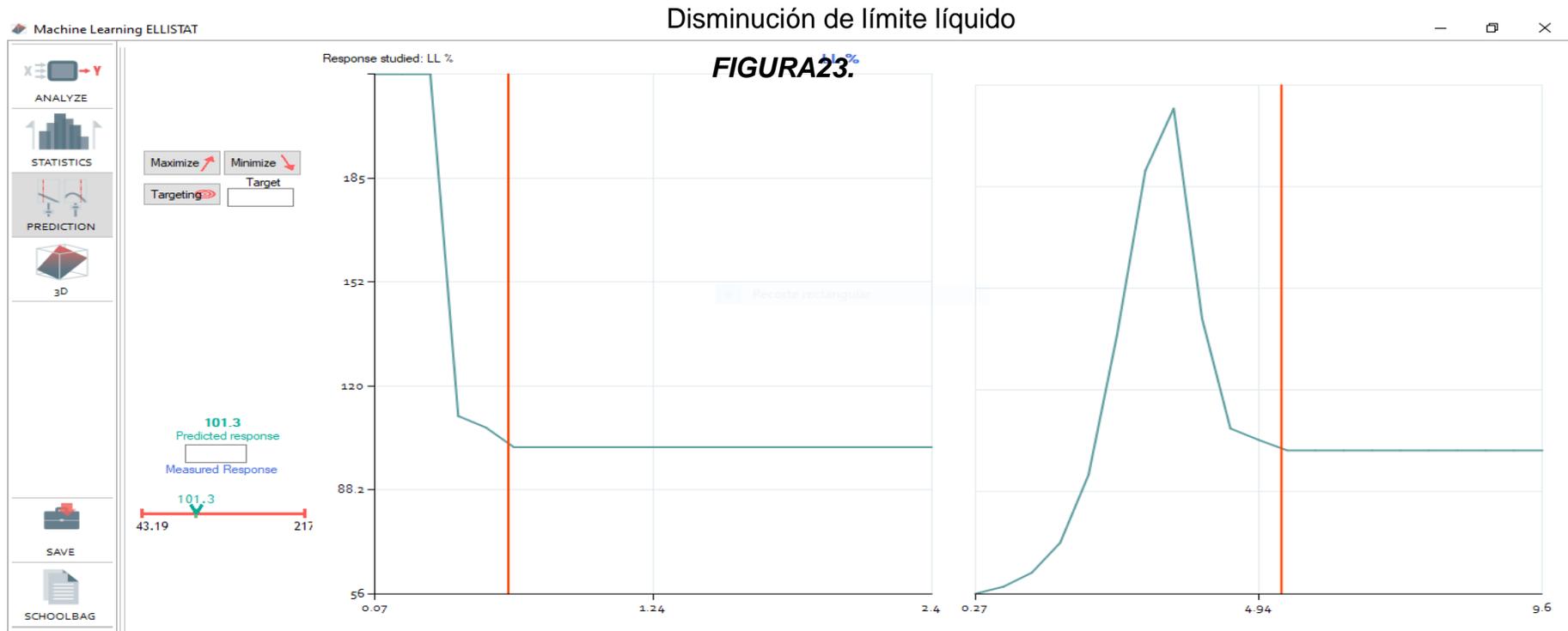
**FIGURA 21.**

Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Qollana – San Jerónimo



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA22.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Qollana – San Jerónimo –



*Fuente:* Elaboración propia

De las figuras 21 y 22 podemos decir que a partir de una proporción de 0.40gr (polímero líquido) y 4.38gr (polímero sólido) se logró reducir de un 216.60% a 101.30% de límite líquido por lo que es una diferencia del 115.30%. Por lo que interpretamos, sabiendo que 216.60% representa el 100% de nuestro límite líquido, haciendo una regla de tres simple, 115.30% equivaldría a una disminución del 53.23% de límite líquido.

**FIGURA24.** Datos del límite líquido insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Los

Jardines – Santiago

Ellistat File: RED NEURONAL LOS JARDINES LIMITE LIQUIDO.e12

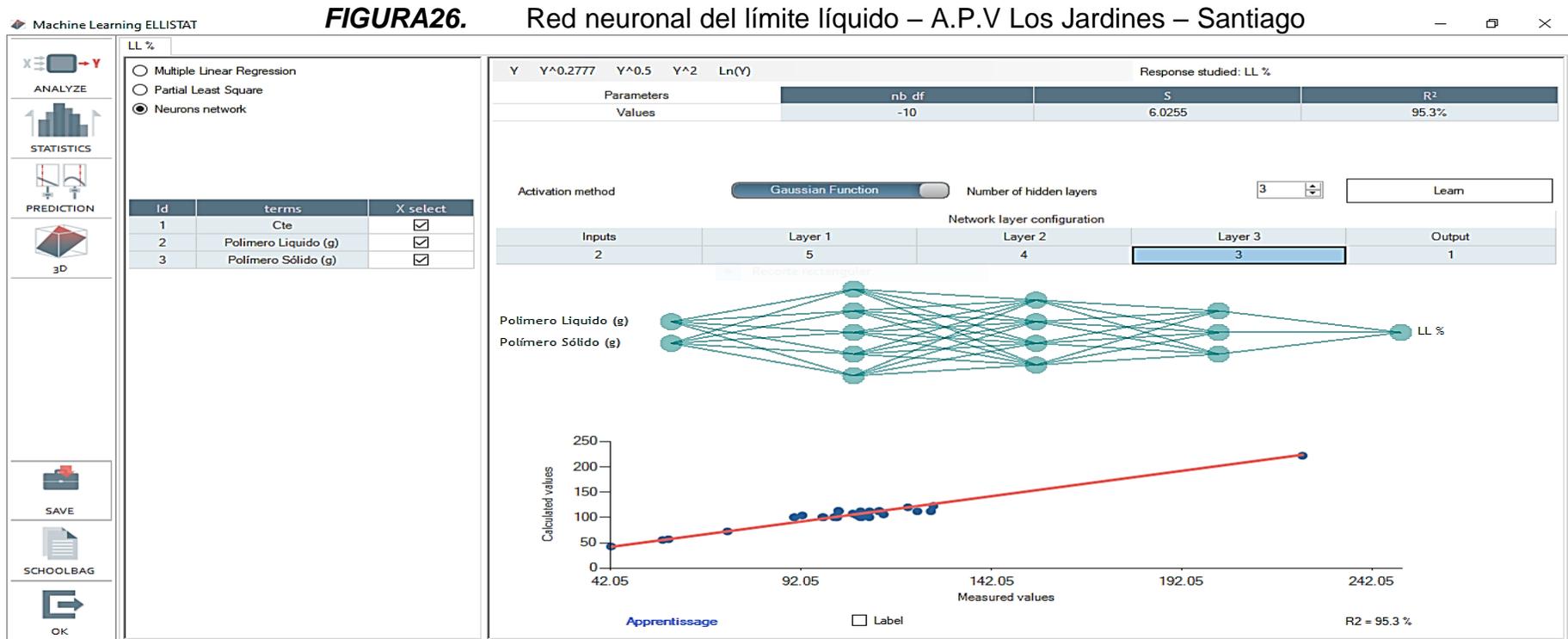
Sheet New Open Save Save as History logbook Parameters ? Help

Infos Stats H hypothesis testing .000 % T import export

**FIGURA25.**

Name	Polimero Líquido (g)	Polimero Sólido (g)	LL %
2	0,07	0,27	101,33
3	0,14	0,55	90,17
4	0,21	0,82	101,44
5	0,27	1,10	55,61
6	0,34	1,37	112,36
7	0,41	1,65	110,00
8	0,48	1,92	122,54
9	0,55	2,19	107,63
10	0,62	2,47	126,11
11	0,69	2,74	101,89
12	0,75	3,02	101,77
13	0,82	3,29	126,76
14	0,89	3,57	100,70
15	0,96	3,84	42,07
16	1,03	4,11	57,14
17	1,10	4,39	107,73
18	1,17	4,66	105,60
19	1,23	4,94	113,68
20	1,30	5,21	108,89
21	1,37	5,49	106,54
22	1,44	5,76	107,14
23	1,51	6,03	92,31
24	1,58	6,31	101,46
25	1,65	6,58	72,65
26	1,71	6,86	120,08
27	1,78	7,13	100,89
28	1,85	7,41	223,78
29	1,92	7,68	112,63
30	1,99	7,95	107,46
31	2,06	8,23	97,61
32	2,13	8,50	97,90
33	2,19	8,78	101,04
34	2,26	9,05	90,28
35	2,33	9,33	107,89
36	2,40	9,60	109,92

Fuente: Elaboración propia

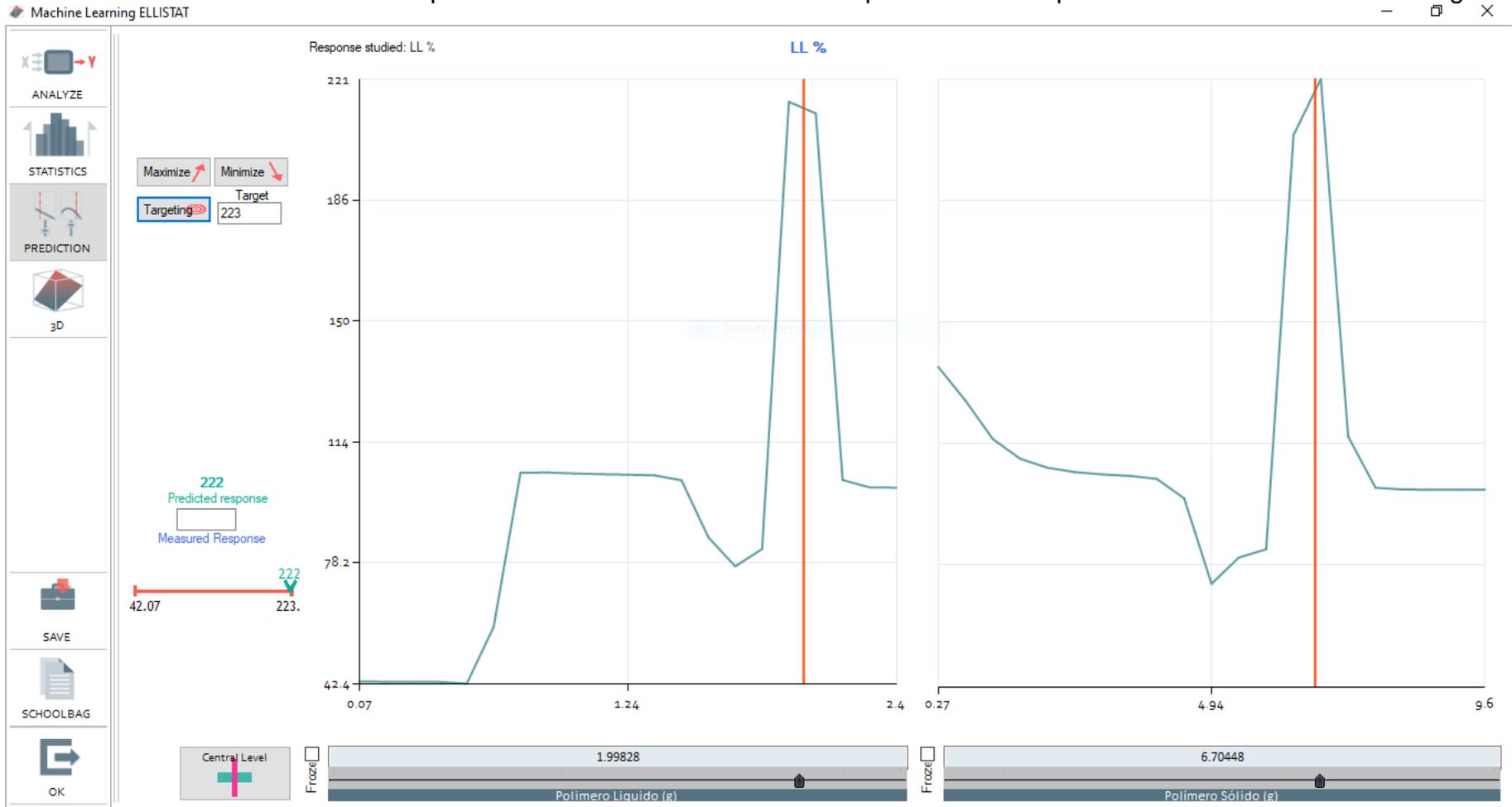


Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en nuestra figura 24, nos muestra la red neuronal, en este caso con tres capas ocultas donde se hace todas las ecuaciones de cálculo indirectamente como una función de inteligencia artificial, para minimizar errores haciendo que el coeficiente de determinación  $R^2$  se confiable. En este caso el coeficiente de determinación varía entre 0 y 1, por lo que decimos, para que nuestra red neuronal sea confiable debe ser lo más próximo a 1. En este caso vemos un 95.30%, por lo que sería confiable nuestra red neuronal.

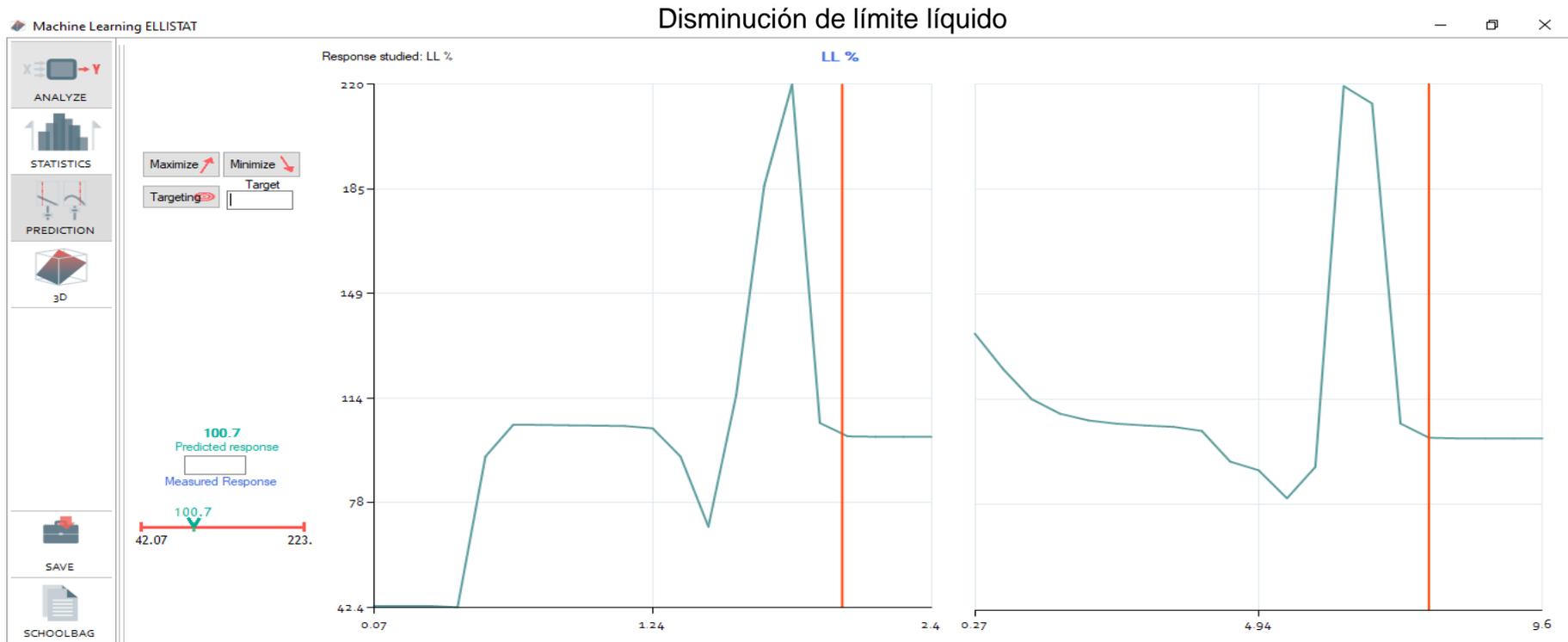
**FIGURA27.**

Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Los Jardines – Santiago



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA28.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto al límite líquido A.P.V Los Jardines – Santiago –



*Fuente:* Elaboración propia

De las figuras 25 y 26 podemos decir que a partir de una proporción de 2.00gr (polímero líquido) y 6.70gr (polímero sólido) se logró reducir de un 222.00% a 100.70% de límite líquido por lo que es una diferencia del 121.30%. Por lo que interpretamos, sabiendo que 222.00% representa el 100% de nuestro límite líquido, haciendo una regla de tres simple, 121.30% equivaldría una disminución del 54.63% de límite líquido.

Para hallar los resultados con respecto a la resistencia cortante del suelo, se ha tenido que hacer el uso de la norma ASTM – D8121, ya que esta haciendo el uso de una veleta de tipo torvane como instrumento, para las lecturas en su dial, donde mostraremos la formula y tablas con sus respectivos resultados en las siguientes:

$$\frac{X}{10} * F = \tau \left( \frac{kg}{cm^2} \right)$$

Dónde:

X = Lectura de dial

F = Factor de veleta

$\tau$  = Resistencia al esfuerzo cortante

**FIGURA29.** Aplicación del equipo Veleta Torvane para la lectura de la resistencia al corte del suelo



Fuente: Elaboración propia

**Tabla17.** Resistencia al esfuerzo cortante del suelo – A.P.V Los Próceres –  
San Sebastián

N°	Contenido de humedad – A.P.V Los Próceres – San Sebastián (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	94,29	0,9	0,14
2	104,27	1,1	0,17
3	123,33	1,5	0,23
4	60,96	2,4	0,36
5	124,17	2,2	0,33
6	116,51	2,2	0,33
7	129,54	2,7	0,41
8	106,14	2,4	0,36
9	133,07	2,4	0,36
10	120,45	2,9	0,44
11	112,28	2,7	0,41
12	21,61	2,8	0,42
13	8,64	3,3	0,50
14	41,60	2,8	0,42
15	56,50	2,9	0,44
16	43,48	3,1	0,47
17	102,61	3,5	0,53
18	103,21	3,1	0,47
19	106,82	3,2	0,48
20	108,82	3,4	0,51
21	112,28	3,5	0,53

N°	Contenido de humedad – A.P.V Los Proceres – San Sebastián (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )
22	89,58	2,9	0,44
23	94,78	3,2	0,48
24	74,39	3,2	0,48
25	94,67	3,9	0,59
26	105,00	3,4	0,51
27	249,28	2,9	0,44
28	96,27	4,1	0,62
29	104,73	3,1	0,47
30	103,20	4,1	0,62
31	103,28	2,6	0,39
32	100,00	4,4	0,66
33	103,10	3,5	0,53
34	106,06	4,2	0,63
35	116,05	4,5	0,68

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla 18.** Resistencia al esfuerzo cortante del suelo – A.P.V Qollana– San Jerónimo

N°	Contenido de humedad – A.P.V Qollana – San Jerónimo (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	108,77	0,7	0,11
2	95,90	0,9	0,14
3	119,67	1,3	0,20
4	60,96	2,2	0,33
5	116,94	2	0,30
6	114,49	2	0,30
7	128,57	2,5	0,38
8	114,61	2,2	0,33
9	140,65	2,2	0,33
10	111,79	2,7	0,41
11	103,36	2,5	0,38
12	89,06	2,6	0,39
13	98,50	3,1	0,47
14	41,60	2,6	0,39
15	55,24	2,7	0,41
16	112,90	2,9	0,44
17	102,61	3,3	0,50
18	103,21	2,9	0,44
19	106,82	3	0,45
20	108,82	3,2	0,48
21	112,28	3,3	0,50

N°	Contenido de humedad – A.P.V Qollana – San Jerónimo (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )
22	89,58	2,7	0,41
23	97,73	3	0,45
24	76,54	3	0,45
25	112,05	3,7	0,56
26	105,00	3,2	0,48
27	249,28	2,7	0,41
28	96,27	3,9	0,59
29	110,42	2,9	0,44
30	101,59	3,9	0,59
31	100,00	2,4	0,36
32	101,54	4,2	0,63
33	101,54	3,3	0,50
34	108,43	4	0,60
35	125,32	4,3	0,65

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla19.** Resistencia al esfuerzo cortante del suelo – A.P.V Los Jardines –  
Santiago

N°	Contenido de humedad – A.P.V Los Jardines – Santiago (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	100,84	1,1	0,17
2	88,19	1,3	0,20
3	103,03	1,7	0,26
4	53,57	2,6	0,39
5	116,94	2,4	0,36
6	114,49	2,4	0,36
7	131,49	2,9	0,44
8	113,64	2,6	0,39
9	131,25	2,6	0,39
10	102,93	3,1	0,47
11	103,36	2,9	0,44
12	137,25	3	0,45
13	98,50	3,5	0,53
14	40,53	3	0,45
15	55,24	3,1	0,47
16	112,90	3,3	0,50
17	107,25	3,7	0,56
18	120,96	3,3	0,50
19	114,96	3,4	0,51
20	108,82	3,6	0,54
21	112,28	3,7	0,56

N°	Contenido de humedad – A.P.V Los Jardines – Santiago (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )
22	89,58	3,1	0,47
23	99,24	3,4	0,51
24	70,24	3,4	0,51
25	121,96	4,1	0,62
26	105,00	3,6	0,54
27	257,04	3,1	0,47
28	112,10	4,3	0,65
29	110,42	3,3	0,50
30	101,59	4,3	0,65
31	100,00	2,8	0,42
32	101,54	4,6	0,69
33	89,86	3,7	0,56
34	108,43	4,4	0,66
35	116,05	4,7	0,71

*Fuente:* Elaboración propia

En este caso se mostrará los estadísticos descriptivos con respecto a la resistencia al corte del suelo para cada A.P.V. Por lo que también solo se mostrara tablas estadísticas descriptivas de resistencia al corte del suelo.

**Tabla20.** Estadística descriptiva de los resultados de la resistencia al corte del suelo (A.P.V Los próceres – San Sebastián)

	%w	Lectura de dial		Resistencia cortante (Kg/cm2)	
Media	99,17	Media	3,00	Media	0,45
Error típico	0,84	Error típico	0,02	Error tipico	0,02
Mediana	103,28	Mediana	3,10	Mediana	0,47
Moda	112,28	Moda	2,90	Moda	0,44
Desv. Estandar	39,22	Desv. Estandar	0,83	Desv. Estandar	0,12
Varianza	1494,20	Varianza	0,67	Varianza	0,01
Curtosis	6,22	Curtosis	0,73	Curtosis	0,65
Coef. asimetrico	0,92	Coef. asimetrico	-0,52	Coef. asimetrico	-0,50
Rango	240,64	Rango	3,60	Rango	0,54
Minimo	8,64	Minimo	0,90	Minimo	0,14
Maximo	249,28	Maximo	4,50	Maximo	0,68
Suma	3470,97	Suma	105,00	Suma	15,85
Cuenta	35,00	Cuenta	35,00	Cuenta	35,00
alfa	0,05	alfa	0,05	alfa	0,05
Nivel de confianza 95%	12,99	Nivel de confianza 95%	0,27	Nivel de confianza 95%	0,04

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla21.** Estadística descriptiva de los resultados de la resistencia al corte del suelo (A.P.V Qollana – San Jerónimo)

	%w	Lectura de dial	Resistencia cortante (Kg/cm2)
Media	106,34	Media	2,80
Error tipico	0,84	Error tipico	0,02
Mediana	105,00	Mediana	2,90
Moda	101,54	Moda	2,70
Desv. Estandar	31,57	Desv. Estandar	0,83
Varianza	968,02	Varianza	0,67
Curtosis	12,58	Curtosis	0,73
Coef. asimetrico	2,43	Coef. asimetrico	-0,52
Rango	207,68	Rango	3,60
Minimo	41,60	Minimo	0,70
Maximo	249,28	Maximo	4,30
Suma	3722,04	Suma	98,00
Cuenta	35,00	Cuenta	35,00
alfa	0,05	alfa	0,05
Nivel de confianza 95%	10,46	Nivel de confianza 95%	0,27

*Fuente:* Elaboración propia

**Tabla22.** Estadística descriptiva de los resultados de la resistencia al corte del suelo (A.P.V Los Jardines– Santiago)

	%w	Lectura de dial		Resistencia cortante (Kg/cm2)	
Media	106,92	Media	3,16	Media	0,48
Error típico	0,81	Error típico	0,02	Error tipico	0,02
Mediana	106,13	Mediana	3,20	Mediana	0,49
Moda	#N/D	Moda	3,10	Moda	0,47
Desv. Estandar	33,93	Desv. Estandar	0,80	Desv. Estandar	0,12
Varianza	1117,18	Varianza	0,62	Varianza	0,01
Curtosis	11,70	Curtosis	0,90	Curtosis	0,81
Coef. asimetrico	2,31	Coef. Asimetrico	-0,64	Coef. asimetrico	-0,63
Rango	216,51	Rango	3,50	Rango	0,52
Minimo	40,53	Minimo	1,10	Minimo	0,17
Maximo	257,04	Maximo	4,60	Maximo	0,69
Suma	3635,42	Suma	107,30	Suma	16,19
Cuenta	34,00	Cuenta	34,00	Cuenta	34,00
alfa	0,05	alfa	0,05	alfa	0,05
Nivel de confianza 95%	11,40	Nivel de confianza 95%	0,26	Nivel de confianza 95%	0,04

*Fuente:* Elaboración propia

## Procesamiento de los datos de la resistencia al corte del suelo en el programa Ellistat

**FIGURA30.** Datos de la resistencia al corte del suelo insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Los Próceres – San Sebastián

Ellistat File: RED NEURONAL LOS PROCERES\_RESISTENCIA AL CORTE.eli2

Sheet New Open Save Save as History logbook Parameters Help

Infos Stats H hypothesis testing .000 % T import export

Name	Polímero Líquido (g)	Polímero Sólido (g)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
2	0,07	0,27	0,14												
3	0,14	0,55	0,17												
4	0,21	0,82	0,23												
5	0,27	1,10	0,36												
6	0,34	1,37	0,33												
7	0,41	1,65	0,33												
8	0,48	1,92	0,41												
9	0,55	2,19	0,36												
10	0,62	2,47	0,36												
11	0,69	2,74	0,44												
12	0,75	3,02	0,41												
13	0,82	3,29	0,42												
14	0,89	3,57	0,5												
15	0,96	3,84	0,42												
16	1,03	4,11	0,44												
17	1,10	4,39	0,47												
18	1,17	4,66	0,53												
19	1,23	4,94	0,47												
20	1,30	5,21	0,48												
21	1,37	5,49	0,51												
24	1,58	6,31	0,48												
25	1,65	6,58	0,48												
26	1,71	6,86	0,59												
27	1,78	7,13	0,51												
28	1,85	7,41	0,44												
29	1,92	7,68	0,62												
30	1,99	7,95	0,47												
31	2,06	8,23	0,62												
32	2,13	8,50	0,39												
33	2,19	8,78	0,66												
34	2,26	9,05	0,53												
35	2,33	9,33	0,63												
36	2,40	9,60	0,68												

Fuente: Elaboración propia

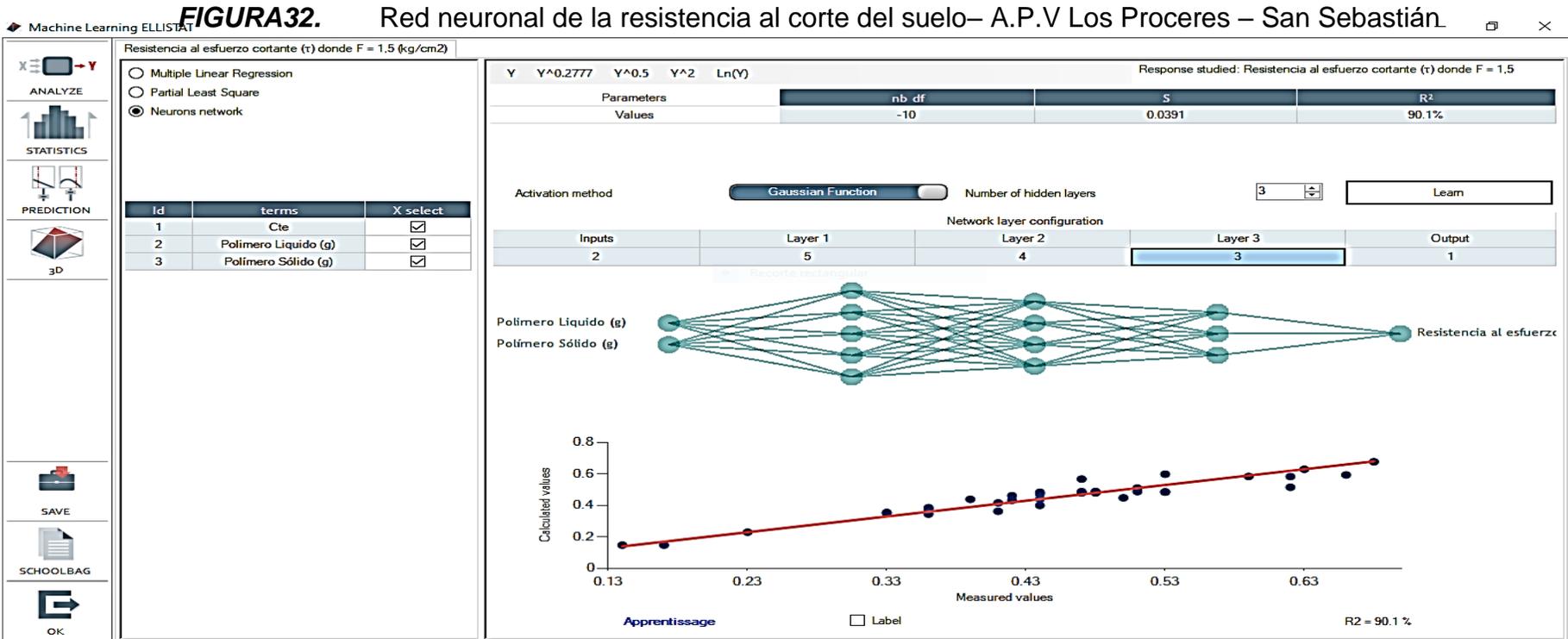
**FIGURA31.** Definición de factores a analizar para cada A.P.V en función de la resistencia al corte del suelo

Fact X	Nom	Resp Y	Test	Prediction
A <input checked="" type="checkbox"/>	Polimero Liquido (g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B <input checked="" type="checkbox"/>	Polimero Sólido (g)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C <input type="checkbox"/>	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Random selection of test lines

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28 se visualiza los datos a ejecutar en este caso, los datos de entrada están en el eje X y el dato de salida que será la respuesta a pronosticar, en este caso, la resistencia al corte del suelo.

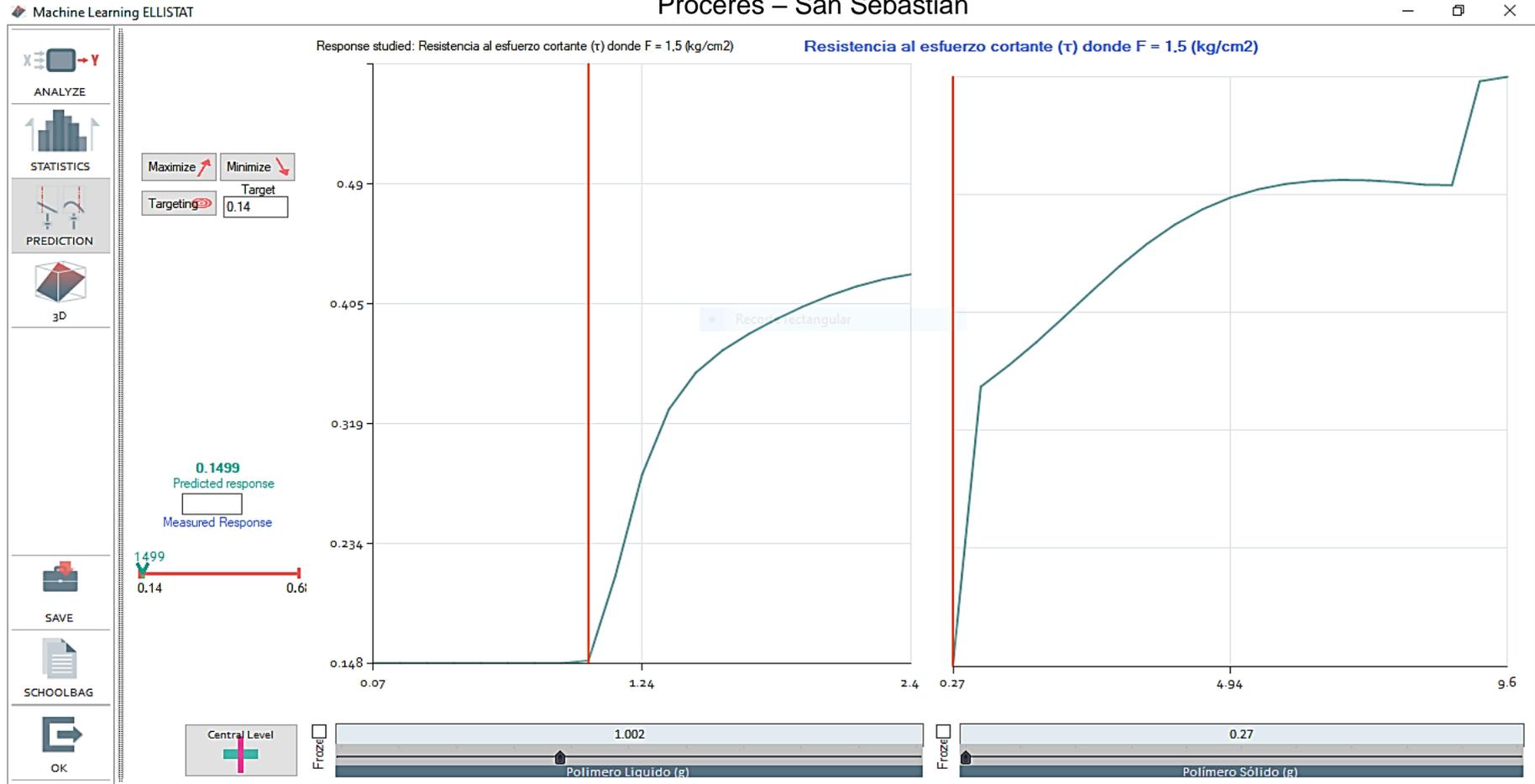


Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en nuestra figura 24, nos muestra la red neuronal, en este caso con tres capas ocultas donde se hace todas las ecuaciones de cálculo indirectamente como una función de inteligencia artificial, para minimizar errores haciendo que el coeficiente de determinación  $R^2$  sea confiable. En este caso el coeficiente de determinación varía entre 0 y 1, por lo que decimos, para que nuestra red neuronal sea confiable debe ser lo más próximo a 1. En este caso vemos un 90.10%, por lo que sería confiable nuestra red neuronal.

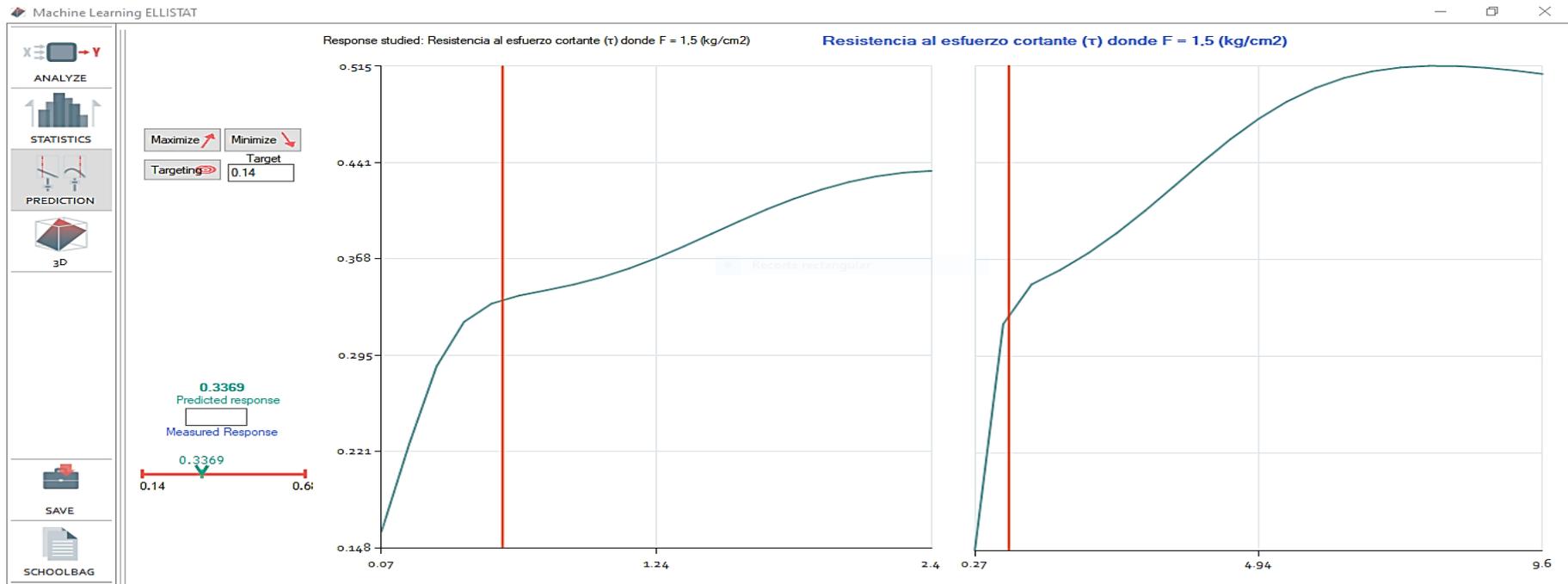
**FIGURA33.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Los

Próceres – San Sebastián



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA34.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Los Próceres – San Sebastián – incremento de la resistencia al corte del suelo



Fuente: Elaboración propia

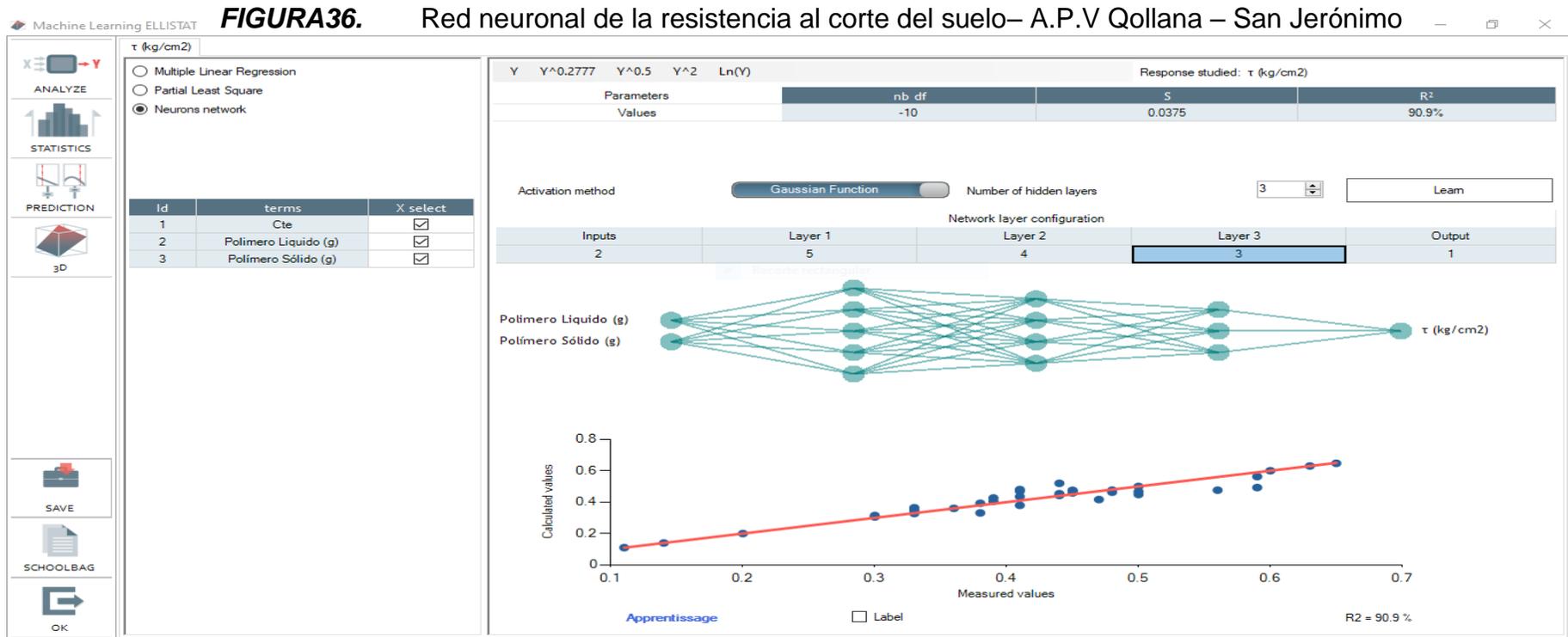
De las figuras 30 y 31 podemos decir que a partir de una proporción de 1.00gr (polímero líquido) y 0.27gr (polímero sólido) se logró incrementar de un 0.15kg/cm<sup>2</sup> a 0.34kg/cm<sup>2</sup> de resistencia al corte del suelo, por lo que es un incremento de 0.19kg/cm<sup>2</sup>. Por lo que interpretamos, sabiendo que 0.68kg/cm<sup>2</sup> representa el 100% de nuestra resistencia al corte del suelo, haciendo una regla de tres simple, 0.19kg/cm<sup>2</sup> equivaldría un incremento del 27.94 % de resistencia al corte del suelo.

**FIGURA35.** Datos de la resistencia al corte del suelo insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero

– A.P.V Qollana – San Jerónimo

Name	Polímero Líquido (g)	Polímero Sólido (g)	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )
2	0,07	0,27	0,11
3	0,14	0,55	0,14
4	0,21	0,82	0,2
5	0,27	1,10	0,33
6	0,34	1,37	0,3
7	0,41	1,65	0,3
8	0,48	1,92	0,38
9	0,55	2,19	0,33
10	0,62	2,47	0,33
11	0,69	2,74	0,41
12	0,75	3,02	0,38
13	0,82	3,29	0,39
14	0,89	3,57	0,47
15	0,96	3,84	0,39
16	1,03	4,11	0,41
17	1,10	4,39	0,44
18	1,17	4,66	0,5
19	1,23	4,94	0,44
20	1,30	5,21	0,45
21	1,37	5,49	0,48
22	1,44	5,76	0,5
23	1,51	6,03	0,41
24	1,58	6,31	0,45
25	1,65	6,58	0,45
26	1,71	6,86	0,56
27	1,78	7,13	0,48
28	1,85	7,41	0,41
29	1,92	7,68	0,59
30	1,99	7,95	0,44
31	2,06	8,23	0,59
32	2,13	8,50	0,36
33	2,19	8,78	0,63
34	2,26	9,05	0,5
35	2,33	9,33	0,6
36	2,40	9,60	0,65

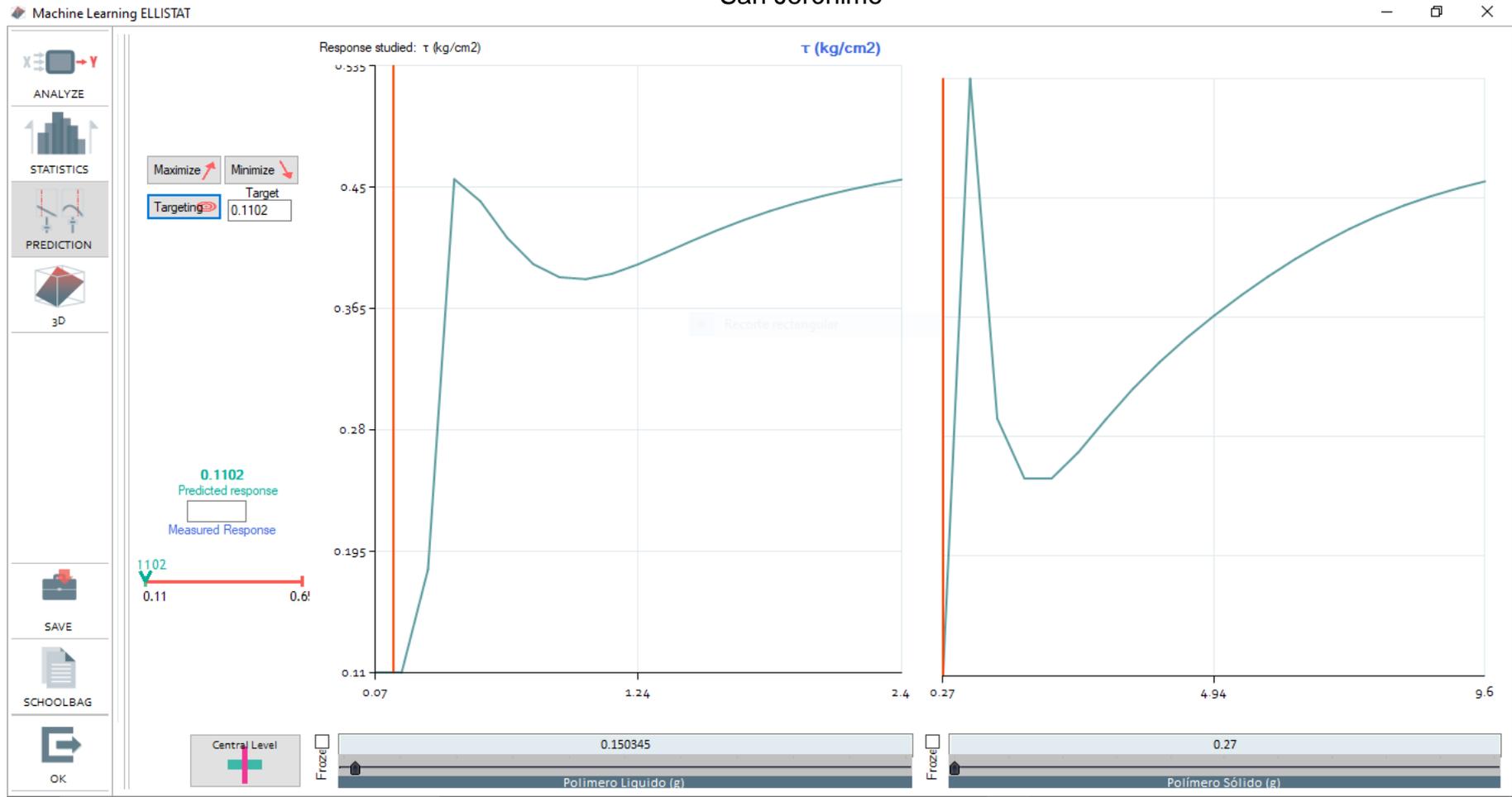
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en nuestra figura 33, nos muestra la red neuronal, en este caso con tres capas ocultas donde se hace todas las ecuaciones de cálculo indirectamente como una función de inteligencia artificial, para minimizar errores haciendo que el coeficiente de determinación  $R^2$  sea confiable. En este caso el coeficiente de determinación varía entre 0 y 1, por lo que decimos, para que nuestra red neuronal sea confiable debe ser lo más próximo a 1. En este caso vemos un 90.90%, por lo que sería confiable nuestra red neuronal.

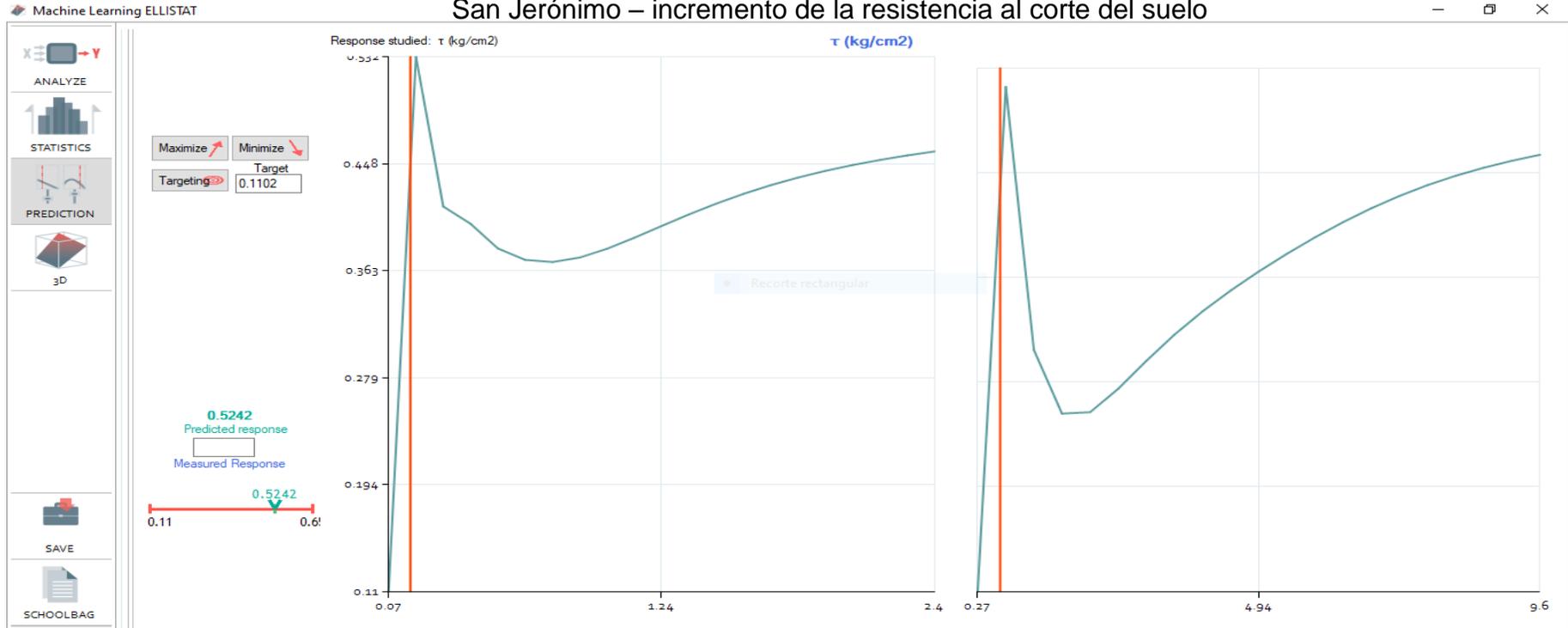
**FIGURA37.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Qollana – San Jerónimo



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA38.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Qollana –

San Jerónimo – incremento de la resistencia al corte del suelo



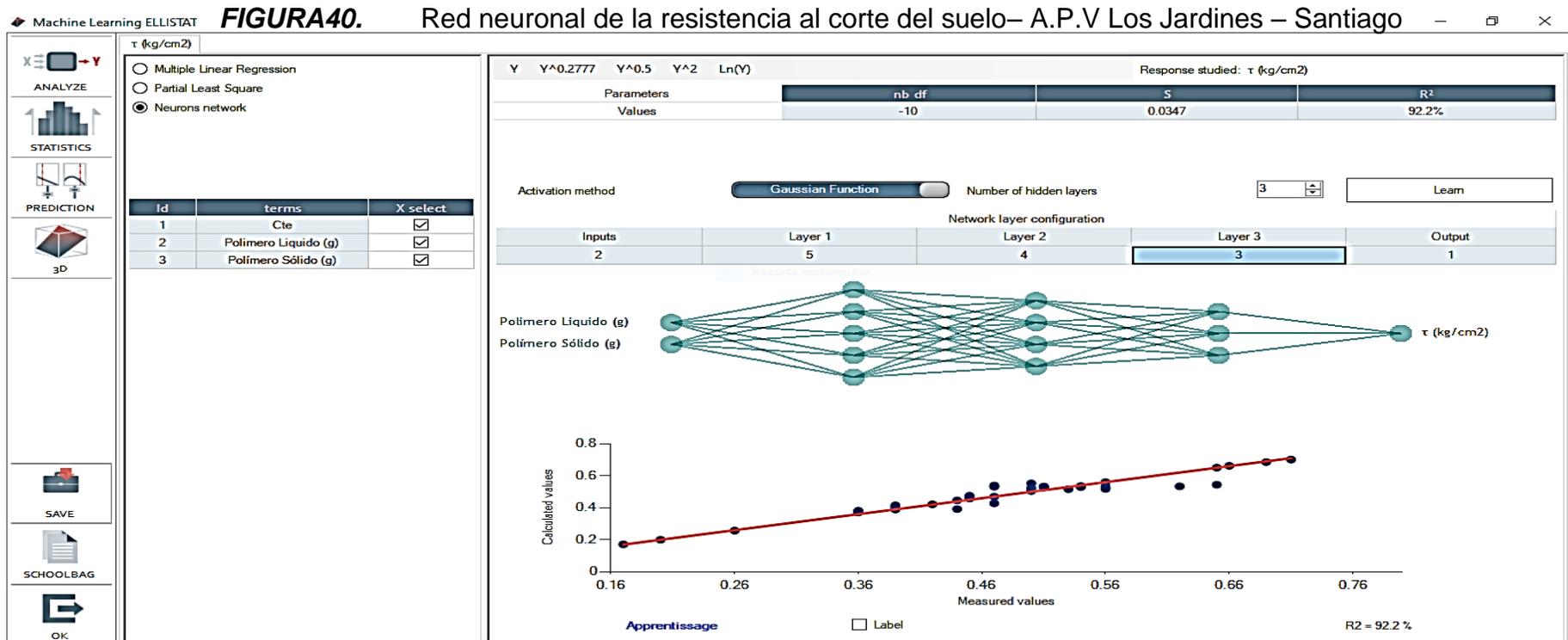
Fuente: Elaboración propia

De las figuras 34 y 35 podemos decir que a partir de una proporción de 0.15gr (polímero líquido) y 0.27gr (polímero sólido) se logró incrementar de un 0.11kg/cm<sup>2</sup> a 0.52kg/cm<sup>2</sup> de resistencia al corte del suelo, por lo que es un incremento de 0.41kg/cm<sup>2</sup>. Por lo que interpretamos, sabiendo que 0.65kg/cm<sup>2</sup> representa el 100% de nuestra resistencia al corte del suelo, haciendo una regla de tres simple, 0.41kg/cm<sup>2</sup> equivaldría un incremento del 63.08 % de resistencia al corte del suelo.

**FIGURA39.** Datos de la resistencia al corte del suelo insertados al Ellistat con sus respectivas proporciones de polímero – A.P.V Los Jardines – Santiago

Name	Polímero Líquido (g)	Polímero Sólido (g)	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )
2	0,07	0,27	0,17
3	0,14	0,55	0,2
4	0,21	0,82	0,26
5	0,27	1,10	0,39
6	0,34	1,37	0,36
7	0,41	1,65	0,36
8	0,48	1,92	0,44
9	0,55	2,19	0,39
10	0,62	2,47	0,39
11	0,69	2,74	0,47
12	0,75	3,02	0,44
13	0,82	3,29	0,45
14	0,89	3,57	0,53
15	0,96	3,84	0,45
16	1,03	4,11	0,47
17	1,10	4,39	0,5
18	1,17	4,66	0,56
19	1,23	4,94	0,5
20	1,30	5,21	0,51
21	1,37	5,49	0,54
22	1,44	5,76	0,56
23	1,51	6,03	0,47
24	1,58	6,31	0,51
25	1,65	6,58	0,51
26	1,71	6,86	0,62
27	1,78	7,13	0,54
28	1,85	7,41	0,47
29	1,92	7,68	0,65
30	1,99	7,95	0,5
31	2,06	8,23	0,65
32	2,13	8,50	0,42
33	2,19	8,78	0,69
34	2,26	9,05	0,56
35	2,33	9,33	0,66
36	2,40	9,60	0,71

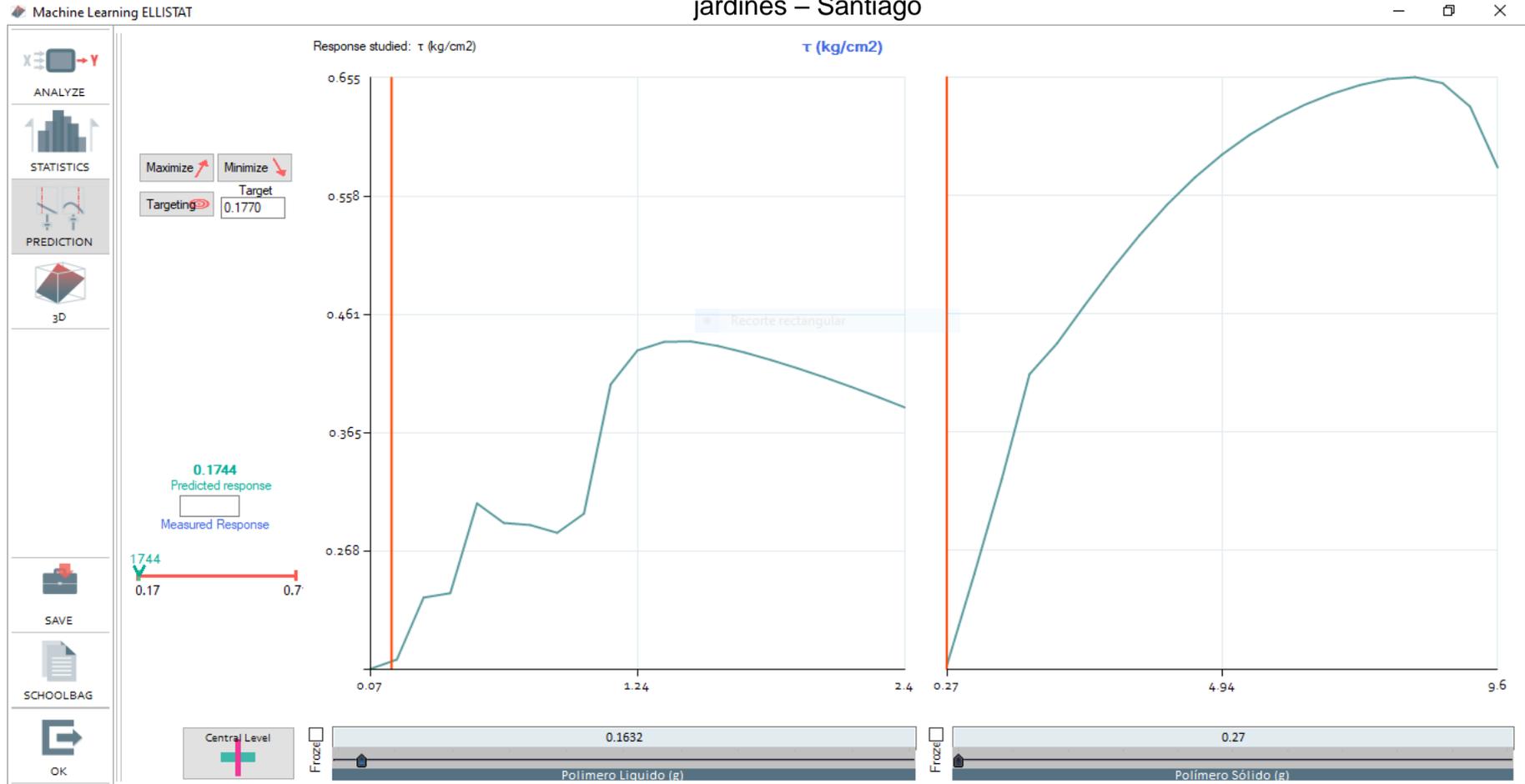
Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

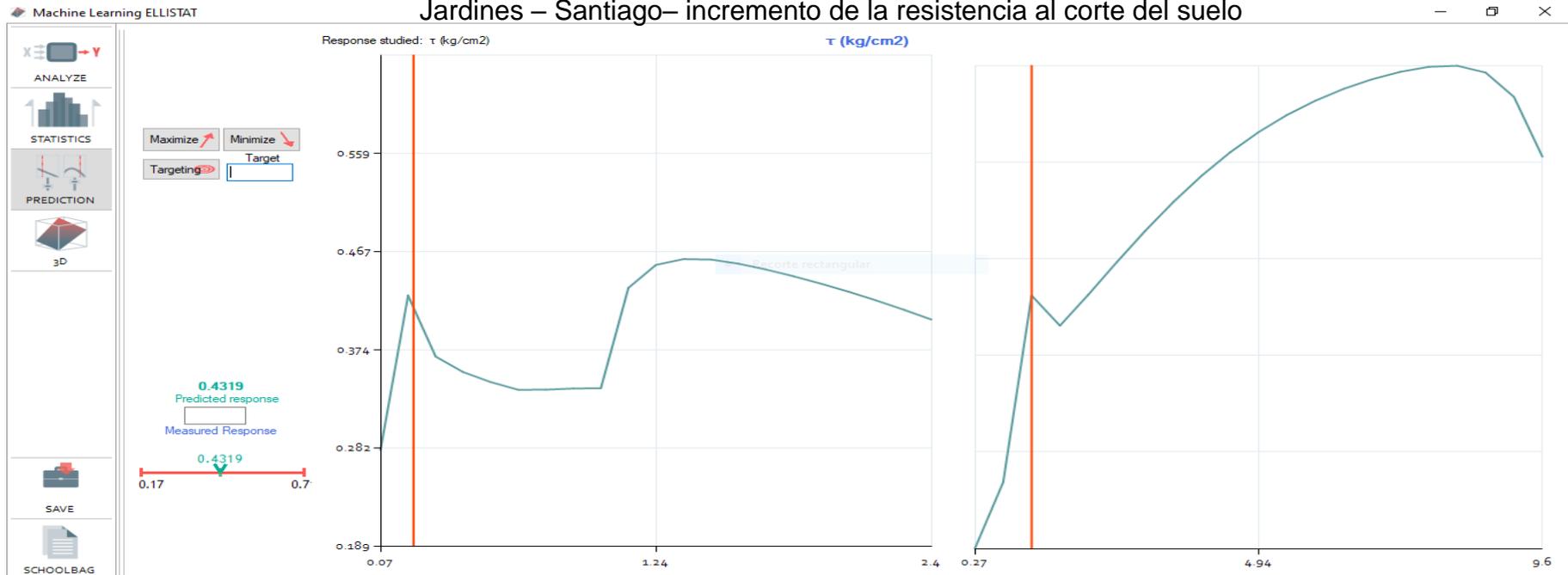
Como podemos ver en nuestra figura 37, nos muestra la red neuronal, en este caso con tres capas ocultas donde se hace todas las ecuaciones de cálculo indirectamente como una función de inteligencia artificial, para minimizar errores haciendo que el coeficiente de determinación  $R^2$  sea confiable. En este caso el coeficiente de determinación varía entre 0 y 1, por lo que decimos, para que nuestra red neuronal sea confiable debe ser lo más próximo a 1. En este caso vemos un 92.20%, por lo que sería confiable nuestra red neuronal.

**FIGURA41.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Los jardines – Santiago



Fuente: Elaboración propia

**FIGURA 42.** Pronóstico o predicción de la red neuronal con respecto a la resistencia del corte del suelo A.P.V Los Jardines – Santiago– incremento de la resistencia al corte del suelo



Fuente: Elaboración propia

De las figuras 34 y 35 podemos decir que a partir de una proporción de 0.16gr (polímero líquido) y 0.27gr (polímero sólido) se logró incrementar de un 0.17kg/cm<sup>2</sup> a 0.43kg/cm<sup>2</sup> de resistencia al corte del suelo, por lo que es un incremento de 0.26kg/cm<sup>2</sup>. Por lo que interpretamos, sabiendo que 0.71kg/cm<sup>2</sup> representa el 100% de nuestra resistencia al corte del suelo, haciendo una regla de tres simple, 0.26kg/cm<sup>2</sup> equivaldría un incremento del 36.62 % de resistencia al corte del suelo

## V. DISCUSIÓN

### Discusión general

Con respecto al objetivo general: Como propósito se tuvo: Determinar el pronóstico del comportamiento plástico y resistente de un suelo, cuando se adiciona un polímero bicomponente mediante redes neuronales artificiales.

Basándonos en nuestros resultados respecto a los datos obtenidos de las distintas 3 asociaciones pro vivienda, en promedio se tuvo como coeficiente de determinación  $R^2 = 93.05\%$  frente a un  $R^2 = 81.43\%$  de la revista mexicana, perteneciente al instituto mexicano del transporte con el título “estimación del módulo de resiliencia de la compactación de suelos finos con respecto a sus propiedades físicas y estado de esfuerzos”, sustentada por los autores, Garnica, Gómez y Pérez (2018). Podemos decir que al haber aplicado nuestras redes neuronales artificiales procesados en el programa Ellistat sufrió una mejora positiva aceptable con una diferencia de 11.62% haciéndose más confiable en nuestro pronóstico.

### Discusión específica 1

En relación al objetivo específico 1: Como propósito se tuvo: Determinar la medida en que disminuye el comportamiento plástico, cuando se adiciona un polímero bicomponente sobre un suelo.

Basándonos en nuestros resultados respecto a los datos obtenidos de las distintas 3 asociaciones pro vivienda, en promedio se tuvo una disminución del comportamiento plástico en un 60.53% con respecto al límite líquido frente a un 44% de la tesis “Efecto de la adición de polímero bicomponente, en las propiedades físicas y mecánicas de arcillas expansivas del sector de Ccapaq Moqo – Cusco, 2021”, perteneciente al autor (Yanqui Quispe, 2021). Por lo que afirmamos un incremento de disminución, en otras palabras, se logró disminuir aún mas en un 16.53%, entonces decimos que, esta metodología es muy confiable.

## **Discusión específica 2**

En relación al objetivo específico 2: Como propósito se tuvo: Determinar la medida en que incrementa el comportamiento resistente, cuando se adiciona un polímero bi-componente sobre un suelo.

Basándonos en nuestros resultados respecto a los datos obtenidos de las distintas 3 asociaciones pro vivienda, en promedio se tuvo un incremento de la resistencia al corte del suelo del 42.55% frente a un 20% en este caso referido al CBR de la tesis “ Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú” del tesista a Magister (Nesterenko Cortez, 2018), Podemos destacar una diferencia de incremento del 22,55%, Entonces decimos que el uso de polímeros si ayudan significativamente en la mejora y estabilización de suelos.

## **Discusión específica 3**

En relación al objetivo específico 3: Como propósito se tuvo: Determinar el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo.

Basándonos en nuestros resultados respecto a los datos obtenidos de las distintas 3 asociaciones pro vivienda, en promedio se tuvo como como coeficiente de determinación en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo con un  $R^2 = 95.70\%$  frente a un  $R^2 = 80.82 \%$  en este caso para un CBR con una confianza al 95%, sustraída de la tesis “Predicción de propiedades mecánicas de suelos utilizando redes neuronales artificiales” explicada por el tesista (Manrique Dávila, 2019), Entonces también, podemos afirmar que nuestro resultado sufre una diferencia positiva de un 14.88%, por lo que defendemos la efectividad de las redes neuronales artificiales.

#### **Discusión específica 4**

En relación al objetivo específico 4: Como propósito se tuvo: Determinar el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo.

Basándonos en nuestros resultados respecto a los datos obtenidos de las distintas 3 asociaciones pro vivienda, en promedio se tuvo como coeficiente de determinación en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo con un  $R^2 = 91.07\%$  frente a un  $R^2 = 81.43\%$  de la revista mexicana, perteneciente al instituto mexicano del transporte con el título “Estimación del módulo de resiliencia usando redes neuronales artificiales”, sustentada por los autores, Rivas, Pérez y Marrero (2017). Podemos decir que al haber aplicado nuestras redes neuronales procesados en el programa Ellistat sufrió una mejora positiva aceptable con una diferencia de 9.64%% haciéndose más confiable en nuestro pronóstico.

Por lo que decimos que los resultados obtenidos en los cuatro casos de discusión específica, más la discusión general, se logró cumplir con los objetivos satisfactoriamente, haciendo que nuestro estudio desde un punto de vista probabilístico y estadístico sea confiable. También pudimos ver el comportamiento de la plasticidad y resistencia al corte de nuestro suelo, de acuerdo a las proporciones poliméricas proporcionadas en nuestro estudio de las tres A. P. V (Asociación pro vivienda).

Por otra parte, se pudo notar, de acuerdo a nuestras proporciones poliméricas, hubo ciertas diferencias en nuestros resultados, pero muy positivas en favor de nuestra investigación como ya se mostró anteriormente en nuestros resultados debidamente ya interpretadas.

## VI. CONCLUSIONES

**De la hipótesis general:** El uso de redes neuronales, pronostica el incremento del comportamiento resistente y la disminución del comportamiento plástico, cuando se adiciona un polímero bi-componente sobre un suelo.

En este caso se concluye que el pronóstico de las redes neuronales de todo el sistema tuvo un  $R^2$  confiable del 93.05%, por lo que se aproximaría al 100%, entonces se concreta que nuestro estudio y análisis garantizan una buena correlación entre las variables a la que se estudia.

**De la hipótesis específica 1:** La adición de un polímero bi-componente sobre un suelo, disminuye el comportamiento plástico en un 20%.

De esta hipótesis se llegó a la conclusión de que no solo disminuyó el comportamiento plástico en un 20%, sino que, sobrepasó nuestras expectativas llegando a disminuir en un 60.53% teniendo una variación del 40.53% de nuestra hipótesis específica 1.

**De la hipótesis específica 2:** La adición de un polímero bi-componente sobre un suelo, incrementa el comportamiento resistente en un 55%.

En esta parte se concluye que al realizar dicha adición de polímero bicomponente, nuestra muestra de suelo sufrió un incremento del 42.55%. En este caso, ya también, el resultado fue menor a la que se esperaba llegar, pero, aun así, incrementó positivamente la resistencia al corte del suelo.

**De la hipótesis específica 3:** La aplicación de redes neuronales en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo es confiable en un 95%.

Se concluye que la aplicación de las redes neuronales, al realizar dicho pronóstico, referente al comportamiento plástico tuvo una confiabilidad del 95,70%, sufriendo un ligero incremento.

**De la hipótesis específica 4:** La aplicación de redes neuronales en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo es confiable en un 97%. En este caso no se logró llegar a lo planificado, siendo así confiable en un 91.07%.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda usar esta tesis para realizar investigaciones diferentes relacionado a las redes neuronales artificiales en cualquier campo de estudio, dependiendo del tipo de aplicación que se le vaya hacer.

Por lo que se ha podido ver que, en algunas hipótesis no se logro llegar a lo planificado. Es por eso que recomendamos adicionar más datos de entrada, ya que nosotros trabajamos con 35 datos como mínimo a lo que pedía la norma, para que nuestra red neuronal fuera mínimamente confiable.

En este caso se uso el programa Ellistat. Debido a los resultados obtenidos, os recomendamos usar otros programas diferentes que efectúen, en el ámbito de desarrollo las redes neuronales artificiales y puedan sacar sus comparativas.

En este estudio no se necesitó requerir conocimiento alguno de lenguaje de programación, ya que, el programa trabajaba con inteligencia artificial. Es por este caso, si se va efectuar otro programa diferente al Ellistat. Se le recomienda adquirir o capacitarse en lenguaje de programación referido a las redes neuronales artificiales.

## REFERENCIAS

Manrique Dávila, M. (2019). Predicción de propiedades mecánicas de suelos utilizando redes neuronales artificiales. Disponible en: <https://bit.ly/3HFjB2i>

Valderrama Purizaca, F. J. (2020). Desarrollo de un modelo de redes neuronales artificiales para predecir las propiedades mecánicas del suelo. Disponible en: <https://bit.ly/34L3UrL>

Boza Capani, M., & Merino Ortiz, R. (2018). PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DE SUELOS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y EQUIPO TRIAXIAL, UNH. Disponible en: <https://bit.ly/35NVWyo>

Yanqui Quispe, M. A. (2021). Efecto de la adición de polímero bicomponente, en las propiedades físicas y mecánicas de arcillas expansivas del sector de Ccapac Modo-Cusco, 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3JtrnwL>

Nesterenko Cortes, D. (2019, May). Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú. In *I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos III Congreso Regional IPMA-LATNET*. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Disponible en: <https://bit.ly/34L4N3z>

Lao-León, Y. O., Rivas-Méndez, A., Pérez-Pravia, M. C., & Marrero-Delgado, F. (2017). Procedimiento para el pronóstico de la demanda mediante redes neuronales artificiales. *Ciencias Holguín*, 23(1), 43-59. Disponible en: <https://bit.ly/3GuHubi>

GARNICA ANGUAS, P., GOMEZ CARRENO, L. E., & PEREZ GARCIA, N. (2018). ESTIMACION DEL MODULO DE RESILIENCIA USANDO REDES NEURONALES. *PUBLICACION TECNICA*, (528). Disponible en: <https://bit.ly/3BalEsv>

Quiñones Huatangari, Lenin, & Ochoa Toledo, Luis, & Kemper Valverde, Nicolás, & Gamarra Torres, Oscar, & Bazán Correa, José, & Delgado Soto, Jorge (2020).

Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua. Enfoque UTE, 11(2),113-124. [fecha de Consulta 8 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3Je79qA>

de Souza, N. A. B., em Geotecnia, S. M., Casagrande, M. D. T., & de Vasconcelos, N. F. COMPORTAMENTO MECÂNICO DE UM COMPÓSITO SOLO-POLÍMERO. Disponible en: <https://bit.ly/3rzmT1a>

Aguilar Castañeda, C., & Borda Riveros, Y. (2015). REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE DEL USO DE POLÍMEROS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS. Disponible en: <https://bit.ly/3rCT7ca>

González de Dios J, Ibáñez Pradas V, Modesto Alapont V. Evaluación de artículos científicos sobre pronóstico. Evid Pediatr. 2007; 3: 81. Disponible en: <https://bit.ly/3rlcznW>

Instituto Cartográfico y Geológico de Catalunya. (consultado el 10 de febrero del 2022). Concepto suelo. Disponible en: <https://bit.ly/3HK7AbQ>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6.ta ed. México D.F.: Mc Graw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V., 2014. 600 pp. Disponible en <https://bit.ly/3xkKiHD>

LÓPEZ Roldán, Pedro y FACHELLI, Sandra. (2017). Metodología de la Investigación Social Cuantitativa. 1ra. ed. Barcelona – España, Bellaterra. (Cerdanyola del Valles): Depósito digital de documentos, Universidad autónoma de Barcelona. El capítulo acabado de redactar en agosto de 2017. Disponible en <https://bit.ly/3jq4Yq1>

MEJÍA Mejía, Elías. Técnicas e instrumentos de investigación. 1ra. Ed. Lima, noviembre 2005. UNMSM, San Marcos. Disponible en <https://bit.ly/3gwNsxi>

ARIAS Gómez, Jesús; VILLASÍS Keever, Miguel Ángel; MIRANDA Novales, María Guadalupe. El protocolo de investigación III: la población de estudio. Revista alergia México [en línea]. vol. 63, núm. 2, abril-junio, 2016, pp. 201-206 Colegio Mexicano de Inmunología Clínica y Alergia, A.C. Disponible en <https://bit.ly/3xZZITA>

ROJAS, PEREZ. ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA EXPANSIVIDAD EN SUELOS BENTONÍTICOS. s.l.: Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil., 2018.

Casagrande, A. Clasification and Identification of Soils. Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol. 113, p 901, 1948 (Biblioteca IDIEM)

Bowles, J.E. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil (Biblioteca Ingeniería Civil).

ASTM D4318-95a, Standard Test Method for Liquid Limit, and Plasticity Index of Soils.

ASTM D422, Test Procedures for Particle-Size Analysis – Mechanical Method.

Neuronal Networks: Basics and Applications, by R. Lackes and D. Mack, in collaboration with J. Ziola and K. Ahern. CBT (Computer Based Training) Springer, Verlag Berlin Heidelberg 1998.

Proyecto Final de la Carrera Ingeniería Electrónica, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad Nacional Rosario, por Daniel Giardina. Directora del proyecto: Marta Basualdo. Año: 1995. Argentina

Swanson, D. R. y N. R. Smalheiser. An interactive system for finding complementary literatures: a stimulus to scientific discovery. Artificial Intelligence. 91(3):183-203, 1997. Disponible en <http://kiwi.uchicago.edu/web>

Sotolongo, G; Suárez, CA.; Guzmán, MV. Modular Bibliometrics Information System with Proprietary Software: In: Macías-Chapula, C. (Ed.). In: Proceedings of the Seventh International Society for Scientometrics and Informetrics. Universidad de Colima, México. 1999; 313-322.

Polanco, Xavier; Francois, C., Keim, JF. Artificial neural network technology for the classification and cartography of scientific and technical information. In: Periz, B., Egghe, L. Proceeding Sixth International Conference of the International Society for

Scientometrics and Informetrics; Jerusalem, Israel, 1997. Jerusalem, Universidad Hebrew of Jerusalem, 1997, pp. 319-330.

Honkela, T. y otros. Newsgroup exploration with WEBSOM method and browsing interface. Espoo. Helsinki, University of Technology, Laboratories of Computer and Information Science. 1996. (Technical Report, A32).

Kaski, S. y otros. Creating an order in digital libraries with self-organizing map. In: Proceeding of World Congress on Neural Networks, WCNN'96. Mahwah, NJ, INNS Press, 1996. 1996, pp. 814-817.

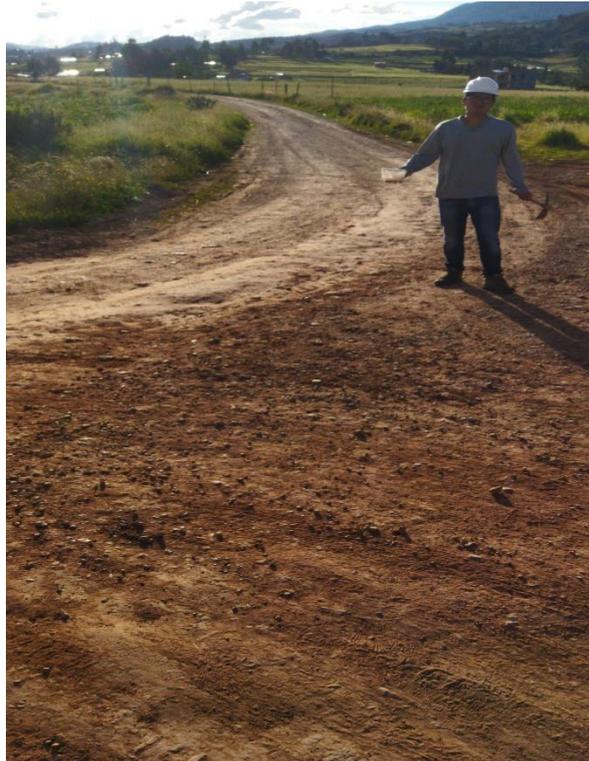
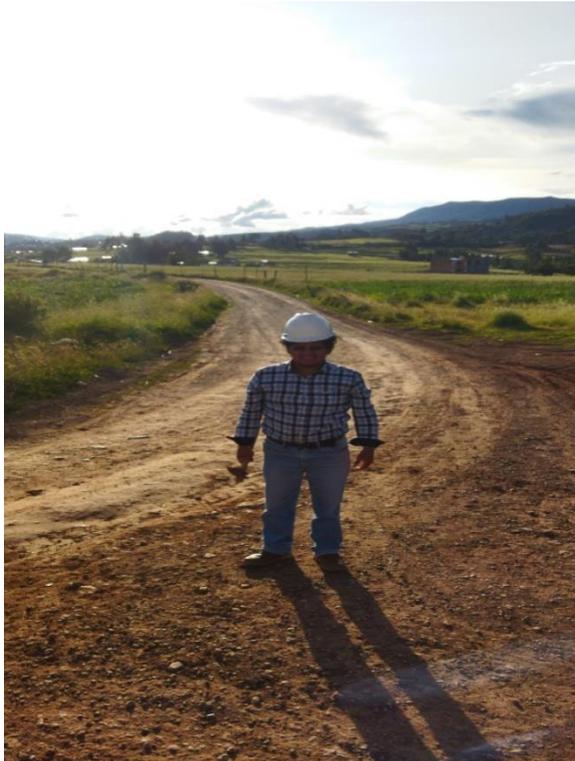
Freeman, J.A.; Skapura, DM. Redes Neuronales. Algoritmos, aplicaciones y técnicas de propagación. México: Addison-Wesley. 1993; 306 p.

## ANEXOS

### PANEL FOTOGRÁFICO



Recojo de muestras de las distintas A.P.V



Accesibilidad a una de las A.P.V para la extracción de muestras (Los Proceres – San Sebastián)



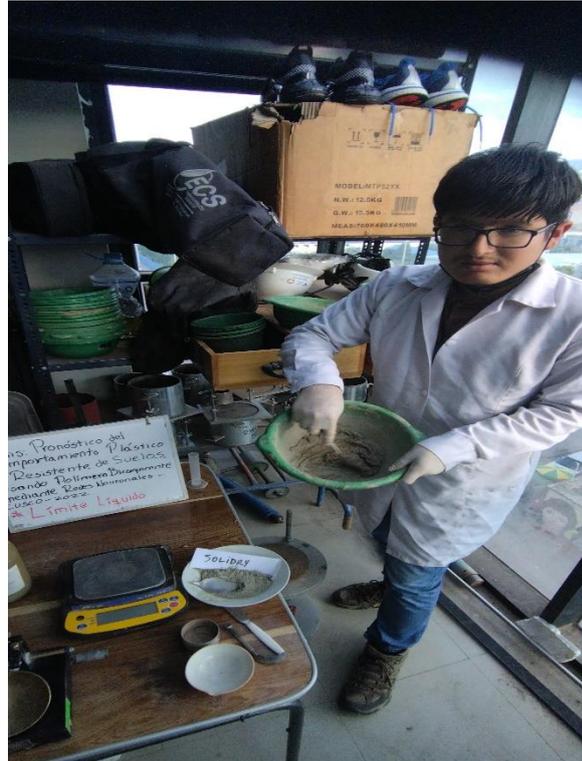
Muestra recogida llevada al laboratorio



A la **izquierda**, equipo y material para el ensayo de limite líquido y a la **derecha**, equipo para para el ensayo de la resistencia al corte del suelo (Veleta Torvane)



Adición de polímero sólido, Solidry (**izquierda**) y polímero líquido, Consolid 444 (**derecha**)



Mezclando los polímeros adicionados a la muestra para cada A.P.V



Aplicación del equipo de copa Casagrande para el ensayo del límite líquido.



Pesado de la muestra húmeda, para posteriormente, secarlo en el horno a una temperatura no menor de 300°C, realizado para cada A.P.V.



Preparación y elaboración del ensayo de plasticidad del suelo.



Alistando la muestra para someterlo al esfuerzo cortante del suelo.



Sometimiento al esfuerzo de corte, a la muestra de suelo, con la Veleta de tipo torvane para cada A.P.V.

## **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Título:** “Pronóstico del comportamiento plástico y resistente de suelos, usando polímero bicomponente, mediante redes neuronales artificiales, CUSCO, 2022 ”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGIA
<u>Problema general</u> ¿Cuál es el pronóstico del comportamiento plástico y resistente de un suelo, cuando se adiciona un polímero bicomponente mediante redes neuronales artificiales?	<u>Problema general</u> Determinar el pronóstico del comportamiento plástico y resistente de un suelo, cuando se adiciona un polímero bicomponente mediante redes neuronales artificiales.	<u>Hipótesis general</u> El uso de redes neuronales, pronostica el incremento del comportamiento resistente y la disminución del comportamiento plástico, cuando se adiciona un polímero bi-componente sobre un suelo	<b>V.I:</b> Polímero bicomponente <b>V.D:</b> Red neuronal	Proporción  $R^2$	%  %	<b>Tipo de investigación:</b> Investigación Aplicada <b>Diseño de la investigación:</b> Cuasiexperimental <b>Enfoque de la investigación:</b> Cuantitativo <b>Nivel de investigación:</b> Explicativo <b>Población:</b> A.P.V: Los Próceres, Qollana y Los Jardines <b>Muestra:</b> 35 porciones de suelo para cada A.P.V. <b>Muestreo:</b> No probabilístico por conveniencia
<u>Problema específico 1</u> ¿En qué medida disminuye el comportamiento plástico, cuando se adiciona un polímero bicomponente sobre un suelo?	<u>Objetivo específico 1</u> Determinar la medida en que disminuye el comportamiento plástico, cuando se adiciona un polímero bicomponente sobre un suelo	<u>Hipótesis específica 1</u> La adición de un polímero bicomponente sobre un suelo, disminuye el comportamiento plástico en un 20%.	<b>V.I:</b> Polímero bicomponente  <b>V.D:</b> Comportamiento plástico	Proporción  Limite líquido	%  %LL	
<u>Problema específico 2</u> ¿En qué medida incrementa el comportamiento resistente, cuando se adiciona un polímero bicomponente sobre un suelo?	<u>Objetivo específico 2</u> Determinar la medida en que incrementa el comportamiento resistente, cuando se adiciona un polímero bi-componente sobre un suelo.	<u>Hipótesis específica 2</u> La adición de un polímero bicomponente sobre un suelo, incrementa el comportamiento resistente en un 55%.				
<u>Problema específico 3</u> ¿Cuál es el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales artificiales, en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo?	<u>Objetivo específico 3</u> Determinar el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo	<u>Hipótesis específica 3</u> La aplicación de redes neuronales en el pronóstico del comportamiento plástico de un suelo es confiable en un 95%.	<b>V.I:</b> Polímero bicomponente <b>V.D:</b> Comportamiento resistente	Proporción  Resistencia al corte del suelo	%  $Kg/cm^2$	
<u>Problema específico 4</u> ¿Cuál es el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales artificiales, en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo?	<u>Objetivo específico 4</u> Determinar el porcentaje de confiabilidad, al aplicar redes neuronales en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo	<u>Hipótesis específica 4</u> La aplicación de redes neuronales en el pronóstico del comportamiento resistente de un suelo es confiable en un 97%.				

# CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



LABORATORIO DE METROLOGIA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

## CERTIFICADO DE INSPECCIÓN N° 335 - 2018 GLW

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2021-08-29

1. SOLICITANTE : INGEOMAT E.I.R.L.

DIRECCIÓN : JR. CUSCO 539 – ABANCAY

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

MARCA	: PINZUAR LTDA.	PROCEDENCIA	: COLOMBIANA
MODELO	: PS - 11A	IDENTIFICACIÓN	: NO INDICA
NÚMERO DE SERIE	: 242	TIPO	: DIGITAL
ALCANCE DE	: 0 a 999 VUELTAS	UBICACIÓN	: Laboratorio
DIV. DE ESCALA	: 1 VUELTAS		
FECHA DE INSPECCIÓN	: 2018-08-27		

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La inspección se realizó en el Laboratorio de INGEOMAT E.I.R.L.  
JR. CUSCO 539 – ABANCAY

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	22.8	22.8
Humedad Relativa %HR	56	56

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de inspección documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

7. OBSERVACIONES

(\*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.  
El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630

8. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	207,90	g
Espesor de la copa	1,99	mm
Profundidad de la copa	26,51	mm
Altura de la base	51,23	mm
Ancho de la base	124,97	mm
Longitud de la base	151,71	mm

  
**Tec. Gilmer Antonio Huamán Hoquioma.**  
 Responsable del Laboratorio de Metrología.  
**G & L LABORATORIO S.A.C**

TRAZABILIDAD: G&L LABORATORIO S.A.C. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(\*) Este certificado de inspección expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

RPC: 992 - 302 - 883  
RPC: 992 - 302 - 878

SKYPE: ventas@gyllaboratorio.com  
Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDO LA REPRODUCCION TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



LABORATORIO DE METROLOGÍA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 257-2099 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-08-27

1. SOLICITANTE : INGEOMAT E.I.R.L

DIRECCIÓN : MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN – CUSCO –  
SAN SEBASTIAN

2. INSTRUMENTO DE  
MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : HENKEL

MODELO : NO PRESENTA

NÚMERO DE SERIE : KG013871

ALCANCE DE  
INDICACIÓN : 1000 g

DIVISIÓN DE ESCALA  
/ RESOLUCIÓN : 0.01 g

DIVISIÓN DE  
VERIFICACIÓN ( e ) : 0.1 g

PROCEDENCIA : NO PRESENTA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE  
CALIBRACIÓN : 2019-08-07

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4° - ABRIL, 2010.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE INGEOMAT E.I.R.L  
MZA. C LOTE. 3 APV EL EDEN – CUSCO – SAN SEBASTIAN



  
Gilmer Antonio Huáscar Póquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5814  
RPC: 992-302-883  
RPC: 962-227-858

Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
ventas.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a  
6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm



LABORATORIO DE METROLOGÍA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

LABORATORIO SAC

Página 2 de 3

## 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	15.7 °C	15.7 °C
Humedad Relativa	33 %	33 %

## 6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud F1)	LM - 415 - 2018 LM - 416 - 2018

## 7. OBSERVACIONES

Para 1000 g la balanza indicó 1000.04 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.

Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

## 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1= 500.00 g			Carga L2= 1,000.00 g		
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)
1	500.00	4	1	1,000.01	4	11
2	500.00	4	1	1,000.01	4	11
3	500.00	5	0	1,000.01	5	10
4	500.01	5	10	1,000.01	5	10
5	500.01	5	10	1,000.01	5	10
6	500.00	6	-1	1,000.01	4	11
7	500.00	4	1	1,000.01	4	11
8	500.00	4	1	1,000.01	5	10
9	500.01	5	10	1,000.01	6	9
10	500.01	4	11	1,000.01	4	11
Diferencia Máxima			12	2		
Error máximo permitido ±			100 mg	± 200 mg		



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5814  
RPC: 992-302-883  
RPC: 962-227-858

Correos: ventas@gyllaboratorio.com  
ventas.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a 6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO SAC



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	1.00	1.00	5	0	700.00	700.00	4	1	1
2		1.00	4	1		700.00	5	0	-1
3		1.00	4	1		700.00	5	0	-1
4		1.00	5	0		700.00	4	1	1
5		1.00	5	0		700.00	5	0	0

Temp. (°C) Inicial: 15.7 Final: 15.7

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 200 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
1.00	1.00	4	1						100
2.00	2.00	5	0	-1	2.00	5	0	-1	100
5.00	5.00	4	1	0	5.00	4	1	0	100
10.00	10.00	4	1	0	10.00	4	1	0	100
50.00	50.00	5	0	-1	50.00	5	0	-1	100
75.00	75.00	4	1	0	75.00	4	1	0	100
100.00	100.01	4	11	10	100.01	4	11	10	100
200.00	200.01	4	11	10	200.01	4	11	10	100
500.00	500.01	4	11	10	500.01	4	11	10	100
800.00	800.01	5	10	9	800.01	5	10	9	200
1,000.00	1,000.01	4	11	10	1,000.01	4	11	10	200

Temp. (°C) Inicial: 15.7 Final: 15.7

(\*\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 1,055E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{4,249E-08 \text{ g}^2 + 001E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Número de tipo Científico    E-xx = 10<sup>xx</sup>    (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa  
Los Olivos - Lima

FIJO: (01) 622-5814  
RPC: 992-302-883  
RPC: 962-227-858

Correos: ventas.gyllaboratorio.com  
ventas.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios.gyllaboratorio.com  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com

Horario de Atención:  
Lunes a Viernes: 8:00 am a 6:00 pm  
Sábados: 8:00 am a 1:00 pm

## ESNAYO DE LÍMITE LÍQUIDO



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. El Eden Lolo C-3, San Sebastián - Cusco. Tlf: 084 - 270342, RPC974273249, RPM: 8998990111



**Proyecto:** Pronóstico del comportamiento plástico y resistente de suelos, usando polímero bicomponente, mediante redes neuronales artificiales, CUSCO, 2022

**Ubicación:** A.P.V. LOS PROCERES - SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO

**Muestra:** ALTERADA

**Fecha:** MARZO, 2022

**Solicitantes:** BACH. NOEL GUDMER ALMANZA CCORI  
BACH. RENE VILLALOBOS LIMACHI

$$LL = W_N * \left(\frac{N}{25}\right)^{Tan\beta}$$

**P.R:** HUGO CUBA BENAVENTE

**J.L:** JEFFERSON CHARA HOLGUIN

LL: Limite liquido

$W_N$ : Contenido de humedad natural

N: Numero de golpes

$Tan\beta$ : Pendiente de la linea de flujo (0.121 es una buena aproximacion)

### LIMITE DE CONSISTENCIA

#### LIMITE LIQUIDO

N	Código de Capsula – San Sebastian Los Proceres (SSLP)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la capsula + suelo húmedo (g)	Peso de la capsula + suelo seco (g)	%W	# Golpes	LL %
1	SSLP1	10,9	47,6	24,5	94,29	27	95,17
2	SSLP2	10,9	47,8	23,4	104,27	18	100,19
3	SSLP3	5,8	26,8	12	123,33	15	115,91
4	SSLP4	10,9	30,1	18,7	60,96	30	62,33
5	SSLP5	6,3	26,9	12	124,17	16	117,61
6	SSLP6	10,9	45,9	21,2	116,51	18	111,95
7	SSLP7	10,9	54,4	23,7	129,54	12	118,48
8	SSLP8	10,8	47	22,8	106,14	19	102,66
9	SSLP9	6	29,6	12,7	133,07	10	119,04
10	SSLP10	10,6	48,5	22	120,45	14	112,25
11	SSLP11	10,8	48,4	22,8	112,28	27	113,34
12	SSLP12	5,7	24,2	19,9	21,61	31	22,18
13	SSLP13	6,1	26,4	24,3	8,64	33	8,94
14	SSLP14	10,9	37,1	26,2	41,60	29	42,36
15	SSLP15	10,9	38,5	24,6	56,50	22	55,63
16	SSLP16	5,9	26,4	18,4	43,48	20	42,31
17	SSLP17	10,8	54,3	26,8	102,61	20	99,87
18	SSLP18	11	50,6	24,9	103,21	19	99,83
19	SSLP19	10,8	54,6	26,4	106,82	22	105,17
20	SSLP20	6,3	28,4	13,6	108,82	21	106,54
21	SSLP21	10,7	48,4	22,8	112,28	17	107,14
22	SSLP22	6,2	27,3	14,4	89,58	26	90,01
23	SSLP23	11	52,2	26,8	94,78	27	95,67
24	SSLP24	7,3	28,6	16,4	74,39	29	75,74
25	SSLP25	10,9	47,5	24,4	94,67	30	96,79
26	SSLP26	5,8	24,6	12	105,00	18	100,89
27	SSLP27	10,9	48,2	13,8	249,28	7	213,53
28	SSLP28	11	52,6	26,8	96,27	26	96,73
29	SSLP29	7,3	30,3	14,8	104,73	20	101,93
30	SSLP30	10,9	50,8	25	103,20	18	99,16
31	SSLP31	5,8	24,8	12,2	103,28	21	101,11
32	SSLP32	10,8	52,4	26,2	100,00	24	99,50
33	SSLP33	6,4	26,2	12,9	103,10	26	103,59
34	SSLP34	11	54,4	26,4	106,06	24	105,54
35	SSLP35	10,7	52,5	24,3	116,05	17	110,73

**Proyecto:** Pronóstico del comportamiento plástico y resistente de suelos, usando polímero bicomponente, mediante redes neuronales artificiales, CUSCO, 2022

**Ubicación:** A.P.V. QOLLANA - SAN JERONIMO - CUSCO - CUSCO

**Muestra:** ALTERADA

**Fecha:** MARZO, 2022

**Solicitantes:** BACH. NOEL GUDMER ALMANZA CCORI  
BACH. RENE VILLALOBOS LIMACHI

$$LL = W_N * \left(\frac{N}{25}\right)^{Tan\beta}$$

**P.R:** HUGO CUBA BENAVENTE

**J.L:** JEFFERSON CHARA HOLGUIN

LL: Limite liquido

$W_N$ : Contenido de humedad natural

N: Numero de golpes

$Tan\beta$ : Pendiente de la línea de flujo (0.121 es una buena aproximacion)

### LIMITE DE CONSISTENCIA

#### LIMITE LIQUIDO

N	Código de Capsula – San Jerónimo – Qollana (SJQ)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la capsula + suelo húmedo (g)	Peso de la capsula + suelo seco (g)	%W	# Golpes	LL %
1	SJQ1	10,9	47,6	22,8	108,77	24	108,23
2	SJQ2	10,9	47,8	24,4	95,90	30	98,05
3	SJQ3	5,8	26,8	12,2	119,67	20	116,47
4	SJQ4	10,9	30,1	18,7	60,96	32	62,82
5	SJQ5	6,3	26,9	12,4	116,94	16	110,76
6	SJQ6	10,9	45,9	21,4	114,49	18	110,00
7	SJQ7	10,9	54,4	23,8	128,57	13	118,74
8	SJQ8	10,8	47	21,9	114,61	20	111,54
9	SJQ9	6	29,6	12,3	140,65	16	133,22
10	SJQ10	10,6	48,5	22,9	111,79	22	110,07
11	SJQ11	10,8	48,4	23,8	103,36	26	103,86
12	SJQ12	5,7	24,2	12,8	89,06	30	91,06
13	SJQ13	6,1	26,4	13,3	98,50	30	100,70
14	SJQ14	10,9	37,1	26,2	41,60	34	43,19
15	SJQ15	10,9	38,5	24,8	55,24	33	57,14
16	SJQ16	5,9	26,4	12,4	112,90	21	110,53
17	SJQ17	10,8	54,3	26,8	102,61	27	103,58
18	SJQ18	11	50,6	24,9	103,21	19	99,83
19	SJQ19	10,8	54,6	26,4	106,82	20	103,96
20	SJQ20	6,3	28,4	13,6	108,82	21	106,54
21	SJQ21	10,7	48,4	22,8	112,28	23	111,15
22	SJQ22	6,2	27,3	14,4	89,58	29	91,21
23	SJQ23	11	52,2	26,4	97,73	23	96,74
24	SJQ24	7,3	28,6	16,2	76,54	30	78,26
25	SJQ25	10,9	47,5	22,4	112,05	22	110,33
26	SJQ26	5,8	24,6	12	105,00	18	100,89
27	SJQ27	10,9	48,2	13,8	249,28	8	217,02
28	SJQ28	11	52,6	26,8	96,27	26	96,73
29	SJQ29	7,3	30,3	14,4	110,42	20	107,46
30	SJQ30	10,9	50,8	25,2	101,59	18	97,61
31	SJQ31	5,8	24,8	12,4	100,00	21	97,90
32	SJQ32	10,8	52,4	26	101,54	24	101,04
33	SJQ33	6,4	26,2	13	101,54	26	102,02
34	SJQ34	11	54,4	26,1	108,43	24	107,89
35	SJQ35	10,7	52,5	23,3	125,32	15	117,77

**Proyecto:** Pronóstico del comportamiento plástico y resistente de suelos, usando polímero bicomponente, mediante redes neuronales artificiales, CUSCO, 2022

**Ubicación:** A.P.V. LOS JARDINES - SANTIAGO - CUSCO - CUSCO

**Muestra:** ALTERADA

**Fecha:** MARZO, 2022

**Solicitantes:** BACH. NOEL GUDMER ALMANZA CCORI  
BACH. RENE VILLALOBOS LIMACHI

$$LL = W_N * \left(\frac{N}{25}\right)^{Tan\beta}$$

**P.R:** HUGO CUBA BENAVENTE

**J.L:** JEFFERSON CHARA HOLGUIN

LL: Limite liquido  
W<sub>N</sub>: Contenido de humedad natural  
N: Numero de golpes  
Tanβ: Pendiente de la línea de flujo (0.121 es una buena aproximacion)

### LIMITE DE CONSISTENCIA

#### LIMITE LIQUIDO

N	Código de Capsula – Santiago- Los Jardines (SLJ)	Peso de la cápsula (g)	Peso de la capsula + suelo húmedo (g)	Peso de la capsula + suelo seco (g)	%W	# Golpes	LL %
1	SLJ1	10,9	47,6	23,7	100,84	26	101,33
2	SLJ2	10,9	47,8	25,4	88,19	30	90,17
3	SLJ3	5,8	26,8	13,2	103,03	22	101,44
4	SLJ4	10,9	30,1	19,6	53,57	34	55,61
5	SLJ5	6,3	26,9	12,4	116,94	18	112,36
6	SLJ6	10,9	45,9	21,4	114,49	18	110,00
7	SLJ7	10,9	54,4	23,5	131,49	14	122,54
8	SLJ8	10,8	47	22	113,64	16	107,63
9	SLJ9	6	29,6	12,8	131,25	18	126,11
10	SLJ10	10,6	48,5	23,9	102,93	23	101,89
11	SLJ11	10,8	48,4	23,8	103,36	22	101,77
12	SLJ12	5,7	24,2	10,2	137,25	13	126,76
13	SLJ13	6,1	26,4	13,3	98,50	30	100,70
14	SLJ14	10,9	37,1	26,4	40,53	34	42,07
15	SLJ15	10,9	38,5	24,8	55,24	33	57,14
16	SLJ16	5,9	26,4	12,4	112,90	17	107,73
17	SLJ17	10,8	54,3	26,2	107,25	22	105,60
18	SLJ18	11	50,6	22,9	120,96	15	113,68
19	SLJ19	10,8	54,6	25,4	114,96	16	108,89
20	SLJ20	6,3	28,4	13,6	108,82	21	106,54
21	SLJ21	10,7	48,4	22,8	112,28	17	107,14
22	SLJ22	6,2	27,3	14,4	89,58	32	92,31
23	SLJ23	11	52,2	26,2	99,24	30	101,46
24	SLJ24	7,3	28,6	16,8	70,24	33	72,65
25	SLJ25	10,9	47,5	21,4	121,96	22	120,08
26	SLJ26	5,8	24,6	12	105,00	18	100,89
27	SLJ27	10,9	48,2	13,5	257,04	8	223,78
28	SLJ28	11	52,6	24,8	112,10	26	112,63
29	SLJ29	7,3	30,3	14,4	110,42	20	107,46
30	SLJ30	10,9	50,8	25,2	101,59	18	97,61
31	SLJ31	5,8	24,8	12,4	100,00	21	97,90
32	SLJ32	10,8	52,4	26	101,54	24	101,04
33	SLJ33	6,4	26,2	13,8	89,86	26	90,28
34	SLJ34	11	54,4	26,1	108,43	24	107,89
35	SLJ35	10,7	52,5	24,3	116,05	16	109,92

## ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

- Urb. El Eden Lolo C-3, San Sebastián - Cusco, Tlf: 084 - 270342, RPC974273243, RPM: 8998990111



**Proyecto:** Pronóstico del comportamiento plástico y resistente de suelos, usando polímero bicomponente, mediante redes neuronales artificiales, CUSCO, 2022

**Ubicación:** A.P.V. LOS PROCERES - SAN SEBASTIAN - CUSCO - CUSCO

**Muestra:** ALTERADA

**Fecha:** MARZO, 2022

**Solicitantes:** BACH. NOEL GUDMER ALMANZA CCORI  
BACH. RENE VILLALOBOS LIMACHI

$$\frac{X}{10} * F = \tau \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

*Donde:*

*X = Lectura del dial*

*F = Factor de la veleta*

*$\tau$  = Resistencia al esfuerzo cortante*

**P.R:** HUGO CUBA BENAVENTE

**J.L:** JEFFERSON CHARA HOLGUIN

### RESISTENCIA

#### RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO

N°	Contenido de humedad – A.P.V Los Proceres – San Sebastián (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde $F = 1,5$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	94,29	0,9	0,14
2	104,27	1,1	0,17
3	123,33	1,5	0,23
4	60,96	2,4	0,36
5	124,17	2,2	0,33
6	116,51	2,2	0,33
7	129,54	2,7	0,41
8	106,14	2,4	0,36
9	133,07	2,4	0,36
10	120,45	2,9	0,44
11	112,28	2,7	0,41
12	21,61	2,8	0,42
13	8,64	3,3	0,5
14	41,6	2,8	0,42
15	56,5	2,9	0,44
16	43,48	3,1	0,47
17	102,61	3,5	0,53
18	103,21	3,1	0,47
19	106,82	3,2	0,48
20	108,82	3,4	0,51
21	112,28	3,5	0,53
22	89,58	2,9	0,44
23	94,78	3,2	0,48
24	74,39	3,2	0,48
25	94,67	3,9	0,59
26	105	3,4	0,51
27	249,28	2,9	0,44
28	96,27	4,1	0,62
29	104,73	3,1	0,47
30	103,2	4,1	0,62
31	103,28	2,6	0,39
32	100	4,4	0,66
33	103,1	3,5	0,53
34	106,06	4,2	0,63
35	116,05	4,5	0,68

**Proyecto:** Pronóstico del comportamiento plástico y resistente de suelos, usando polímero bicomponente, mediante redes neuronales artificiales, CUSCO, 2022

**Ubicación:** A.P.V. QOLLANA - SAN JERONIMO- CUSCO - CUSCO

**Muestra:** ALTERADA

**Fecha:** MARZO, 2022

**Solicitantes:** BACH. NOEL GUDMER ALMANZA CCORI  
BACH. RENE VILLALOBOS LIMACHI

$$\frac{X}{10} * F = \tau \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

*Donde:*

*X = Lectura del dial*

*F = Factor de la veleta*

*$\tau$  = Resistencia al esfuerzo cortante*

**P.R:** HUGO CUBA BENAVENTE

**J.L:** JEFFERSON CHARA HOLGUIN

### RESISTENCIA

#### RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO

N°	Contenido de humedad – A.P.V Qollana – San Jerónimo (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde F = 1,5 (kg/cm <sup>2</sup> )
1	108,77	0,7	0,11
2	95,9	0,9	0,14
3	119,67	1,3	0,2
4	60,96	2,2	0,33
5	116,94	2	0,3
6	114,49	2	0,3
7	128,57	2,5	0,38
8	114,61	2,2	0,33
9	140,65	2,2	0,33
10	111,79	2,7	0,41
11	103,36	2,5	0,38
12	89,06	2,6	0,39
13	98,5	3,1	0,47
14	41,6	2,6	0,39
15	55,24	2,7	0,41
16	112,9	2,9	0,44
17	102,61	3,3	0,5
18	103,21	2,9	0,44
19	106,82	3	0,45
20	108,82	3,2	0,48
21	112,28	3,3	0,5
22	89,58	2,7	0,41
23	97,73	3	0,45
24	76,54	3	0,45
25	112,05	3,7	0,56
26	105	3,2	0,48
27	249,28	2,7	0,41
28	96,27	3,9	0,59
29	110,42	2,9	0,44
30	101,59	3,9	0,59
31	100	2,4	0,36
32	101,54	4,2	0,63
33	101,54	3,3	0,5
34	108,43	4	0,6
35	125,32	4,3	0,65

**Proyecto:** Pronóstico del comportamiento plástico y resistente de suelos, usando polímero bicomponente, mediante redes neuronales artificiales, CUSCO, 2022

**Ubicación:** A.P.V. LOS JARDINES - SANTIAGO- CUSCO - CUSCO

**Muestra:** ALTERADA

**Fecha:** MARZO, 2022

**Solicitantes:** BACH. NOEL GUDMER ALMANZA CCORI  
BACH. RENE VILLALOBOS LIMACHI

$$\frac{X}{10} * F = \tau \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

*Donde:*

*X = Lectura del dial*

*F = Factor de la veleta*

*$\tau$  = Resistencia al esfuerzo cortante*

**P.R:** HUGO CUBA BENAVENTE

**J.L:** JEFFERSON CHARA HOLGUIN

### RESISTENCIA

#### RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO

N°	Contenido de humedad – A.P.V Los Jardines – Santiago (%W)	Lectura del dial (X)	Resistencia al esfuerzo cortante ( $\tau$ ) donde F = 1,5 (kg/cm <sup>2</sup> )
1	100,84	1,1	0,17
2	88,19	1,3	0,2
3	103,03	1,7	0,26
4	53,57	2,6	0,39
5	116,94	2,4	0,36
6	114,49	2,4	0,36
7	131,49	2,9	0,44
8	113,64	2,6	0,39
9	131,25	2,6	0,39
10	102,93	3,1	0,47
11	103,36	2,9	0,44
12	137,25	3	0,45
13	98,5	3,5	0,53
14	40,53	3	0,45
15	55,24	3,1	0,47
16	112,9	3,3	0,5
17	107,25	3,7	0,56
18	120,96	3,3	0,5
19	114,96	3,4	0,51
20	108,82	3,6	0,54
21	112,28	3,7	0,56
22	89,58	3,1	0,47
23	99,24	3,4	0,51
24	70,24	3,4	0,51
25	121,96	4,1	0,62
26	105	3,6	0,54
27	257,04	3,1	0,47
28	112,1	4,3	0,65
29	110,42	3,3	0,5
30	101,59	4,3	0,65
31	100	2,8	0,42
32	101,54	4,6	0,69
33	89,86	3,7	0,56
34	108,43	4,4	0,66
35	116,05	4,7	0,71

## GASTOS

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>P. U</b>	<b>Parcial</b>
<b>Bachiller</b>	<b>100</b>	<b>horas</b>	<b>65</b>	<b>6500</b>
<b>Auxiliar</b>	<b>60</b>	<b>horas</b>	<b>25</b>	<b>1500</b>
<b>Equipos e instrumentos de laboratorio</b>	<b>200</b>	<b>horas</b>	<b>10</b>	<b>2000</b>
<b>Materiales de escritorio</b>	<b>2</b>	<b>global</b>	<b>150</b>	<b>300</b>
<b>Otros materiales y reactivos de laboratorio</b>	<b>2</b>	<b>global</b>	<b>60</b>	<b>120</b>
<b>EPP</b>	<b>2</b>	<b>global</b>	<b>100</b>	<b>200</b>
<b>Servicios básicos</b>	<b>2</b>	<b>global</b>	<b>120</b>	<b>240</b>
<b>Licencia de software</b>	<b>14</b>	<b>días</b>	<b>15</b>	<b>210</b>
<b>Viáticos</b>	<b>7</b>	<b>días</b>	<b>200</b>	<b>1400</b>
<b>Transporte y protección de materiales y muestras</b>	<b>2</b>	<b>global</b>	<b>150</b>	<b>300</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>5</b>	<b>artículos</b>	<b>80</b>	<b>400</b>
<b>Total</b>				<b>13170</b>

### CRONOGRAMA

Descripción	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
<b>Determinación del problema</b>	X					
<b>Revisión bibliográfica</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Elaboración de Plan de proyecto</b>	X					
<b>Aprobación del proyecto de tesis</b>		X				
<b>Elaboración de instrumentos de investigación</b>			X	X	X	X
<b>Aplicación de instrumentos de investigación</b>				X	X	X
<b>Procesamiento y análisis de la información</b>						X
<b>Interpretación de resultados</b>						X
<b>Redacción de informe final</b>						X
<b>Presentación del informe final</b>						X
<b>Aprobación del informe final y sustentación</b>						X