

**AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA**  
(CREADA POR LEY N° 25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**HUANCAMELICA**

**TESIS**

**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE  
REDES NEURONALES HACIENDO USO DEL AGREGADO DE LA  
CANTERA SANTA ROSA HUANCAMELICA”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
**TECNOLOGÍA DE LOS MATERIALES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. GONZALES GASPAR, Cristhofer Jhonatan**

Huancavelica, Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 02 días del mes de octubre del año 2018, a horas 12:10 p.m. se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **Ing. Hugo Rubén LUJAN JERI (PRESIDENTE)**, **Ing. Omar CABALLERO SÁNCHEZ (SECRETARIO)**, **Arq. Abdón Dante OLIVERA QUINTANILLA (VOCAL)**, designados con Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2016-FCI-UNH, de fecha 15 de enero del 2016, y ratificados con Resolución de Decano N° 131-2018-FCI-UNH de fecha 28 de setiembre del 2018, a fin de proceder con la calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE REDES NEURONALES HACIENDO USO DEL AGREGADO DE LA CANTERA SANTA ROSA HUANCVELICA", presentado por el Bachiller **Cristhofer Jhonatan GOZANLES GASPAS**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO**, Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas 1:15 pm, se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

APROBADO ☒ POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO ☐

En señal de conformidad, firmamos a continuación:

  
Presidente

  
Secretario

  
Vocal

  
Vº Bº Decano

# DEDICATORIA

Con mucho aprecio a mi familia en especial a mis abuelos que me guiaron en la vida.

A Dios, ya que gracias a él tengo una familia maravillosa, los cuales me apoyan en mis derrotas y celebran mis triunfos.

A los docentes de la E.P. de Ingeniería Civil quienes fueron y serán guías en el aprendizaje.

A mi asesor que me guió en el proceso de esta investigación y en el campo de la programación.

A los responsables de laboratorio de concreto de la E.P. de Ingeniería Civil quienes me apoyaron en los procesos de ensayos de muestras.

Y por último a mi amigo Elviz y mi enamorada Gaby que me animaron y apoyaron en la elaboración de este proyecto de investigación.



**ASESOR**

**M.Sc. IVAN ARTURO AYALA BIZARRO**





## RESUMEN

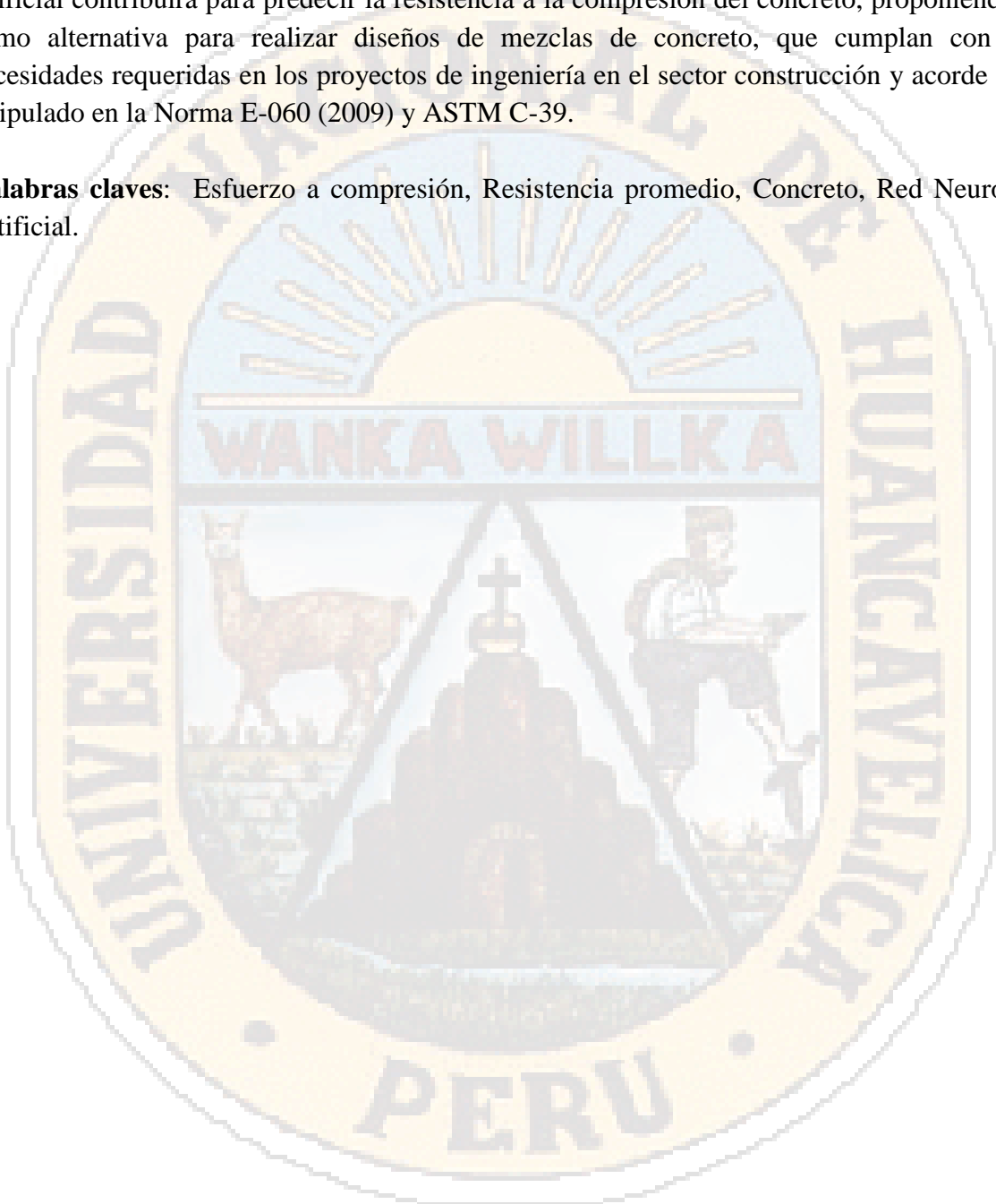
Con la presente investigación se construye un modelo de inteligencia artificial (redes neuronales artificiales), que permita predecir la resistencia al esfuerzo de compresión axial del concreto ( $f'_c$ ).

Para lograr el objetivo del proyecto de investigación se ha elaborado probetas de concreto, siendo 79 probetas con diferentes dosificaciones, ensayados a la primera, segunda y cuarta semana de curado, registrando resistencias al esfuerzo de compresión axial ( $f'_c$ ) entre 70 kg/cm<sup>2</sup> y 390 kg/cm<sup>2</sup>. los procesos de elaboración, curado y rotura de probetas según lo especificado en la Norma E-060 (2009) y ASTM C-39, NTP 339.034.2008.

Seguido de los ensayos de rotura, se realizó el procesamiento de datos para la construcción del modelo de red neuronal artificial con la siguiente estructura: 11 variables de ingreso, siendo estos: (cantidad de cemento, cantidad de agua, cantidad de agregado fino, humedad del agregado fino, absorción del agregado fino, porcentaje que pasa la malla Nro. 4 de agregado fino, cantidad de agregado grueso, humedad del agregado grueso, absorción del agregado grueso, porcentaje que pasa la malla Nro. 4 de agregado grueso, tamaño máximo de los agregados, el tiempo de curado del concreto) y una variable de salida (resistencia a la compresión axial del concreto); para el entrenamiento se realizó diversas simulaciones haciendo uso de la metodología de propagación inversa (back propagation) y el algoritmo de Levenberg Marquardt, buscando encontrar el error cuadrático medio (MSE). La evaluación se realizó en tres grupos de muestra: el primero de entrenamiento 70 % , el segundo de validación 15% y el tercero de test 15% de los datos obtenidos en laboratorio, usando como herramienta de programación software Python y Matlab (Toolbox).

Los resultados obtenidos del proyecto de investigación evaluados mediante el análisis estadístico de error medio cuadrático (MSE), se dividen en: Entrenamiento (training) ( $R^2 = 0.99965$ ), validación ( $R = 0.96004$ ), test ( $R = 0.99413$ ), obteniéndose un modelo de red neuronal artificial con ( $R = 0.99113$ ); siendo  $R$  el coeficiente de determinación conocido como coeficiente de correlación de Pearson, demostrando de ese modo ser eficaz para predecir la resistencia del concreto con un error menor al 1% , se concluye que el modelo de red neuronal artificial contribuirá para predecir la resistencia a la compresión del concreto, proponiéndose como alternativa para realizar diseños de mezclas de concreto, que cumplan con las necesidades requeridas en los proyectos de ingeniería en el sector construcción y acorde a lo estipulado en la Norma E-060 (2009) y ASTM C-39.

**Palabras claves:** Esfuerzo a compresión, Resistencia promedio, Concreto, Red Neuronal Artificial.





## ABSTRACT

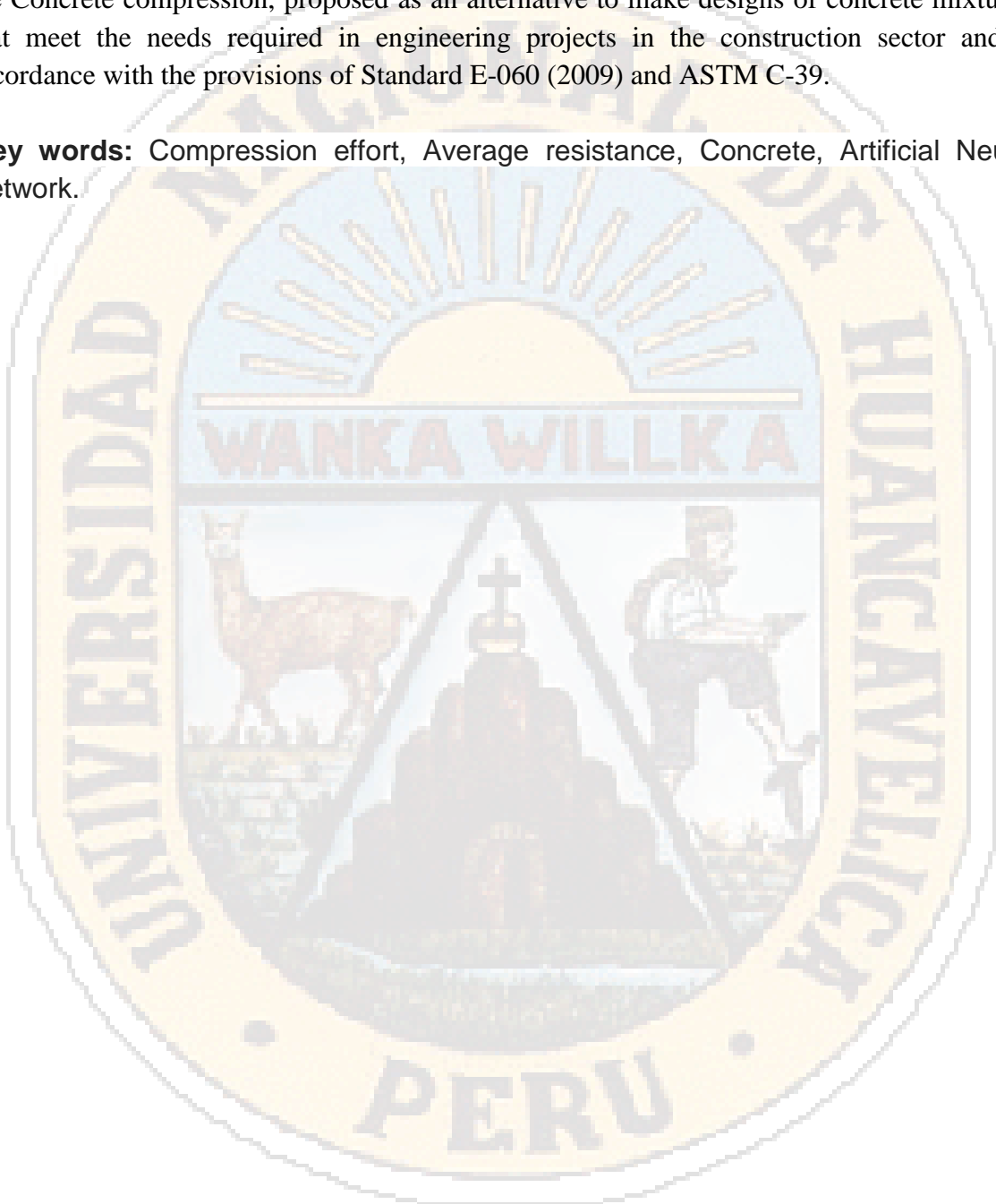
With this research, a model of artificial intelligence (artificial neural networks) is constructed, which allows to predict the resistance to the axial compression stress of the concrete ( $f_c$ ).

To achieve the objective of the research project has been made concrete test tubes, being 79 test tubes with different dosages, tested at the first, second and fourth week of curing, registering resistance to axial compression effort ( $f_c$ ) between 70 kg / cm<sup>2</sup> and 390 kg / cm<sup>2</sup>. the processes of preparation, curing and breaking of specimens as specified in the Standard E-060 (2009) and ASTM C-39, NTP 339.034.2008.

After the breakage tests, data processing was carried out for the construction of the artificial neural network model with the following structure: 11 input variables, these being: (amount of cement, amount of water, amount of fine aggregate, humidity of the fine aggregate, absorption of the fine aggregate, percentage that passes the mesh No. 4 of fine aggregate, amount of coarse aggregate, humidity of the coarse aggregate, absorption of the coarse aggregate, percentage that passes the mesh No. 4 of coarse aggregate, maximum size of the aggregates, the curing time of the concrete) and an output variable (resistance to the axial compression of the concrete); for the training several simulations were carried out using the reverse propagation methodology (back propagation) and the Levenberg Marquardt algorithm, seeking to find the mean square error (MSE). The evaluation was carried out in three sample groups: the first training 70%, the second validation 15% and the third test 15% of the data obtained in the laboratory, using Python and Matlab software tool (Toolbox) as a programming tool.

The results obtained from the research project evaluated through the statistical analysis of mean square error (MSE), are divided into: Training ( $R = 0.99965$ ), validation ( $R = 0.96004$ ), test ( $R = 0.99413$ ), obtaining an artificial neural network model with ( $R = 0.99113$ ); being  $R$  the coefficient of determination known as the Pearson correlation coefficient, thus proving to be effective in predicting concrete strength with an error of less than 1%, it is concluded that the artificial neural network model will contribute to predict the resistance to the Concrete compression, proposed as an alternative to make designs of concrete mixtures, that meet the needs required in engineering projects in the construction sector and in accordance with the provisions of Standard E-060 (2009) and ASTM C-39.

**Key words:** Compression effort, Average resistance, Concrete, Artificial Neural Network.



# ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	II
DEDICATORIA .....	III
ASESOR .....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VII
ÍNDICE.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
ÍNDICE DE CUADROS .....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA.....	2
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1 Problema general .....	3
1.2.2 Problema específico.....	3
1.3.    OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos:.....	3
1.4.    JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.1.1. A nivel internacional: .....	5
2.1.2. A nivel nacional:.....	6
2.1.3. A nivel local: .....	6
2.2. BASES TEÓRICAS .....	7
2.2.1. Concreto.....	7
2.2.2 Cemento.....	7
2.2.1.1 Tipos de cementos .....	7
2.2.3 Agregados .....	8

2.2.3.1 Propiedades.....	8
2.2.3.2 Ensayos de agregado para la dosificación de mezclas.....	9
a) Granulometría.....	9
b) Peso unitario.....	9
c) Peso específico.....	9
d) Contenido de humedad.....	9
E) capacidad de absorción.....	9
2.2.3.3 Clasificación de los agregados.....	9
a) Por su naturaleza:.....	10
b) Por su densidad:.....	10
c) Por el origen, forma y textura superficial.....	10
d) Por el tamaño del agregado:.....	11
2.2.3.4 Propiedades mecánicas de los agregados.....	11
a) Resistencia:.....	11
b) Tenacidad:.....	11
c) Dureza:.....	11
d) Módulo de elasticidad:.....	12
2.2.3.5 Propiedades químicas de los agregados.....	12
a) Reacción álcali-sílice:.....	12
b) Reacción álcali-carbonatos:.....	12
2.2.4 Agua.....	12
2.2.5.1 Consideraciones básicas.....	13
a) Economía.....	13
b) Trabajabilidad.....	13
b) Resistencia y durabilidad.....	14
2.2.5.2 Pasos para el proporcionamiento.....	14
a) Por resistencia.....	17
b) Por durabilidad.....	18
2.2.5 Redes neuronales artificiales.....	20
2.2.5.1 Aprendizaje.....	22
2.2.5.2 Fase de prueba.....	22
2.2.5.3 Estructuras de conexión de atrás hacia adelante.....	22
2.2.5.4 Algoritmo de aprendizaje Backpropagation.....	22
a) Funcionamiento:.....	22
2.3 FORMULACION DE HIPÓTESIS.....	24
2.3.1 Hipótesis general.....	24
2.3.2 Hipótesis específicas.....	24
2.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	24
2.4.1 Variable independiente.....	24
2.4.2 Variable dependiente.....	24
2.4.2 Variables e indicadores.....	24
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>25</b>
3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO.....	25

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
3.2.1 Nivel de investigación .....	25
3.3 Método de investigación.....	26
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	26
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	26
3.4.1 Población .....	27
3.4.2 Muestra .....	27
3.4.3 Muestreo .....	27
3.5. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	27
3.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS .....	27
3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	28
3.7.1 Procesamiento y análisis.....	28
3.8 PROCEDIMIENTOS O FASES METODOLÓGICAS.....	28
3.8.1 Análisis cuantitativo .....	28
3.8.2 Análisis cualitativo .....	28
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>29</b>
4.1 RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
4.1.1. Ensayos de caracterización de los agregados.....	29
4.1.1.1 Análisis granulométrico .....	29
4.1.1.2 Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino).....	42
4.1.1.3 Peso específico de los agregados (grueso y fino) .....	43
4.1.1.4 Contenido de humedad de los agregados (grueso y fino).....	47
4.1.2. Elaboración de probetas de concreto.....	54
4.1.2.1 Elección de tipo de cemento .....	55
4.1.2.2 Resistencia a compresión $f'_c$ del concreto .....	56
4.1.2.3 Diseño de mezcla para ensayo .....	56
4.1.2.3 Tiempo de curado .....	56
4.1.3. Ensayos de compresión axial de probetas.....	56
4.1.3.1 Resultados de ensayos de compresión axial de probetas.....	56
4.1.4. Elaboración de la base de datos para red neuronal artificial .....	67
4.1.5 Entrenamiento de red neuronal artificial.....	72
4.1.5.1 Niveles o capas de neuronas .....	72
4.1.6 Validación de red neuronal y proceso de entrenamiento.....	73
4.1.7 Simulación de red neuronal basado en pronósticos de resistencia al esfuerzo de compresión de probetas.....	74
4.1.7.1 Proceso de entrenamiento .....	75
4.1.7.2 Proceso de prueba de red .....	75
4.1.7.3 Proceso de validación de red .....	76
4.1.7.4 Comportamiento general de la red.....	77
4.1.8 Optimización de diseño de mezclas de concreto mediante redes neuronales artificiales.....	78
4.1.9 Comparativa de diseño de mezclas mediante método de redes neuronales artificiales frente a otros métodos .....	79



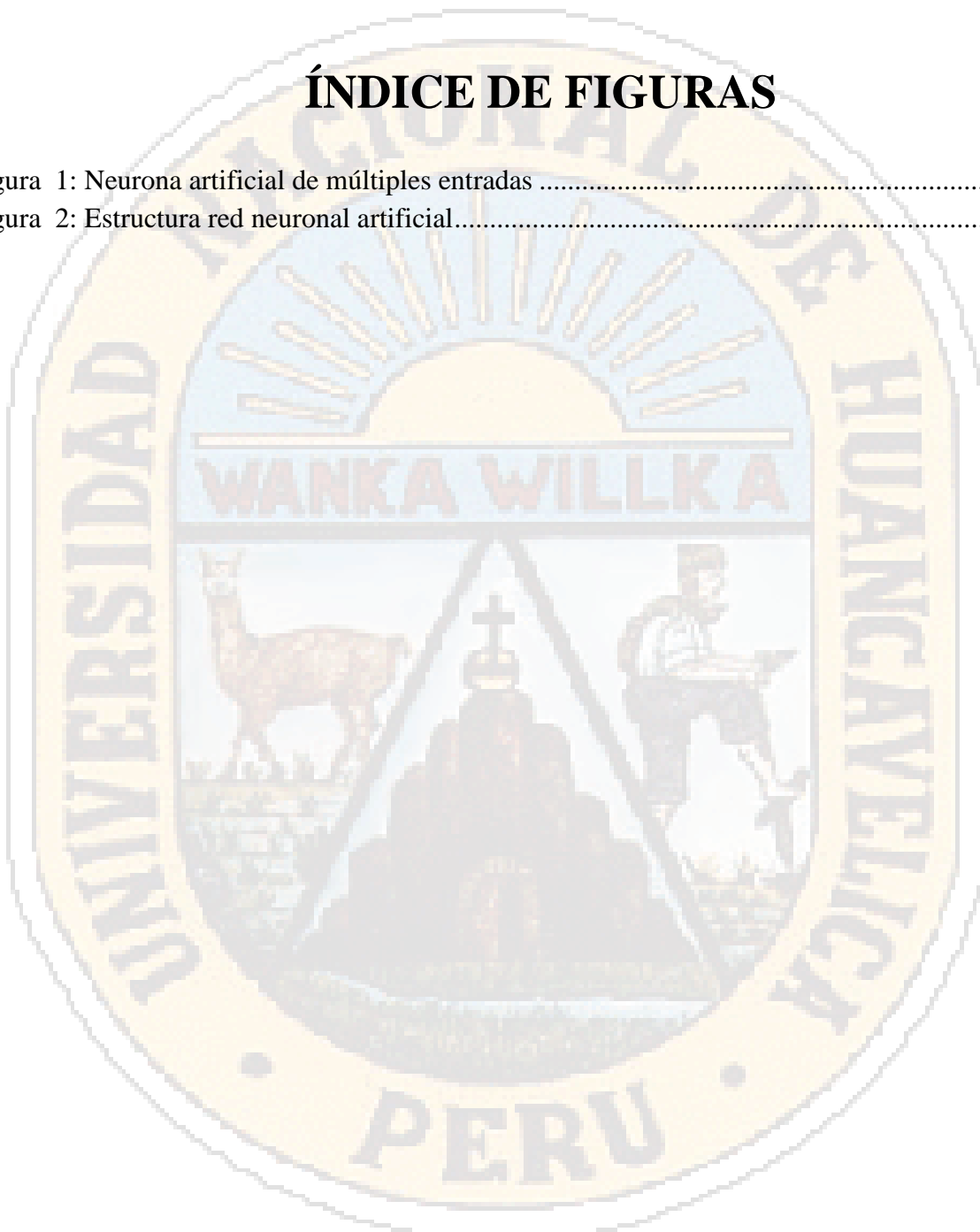
4.1.10 Análisis y discusión de resultados (normativas y usos en el sector construcción contribución).....	79
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>84</b>
<b>ARTICULO CIENTIFICO.....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>92</b>





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Neurona artificial de múltiples entradas .....	21
Figura 2: Estructura red neuronal artificial.....	73



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría del agregado fino.....	10
Tabla 2: Resistencia a la compresión promedio .....	15
Tabla 3: Consistencia y asentamientos .....	15
Tabla 4: Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción .....	16
Tabla 5: Requerimientos aproximados de agua y mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados .....	17
Tabla 6: Relación agua/cemento y resistencia a la compresión de concreto .....	17
Tabla 7: Máxima relación agua /cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.....	18
Tabla 8: Variables e indicadores .....	24
Tabla 9: Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	27

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Granulometría agregado grueso muestra 01 .....	30
Cuadro 2: Granulometría agregado fino muestra 01 .....	31
Cuadro 3: Granulometría agregado grueso muestra 02 .....	32
Cuadro 4: Granulometría agregado fino muestra 02 .....	33
Cuadro 5: Granulometría agregado grueso muestra 03 .....	34
Cuadro 6: Granulometría agregado fino muestra 03 .....	35
Cuadro 7: Granulometría agregado grueso muestra 04 .....	36
Cuadro 8: Granulometría agregado fino muestra 04 .....	37
Cuadro 9: Granulometría agregado grueso muestra 05 .....	38
Cuadro 10: Granulometría agregado fino muestra 05 .....	39
Cuadro 11: Granulometría agregado grueso muestra 06 .....	40
Cuadro 12: Granulometría agregado fino muestra 06 .....	41
Cuadro 13: Datos probeta de ensayo .....	42
Cuadro 14: Peso unitario compactado agregado grueso .....	42
Cuadro 15: Peso unitario compactado agregado fino .....	43
Cuadro 16: Peso específico - porcentaje de absorción agregado grueso muestra 01 .....	43
Cuadro 17: Peso específico - porcentaje de absorción agregado fino muestra 01 .....	44
Cuadro 18: Peso específico - porcentaje de absorción agregado grueso muestra 02 .....	44
Cuadro 19: Peso específico - porcentaje de absorción agregado fino muestra 02 .....	45
Cuadro 20: Peso específico - porcentaje de absorción agregado grueso muestra 03 .....	45
Cuadro 21: Peso específico - porcentaje de absorción agregado fino muestra 03 .....	46
Cuadro 22: Peso específico - porcentaje de absorción agregado grueso muestra 04 .....	46
Cuadro 23: Peso específico - porcentaje de absorción agregado fino muestra 04 .....	47
Cuadro 24: Contenido de humedad agregado grueso muestra 01 .....	47
Cuadro 25: Contenido de humedad agregado fino muestra 01 .....	48
Cuadro 26: Contenido de humedad agregado grueso muestra 02 .....	48
Cuadro 27: Contenido de humedad agregado fino muestra 02 .....	49
Cuadro 28: Contenido de humedad agregado grueso muestra 03 .....	49
Cuadro 29: Contenido de humedad agregado fino muestra 03 .....	50
Cuadro 30: Contenido de humedad agregado grueso muestra 04 .....	50
Cuadro 31: Contenido de humedad agregado fino muestra 04 .....	51
Cuadro 32: Contenido de humedad agregado grueso muestra 05 .....	51
Cuadro 33: Contenido de humedad agregado fino muestra 05 .....	52

Cuadro 34: Contenido de humedad agregado grueso muestra 06 .....	52
Cuadro 35: Contenido de humedad agregado fino muestra 05 .....	53
Cuadro 36: Contenido de humedad agregado grueso muestra 07 .....	53
Cuadro 37: Contenido de humedad agregado fino muestra 07 .....	54
Cuadro 38: Diseño de mezclas 01 .....	56
Cuadro 399: Diseño de mezclas 02 .....	57
Cuadro 40: Diseño de mezclas 03 .....	57
Cuadro 41: Diseño de mezclas 04 .....	57
Cuadro 42: Diseño de mezclas 05 .....	58
Cuadro 43: Diseño de mezclas 06 .....	58
Cuadro 44: Diseño de mezclas 07 .....	59
Cuadro 45: Diseño de mezclas 08 .....	59
Cuadro 46: Diseño de mezclas 09 .....	59
Cuadro 47: Diseño de mezclas 10 .....	60
Cuadro 48: Diseño de mezclas 10 .....	60
Cuadro 49: Diseño de mezclas 12 .....	61
Cuadro 50: Diseño de mezclas 13 .....	61
Cuadro 51: Diseño de mezclas 14 .....	61
Cuadro 52: Diseño de mezclas 15 .....	62
Cuadro 53: Diseño de mezclas 16 .....	62
Cuadro 54: Diseño de mezclas 17 .....	63
Cuadro 55: Diseño de mezclas 17 .....	63
Cuadro 56: Diseño de mezclas 19 .....	63
Cuadro 57: Diseño de mezclas 20 .....	64
Cuadro 58: Diseño de mezclas 21 .....	64
Cuadro 59: Diseño de mezclas 22 .....	65
Cuadro 60: Diseño de mezclas 23 .....	65
Cuadro 61: Diseño de mezclas 24 .....	65
Cuadro 62: Diseño de mezclas 25 .....	66
Cuadro 63: Diseño de mezclas 26 .....	66
Cuadro 64: Diseño de mezclas 26 .....	66
Cuadro 65: Datos para el ingreso al entrenamiento de las redes neuronales artificiales, que predigan la resistencia del concreto .....	67
Cuadro 66: Variables para entrenamiento de redes neuronales .....	69
Cuadro 67: Cantidad de observaciones .....	69
Cuadro 68: Análisis de varianza sin selección de datos .....	70
Cuadro 69: Datos estadísticos análisis de varianza .....	70
Cuadro 70: Selección e parámetros análisis de varianza sin selección .....	70
Cuadro 71: Análisis de varianza con selección .....	71
Cuadro 72: Resumen análisis de varianza con selección .....	71
Cuadro 73: Prueba de selección de red neuronal artificial .....	74
Cuadro 74: Precisión del método de diseño de mezclas de Fuller .....	79

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica agregado grueso muestra 01 .....	30
Gráfico 2: Curva granulométrica agregado grueso muestra 01 .....	31
Gráfico 3: Curva granulométrica agregado grueso muestra 02 .....	32
Gráfico 4: Curva granulométrica agregado fino muestra 02 .....	33
Gráfico 5: Curva granulométrica agregado grueso muestra 03 .....	34
Gráfico 6: Curva granulométrica agregado fino muestra 03 .....	35
Gráfico 7: Curva granulométrica agregado grueso muestra 04 .....	36
Gráfico 8: Curva granulométrica agregado fino muestra 04 .....	37
Gráfico 9: Curva granulométrica agregado grueso muestra 05 .....	38
Gráfico 10: Curva granulométrica agregado fino muestra 05 .....	39
Gráfico 11: Curva granulométrica agregado grueso muestra 06 .....	40
Gráfico 12: Curva granulométrica agregado fino muestra 06 .....	41
Gráfico 13: Entrenamiento RNA [11 20 20 1] .....	75
Gráfico 14: Prueba RNA [11 20 20 1] .....	76
Gráfico 15: Validación RNA [11 20 20 1] .....	77
Gráfico 16: Comportamiento RNA [11 20 20 1] .....	78




## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la construcción está basada en el uso del concreto como componente básico en las obras civiles, para lo cual es necesario conocer la resistencia del concreto, necesaria para dotar a una estructura de calidad. El uso de agregados naturales en la región complica la tarea al momento de realizar el diseño de mezclas para alcanzar una resistencia requerida de concreto. Dicho problema se basa en que los agregados no son debidamente normalizados para su uso en la construcción. Por ello la estimación de la resistencia de concreto basado en metodologías convencionales de estimación vienen siendo usados en la actualidad, estos métodos se basan en regresiones lineales y no lineales, con el problema de que la dependencia no lineal o propiedades mecánicas de los materiales no es bien considerada para el análisis.

Las Redes Neuronales Artificiales (RNAs), son sistemas inteligentes basados en el comportamiento neuronal biológico, que tienen la función de procesar información. Con un canal de entrada y salida, con alta disposición de comunicarse entre sí, cuya función se denomina sinapsis.

En el presente trabajo, se explora el uso de RNAs en la estimación de la resistencia diseño del concreto, considerando la dosificación de los materiales y las propiedades de estos.



# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Gran parte de las construcciones civiles de la provincia de Huancavelica, utilizan el concreto como parte fundamental de las mismas y en los últimos años, hay un incremento de obras civiles de envergadura y como se sabe para producir un buen concreto estructural es necesario una buena dosificación de los materiales.

Como control de la calidad del concreto en las obras se realizan testigos cilíndricos de muestras cuyos ensayos de esfuerzo a compresión nos muestran la resistencia a determinada edad del concreto.

Partiendo de este punto se plantea integrar el uso de redes neuronales artificiales para obtener la resistencia del concreto requerida. Mediante el entrenamiento de redes neuronales artificiales, tomando como grupo de entrenamiento ensayos de probetas de concreto a diferentes edades, a fin de obtener un modelo inteligente que requiera las cantidades y propiedades de los materiales para obtener la resistencia necesaria y las edades de ensayo a compresión; haciendo uso de muestra de estudio al agregado de la cantera Santa Rosa ubicada al margen izquierdo del río Ichu, provincia de Huancavelica, que forma parte de la población de canteras naturales de la provincia de Huancavelica, se consideró dicha cantera por las características del agregado, dado que son agregados mal gradados, y por ello no cumple con los usos estándares según las normas ASTM.



## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### ***1.2.1 Problema general***

¿Cuál es el resultado de la resistencia del concreto mediante el método de redes neuronales artificiales?

### ***1.2.2 Problema específico***

- ¿Cuáles son los resultados de determinar la influencia de la cantidad de cemento con el método de redes neuronales artificiales que permita hallar la resistencia del concreto?
- ¿Cuáles son los resultados de determinar la influencia de la cantidad de agua con el método de redes neuronales artificiales que permita hallar la resistencia del concreto?
- ¿Cuáles son los resultados de determinar la influencia de las características del agregado con el método de redes neuronales artificiales que permita hallar la resistencia del concreto?
- ¿Cuáles son los resultados de determinar la influencia el tiempo de curado con el método de redes neuronales artificiales que permita hallar la resistencia del concreto?

## **1.3. OBJETIVOS**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Hallar el resultado de la resistencia del concreto mediante el método de redes neuronales artificiales.

### ***1.3.2 Objetivos específicos:***

- Determinar la influencia de la cantidad de cemento con el método de redes neuronales artificiales para hallar el resultado de la resistencia del concreto.
- Determinar la influencia de la cantidad de agua con el método de redes neuronales artificiales para hallar el resultado de la resistencia del concreto.



- Determinar la influencia de las características del agregado con el método de redes neuronales artificiales para hallar el resultado de la resistencia del concreto.
- Determinar la influencia del tiempo de curado con el método de redes neuronales artificiales para hallar el resultado de la resistencia del concreto.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Mediante el desarrollo de la presente investigación se pretende construir una red neuronal artificial que permita predecir la resistencia del concreto al esfuerzo de compresión, de igual manera dando a conocer las características de los componentes del concreto en específico; las características de los agregados que se utilizan en la industria de la construcción, con el propósito de elaborar mezclas de concreto de mejor calidad. En la ingeniería es importante fabricar un concreto de buenas propiedades físicas, y mecánicas, garantizando las especificaciones técnicas de diseño.

De igual manera la investigación, se justifica porque determina que el agregado de la cantera Santa Rosa no cumple con las normas establecidas vigente, pero con estos agregados podemos diseñar concretos de diferentes resistencias, mediante el uso de redes neuronales, metodología que se aplica en nuestros días para optimizar la resolución de problemas de diversa complejidad.

En la ciudad de Huancavelica, dado el contexto actual se van realizando construcciones modernas, sin realizar los estudios necesarios que dan a conocer con qué clase de agregados se está trabajando, o el control adecuado de los agregados, incumpliendo las normas del ASTM para el diseño de concreto; dicho factor influye en el diseño de mezcla del concreto frente a la necesidad de conseguir resistencias adecuadas.

El Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E 060 concreto armado exige normas referido a este tema, indicando lo siguiente: Los agregados que no cuenten con un registro o aquellos provenientes de canteras explotadas directamente por el contratista podrán ser aprobados por la supervisión; si cumplen con los ensayos normalizados que considere convenientes. Los resultados que se obtendrán del estudio nos permitirán contribuir a la solución de los problemas que existen en la obtención de la resistencia del concreto y evitar problemas como son fisuras, rajaduras, poniendo en peligro las obras y vidas humanas.

Los resultados de estudio de los agregados permitirán el uso del material, en proyectos que requieran concretos que cumplan con una resistencia optima, los cuales mediante el entrenamiento de la red neuronal artificial se logra optimizar el diseño de mezclas y mejorar el control de la producción de concreto.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

El presente proyecto de tesis no tiene antecedentes similares, pero en las siguientes investigaciones observamos similitudes en el proceso experimental de otros materiales:

##### 2.1.1. A nivel internacional:

- Martín, López y Martín (2006) “*Redes neuronales artificiales para la predicción de la calidad en soldadura por resistencia por puntos*” de la universidad de Valladolid de España, llego a la conclusión:
  - La posibilidad de aplicar con éxito las RNA, en virtud de las características que poseen de adaptabilidad y robustez (“tolerancia a fallos”), para tareas predictivas y de clasificación en cualquier situación dentro del ámbito industrial.
- Morataya (2005), en su investigación realizada sobre el “*Concreto de Alta Resistencia (Experimentación en Guatemala)*” de la Universidad de San Carlos de Guatemala, concluyó que:
  - Las propiedades de la micro sílice provocan disminución en la porosidad en el concreto y esto permite que sea más durable, más resistente y,

además, con la utilización de aditivos reductores de agua de alto rango y plastificantes se obtienen asentamientos que van de 6" a 9".

- Gonzales y Delvasto (2012), en su investigación realizada sobre *“Red Neuronal Artificial para estimar La Resistencia A Compresión, en Concretos-Fibroreforzados con Polipropileno”* de la Universidad de Manizales de Colombia, concluyo que:
  - El uso de redes neuronales artificiales tiene un buen comportamiento en la estimación de la resistencia a compresión, siendo significativa una amplia consideración en las características de las variables.

#### **2.1.2. A nivel nacional:**

- Vilca (2009), en su investigación *“Obtención del Concreto de Alta Resistencia”*. de la Universidad Nacional de Ingeniería, concluyó que:
  - La resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con aditivo, a los 90 días de edad se incrementa en 12%, y en el concreto con aditivo más micro sílice se incrementa en 73%, mientras que la resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con aditivo, a los 90 días de edad se incrementa en 12%, y en el concreto con aditivo más microsílíce se incrementa en 73%. Y la resistencia a la compresión del concreto se incrementa conforme aumenta su edad. Concreto patrón a los 28 días = 100% (638.09 kg/cm<sup>2</sup>) Concreto patrón más aditivo (1.2%) a los 90 días = 127% (812.12 kg/cm<sup>2</sup>) Concreto patrón más aditivo (1.5%) más microsílíce (15%) a los 180 días = 219% (1400.5 kg/cm<sup>2</sup>).

#### **2.1.3. A nivel local:**

- Chacaliaza y Vargas (2011), en su investigación denominado *“Características del agregado (finos y gruesos) de la cantera de Tucsipampa, Lircay”* de la Universidad Nacional de Huancavelica. Cuyo objetivo fue estudiar las características de los Agregados (Finos y Gruesos), concluyo que:
  - La granulometría de los Agregados, determinada por el análisis de tamices de N° 100, N° 50, N° 30, es un elemento importante que nos sirvió, en el tamaño máximo nominal y por ende, del requerimiento unitario de agua proporciones de agregado grueso y fino y cantidad de cemento para la trabajabilidad.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Concreto**

El concreto es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales. La pasta se compone de cemento y agua, que, al endurecerse, une a los agregados formando un conglomerado semejante a una roca debido a la reacción química entre estos componentes. Para lograr las mejores propiedades mecánicas, el concreto debe contar con un esqueleto pétreo empacado lo más densamente posible, y con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que éste deje. (Netzahuali, 2011)

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interfaz entre estos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes propiedades (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.), pueden producir concretos de distintas resistencias. (Solis Carcaño, Moreno, & Chan, 2003)

La principal característica estructural del concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura a compresión) sobre probetas de Concreto. (Sanchez & Tapia, 2015)

### **2.2.2 Cemento**

Es un aglomerante hidráulico y proviene de la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos y posterior molienda muy fina del “Clinker” que es el material resultante de la calcinación, con una pequeña adición de yeso, menor al 1% del peso total. El cemento posee la propiedad que al mezclarlo con agua forma una pasta aglomerante, que unido a los agregados y a medida que transcurre el tiempo va aumentando su resistencia y volviéndose más rígida. (N.T.P.400.011, 2008)

#### **2.2.1.1 Tipos de cementos**

##### **a) Cementos Pórtland sin adición**

Constituidos por Clinker Pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las normas técnicas:

- Tipo I : Para usos que no requieren propiedades especiales de ningún otro tipo.
- Tipo II : Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III : Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV : Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V : Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

#### **b) Cementos Pórtland adicionados**

Contienen además de Clinker portland y yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos contienen pequeños porcentajes de otros materiales denominados “adiciones” (puzolanas, escorias, caliza, filler etc.), (N.T.P.400.011, 2008) Esta incorporación contribuye a mejorar las propiedades del concreto. Entre ellos tenemos:

- Cementos Portland Puzolánicos: Tipo IP, Tipo IPM y Tipo P.
- Cementos Portland de escoria: Tipo IS, Tipo ISM y Tipo S.
- Cementos Portland compuesto: Tipo ICo.

### **2.2.3 Agregados**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la (N.T.P.400.011, 2008).

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

Como conceptos de caracterización física de los agregados tenemos:

#### **2.2.3.1 Propiedades**

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc. A continuación, detallamos alguna de ellas:

- Propiedades Mecánicas: Densidad, Dureza y Adherencia
- Propiedades Físicas: Granulometría, Peso unitario suelto y varillado,
- Peso específico, Contenido de humedad y Porcentaje de absorción.



### 2.2.3.2 Ensayos de agregado para la dosificación de mezclas

#### a) Granulometría

Con este ensayo de granulometría para ambos agregados podemos determinar el módulo de fineza y el tamaño máximo, tanto para el agregado fino como para el agregado grueso respectivamente. La granulometría es determinada por análisis de tamices (ASTM C136, 2011).

**Módulo de fineza:** Es la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°4, 8, 16, 30, 50 y 100 y posteriormente dividido entre 100. El Módulo de fineza típico varía entre 2.3 y 3.1, representando el valor más alto una granulometría gruesa.

**Tamaño máximo:** Es la primera malla por la que pasa todo el agregado grueso.

**Tamaño máximo nominal:** Es la primera malla que produzca un retenido entre 5% y 10%.

#### b) Peso unitario

Es el peso por unidad de volumen (aparente). Se determinan dos formas de peso unitario.

**Peso unitario suelto:** En el que el recipiente se llena normalmente sin presión alguna.

**Peso unitario compactado:** En el que el recipiente se llena con tres capas compactando cada una con la varilla estándar.

#### c) Peso específico

Es el peso por unidad de volumen (agua desplazada por inmersión).

#### d) Contenido de humedad

Es el porcentaje de agua que contiene el agregado.

#### E) capacidad de absorción

Es aquel contenido de humedad que tiene el agregado que se encuentra en el estado saturado superficialmente seco. Este es el estado de equilibrio de los agregados, es decir en que no absorben ni sueltan agua.

### 2.2.3.3 Clasificación de los agregados

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

**a) Por su naturaleza:**

Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y concreto (agregado global).

**El agregado fino:** Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N°200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.

Tabla 1: *Granulometría del agregado fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No.4)	95 a 100
2,36 mm (No.8)	80 a 100
1,18 mm (No.16)	50 a 85
600 µm (No.30)	25 a 60
300 µm (No.50)	05 a 30
602 µm (No.100)	0 a 10

Fuente: Norma NTP -400.037 (2014)

**El agregado grueso,** es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava. (N.T.P.400.037, 2014)

**b) Por su densidad:**

Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75. (N.T.P.400.011, 2008)

**c) Por el origen, forma y textura superficial**

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades, como indica (Sanchez & Tapia, 2015). En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser:

**Angular:** Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.

**Sub angular:** Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.

**Sub redondeada:** Considerable desgaste en caras y bordes.

**Redondeada:** Bordes desgastados casi eliminados.

**Muy redondeada:** Sin caras ni bordes. Respecto de la textura superficial estas pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítrea
- Cristalina

***d) Por el tamaño del agregado:***

Según su tamaño (N.T.P.400.011, 2008), los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas) y
- Agregados gruesos (piedras)

***2.2.3.4 Propiedades mecánicas de los agregados***

***a) Resistencia:***

La resistencia de los agregados depende de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles.

La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante. La norma británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los agregados utilizando cilindros de 25.4mm de diámetro y altura. (Saccaco, 2015).

***b) Tenacidad:***

Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material. (Saccaco, 2015).

***c) Dureza:***

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus



constituyentes. Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silíceas. (Saccaco, 2015).

**d) Módulo de elasticidad:**

Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones. El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse. (Saccaco, 2015).

**2.2.3.5 Propiedades químicas de los agregados**

**a) Reacción álcali-sílice:**

Los álcalis en el cemento están constituidos por el Óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo Normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción. (Saccaco, 2015).

**b) Reacción álcali-carbonatos:**

Se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción.  
(Saccaco, 2015).

**2.2.4 Agua**

El agua es un elemento indispensable en la elaboración de la mezcla de concreto ya que sirve para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades. Esta agua debe cumplir ciertos requisitos para que no sea perjudicial al concreto.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden

ser adecuadas para el concreto. Pero en cualquier caso el agua a usar en la mezcla debe cumplir con los requisitos de la norma (N.T.P.339.088, 2014)

## **2.2.5 Elaboración del concreto**

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado “Diseño de Mezclas” es un proceso que consiste en pasos dependientes entre sí:

- Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.

### **2.2.5.1 Consideraciones básicas**

#### **a) Economía**

El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo, excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto, los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes.

Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto (Laura, 2006). En general, esto puede ser echo del siguiente modo:

- Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación.
- Utilizando el mayor tamaño máximo del agregado (respetando las limitaciones indicadas en el capítulo anterior).
- Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregado fino.
- Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente.

#### **b) Trabajabilidad**

Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación.

La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento. Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento).

Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución (Laura, 2006).

#### **b) Resistencia y durabilidad**

En general las especificaciones del concreto requerirán una resistencia mínima a compresión. Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles (Laura, 2006)

#### **2.2.5.2 Pasos para el proporcionamiento**

La secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

##### **2.2.5.2.1. Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.**

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra, donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil. (Rivva, 2000).

##### **2.2.5.2.2. Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ).**

La resistencia promedio requerida será el mayor de los valores determinados por las fórmulas siguientes usando la desviación estándar “s” calculada.

Si se conoce el valor de la desviación estándar: La ecuación (1) proporciona una probabilidad de 1 en 100 que el promedio de tres ensayos consecutivos estará por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ . La ecuación (2) proporciona una probabilidad similar de que ensayos individuales estén 35 kg/cm<sup>2</sup> por debajo de la resistencia especificada  $f'_c$ . (Laura, 2006).

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \dots \dots \dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \dots \dots \dots (2)$$

Donde :

$s$ =desviación estándar, en kg/cm<sup>2</sup>

Si se desconoce el valor de la desviación estándar, se utilizará la Tabla 2. para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla 2: *Resistencia a la compresión promedio*

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
sobre 350	$f'_c + 98$

Fuente: Diseño de mezclas de concreto (2006)

#### 2.2.5.2.3. Elección del Asentamiento (Slump)

- Si las especificaciones técnicas de obra requieren que el concreto tenga una determinada consistencia, el asentamiento puede ser elegido de la siguiente tabla 3:

Tabla 3: *Consistencia y asentamientos*

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" (0 mm) a 2" (50 mm)
Plástica	3" (75 mm) a 4" (100 mm)
Fluida	≥ 5" (125 mm)

Fuente: Diseño de mezclas de concreto (2006)

- Si las especificaciones de obra no indican la consistencia, ni asentamiento requeridos para la mezcla a ser diseñada, utilizando la tabla 4 podemos seleccionar un valor adecuado para un determinado trabajo que se va a realizar.

Tabla 4: *Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción*

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
* Zapatas y muros de cimentaciones reforzados	8	2
* Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	8	2
* Vigas y muros reforzados	10	2
* Columnas	10	2
* Pavimentos y losas	8	2
* Concreto ciclópeo y masivo	5	2

Fuente: Diseño de mezclas de concreto (2004)

#### **2.2.5.2.4. Selección del tamaño máximo del agregado grueso**

Las Normas de Diseño Estructural recomiendan que el tamaño máximo nominal del agregado grueso sea el mayor que sea económicamente disponible, siempre que sea compatible con las dimensiones y características de la estructura. El RNE E 060 prescribe que el agregado grueso no deberá ser mayor de:

- a) 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados; o
- b) 1/3 del peralte de la losa; o
- c) 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

Se considera que, cuando se incrementa el tamaño máximo del agregado, se reducen los requerimientos del agua de mezcla, incrementándose la resistencia del concreto. En general este principio es válido con agregados hasta 40mm (1½"). En tamaños mayores, sólo es aplicable a concretos con bajo contenido de cemento.

#### **2.2.5.2.5. Estimación del agua de mezclado y contenido de aire**

La tabla 5, preparada en base a las recomendaciones del Comité 211 del ACI, nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado con o sin aire incorporado.

Tabla 5: *Requerimientos aproximados de agua y mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados*

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agua en l/m3 de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	10 mm (3/8 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	20 mm (3/4 pulg)	25 mm (1 pulg)	40 mm (1 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	70 mm (3 pulg)	150 mm (6 pulg)
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado (%).	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120
80 a 100 (3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135
150 a 180 (6" a 7")	215	205	190	185	170	165	160	---
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5*
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.6	4.5	4.0	3.5*
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5*

\* Para concreto que contiene agregado grande será tamizado húmedo por una malla de 40 (mm) (1 1/2") antes de ser tabulado en la columna de 40 mm (1 1/2"). Sin embargo, los cálculos iniciales de las proporciones deben basarse en el contenido de aire como un porcentaje de la mezcla completa.

Fuente: Comité 211 del ACI

#### 2.2.5.2.6. Selección de la relación agua/cemento (a/c)

Existen dos criterios (por resistencia, y por durabilidad) para la selección de la relación a/c, de los cuales se elegirá el menor de los valores, con lo cual se garantiza el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones. Es importante que la relación a/c seleccionada con base en la resistencia satisfaga también los requerimientos de durabilidad.

##### a) Por resistencia

Para concretos preparados con cemento Portland tipo 1 o cementos comunes, puede tomarse la relación a/c de la tabla 6.

Tabla 6: *Relación agua/cemento y resistencia a la compresión de concreto*

Resistencia a la compresión a los 28 días ( $f'_{cr}$ ) (kg/cm2)*	Relación de agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4



300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

\* Los valores corresponden a resistencias promedio estimadas para concretos que no contengan más del porcentaje de aire mostrado en la tabla 5. Para una relación agua/cemento constante, la resistencia del concreto se reduce conforme aumenta el contenido de aire. Fuente: Diseño de mezclas de concreto (2004)

### ***b) Por durabilidad***

La Norma Técnica de Edificación E.060 prescribe que, si se desea un concreto de baja permeabilidad, o el concreto ha de estar sometido a procesos de Congelación y deshielo en condición húmeda. Se deberá cumplir con los requisitos indicados en la tabla 7.

*Tabla 7: Máxima relación agua /cemento permisible para concretos sometidos a condiciones especiales de exposición.*

<b>Condiciones de exposición</b>	<b>Relación agua/cemento máxima</b>
Concreto de baja permeabilidad:	
a) Expuesto a agua dulce.	0.50
b) Expuesto a agua de mar o aguas salobres.	0.45
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales. (*)	0.45
Concreto expuesto a proceso de congelación y deshielo en condición húmeda:	
a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45
b) Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.45

(\*) La resistencia  $f'_c$  no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad

Fuente: Diseño de mezclas de concreto (2004)

#### **2.2.5.2.7. Cálculo del contenido de cemento**

Determinado por la metodología empleada para el cálculo del diseño de mezclas:

- Método de Fuller
- Método del comité 211 DE ACI
- Método del módulo de fineza de la combinación de los agregados
- Método de Wallker
- Otros

#### **2.2.5.2.8. Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino**

Con los métodos mencionados se estima las cantidades de cemento, agua y aire, quedando el contenido de agregados como resultado

#### **2.2.5.2.9. Ajustes por humedad y absorción**

El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación a/c y la trabajabilidad. Por otro lado, si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de esta agua a la pasta aumentando la relación a/c, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a compresión. Por lo tanto, estos efectos deben ser tomados estimados y la mezcla debe ser ajustada tomándolos en cuenta.

Si:

Para el Agregado Grueso:

- Humedad Agregado Grueso = %  $W_g$
- Absorción Agregado Grueso = %  $a_g$

Para el Agregado Fino:

- Humedad Agregado Fino = %  $W_f$
- Absorción Agregado Fino = %  $a_f$

Peso de los agregados húmedos:

$$\text{Peso Agregado grueso (kg)} = (\text{Peso Agregado grueso seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%W_g}{100}\right)$$

$$\text{Peso Agregado fino (kg)} = (\text{Peso Agregado fino seco}) \cdot \left(1 + \frac{\%W_f}{100}\right)$$

Agua efectiva:



*Agua en Agregado grueso*

$$= (\text{Peso Agregado grueso seco}) \cdot \left( \frac{\%W_g + \%a_g}{100} \right) = X$$

$$\text{Agua en Agregado fino} = (\text{Peso Agregado fino seco}) \cdot \left( \frac{\%W_f + \%a_f}{100} \right) = y$$

$$\text{Agua Efectiva}(l) = \text{Aguadediseño} - (X + Y)$$

#### 2.2.5.2.10. Cálculo de proporciones en peso

*Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua*

$$\frac{\text{Peso cemento}}{\text{Peso cemento}} : \frac{\text{Peso A, fino humedo}}{\text{Peso Cemento}} : \frac{\text{Peso A. grueso}}{\text{Peso Cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\text{Peso cemento}}$$

#### 2.2.5.2.11. Cálculo de proporciones en volumen

$$\text{Cemento: Vol. Cemento (m3)} = \frac{\text{Pesocemento(Kg)}}{\text{P.U.cemento(1500Kg/m3)}}$$

$$\text{Agregado fino : Vol. A fino (m3)} = \frac{\text{PesocAfinohumedo(Kg)}}{\text{P.U.A.finohumedo(Kg/m3)}}$$

$$\text{Agregado Grueso: Vol. A grueso (m3)} = \frac{\text{PesoAgruesohumedo(Kg)}}{\text{P.U.Agruesohumedo(Kg/m3)}}$$

$$\text{Agua (l/bolsa):} = \frac{\text{Cantidad de agua por m3 de concreto}}{\left( \frac{\text{Peso cemento por m3 de concreto}}{\text{Pesocementoporbolsa(42.5kg)}} \right)}$$

Proporciones por volumen:

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Vol. cemento}} : \frac{\text{Agregado fino}}{\text{Vol. A, fino humedo}} : \frac{\text{Agregado grueso}}{\text{Vol. A. grueso}} / \frac{\text{Agua (l/bolsa)}}{\text{Vol. Cemento}}$$

### 2.2.5 Redes neuronales artificiales

Según (Marin, 2012), las redes neuronales (NN o Neural Networks) se crearon para simular los sistemas nerviosos biológicos, constituidos por neuronas y nodos que interconectan las neuronas. El primer modelo de red neuronal fue propuesto en 1943 por McCulloch y Pitts. Las de redes neuronales podrían clasificar en:

- Modelos basados en la Biología: Son un conjunto de redes que simulan los sistemas neuronales biológicos.
- Modelos artificiales aplicados: Diseñados para resolver algún problema en concreto que no tiene necesariamente que ver con los sistemas biológicos.

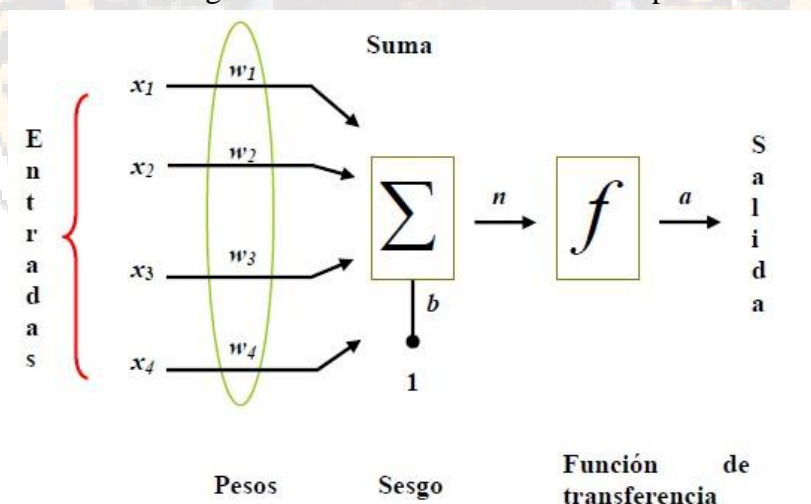
Las redes neuronales, también llamadas "redes de neuronas artificiales", son modelos bastante simplificados de las redes de neuronas que forman el cerebro. Y, al igual que este, intentan "aprender" a partir de los datos que se le suministran.

Así, las principales características que diferencian a las redes neuronales de otras tecnologías de IA son:

- Su capacidad de aprendizaje a partir de la experiencia (entrenamiento). Normalmente, para la elaboración de un programa informático es necesario un estudio detallado de la tarea a realizar para después codificarla en un lenguaje de programación. Pero, las redes neuronales pueden ser entrenadas para realizar una determinada tarea sin necesidad de un estudio a fondo ni programarla usando un lenguaje de programación. Además; las redes neuronales pueden volver a entrenarse para ajustarse a nuevas necesidades de la tarea que realizan, sin tenerse que reescribir o revisar el código.
- Su velocidad de respuesta una vez concluido el entrenamiento. Se comportan también en este caso de manera similar a como lo hace el cerebro: los seres humanos no necesitamos pensar mucho para identificar un objeto, una palabra.
- Su robustez, en el sentido de que el conocimiento adquirido se encuentra repartido por toda la red, de forma que si se lesiona una parte se continúan generando cierto número de respuestas correctas.

En la figura 1 se muestra una neurona artificial de múltiples entradas. En ésta, las entradas individuales  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  y  $x_4$  son multiplicadas correspondientemente por los elementos  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  y  $w_4$  de la matriz de pesos  $W$  y enviados a la suma. La otra entrada, 1, es multiplicada por un sesgo  $b$  y después se pasa también a la suma. La salida de la suma,  $n$ , se pasa a la función de transferencia  $f$ , que produce una salida  $a$  de la neurona.

Figura 1: Neurona artificial de múltiples entradas



Fuente:(EsAcademic,2010)

### **2.2.5.1 Aprendizaje**

El aprendizaje en una red neuronal es una de las partes más importantes, ya que a partir de ellas se determina valores precisos de los pesos para todas sus conexiones, que la capacite para la resolución eficiente de un problema dado.

Según (Aguilar, 2008), este proceso consiste en ir introduciendo paulatinamente todos los ejemplos del conjunto de aprendizaje, luego modificar los pesos de las conexiones siguiendo un determinado esquema de aprendizaje, para finalmente comprobar la convergencia, siendo esto un proceso iterativo hasta alcanzar pesos óptimos con un mayor grado de precisión. con el objeto de minimizar el error cometido entre la salida obtenida por la red neuronal y la salida deseada.

### **2.2.5.2 Fase de prueba**

El modelo puede que se ajuste demasiado a las particularidades presentes en los patrones de entrenamiento, perdiendo su habilidad de generalizar su aprendizaje a casos nuevos. Esto se denomina sobreajuste. Para evitar este problema, es aconsejable utilizar un segundo grupo de datos diferentes a los de entrenamiento, el grupo de validación, que permita controlar el proceso de aprendizaje.

### **2.2.5.3 Estructuras de conexión de atrás hacia adelante**

Una red neuronal se determina por las neuronas y la matriz de pesos. Hay tres tipos de capas de neuronas:

- Capa de entrada
- Capa oculta
- Capa de salida

### **2.2.5.4 Algoritmo de aprendizaje Backpropagation**

Consta de dos pasos; el primero se presenta un patrón de entrada y este se transmite a través de las sucesivas capas de neuronas hasta obtener una salida. Después se procede a ejecutar una etapa de entrenamiento o aprendizaje donde se modifican los pesos de la red hasta que la salida deseada por el usuario coincida con la salida obtenida por la red en todos los patrones de entrada.

#### **a) Funcionamiento:**

La elaboración de una Red neuronal artificial involucra la definición del número de capas ocultas, el número de neuronas en las capas ocultas, el tipo de conexiones entre las neuronas y el mecanismo de aprendizaje. Con

respecto al tipo de conexiones, una tipología es la feedforward, definida por (Rumelhart, Hilton, & Williams, 1986), la cual corresponde a un tipo de estructura de computación paralela donde muchas pequeñas unidades de cálculo llamadas neuronas están masivamente interconectadas, con la capa anterior de donde reciben información, y con la capa posterior hacia donde la transmiten. Sus capas ocultas poseen una función de activación que limita la salida a un rango cercano y desde esta la capa de salida puede producir todos los valores de estimación. La salida de cada capa es representada como:

$$Y_{N+1} = f(W_{N \times M} X_{M,1} + b_{N,1}) \quad (1)$$

Donde:

*Y es un vector que contiene la salida desde cada una de las*

*N neuronas en una capa dada,*

*W es la matriz que contiene los pesos sinápticos, para cada una de las*

*M salidas para todas las N neuronas,*

*X es el vector que contiene las entradas,*

*b es el vector que contiene los sesgos (bias),*

*y f es la función de activación.*

La función de activación no-lineal a emplear es la función sigmoidea que se expresa como:

$$f(Z) = \frac{1}{1+e^{-Z}} \quad (2)$$

Donde:

*Z es la expresión contenida dentro del paréntesis de la ecuación (1).*

La técnica de aprendizaje de backpropagation consiste en utilizar una optimización basada en derivas, donde el error es derivable no solamente en función de los pesos de la capa de salida, sino también en función de los pesos de la capa utilizando la regla de la cadena que permite minimizar el error de entrenamiento de la red neuronal.

El método de entrenamiento denominado algoritmo de Levenberg Mardquart LMA (Levenberg -Mardquart Algorithm), definido por (Rumelhart, Hilton, & Williams, 1986), y corresponde a una técnica iterativa que localiza el mínimo de una función que es expresada como la suma de los cuadrados de funciones no lineales.

Para el reconocimiento de patrones, la red neuronal artificial (RNA), divide la información en tres grupos, siendo una técnica de división, K-Fold Cross Validation con k=3, la cual divide cada base de datos específica en tres grupos de igual extensión con vectores de información escogidos al azar, usando alternativamente dos grupos como conjunto de aprendizaje de la red, siendo

estos: entrenamiento, prueba y validación (Gonzales, Guerrero, Delvasto, & Ernesto, 2012). Dando una mejor idea de los errores de validación y de la existencia de valores extremos o atípicos (Outliers) que normalmente quedan ocultos por la división de datos y otros efectos.

## 2.3 FORMULACION DE HIPÓTESIS

### 2.3.1 Hipótesis general

El resultado de la resistencia del concreto mediante redes neuronales artificiales es óptimo.

### 2.3.2 Hipótesis específicas

- La cantidad de cemento influye al método de redes neuronales artificiales al hallar la resistencia del concreto.
- La cantidad de agua influye al método de redes neuronales artificiales al hallar la resistencia del concreto.
- Las características del agregado influyen al método de redes neuronales artificiales al hallar la resistencia del concreto.
- El tiempo de curado influye al método de redes neuronales artificiales al hallar la resistencia del concreto.

## 2.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

### 2.4.1 Variable independiente

Redes neuronales artificiales

### 2.4.2 Variable dependiente

Resistencia del concreto

### 2.4.2 Variables e indicadores

Tabla 8: Variables e indicadores

Variables	Indicadores
Variable Independiente: (X)	x1. Cemento.(kg)
Redes neuronales artificiales	x2. Agua.(l)
	x3. Características del agregado.(glb)
	x4. Tiempo de curado.(días)
Variable Dependiente: (Y)	y1. Resistencia a la compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistencia del Concreto	

Fuente: Elaboración propia



## **CAPÍTULO III**

### **3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO**

El ámbito de estudio es para el presente trabajo de investigación es:

- Región: Huancavelica
- Departamento: Huancavelica
- Provincia: Huancavelica
- Ciudad: Huancavelica

### **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es experimental: según (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010, pag 150) en un estudio experimental se construye el contexto y se manipula de manera intencional la variable independiente,(...) después se observa el efecto de esta manipulación sobre la variable dependiente.

#### ***3.2.1 Nivel de investigación***

El nivel de investigación es explicativo ya que su interés se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porque se relaciona dos o más variables (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2010, pag 84)



### 3.3 Método de investigación

En la presente investigación, se utilizó el Método Analítico, según (Rodríguez, 2005, pag 30), se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado, a partir de la experimentación y el análisis de gran número de casos se establecen leyes universales. Consiste en la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para ver, las relaciones entre las mismas.

Estas operaciones no existen independientes una de la otra; el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo; y a su vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis.

### 3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se utilizó el diseño descriptivo Experimental, como indica (Sabino, 2006), son los que se refieren a, los métodos cuando los datos de interés se recojan en forma directa de la realidad mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo.

#### Experimental:

GE:	01	X	02
-----			
GC:	03		04

#### Donde:

(X)= *Características del Agregado*".

G.E. *Grupo Experimental.*

G.C. *Grupo de Control.*

01 y 03 *Pre-Test*

02 y 04 *Post Test*

### 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

A continuación, se detalla la población y muestra determinada para la ejecución de la investigación.



### 3.4.1 Población

Se tomo como población a las canteras de agregados de la localidad de Huancavelica, provincia de Huancavelica, de la región Huancavelica.

### 3.4.2 Muestra

Se tomó como grupo de muestra a la cantera de agregados Santa Rosa ubicada en el margen izquierdo del río Ichu de la localidad de Huancavelica.

### 3.4.3 Muestreo

Se considera el muestreo mediante los criterios de:

- Probetas de concreto de diferentes resistencias  $f'c$ . según la Norma ASTM 2003 y la NTP.
- Probetas de concreto a diferentes tiempos de curado según la Norma ASTM 2003 y la NTP.

## 3.5. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 9: *Técnicas e instrumentos para la recolección de datos*

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Recopilación de información	<ul style="list-style-type: none"><li>• Papers, libros, tesis, normativas, guías, artículos.</li></ul>
Elaboración de especímenes	<ul style="list-style-type: none"><li>• Guía de laboratorio de concreto</li><li>• reglamento nacional de edificaciones E 060</li></ul>
Pruebas de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fichas de registro de ensayos</li><li>• Probetas de concreto</li><li>• Máquina de compresión axial</li></ul>
Análisis de laboratorio	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hojas de cálculo "software Excel"</li><li>• Norma técnica peruana 400.011</li></ul>
Procesamiento de datos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Software de aprendizaje de Redes Neuronales Artificiales<ul style="list-style-type: none"><li>• Matlab R -2013</li><li>• Python 3.6.0</li></ul></li></ul>

Fuente: Elaboración propia

## 3.6 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS

La validez y confiabilidad de los instrumentos, es de confiabilidad, ya que se hizo uso de los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica, que cuenta con materiales y equipos certificados y calibrados

con las normas vigentes para la producción de probetas de concreto, así como su ensayo de compresión axial.

### **3.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

A continuación se detalla las técnicas de procesamiento de datos y la forma de análisis de información de la presente investigación.

#### ***3.7.1 Procesamiento y análisis***

En esta etapa se realizó todos los ensayos necesarios para encontrar las características de las muestras del material en estudio. Con toda la información recopilada se realizó un primer avance sobre la solución del problema planteado. Estas primeras hipótesis, es frecuente que requieran comprobaciones sobre el terreno o realización de análisis de nuevos parámetros. En él que se recogió todos los aspectos observados y justificó la necesidad de los ensayos realizados, a fin de realizar el análisis de datos de muestra.

Posteriormente se realizó las estimaciones y modelamiento del diseño de redes neuronales que sea capaz de resolver el problema planteado.

### **3.8 PROCEDIMIENTOS O FASES METODOLÓGICAS**

Se denotan dos tipos de procedimiento de análisis.

#### ***3.8.1 Análisis cuantitativo***

Se ensaya en laboratorio los agregados para obtener sus propiedades, con ellas se procede a realizar un diseño de mezclas para una resistencia estimada y elaborar probetas de concreto con la finalidad de ensayarlos a la resistencia a la compresión axial. Como se detalla en esta investigación. Para ello se utilizamos software: Microsoft Excel, Matlab R2015a, Python 3.6.5. y Software SAS University.

#### ***3.8.2 Análisis cualitativo***

Se describe las características de los agregados y probetas de concreto, así como su relación con la resistencia al esfuerzo de compresión axial.



## **CAPÍTULO IV**

### **4.1 RESULTADOS Y DISCUSION**

En este capítulo se describe de manera sucinta el desarrollo y los resultados obtenidos de la presente investigación, siendo tres apartados: el primero trata sobre el análisis de las muestras de agregados, la determinación de sus características y propiedades, el segundo la elaboración y ensayo de las probetas de concreto y por último el diseño de una red neuronal artificial que prediga la resistencia del concreto.

#### **4.1.1. Ensayos de caracterización de los agregados**

Se realizaron los ensayos a los agregados de la cantera selección para determinar sus características y propiedades, que nos permitan controlar el diseño de mezclas para la producción de concreto.

##### **4.1.1.1 Análisis granulométrico**

Se realizó 6 registros distintos EA-01 Análisis granulométrico de los agregados de acuerdo con lo establecido por la norma (N.T.P.400.013, 2013), que se presentan a continuación:

- **Muestra 01, Fecha de ensayo: 18/02/2016**

Características granulométricas; en el siguiente cuadro 1, se detalla el análisis granulométrico del agregado grueso de la muestra 01, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

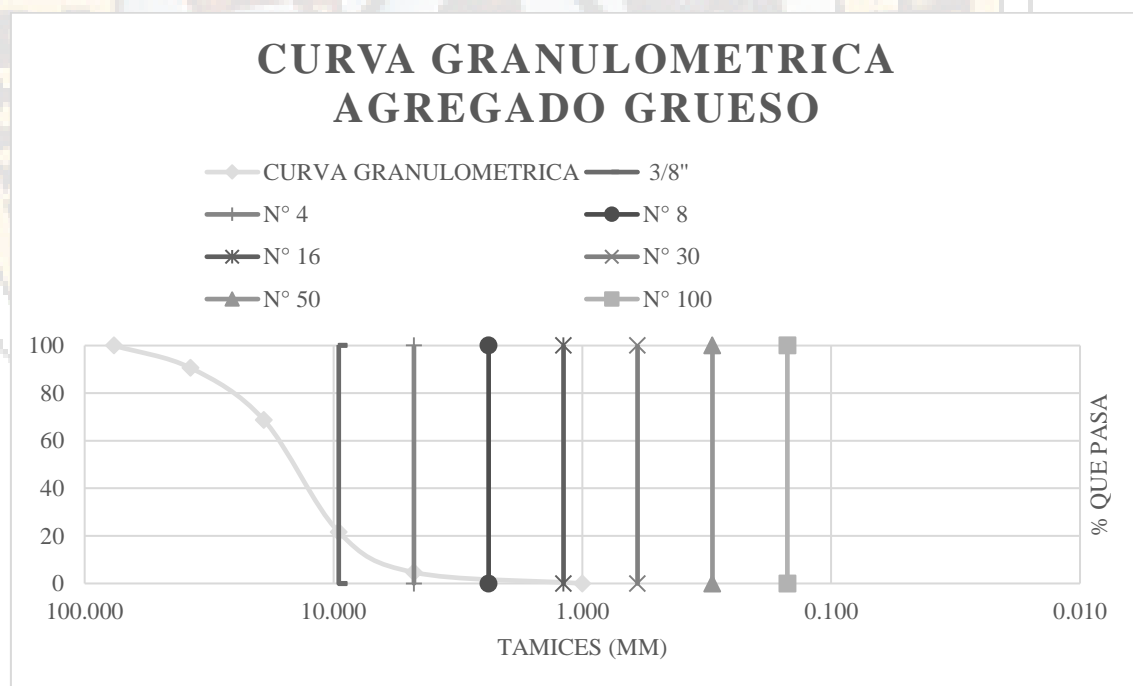
Cuadro 1: *Granulometría agregado grueso muestra 01*

AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.250	9.42	9.42	90.58
19.050	3/4	0.580	21.85	31.27	68.73
9.525	3/8	1.250	47.10	78.37	21.63
4.750	N° 4	0.450	16.96	95.33	4.67
1.000	Fondo	0.124	4.67	100.00	0.00
SUMA		2.654	kg		

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 1, se muestra la curva de granulometría del agregado grueso de la muestra 01, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 1: *Curva granulométrica agregado grueso muestra 01*



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro 2, se detalla el análisis granulométrico del agregado fino de la muestra 01, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

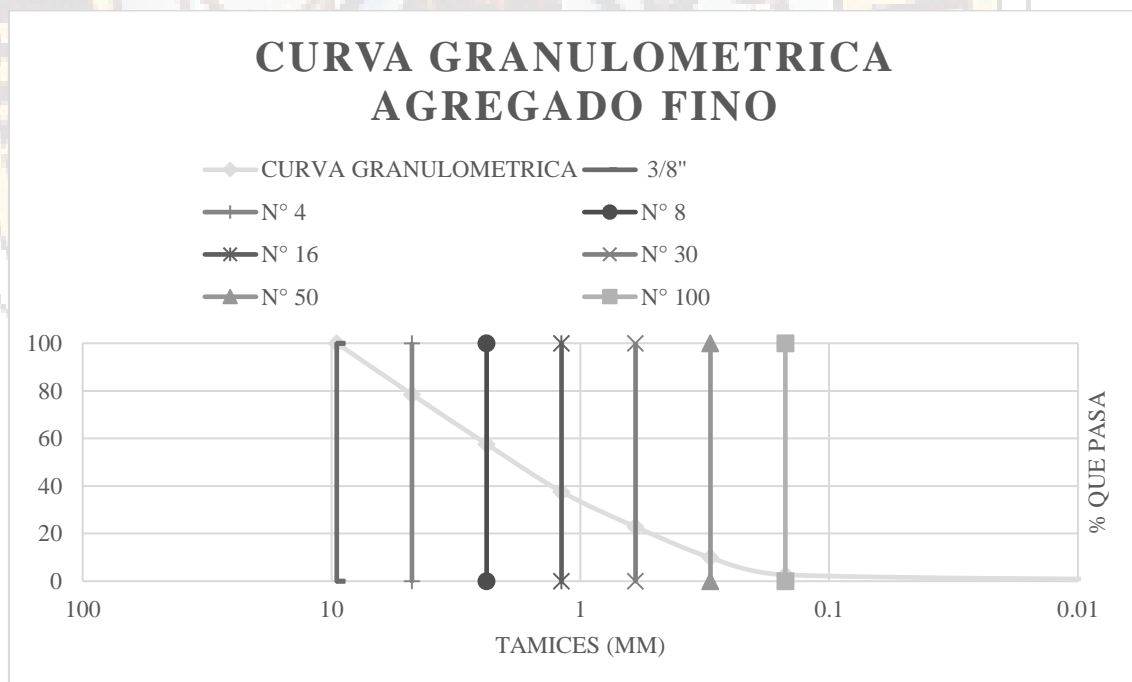
Cuadro 2: *Granulometría agregado fino muestra 01*

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W muestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.700	21.50	21.50	78.50
2.38	N° 8	0.680	20.88	42.38	57.62
1.19	N° 16	0.653	20.06	62.44	37.56
0.6	N° 30	0.480	14.74	77.18	22.82
0.3	N° 50	0.420	12.90	90.08	9.92
0.15	N° 100	0.236	7.25	97.33	2.67
0.001	Fondo	0.087	2.67	100.00	0.00
SUMA		3.256			

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 2, se muestra la curva de granulometría del agregado grueso de la muestra 01, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 2: *Curva granulométrica agregado grueso muestra 01*



Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 02, Fecha de ensayo: 18/02/2016**

En el siguiente cuadro 3, se detalla el análisis granulométrico del agregado grueso de la muestra 02, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

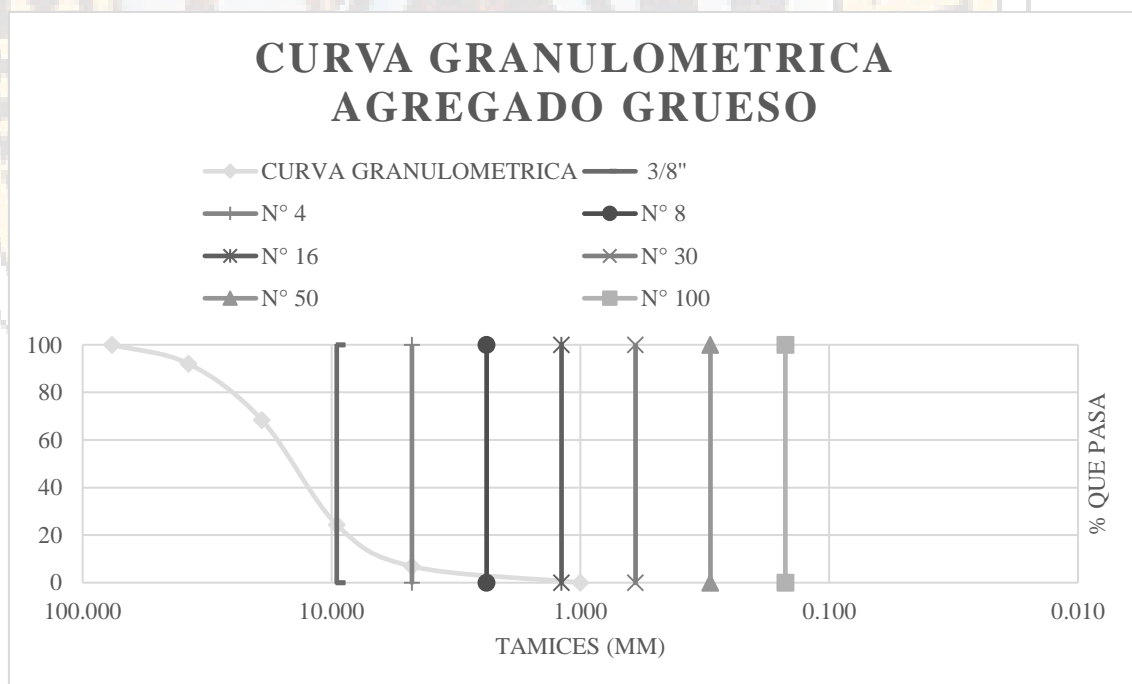
Cuadro 3: *Granulometría agregado grueso muestra 02*

<b>AGREGADO GRUESO</b>					
<b>Apertura Tamiz (mm)</b>	<b>Tamices</b>	<b>W Muestra (Kg)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasa</b>
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.220	8.00	8.00	92.00
19.050	3/4	0.650	23.63	31.62	68.38
9.525	3/8	1.210	43.98	75.61	24.39
4.750	N° 4	0.482	17.52	93.13	6.87
1.000	Fondo	0.189	6.87	100.00	0.00
<b>SUMA</b>		<b>2.751</b>		kg	

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 3, se muestra la curva de granulometría del agregado grueso de la muestra 02, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 3: *Curva granulométrica agregado grueso muestra 02*



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro 4, se detalla el análisis granulométrico del agregado fino de la muestra 02, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

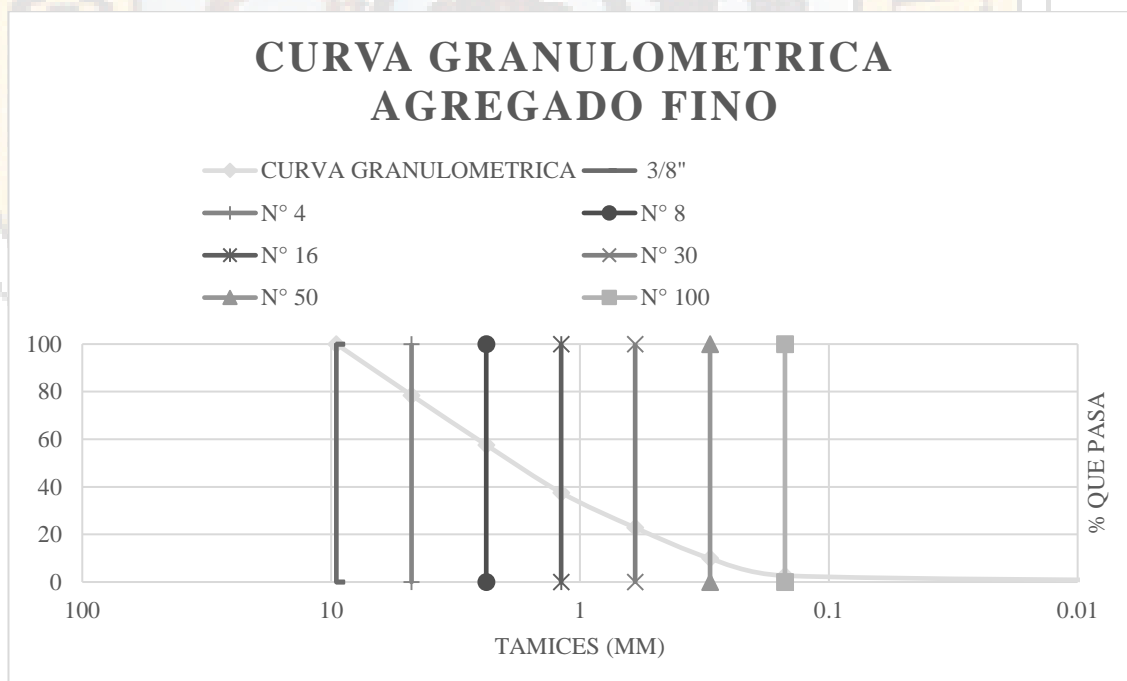
*Cuadro 4: Granulometría agregado fino muestra 02*

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W muestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.700	21.50	21.50	78.50
2.38	N° 8	0.680	20.88	42.38	57.62
1.19	N° 16	0.653	20.06	62.44	37.56
0.6	N° 30	0.480	14.74	77.18	22.82
0.3	N° 50	0.420	12.90	90.08	9.92
0.15	N° 100	0.236	7.25	97.33	2.67
0.001	Fondo	0.087	2.67	100.00	0.00
SUMA		3.256			

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 4, se muestra la curva de granulometría del agregado fino de la muestra 02, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

*Gráfico 4: Curva granulométrica agregado fino muestra 02*



Fuente: Elaboración propia



- **Muestra 03, Fecha de ensayo: 10/08/2016**

En el siguiente cuadro 5, se detalla el análisis granulométrico del agregado grueso de la muestra 03, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

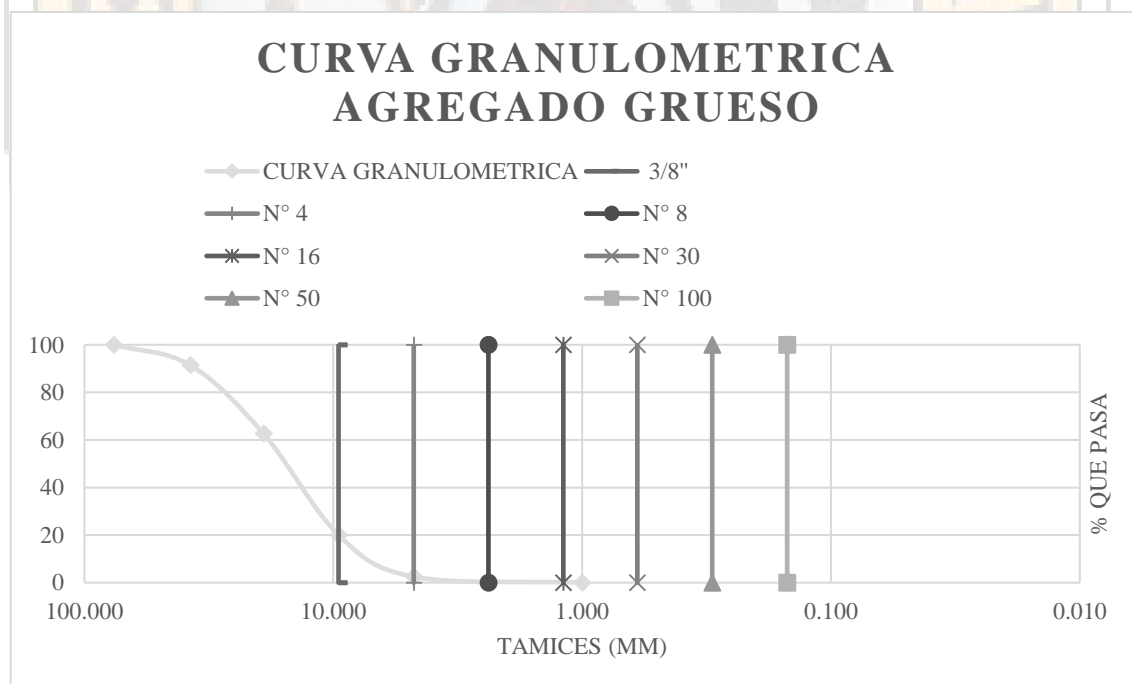
Cuadro 5: *Granulometría agregado grueso muestra 03*

AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.254	8.58	8.58	91.42
19.050	3/4	0.853	28.81	37.39	62.61
9.525	3/8	1.260	42.55	79.94	20.06
4.750	N° 4	0.520	17.56	97.50	2.50
1.000	Fondo	0.074	2.50	100.00	0.00
SUMA		2.961	kg		

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 5, se muestra la curva de granulometría del agregado grueso de la muestra 03, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 5: *Curva granulométrica agregado grueso muestra 03*



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro 6, se detalla el análisis granulométrico del agregado fino de la muestra 03, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

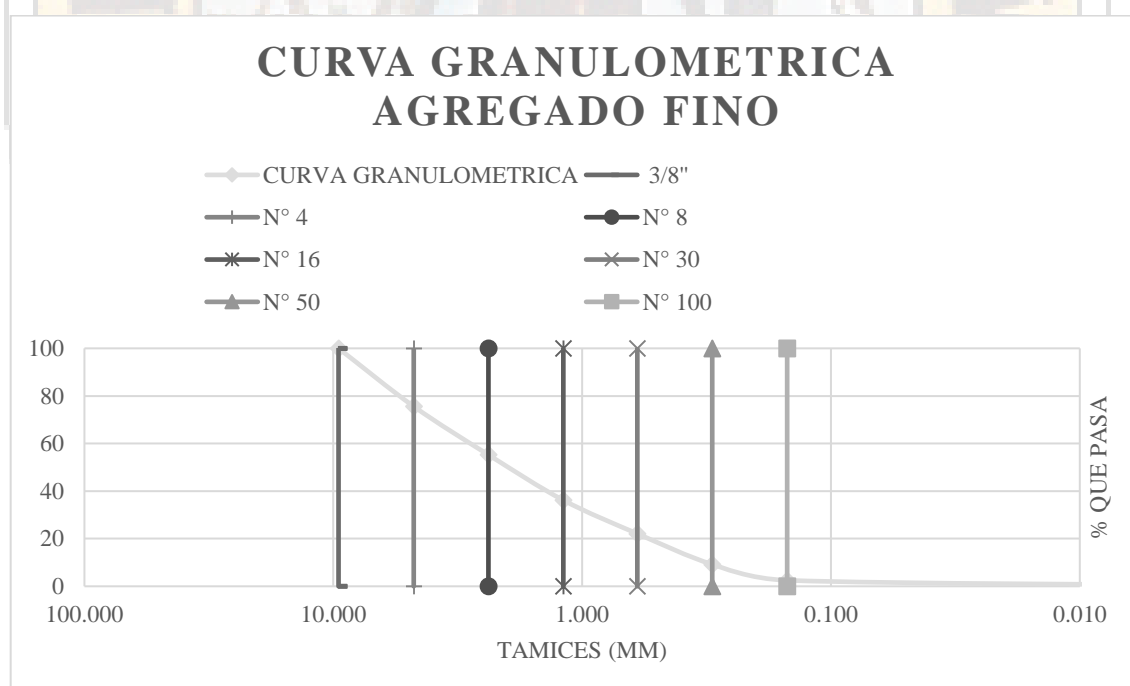
Cuadro 6: *Granulometría agregado fino muestra 03*

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	Wmuestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.780	24.40	24.40	75.60
2.38	N° 8	0.650	20.33	44.73	55.27
1.19	N° 16	0.610	19.08	63.81	36.19
0.6	N° 30	0.450	14.08	77.89	22.11
0.3	N° 50	0.412	12.89	90.77	9.23
0.15	N° 100	0.215	6.73	97.50	2.50
0.001	Fondo	0.080	2.50	100.00	0.00
SUMA		3.197			

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 6, se muestra la curva de granulometría del agregado fino de la muestra 03, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 6: *Curva granulométrica agregado fino muestra 03*



Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 04, Fecha de ensayo: 10/08/2016**

En el siguiente cuadro 7, se detalla el análisis granulométrico del agregado grueso de la muestra 04, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

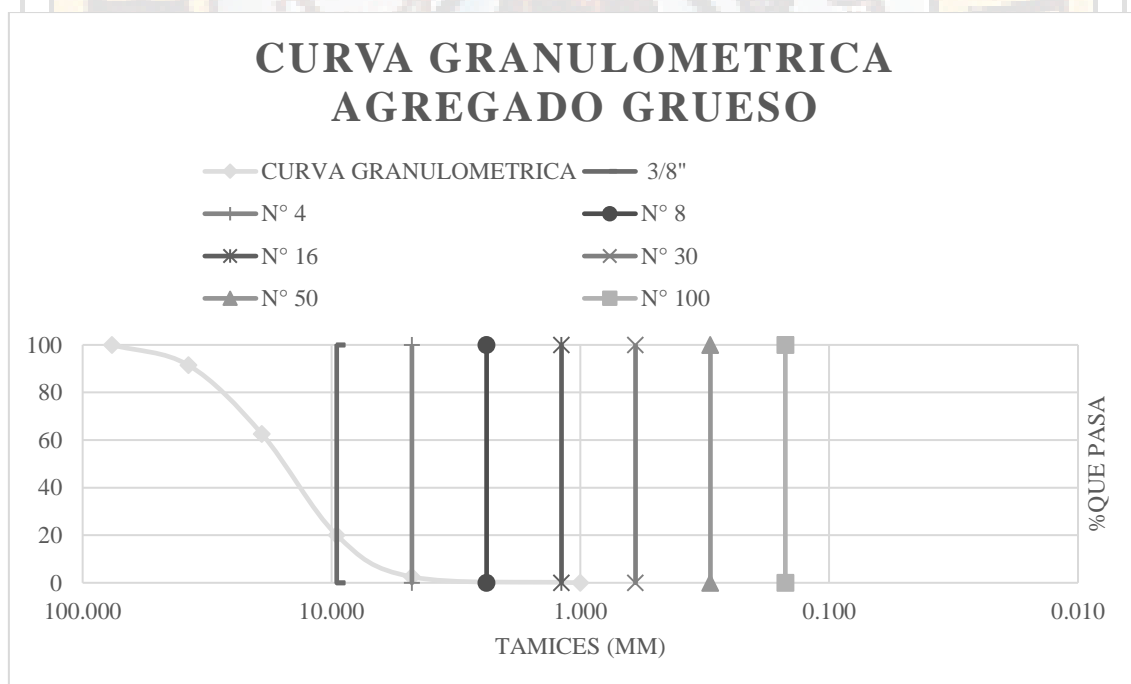
*Cuadro 7: Granulometría agregado grueso muestra 04*

<b>AGREGADO GRUESO</b>					
<b>Apertura Tamiz (mm)</b>	<b>Tamices</b>	<b>W Muestra (Kg)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasa</b>
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.254	8.58	8.58	91.42
19.050	3/4	0.853	28.81	37.39	62.61
9.525	3/8	1.260	42.55	79.94	20.06
4.750	N° 4	0.520	17.56	97.50	2.50
1.000	Fondo	0.074	2.50	100.00	0.00
<b>SUMA</b>		<b>2.961</b>	kg		

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 7, se muestra la curva de granulometría del agregado grueso de la muestra 04, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

*Gráfico 7: Curva granulométrica agregado grueso muestra 04*



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro 8, se detalla el análisis granulométrico del agregado fino de la muestra 04, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

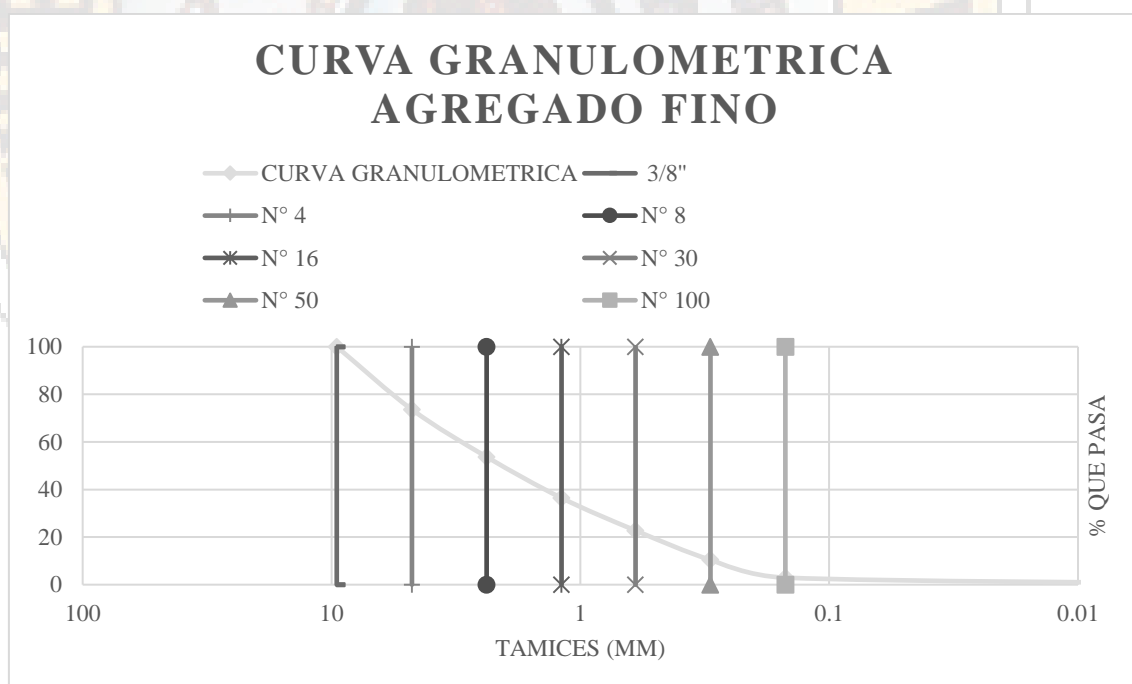
Cuadro 8: *Granulometría agregado fino muestra 04*

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	Wmuestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.810	26.40	26.40	73.60
2.38	N° 8	0.610	19.88	46.28	53.72
1.19	N° 16	0.530	17.28	63.56	36.44
0.6	N° 30	0.420	13.69	77.25	22.75
0.3	N° 50	0.378	12.32	89.57	10.43
0.15	N° 100	0.230	7.50	97.07	2.93
0.001	Fondo	0.090	2.93	100.00	0.00
SUMA		3.068			

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 8, se muestra la curva de granulometría del agregado grueso de la muestra 04, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 8: *Curva granulométrica agregado fino muestra 04*



Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 05, Fecha de ensayo: 10/08/2016**

En el siguiente cuadro 9, se detalla el análisis granulométrico del agregado grueso de la muestra 05, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

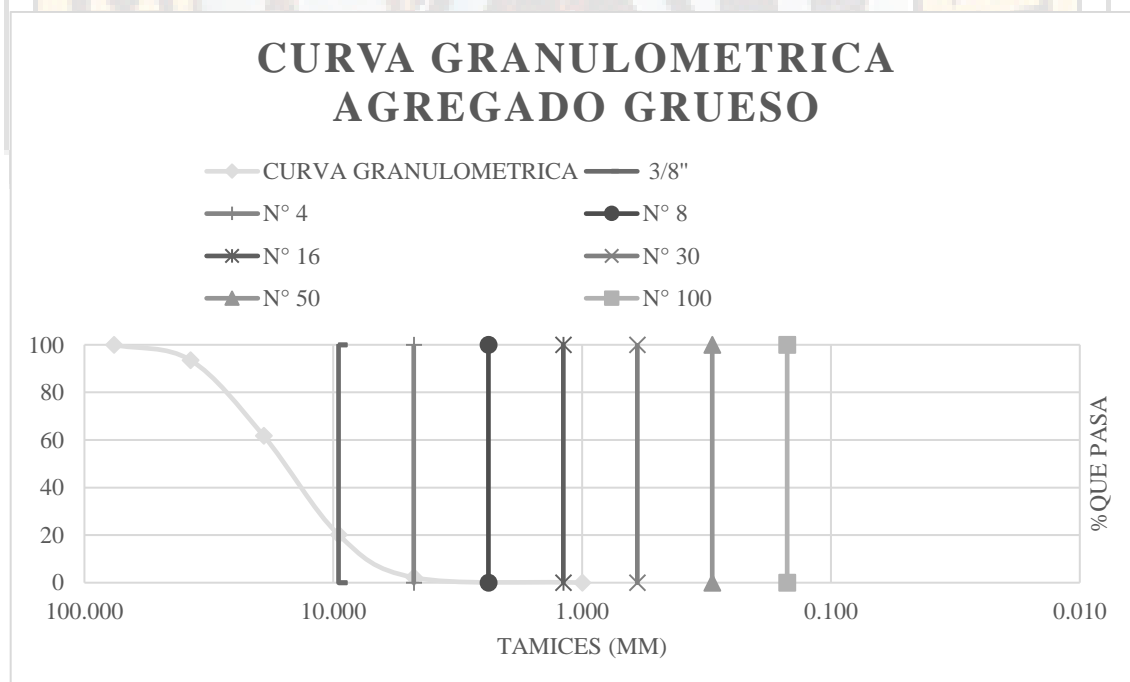
Cuadro 9: *Granulometría agregado grueso muestra 05*

AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.200	6.47	6.47	93.53
19.050	3/4	0.984	31.81	38.28	61.72
9.525	3/8	1.285	41.55	79.83	20.17
4.750	N° 4	0.556	17.98	97.80	2.20
1.000	Fondo	0.068	2.20	100.00	0.00
SUMA		3.093	kg		

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 9, se muestra la curva de granulometría del agregado grueso de la muestra 05, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 9: *Curva granulométrica agregado grueso muestra 05*



Fuente: Elaboración propia

En el siguiente cuadro 10, se detalla el análisis granulométrico del agregado fino de la muestra 05, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

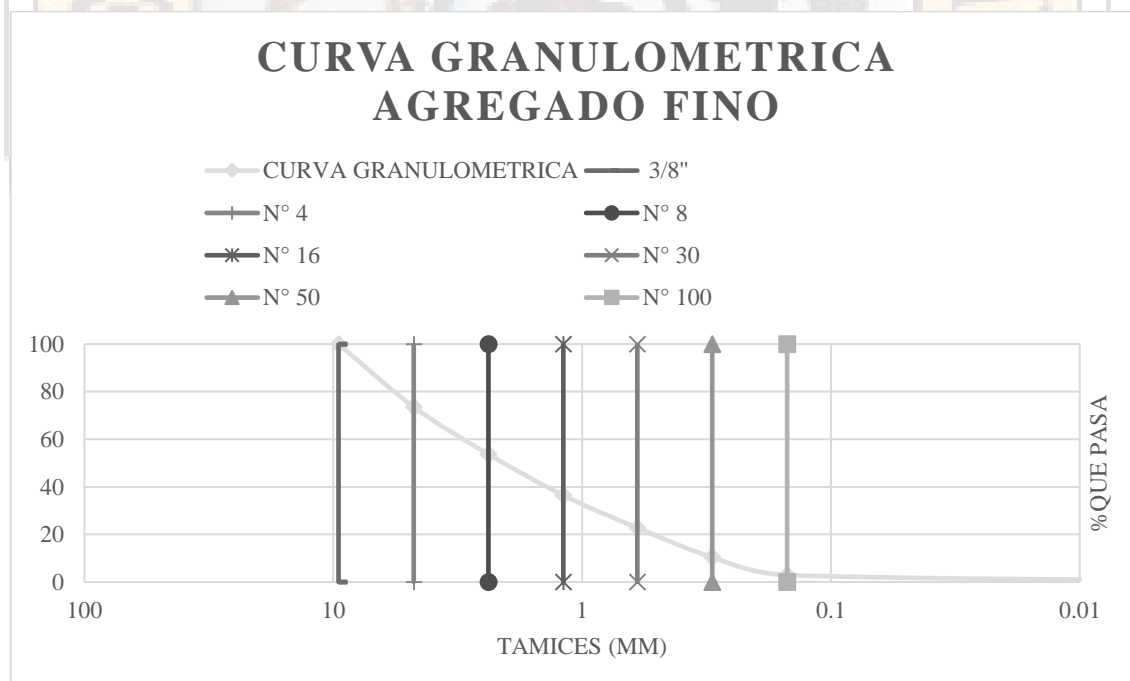
Cuadro 10: *Granulometría agregado fino muestra 05*

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W muestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.810	26.40	26.40	73.60
2.38	N° 8	0.610	19.88	46.28	53.72
1.19	N° 16	0.530	17.28	63.56	36.44
0.6	N° 30	0.420	13.69	77.25	22.75
0.3	N° 50	0.378	12.32	89.57	10.43
0.15	N° 100	0.230	7.50	97.07	2.93
0.001	Fondo	0.090	2.93	100.00	0.00
SUMA		3.068			

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 10, se muestra la curva de granulometría del agregado fino de la muestra 05, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 10: *Curva granulométrica agregado fino muestra 05*



Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 06, Fecha de ensayo: 10/08/2016**

En el siguiente cuadro 11, se detalla el análisis granulométrico del agregado grueso de la muestra 06, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

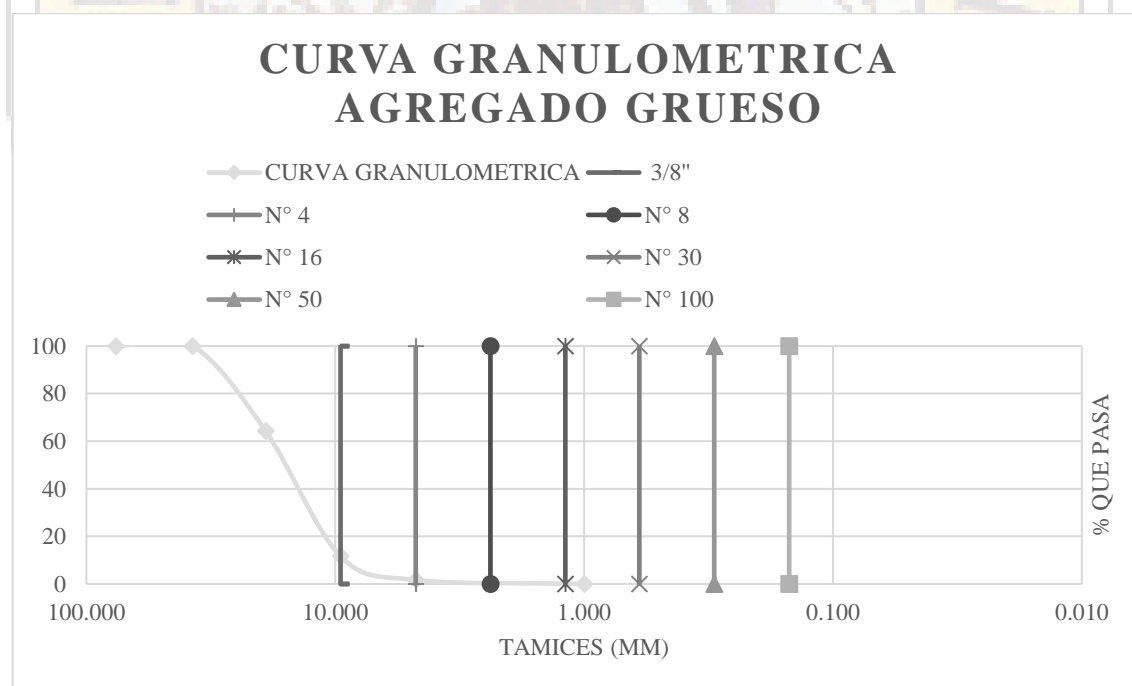
Cuadro 11: *Granulometría agregado grueso muestra 06*

<b>AGREGADO GRUESO</b>					
<b>Apertura Tamiz (mm)</b>	<b>Tamices</b>	<b>W Muestra (Kg)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>% Pasa</b>
76.200	3	0.000	0.000	0.000	100.000
37.500	1 1/2	0.000	0.000	0.000	100.000
19.050	3/4	1.070	35.667	35.667	64.333
9.525	3/8	1.580	52.667	88.333	11.667
4.750	N° 4	0.300	10.000	98.333	1.667
1.000	Fondo	0.050	1.667	100.000	0.000
<b>SUMA</b>		<b>3.000</b>	kg		

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 11, se muestra la curva de granulometría del agregado fino de la muestra 06, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 11: *Curva granulométrica agregado grueso muestra 06*



Fuente: Elaboración propia



En el siguiente cuadro 12, se detalla el análisis granulométrico del agregado fino de la muestra 06, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

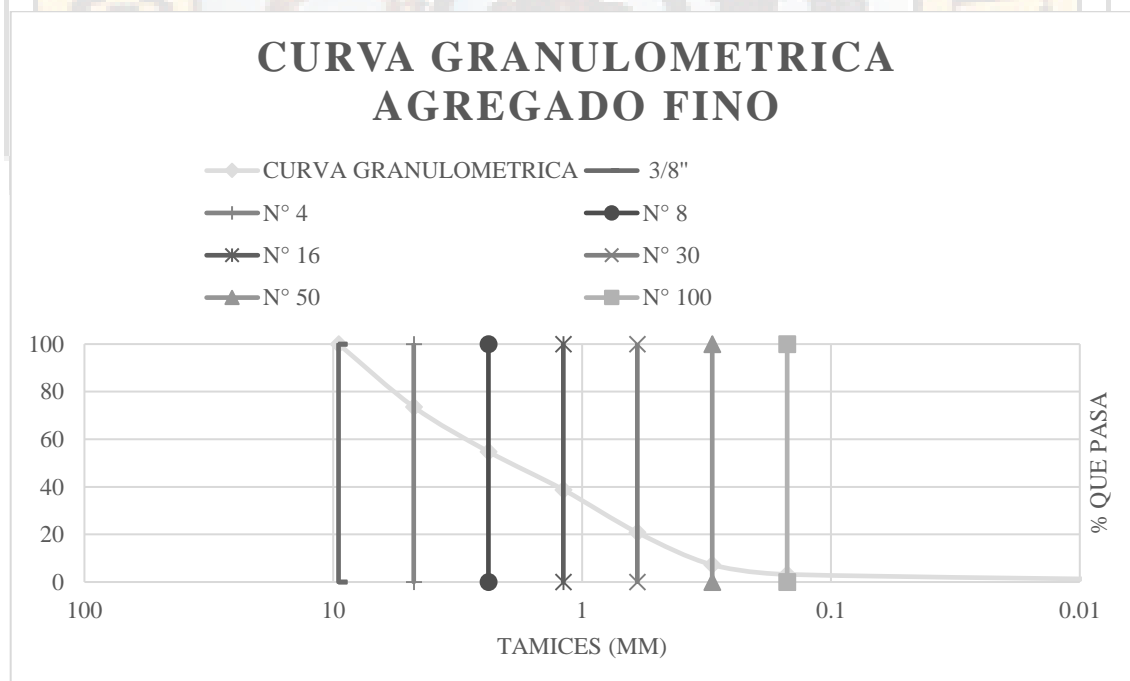
Cuadro 12: *Granulometría agregado fino muestra 06*

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W muestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.000	0.000	100.000
4.75	N° 4	0.660	26.400	26.400	73.600
2.38	N° 8	0.470	18.800	45.200	54.800
1.19	N° 16	0.400	16.000	61.200	38.800
0.6	N° 30	0.450	18.000	79.200	20.800
0.3	N° 50	0.340	13.600	92.800	7.200
0.15	N° 100	0.100	4.000	96.800	3.200
0.001	Fondo	0.080	3.200	100.000	0.000
SUMA		2.500			

Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico 12, se muestra la curva de granulometría del agregado fino de la muestra 06, que se realizó mediante tamizado con las mallas estándar establecidas según norma (N.T.P.400.011, 2008).

Gráfico 12: *Curva granulométrica agregado fino muestra 06*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.2 Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)

Se realizó 1 registro de peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino) de acuerdo con lo establecido por la norma (NTP 400-017 2011) que se presenta a continuación:

##### **Probeta de ensayo:**

En el cuadro 13 se muestra los datos del molde donde se compacto los agregados.

Cuadro 13: *Datos probeta de ensayo*

<b>DATOS PROBETA DE ENSAYO</b>		
<b>Diámetro</b>	0.1524	m
<b>Altura</b>	0.1778	m
<b>Área</b>	0.0182	m <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	0.0032	m <sup>3</sup>
<b>Peso Molde</b>	7.2200	kg

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 14 se muestra el procedimiento resumen de la obtención del peso unitario compactado del agregado grueso.

Cuadro 14: *Peso unitario compactado agregado grueso*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO</b>		
Peso agregado seco +molde	11.6900	kg
Peso agregado compactado + molde	12.3000	kg
Peso agregado seco	4.4700	kg
Peso agregado compactado	5.0800	kg
<b>Peso unitario seco</b>	<b>1378.2118</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>1566.2899</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 15 se muestra el procedimiento resumen de la obtención del peso unitario compactado del agregado fino.

Cuadro 15: *Peso unitario compactado agregado fino*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO</b>		
Peso agregado seco +molde	11.2200	kg
Peso agregado compactado + molde	12.6500	kg
Peso agregado seco	4.0000	kg
Peso agregado compactado	5.4300	kg
<b>Peso unitario seco</b>	<b>1233.2991</b>	<b>Kg/m3</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>1674.2035</b>	<b>Kg/m3</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.3 *Peso específico de los agregados (grueso y fino)*

Se realizó 04 registros (EA-03) Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino) de acuerdo con lo establecido por la norma (NTP 400-021 ,NTP 400-022 2013 ) que se presenta a continuación:

- **Muestra 01, fecha de muestreo 12/02/2016**

En el cuadro 16 se muestra el procedimiento de obtención del porcentaje de absorción del agregado grueso de la muestra 01.

Cuadro 16: *Peso específico - porcentaje de absorción agregado grueso muestra 01*

<b>PESO ESPECIFICO - PORCENTAJE DE ABSORCION AGREGADO GRUESO</b>		
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2050.00	gr
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2067.74	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.76	gr
Peso de la canastilla	888.80	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1276.50	gr
<b>RESULTADOS</b>		
Peso específico de masa [ $P.E.M. = A / B - C$ ]	2590.87	kg/m3
Peso específico de masa saturado superficialmente seco $P.E.M.S.S.S. = B / (B - C)$	2613.29	kg/m3
Peso específico aparente $P.E.A. = A / ( A - C )$	2650.29	kg/m3
Porcentaje de absorción $Abs = ( B - A ) / A * 100$	0.87	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 17 se muestra el procedimiento de obtención del porcentaje de absorción del agregado grueso de la muestra 01.

Cuadro 17: *Peso específico - porcentaje de absorción agregado fino muestra 01*

<b>PESO ESPECIFICO - PORCENTAJE DE ABSORCION AGREGADO FINO</b>		
Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr
Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	944.07	gr
Peso de fiola	157.30	gr
Peso de agua (W)	286.77	gr
Peso de la arena seca al horno (A)	478.00	gr
Volumen fiola (V)	500.00	ml
<b>RESULTADOS</b>		
Peso específico de masa P.E.M. = $A/(V-W)$	2241.71	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = $S/(V-W)$	2344.89	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico aparente P.E.A = $A/((V-W)-(S-A))$	2499.61	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción Absf = $(S-A) \times 100/A$	4.60	%

Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 02, fecha de muestreo 10/08/2016**

En el cuadro 18 se muestra el procedimiento de obtención del porcentaje de absorción del agregado grueso de la muestra 02.

Cuadro 18: *Peso específico - porcentaje de absorción agregado grueso muestra 02*

<b>PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO</b>		
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2000.00	gr
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2056.00	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.76	gr
Peso de la canastilla	888.80	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1284.00	gr
<b>RESULTADOS</b>		
Peso específico de masa [ P.E.M. = $A / B - C$ ]	2590.67	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = $B/(B - C)$	2663.21	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico aparente P.E.A. = $A / ( A - C )$	2793.30	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción Abs = $( B - A ) / A * 100$	2.800	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 19 se muestra el procedimiento de obtención del porcentaje de absorción del agregado fino de la muestra 02.

*Cuadro 19: Peso específico - porcentaje de absorción agregado fino muestra 02*

<b>PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO</b>		
Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr
Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	978.30	gr
Peso de fiola	157.30	gr
Peso de agua (W)	321.00	gr
Peso de la arena seca al horno (A)	433.26	gr
Volumen fiola (V)	500.00	ml
<b>RESULTADOS</b>		
Peso específico de masa P.E.M. = $A/(V-W)$	2420.45	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = $S/(V-W)$	2793.30	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico aparente P.E.A = $A/((V-W)-(S-A))$	3859.43	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción Absf = $(S-A) \times 100/A$	15.40	%

Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 03, fecha de muestreo 11/08/2016**

En el cuadro 20 se muestra el procedimiento de obtención del porcentaje de absorción del agregado grueso de la muestra 03.

*Cuadro 20: Peso específico - porcentaje de absorción agregado grueso muestra 03*

<b>PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO</b>		
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2000.00	gr
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2054.00	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.76	gr
Peso de la canastilla	888.80	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1281.80	gr
<b>RESULTADOS</b>		
Peso específico de masa [ P.E.M. = $A / B - C$ ]	2590.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = $B/(B - C)$	2659.93	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico aparente P.E.A. = $A / ( A - C )$	2784.74	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción Abs = $( B - A ) / A * 100$	2.700	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 21 se muestra el procedimiento de obtención del porcentaje de absorción del agregado fino de la muestra 03.

Cuadro 21: *Peso específico - porcentaje de absorción agregado fino muestra 03*

<b>PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO</b>		
Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr
Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	978.90	gr
Peso de fiola	157.30	gr
Peso de agua (W)	321.60	gr
Peso de la arena seca al horno (A)	431.78	gr
Volumen fiola (V)	500.00	ml
<b>RESULTADOS</b>		
Peso específico de masa P.E.M. = $A/(V-W)$	2420.29	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = $S/(V-W)$	2802.69	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico aparente P.E.A = $A/((V-W)-(S-A))$	3918.86	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción Absf= $(S-A) \times 100/A$	15.80	%

Fuente: Elaboración propia

• **Muestra 04, fecha de muestreo 15/08/2016**

En el cuadro 22 se muestra el procedimiento de obtención del porcentaje de absorción del agregado fino de la muestra 04.

Cuadro 22: *Peso específico - porcentaje de absorción agregado grueso muestra 04*

<b>PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO</b>		
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2020.00	gr
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2060.80	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.78	gr
Peso de la canastilla	888.80	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1281.00	gr
<b>RESULTADOS</b>		
Peso específico de masa [ P.E.M. = $A / B - C$ ]	2590.41	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = $B/(B - C)$	2642.73	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico aparente P.E.A. = $A / ( A - C )$	2733.42	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción Abs= $( B - A ) / A * 100$	2.02	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 23 se muestra el procedimiento de obtención del porcentaje de absorción del agregado fino de la muestra 04.



Cuadro 23: *Peso específico - porcentaje de absorción agregado fino muestra 04*

<b>PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO</b>		
Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr
Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	979.30	gr
Peso de fiola	157.30	gr
Peso de agua (W)	322.00	gr
Peso de la arena seca al horno (A)	430.85	gr
Volumen fiola (V)	500.00	ml
<b>RESULTADOS</b>		
Peso específico de masa P.E.M. = $A/(V-W)$	2420.51	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = $S/(V-W)$	2808.99	kg/m <sup>3</sup>
Peso específico aparente P.E.A = $A/((V-W)-(S-A))$	3958.20	kg/m <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción Absf= $(S-A) \times 100/A$	16.05	%

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.1.4 Contenido de humedad de los agregados (grueso y fino)**

Se realizó 07 registros EA- 04 contenido de humedad de los agregados (grueso y fino) de acuerdo con lo establecido por la norma (N.T.P.339.185, 2013) que se presenta a continuación:

- **Muestra 01, fecha de muestreo 18/02/2016**

En el cuadro 24 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado grueso de la muestra 01.

Cuadro 24: *Contenido de humedad agregado grueso muestra 01*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
Peso muestra seca + Tara	2.02	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	2.05	kg
Peso muestra seca	1.99	kg
Contenido de agua	<b>0.05</b>	kg
Porcentaje de humedad	2.64	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 25 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado fino de la muestra 01.

Cuadro 25: *Contenido de humedad agregado fino muestra 01*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	1.08	kg
Peso muestra seca + Tara	0.94	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	1.05	kg
Peso muestra seca	0.92	kg
Contenido de agua	<b>0.14</b>	kg
Porcentaje de humedad	12.90	%

Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 02, fecha de muestreo 18/02/2016**

En el cuadro 26 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado grueso de la muestra 02.

Cuadro 26: *Contenido de humedad agregado grueso muestra 02*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
Peso muestra seca + Tara	2.02	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	2.04	kg
Peso muestra seca	1.99	kg
Contenido de agua	<b>0.05</b>	kg
Porcentaje de humedad	2.60	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 27 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado fino de la muestra 02.

Cuadro 27: *Contenido de humedad agregado fino muestra 02*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	1.50	kg
Peso muestra seca + Tara	1.34	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	1.47	kg
Peso muestra seca	1.31	kg
Contenido de agua	<b>0.16</b>	kg
Porcentaje de humedad	10.80	%

Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 03, fecha de muestreo 10/08/2016**

En el cuadro 28 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado grueso de la muestra 03.

Cuadro 28: *Contenido de humedad agregado grueso muestra 03*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
Peso muestra seca + Tara	2.05	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	2.04	kg
Peso muestra seca	2.02	kg
Contenido de agua	<b>0.02</b>	kg
Porcentaje de humedad	0.90	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 29 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado fino de la muestra 03.

Cuadro 29: *Contenido de humedad agregado fino muestra 03*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	1.80	kg
Peso muestra seca + Tara	1.77	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	1.77	kg
Peso muestra seca	1.74	kg
Contenido de agua	<b>0.03</b>	kg
Porcentaje de humedad	1.85	%

Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 04, fecha de muestreo 11/08/2016**

En el cuadro 30 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado grueso de la muestra 04.

Cuadro 30: *Contenido de humedad agregado grueso muestra 04*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
Peso muestra seca + Tara	2.05	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	2.04	kg
Peso muestra seca	2.02	kg
Contenido de agua	<b>0.02</b>	kg
Porcentaje de humedad	0.90	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 31 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado fino de la muestra 04.

Cuadro 31: *Contenido de humedad agregado fino muestra 04*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	1.80	kg
Peso muestra seca + Tara	1.77	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	1.77	kg
Peso muestra seca	1.74	kg
Contenido de agua	<b>0.03</b>	kg
Porcentaje de humedad	1.85	%

Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 05, fecha de muestreo 15/08/2016**

En el cuadro 32 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado grueso de la muestra 05.

Cuadro 32: *Contenido de humedad agregado grueso muestra 05*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
Peso muestra seca + Tara	2.06	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	2.04	kg
Peso muestra seca	2.03	kg
Contenido de agua	<b>0.01</b>	kg
Porcentaje de humedad	0.57	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 33 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado fino de la muestra 05.

*Cuadro 33: Contenido de humedad agregado fino muestra 05*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	1.50	kg
Peso muestra seca + Tara	1.48	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	1.47	kg
Peso muestra seca	1.45	kg
Contenido de agua	<b>0.02</b>	kg
Porcentaje de humedad	1.48	%

Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 06, fecha de muestreo 17/08/2016**

En el cuadro 34 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado grueso de la muestra 06.

*Cuadro 34: Contenido de humedad agregado grueso muestra 06*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
Peso muestra seca + Tara	2.06	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	2.04	kg
Peso muestra seca	2.03	kg
Contenido de agua	<b>0.01</b>	kg
Porcentaje de humedad	0.57	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 35 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado fino de la muestra 06.

*Cuadro 35: Contenido de humedad agregado fino muestra 05*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	1.50	kg
Peso muestra seca + Tara	1.48	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	1.47	kg
Peso muestra seca	1.45	kg
Contenido de agua	<b>0.02</b>	kg
Porcentaje de humedad	1.45	%

Fuente: Elaboración propia

- **Muestra 07, fecha de muestreo 17/08/2016**

En el cuadro 36 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado grueso de la muestra 07.

*Cuadro 36: Contenido de humedad agregado grueso muestra 07*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
Peso muestra seca + Tara	2.06	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	2.04	kg
Peso muestra seca	2.03	kg
Contenido de agua	<b>0.01</b>	kg
Porcentaje de humedad	0.57	%

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 37 se muestra el proceso de obtención del contenido de humedad del agregado fino de la muestra 07.



*Cuadro 37: Contenido de humedad agregado fino muestra 07*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO</b>		
Peso muestra húmeda + Tara	1.50	kg
Peso muestra seca + Tara	1.48	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra húmeda	1.47	kg
Peso muestra seca	1.45	kg
Contenido de agua	<b>0.02</b>	kg
Porcentaje de humedad	1.47	%

Fuente: Elaboración propia

#### **4.1.2. Elaboración de probetas de concreto**

Se tomó en cuenta las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto.

Aire = 1 % a 3%

Cemento = 7% a 15%

Agua = 15% A 22%

Agregados= 60% a 75%

Teniendo como tamaño máximo del agregado 1 1/2'', y optando por un Slump de 3 a 4 pulgadas. De igual modo el mezclado se realizó sin aire incorporado.

Para realizar las probetas de concreto se tomó en cuenta que la granulometría de los agregados no se adecuaba con la norma ASTM C 33 .

1. Que el agregado fino no tenga más del 45% retenido entre dos mallas consecutivas.
2. Que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente del abastecimiento del agregado. En el caso de que sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

El módulo de finura (MF) del agregado grueso o del agregado fino se obtiene, conforme a la norma ASTM C 125, sumando los porcentajes acumulados en peso de los agregados retenidos en una serie especificada de mallas y dividiendo la suma entre 100. Las mallas que se emplean para determinar el módulo de finura son la de 0.15 mm (No.100), 0.30 mm (No.50), 0.60 mm (No.30), 1.18 mm (No.16), 2.36 mm (No.8), 4.75 mm (No.4), 9.52 mm (3/8”), 19.05 mm (3/4”), 38.10 mm (1½”), 76.20 mm (3”), y 152.40 mm (6”).

Se muestra a continuación el módulo de finura de las muestras de agregado fino:

- Muestra 01 Fecha 18/02/2016:  
Módulo de Fineza Agregado Fino: 3.909
- Muestra 02 Fecha 19/02/2016:  
Módulo de Fineza Agregado Fino: 3.909
- Muestra 03 Fecha 10/08/2016:  
Módulo de Fineza Agregado Fino: 3.991
- Muestra 04 Fecha 10/08/2016:  
Módulo de Fineza Agregado Fino: 4.001
- Muestra 05 Fecha 11/08/2016:  
Módulo de Fineza Agregado Fino: 4.001
- Muestra 06 Fecha 15/08/2016:  
Módulo de Fineza Agregado Fino: 4.016

#### ***4.1.2.1 Elección de tipo de cemento***

Con fines de diseño se optó por el cemento de uso más convencional en la zona de estudio, se usará el cemento tipo I, como se indica en la norma AST C-150 y NTP 334.009, el cemento portland tipo I es el normal, usado en la construcción de obras de hormigón en general, viviendas, edificaciones, estructuras etc., se utiliza cuando las especificaciones de construcción no indican el uso de otro tipo de cemento, de uso común en climas fríos:

#### **Propiedades cemento tipo I**

- Peso específico cemento tipo I : 3.15 kg/cm<sup>3</sup>
- Peso de bolsa: 42.5 kg

#### **4.1.2.2 Resistencia a compresión $f'_c$ del concreto**

Se postuló tener varios diseños de probetas de concreto que alcancen diferentes esfuerzos a compresión para tener más diversidad de resistencias, los valores oscilan entre 72.48 kg/cm<sup>2</sup> a 390.07 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.1.2.3 Diseño de mezcla para ensayo**

Se realizó un prediseño haciendo uso del método de Fuller como se muestra a continuación, para ello se utilizó el software Python para programar el diseño de mezcla para hacer las probetas, se adjunta el diseño en software en los anexos.

#### **4.1.2.3 Tiempo de curado**

Los tiempos de curado son a la primera semana, segunda semana y cuarta semana, no tomándose la tercera semana por motivos de la cantidad de muestras fue limitada.

### **4.1.3. Ensayos de compresión axial de probetas**

Los ensayos de compresión de concreto axial de probetas de acuerdo con I se realizaron de acuerdo con lo estipulado en la norma (N.T.P.339.034, 2015).

#### **4.1.3.1 Resultados de ensayos de compresión axial de probetas**

- Muestra 01 Fecha 18/02/2016

En el siguiente cuadro 38, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 01, realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 145.10 kg/cm<sup>2</sup> a los 27 días.

*Cuadro 38: Diseño de mezclas 01*

<b>Diseño</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Rotura</b>	<b>Días</b>	<b><math>f'_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	18/02/2016	26/02/2016	8	86.09
1	18/02/2016	04/03/2016	15	129.50
1	18/02/2016	16/03/2016	27	145.10

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 02 Fecha 18/02/2016

En el siguiente cuadro 39, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 012, realizado en tres

periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 152.60 kg/cm<sup>2</sup> a los 27 días.

*Cuadro 399: Diseño de mezclas 02*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
2	18/02/2016	26/02/2016	8	89.20
2	18/02/2016	04/03/2016	15	127.80
2	18/02/2016	16/03/2016	27	152.60

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 03 Fecha 19/02/2016

En el siguiente cuadro 40, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 03 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 112.80 kg/cm<sup>2</sup> a los 26 días.

*Cuadro 40: Diseño de mezclas 03*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
3	19/02/2016	26/02/2016	7	72.48
3	19/02/2016	04/03/2016	14	90.10
3	19/02/2016	16/03/2016	26	112.80

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 04 Fecha 18/02/2016

En el siguiente cuadro 41, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 04 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 250.30 kg/cm<sup>2</sup> a los 27 días.

*Cuadro 41: Diseño de mezclas 04*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
4	18/02/2016	26/02/2016	8	137.50
4	18/02/2016	04/03/2016	15	207.60
4	18/02/2016	16/03/2016	27	250.30

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 05 Fecha 19/02/2016

En el siguiente cuadro 42, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 05 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 175.60 kg/cm<sup>2</sup> a los 26 días.

*Cuadro 42: Diseño de mezclas 05*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
5	19/02/2016	26/02/2016	7	108.60
5	19/02/2016	04/03/2016	14	161.80
5	19/02/2016	16/03/2016	26	175.60

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 06 Fecha 10/08/2016

En el siguiente cuadro 43, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 06 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 141.20 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 43: Diseño de mezclas 06*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
6	10/08/2016	17/08/2016	7	117.00
6	10/08/2016	24/08/2016	14	130.50
6	10/08/2016	09/09/2016	30	141.20

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 07 Fecha 10/08/2016

En el siguiente cuadro 44, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 07 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 135.10 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 44: Diseño de mezclas 07*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
7	10/08/2016	18/08/2016	8	100.80
7	10/08/2016	24/08/2016	14	121.60
7	10/08/2016	09/09/2016	30	135.10

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 08 Fecha 10/08/2016

En el siguiente cuadro 45, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 08 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 139.40 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 45: Diseño de mezclas 08*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
8	10/08/2016	18/08/2016	8	105.30
8	10/08/2016	24/08/2016	14	126.40
8	10/08/2016	09/09/2016	30	139.40

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 09 Fecha 11/08/2016

En el siguiente cuadro 46, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 09 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 378.80 kg/cm<sup>2</sup> a los 29 días.

*Cuadro 46: Diseño de mezclas 09*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
9	11/08/2016	18/08/2016	7	270.90
9	11/08/2016	22/08/2016	11	356.00
9	11/08/2016	09/09/2016	29	378.80

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 10 Fecha 11/08/2016

En el siguiente cuadro 47, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 09 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 393.07 kg/cm<sup>2</sup> a los 29 días.

*Cuadro 47: Diseño de mezclas 10*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
10	11/08/2016	18/08/2016	7	281.50
10	11/08/2016	22/08/2016	11	389.50
10	11/08/2016	09/09/2016	29	393.07

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 11 Fecha 11/08/2016

En el siguiente cuadro 48, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 10 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 375.60 kg/cm<sup>2</sup> a los 29 días.

*Cuadro 48: Diseño de mezclas 10*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
11	11/08/2016	18/08/2016	7	267.4
11	11/08/2016	22/08/2016	11	345
11	11/08/2016	09/09/2016	29	375.6

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 12 Fecha 15/08/2016

En el siguiente cuadro 49, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 10 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 375.60 kg/cm<sup>2</sup> a los 29 días.



*Cuadro 49: Diseño de mezclas 12*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
12	15/08/2016	23/08/2016	8	136.50
12	15/08/2016	02/09/2016	18	178.60
12	15/08/2016	27/01/2017	30	223.30

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 13 Fecha 15/08/2016

En el siguiente cuadro 50, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 13 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 335.08 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 50: Diseño de mezclas 13*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
13	15/08/2016	23/08/2016	8	175.00
13	15/08/2016	02/09/2016	18	290.40
13	15/08/2016	27/01/2017	30	335.08

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 14 Fecha 15/08/2016

En el siguiente cuadro 51, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 14 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 282.80 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 51: Diseño de mezclas 14*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
14	15/08/2016	23/08/2016	8	145.60
14	15/08/2016	02/09/2016	18	251.60
14	15/08/2016	24/01/2017	30	282.80

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 15 Fecha 17/08/2016

En el siguiente cuadro 52, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 15 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 347.10 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 52: Diseño de mezclas 15*

<b>Diseño</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Rotura</b>	<b>Días</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
15	17/08/2016	24/08/2016	7	270.70
15	17/08/2016	02/09/2016	16	312.20
15	17/08/2016	24/01/2017	30	347.10

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 16 Fecha 17/08/2016

En el siguiente cuadro 53, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 16 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 338.50 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 53: Diseño de mezclas 16*

<b>Diseño</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Rotura</b>	<b>Días</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
16	17/08/2016	24/08/2016	7	252.30
16	17/08/2016	02/09/2016	16	298.60
16	17/08/2016	24/01/2017	30	338.50

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 17 Fecha 17/08/2016

En el siguiente cuadro 54, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 17 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 351.20 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 54: Diseño de mezclas 17*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
17	17/08/2016	24/08/2016	7	276.40
17	17/08/2016	02/09/2016	16	321.50
17	17/08/2016	24/01/2017	30	351.20

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 18 Fecha 22/08/2016

En el siguiente cuadro 55, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 18 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 398.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 55: Diseño de mezclas 17*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
18	22/08/2016	29/08/2016	7	178.60
18	22/08/2016	05/09/2016	14	226.80
18	22/08/2016	24/01/2017	30	298.00

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 19 Fecha 22/08/2016

En el siguiente cuadro 56, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 19 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 312.50 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 56: Diseño de mezclas 19*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
19	22/08/2016	29/08/2016	7	185.30
19	22/08/2016	06/09/2016	15	290.50
19	22/08/2016	24/01/2017	30	312.50

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 20 Fecha 22/08/2016

En el siguiente cuadro 57, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 20 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 334.60 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 57: Diseño de mezclas 20*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
20	22/08/2016	29/08/2016	7	195.60
20	22/08/2016	06/09/2016	15	296.10
20	22/08/2016	24/01/2017	30	334.60

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 21 Fecha 22/08/2016

En el siguiente cuadro 58, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 20 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 352.70 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 58: Diseño de mezclas 21*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
21	22/08/2016	29/08/2016	7	215.20
21	22/08/2016	05/09/2016	14	287.80
21	22/08/2016	24/01/2017	30	352.70

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 22 Fecha 22/08/2016

En el siguiente cuadro 59, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 22 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 352.70 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 59: Diseño de mezclas 22*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
22	22/08/2016	29/08/2016	7	221.30
22	22/08/2016	06/09/2016	15	290.60
22	22/08/2016	24/01/2017	30	362.20

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 23 Fecha 22/08/2016

En el siguiente cuadro 60, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 23 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 363.80 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 60: Diseño de mezclas 23*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
23	22/08/2016	29/08/2016	7	235.60
23	22/08/2016	06/09/2016	15	321.50
23	22/08/2016	27/01/2017	30	363.80

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 24 Fecha 22/08/2016

En el siguiente cuadro 61, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 24 , realizado en un periodo alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 369.80 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 61: Diseño de mezclas 24*

Diseño	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Días	f'c (kg/cm2)
24	22/08/2016	01/02/2017	30	369.80

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 25 Fecha 23/08/2016

En el siguiente cuadro 62, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 25 , realizado en tres

periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 306.90 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 62: Diseño de mezclas 25*

<b>Diseño</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Rotura</b>	<b>Días</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
25	23/08/2016	29/08/2016	6	231.60
25	23/08/2016	05/09/2016	13	282.10
25	23/08/2016	27/01/2017	30	306.90

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 26 Fecha 23/08/2016

En el siguiente cuadro 63, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 26 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 298.60 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 63: Diseño de mezclas 26*

<b>Diseño</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Rotura</b>	<b>Días</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
26	23/08/2016	29/08/2016	6	215.00
26	23/08/2016	06/09/2016	14	268.70
26	23/08/2016	27/01/2017	30	298.60

Fuente: Elaboración propia

- Muestra 27 Fecha 23/08/2016

En el siguiente cuadro 64, se muestra los resultados del ensayo de rotura de probetas de concreto del grupo de diseño de mezcla 27 , realizado en tres periodos diferentes alcanzando una resistencia a compresión de la muestra de 285.40 kg/cm<sup>2</sup> a los 30 días.

*Cuadro 64: Diseño de mezclas 26*

<b>DISEÑO</b>	<b>Fecha Inicio</b>	<b>Fecha Rotura</b>	<b>Días</b>	<b>f'c (kg/cm2)</b>
27	23/08/2016	29/08/2016	6	208.60
27	23/08/2016	06/09/2016	14	254.60
27	23/08/2016	27/01/2017	30	285.40

Fuente: Elaboración propia



#### 4.1.4. Elaboración de la base de datos para red neuronal artificial

Las variables usadas se elaboraron basadas en los registros de ensayos realizados en laboratorio, tomando como variables de ingreso los insumos en la elaboración del concreto, siendo estas 11 variables:

1. Cantidad de cemento
2. Cantidad de agua.
3. Cantidad de agregado fino.
4. Humedad del agregado fino.
5. Absorción del agregado fino.
6. Porcentaje que pasa la malla Nro. 4 de agregado fino.
7. Cantidad de agregado grueso.
8. Humedad del agregado grueso.
9. Absorción del agregado grueso.
10. Porcentaje que pasa la malla Nro. 4 de agregado grueso.
11. Tiempo de curado del concreto.

Siendo un dato importante para la construcción de la red neuronal, el tiempo de curado de las probetas hasta su ensayo de rotura, teniendo cuidado de tener las probetas a temperatura de 24 grados Celsius sumergidos en agua, dicho proceso realizado según lo estipulado en la norma técnica (N.T.P.400.011, 2008).

La variable de salida de la red neuronal es la resistencia a la compresión axial expresada en kg/cm<sup>2</sup>. Dato que se obtuvo del ensayo con la máquina de compresión y agregada al registro de laboratorio, los ensayos fueron realizados en el laboratorio de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Huancavelica.

En el siguiente cuadro 65 se presenta el resumen de base de datos para la construcción de la red neuronal artificial.

*Cuadro 65: Datos para el ingreso al entrenamiento de las redes neuronales artificiales, que predigan la resistencia del concreto*

Número de diseño de mezcla	Número de Ensayo	Fechas de ensayos		Variables de ingreso para entrenamiento de red neuronal											Variable de salida
		Fecha Inicio	Fecha Rotura	Cemento	Agua (l)	Agregado fino (kg)	Humedad Agregado Fino (%)	Absorción Agregado Fino (%)	% Pasa malla N°4 Af	Agregado Grueso (kg)	Humedad Agregado Grueso (%)	Absorción Agregado Grueso (%)	% Pasa malla N°4 Ag	Tiempo de Curado (Días)	Resistencia f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1	2016-02-18	2016-02-26	2.55	0.81	5.95	12.90	4.60	78.50	8.89	2.64	0.87	4.67	8.00	86.09
1	10	2016-02-18	2016-03-04	2.55	0.81	5.95	12.90	4.60	78.50	8.89	2.64	0.87	4.67	15.00	129.50
1	12	2016-02-18	2016-03-16	2.55	0.81	5.95	12.90	4.60	78.50	8.89	2.64	0.87	4.67	27.00	145.10
2	2	2016-02-18	2016-02-26	2.59	0.80	5.97	12.90	4.60	78.50	8.86	2.64	0.87	4.67	8.00	89.20
2	6	2016-02-18	2016-03-04	2.59	0.80	5.97	12.90	4.60	78.50	8.86	2.64	0.87	4.67	15.00	127.80
2	13	2016-02-18	2016-03-16	2.59	0.80	5.97	12.90	4.60	78.50	8.86	2.64	0.87	4.67	27.00	152.60
3	4	2016-02-19	2016-02-26	2.26	0.79	6.95	10.80	4.60	78.50	9.02	2.60	0.87	6.87	7.00	72.48
3	7	2016-02-19	2016-03-04	2.26	0.79	6.95	10.80	4.60	78.50	9.02	2.60	0.87	6.87	14.00	90.10
3	11	2016-02-19	2016-03-16	2.26	0.79	6.95	10.80	4.60	78.50	9.02	2.60	0.87	6.87	26.00	112.80
4	3	2016-02-18	2016-02-26	3.42	0.83	5.71	12.90	4.60	78.50	8.44	2.64	0.87	4.67	8.00	137.50
4	9	2016-02-18	2016-03-04	3.42	0.83	5.71	12.90	4.60	78.50	8.44	2.64	0.87	4.67	15.00	207.60
4	14	2016-02-18	2016-03-16	3.42	0.83	5.71	12.90	4.60	78.50	8.44	2.64	0.87	4.67	27.00	250.30
5	5	2016-02-19	2016-02-26	2.80	0.81	5.91	10.80	4.60	78.50	8.76	2.60	0.87	6.87	7.00	108.60



5	8	2016-02-19	2016-03-04	2.80	0.81	5.91	10.80	4.60	78.50	8.76	2.60	0.87	6.87	14.00	161.80
5	15	2016-02-19	2016-03-16	2.80	0.81	5.91	10.80	4.60	78.50	8.76	2.60	0.87	6.87	26.00	175.60
6	16	2016-08-10	2016-08-17	2.05	1.78	4.42	1.85	15.40	75.60	5.75	0.90	2.80	2.50	7.00	117.00
6	20	2016-08-10	2016-08-24	2.05	1.78	4.42	1.85	15.40	75.60	5.75	0.90	2.80	2.50	14.00	130.50
6	23	2016-08-10	2016-09-09	2.05	1.78	4.42	1.85	15.40	75.60	5.75	0.90	2.80	2.50	30.00	141.20
7	17	2016-08-10	2016-08-18	2.00	1.78	4.50	1.85	15.40	75.60	5.78	0.90	2.80	2.50	8.00	100.80
7	21	2016-08-10	2016-08-24	2.00	1.78	4.50	1.85	15.40	75.60	5.78	0.90	2.80	2.50	14.00	121.60
7	24	2016-08-10	2016-09-09	2.00	1.78	4.50	1.85	15.40	75.60	5.78	0.90	2.80	2.50	30.00	135.10
8	18	2016-08-10	2016-08-18	2.02	1.77	4.42	1.85	15.40	73.60	5.75	0.90	2.80	2.50	8.00	105.30
8	19	2016-08-10	2016-08-24	2.02	1.77	4.42	1.85	15.40	73.60	5.75	0.90	2.80	2.50	14.00	126.40
8	22	2016-08-10	2016-09-09	2.02	1.77	4.42	1.85	15.40	73.60	5.75	0.90	2.80	2.50	30.00	139.40
9	25	2016-08-11	2016-08-18	2.44	1.74	4.40	1.60	15.80	73.60	5.75	0.75	2.70	2.20	7.00	270.90
9	29	2016-08-11	2016-08-22	2.44	1.74	4.40	1.60	15.80	73.60	5.75	0.75	2.70	2.20	11.00	356.00
9	32	2016-08-11	2016-09-09	2.44	1.74	4.40	1.60	15.80	73.60	5.75	0.75	2.70	2.20	29.00	378.80
10	26	2016-08-11	2016-08-18	2.47	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	2.20	7.00	281.50
10	28	2016-08-11	2016-08-22	2.47	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	2.20	11.00	389.50
10	31	2016-08-11	2016-09-09	2.47	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	2.20	29.00	393.07
11	27	2016-08-11	2016-08-18	2.45	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	2.20	7.00	267.40
11	30	2016-08-11	2016-08-22	2.45	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	2.20	11.00	345.00
11	33	2016-08-11	2016-09-09	2.45	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	2.20	29.00	375.60
12	34	2016-08-15	2016-08-23	2.05	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	8.00	136.50
12	37	2016-08-15	2016-09-02	2.05	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	18.00	178.60
12	41	2016-08-15	2017-01-27	2.05	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	30.00	223.30
13	35	2016-08-15	2016-08-23	2.50	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	8.00	175.00
13	39	2016-08-15	2016-09-02	2.50	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	18.00	290.40
13	42	2016-08-15	2017-01-27	2.50	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	30.00	335.08
14	36	2016-08-15	2016-08-23	2.40	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	8.00	145.60
14	38	2016-08-15	2016-09-02	2.40	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	18.00	251.60
14	40	2016-08-15	2017-01-24	2.40	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.67	30.00	282.80
15	43	2016-08-17	2016-08-24	2.56	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.67	7.00	270.70
15	46	2016-08-17	2016-09-02	2.56	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.67	16.00	312.20
15	49	2016-08-17	2017-01-24	2.56	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.67	30.00	347.10
16	44	2016-08-17	2016-08-24	2.53	1.75	4.34	1.45	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	7.00	252.30
16	48	2016-08-17	2016-09-02	2.53	1.75	4.34	1.47	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	16.00	298.60
16	51	2016-08-17	2017-01-24	2.53	1.75	4.34	1.47	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	30.00	338.50
17	45	2016-08-17	2016-08-24	2.58	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.67	7.00	276.40
17	47	2016-08-17	2016-09-02	2.58	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.67	16.00	321.50
17	50	2016-08-17	2017-01-24	2.58	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.67	30.00	351.20
18	52	2016-08-22	2016-08-29	2.62	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	7.00	178.60
18	58	2016-08-22	2016-09-05	2.62	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	14.00	226.80
18	64	2016-08-22	2017-01-24	2.62	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	30.00	298.00
19	53	2016-08-22	2016-08-29	2.64	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.67	7.00	185.30
19	59	2016-08-22	2016-09-06	2.64	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.67	15.00	290.50
19	65	2016-08-22	2017-01-24	2.64	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.67	30.00	312.50
20	54	2016-08-22	2016-08-29	2.66	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.67	7.00	195.60
20	60	2016-08-22	2016-09-06	2.66	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.67	15.00	296.10
20	66	2016-08-22	2017-01-24	2.66	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.67	30.00	334.60
21	55	2016-08-22	2016-08-29	2.69	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	7.00	215.20
21	61	2016-08-22	2016-09-05	2.69	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	14.00	287.80
21	67	2016-08-22	2017-01-24	2.69	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	30.00	352.70
22	56	2016-08-22	2016-08-29	2.71	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	7.00	221.30
22	62	2016-08-22	2016-09-06	2.71	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	15.00	290.60
22	68	2016-08-22	2017-01-24	2.71	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	30.00	362.20
23	57	2016-08-22	2016-08-29	2.73	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	7.00	235.60
23	63	2016-08-22	2016-09-06	2.73	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	15.00	321.50
23	69	2016-08-22	2017-01-27	2.73	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	30.00	363.80
24	70	2016-08-22	2017-02-01	2.73	1.78	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.67	30.00	369.80
25	71	2016-08-23	2016-08-29	2.23	1.77	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	6.00	231.60
25	74	2016-08-23	2016-09-05	2.23	1.77	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	13.00	282.10
25	77	2016-08-23	2017-01-27	2.23	1.77	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	30.00	306.90
26	72	2016-08-23	2016-08-29	2.20	1.75	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	6.00	215.00
26	75	2016-08-23	2016-09-06	2.20	1.75	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	14.00	268.70
26	78	2016-08-23	2017-01-27	2.20	1.75	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	30.00	298.60
27	73	2016-08-23	2016-08-29	2.18	1.73	4.40	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	6.00	208.60
27	76	2016-08-23	2016-09-06	2.18	1.73	4.40	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	14.00	254.60
27	79	2016-08-23	2017-01-27	2.18	1.73	4.40	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.67	30.00	285.40

Fuente: Elaboración propia

Para normalizar la ejecución de variables en el análisis de datos de la red neuronal es necesario ordenarlas y caracterizarlas, dicho proceso se realizó ordenando las variables según lo realizado en la investigación de *"Red neuronal artificial para estimar la resistencia a compresión, en concretos fibro-reforzados con polipropileno"* (Gonzales, Guerrero, Delvasto, & Ernesto, 2012). Dicha metodología se presenta a continuación:

1) Variables para análisis de los ensayos de compresión.

*Cuadro 66: Variables para entrenamiento de redes neuronales*

Variables para entrenamiento de Red Neuronal Artificial					
Grupo	Concepto	Variable	Unidad	Símbolo	Representación RNA
<b>Cemento</b>	Cemento tipo I	Cantidad	Kg/m <sup>3</sup>	<b>c-1</b>	Numérica real
<b>Agua Total</b>	Agua	Cantidad	Kg/m <sup>3</sup>	<b>W</b>	Numérica real
<b>Agregados</b>	Arena	Cantidad	Kg/m <sup>3</sup>	<b>S</b>	Numérica real
		humedad		<b>s-h</b>	[ 1 0 0 ]
		absorción		<b>s-ab</b>	[ 0 1 0 ]
		%pasa N°4	%	<b>Pn4-A</b>	[ 0 0 1 ]
	Grava	cantidad	Kg/m <sup>3</sup>	<b>G</b>	Numérica real
		humedad		<b>g-h</b>	[ 1 0 0 ]
		absorción		<b>g-abs</b>	[ 0 1 0 ]
		%pasa N°4	%	<b>Pn4-G</b>	[ 0 0 1 ]
<b>Tiempo curado</b>	Días Curado	días	día	<b>Dia</b>	Numérica real
<b>Propiedad</b>	Resistencia a compresión	resistencia de diseño	Kg/cm <sup>2</sup>	<b>f'c</b>	Numérica real

Fuente: Elaboración propia

Como paso siguiente para validar los datos de ingreso se realiza un análisis de regresión múltiple de los datos de ingreso frente a los datos de salida, dicha regresión se realiza mediante el análisis de varianza con selección, usando una probabilidad de entrada del 10%, y permanencia de 5%.

En el cuadro 67 se muestra la cantidad de observaciones usadas en la regresión múltiple sin selección.

*Cuadro 67: Cantidad de observaciones*

<b>N.º observaciones leídas</b>	79
<b>N.º observaciones usadas</b>	78
<b>Número de observaciones con valores ausentes</b>	1

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el análisis de varianza en el cuadro 68 sin tomar en cuenta la selección de datos.

*Cuadro 68: Análisis de varianza sin selección de datos*

Análisis de varianza					
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>Modelo</b>	11	561200	51018	52.86	<.0001
<b>Error</b>	66	63697	965.1074		
<b>Total, corregido</b>	77	624897			

Fuente: Elaboración propia

Se presenta los datos estadísticos del análisis de varianza en el cuadro 69 sin tomar en cuenta la selección de datos.

*Cuadro 69: Datos estadísticos análisis de varianza*

<b>Raíz MSE</b>	31.07	<b>R-cuadrado</b>	0.8981
<b>Media dependiente</b>	238.2	<b>R-Sq Ajust</b>	0.8811
<b>Coef Var</b>	13.04		

Fuente: Elaboración propia

Se concluye el análisis de varianza sin selección con el cuadro de estimación de parámetros para cada variable de la regresión múltiple en el cuadro 70.

*Cuadro 70: Selección e parámetros análisis de varianza sin selección*

Estimaciones de parámetros					
Variable	DF	Estimación de parámetros	Error estándar	t valor	Pr >  t
<b>Intercepto</b>	1	49829	24414	2.04	0.0453
<b>CEMENTO</b>	1	218.29517	40.50819	5.39	<.0001
<b>AGUA</b>	1	341.2092	442.34518	0.77	0.4432
<b>AF</b>	1	-9.14201	30.93168	-0.3	0.7685
<b>HUMAF</b>	1	-1812.79555	1006.25138	-1.8	0.0762
<b>ABSAF</b>	1	-2981.20342	1395.33904	-2.14	0.0363
<b>PMN4AF</b>	1	-4.87433	11.64907	-0.42	0.677
<b>AG</b>	1	318.87849	105.00334	3.04	0.0034
<b>HUMAG</b>	1	-3390.14016	773.00082	-4.39	<.0001
<b>ABSAG</b>	1	1619.85824	551.32833	2.94	0.0045
<b>PMN4AG</b>	1	-1789.28796	968.13859	-1.85	0.0691
<b>TIEMPO</b>	1	3.94205	0.37907	10.4	<.0001

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el análisis de varianza con selección de variables, cuadro 71.

*Cuadro 71: Análisis de varianza con selección*

Análisis de varianza					
Origen	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	Valor F	Pr > F
<b>Modelo</b>	1	254843	254843	52.34	<.0001
<b>Error</b>	76	370054	4869.13031		
<b>Total, corregido</b>	77	624897			

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se presenta el resumen de la selección hacia adelante, en el cuadro 72.

*Cuadro 72: Resumen análisis de varianza con selección*

Variable	Estimación de parámetros	Error estándar	Tipo II SS	Valor F	Pr > F
<b>Intercepto</b>	-2008.38538	1040.26766	4155.14991	3.73	0.0576
<b>CEMENTO</b>	293.22518	24.53525	159222	142.83	<.0001
<b>AF</b>	-31.62324	27.84799	1437.50013	1.29	0.26
<b>PMN4AF</b>	-16.98754	11.32596	2507.80511	2.25	0.1381
<b>AG</b>	483.43065	65.56066	60613	54.37	<.0001
<b>HUMAG</b>	-629.84114	90.31677	54214	48.63	<.0001
<b>ABSAG</b>	241.8873	30.15502	71728	64.34	<.0001
<b>TIEMPO</b>	3.88366	0.4052	102404	91.86	<.0001

Fuente: Elaboración propia

Siendo significativos la cantidad de cemento, la cantidad de agua, la cantidad de agregado grueso, humedad del agregado grueso, absorción del agregado grueso y el tiempo de curado, frente a la resistencia del concreto.

La interpretación de la regresión múltiple se presenta con la siguiente ecuación.

$$\text{RESISTENCIA} = -2008.38538 + 293.22518 \text{ CEMENTO}^{***} - 31.62324 \text{ AF}^{NS} - 16.98754 \text{ PMN4AF}^{NS} \\ + 483.43065 \text{ AG}^{***} - 629.84114 \text{ HUMAG}^{***} + 241.88130 \text{ ABSAG}^{***} + 3.88366 \text{ TIEMPO}^{***}$$

Siendo las demás variables: agua, humedad del agregado fino, absorción del agregado fino, porcentaje que pasa la malla Nro. 4 del agregado grueso no significativos en la regresión múltiple con selección al 5% de significancia.

#### 4.1.5 Entrenamiento de red neuronal artificial

Para el entrenamiento de la red neuronal se estructuró las variables de entrada y salida, siendo 11 variables de entrada y 1 variable de salida, se contó con 79 registros de ensayos de rotura de probetas de concreto, el entrenamiento se realizó usando el 70% de los datos:

##### 4.1.5.1 Niveles o capas de neuronas

La distribución de neuronas dentro de la red se realiza formando niveles o capas de un número determinado de neuronas cada una:

- **Capa de entrada**

Es la capa que recibe directamente la información proveniente de las fuentes externas a la red. En esta capa se encuentran los valores de :

1. Cemento
2. Agua
3. Cantidad de Agregado Fino
4. Humedad de Agregado Fino
5. Absorción de Agregado Fino
6. Porcentaje que pasa la malla N°4 de Agregado Fino
7. Cantidad de Agregado Grueso
8. Humedad de Agregado Grueso
9. Absorción de Agregado Grueso
10. Porcentaje que pasa la malla N°4 de Agregado Grueso
11. Tiempo de curado

- **Capas ocultas**

Son internas a la red y no tienen contacto directo con el entorno exterior. Pueden estar interconectadas de distintas maneras, lo que determina junto con su número las distintas tipologías de redes.

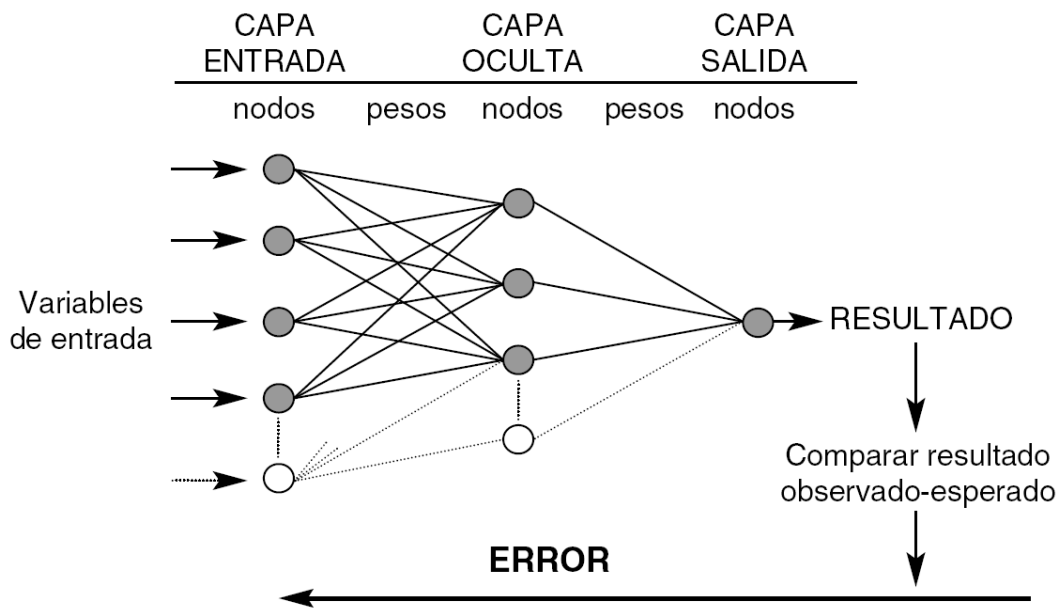
Dichas capas conforman parte del diseño de la red neuronal artificial, para el diseño se construyó redes con distintos niveles y cantidades de capas ocultas, como se muestra en los anexos de entrenamiento de redes neuronales.

- **Capa de salida**

Transfieren información de la red hacia el exterior. En esta capa se introducen los valores de la resistencia del concreto halladas en laboratorio.

Optándose por una estructura de red perceptrón que, se define a él perceptrón multicapa como una red neuronal artificial (RNA) formada por múltiples capas, de tal manera que tiene capacidad para resolver problemas que no son linealmente separables, lo cual es la principal limitación de la percepción. El perceptrón multicapa puede estar total o localmente conectado. En el primer caso cada salida de una neurona de la capa "i" es entrada de todas las neuronas de la capa "i+1", mientras que en el segundo cada neurona de la capa "i" es entrada de una serie de neuronas (región) de la capa "i+1". Estructura RNA figura 2.

*Figura 2: Estructura red neuronal artificial*



Fuente: [www.medintensiva.org](http://www.medintensiva.org)

#### 4.1.6 Validación de red neuronal y proceso de entrenamiento

Se configuró la red neuronal usando de 1 a 2 capas ocultas, usando la metodología de descenso por gradiente o gradiente conjugado. Utilizando la validación cruzada (K-Fold Cross Validation) que divide los datos en tres grupos:

- Grupo de Entrenamiento: Se considero usar el 70% de los datos, para asegurar un mejor proceso de entrenamiento de la Red Neuronal Artificial.
- Grupo de Prueba: Se considero usar el 15% de los datos, para ejecutar el proceso de prueba de la Red Neuronal Artificial.



- Grupo de Validación: Se considero usar el 15% de los datos, para validar la Red Neuronal Artificial. Obteniéndose la siguiente tabla de entrenamiento y simulación de redes neuronales artificiales.

*Cuadro 73: Prueba de selección de red neuronal artificial*

Arquitectura de la RNA	Entrenamiento	Prueba	Validación	Total
Entradas-Capas Ocultas-Salida	R	R	R	R
[11 02 01]	0.95488	0.94369	0.95393	0.95158
[11 03 01]	0.96976	0.92740	0.95048	0.95668
[11 04 01]	0.75840	0.88793	0.63631	0.75767
[11 05 01]	0.90268	0.73298	0.96880	0.89271
[11 06 01]	0.91146	0.97594	0.93636	0.92952
[11 07 01]	0.97855	0.95874	0.97500	0.97384
[11 08 01]	0.97192	0.95756	0.97736	0.96774
[11 09 01]	0.25401	0.21859	0.60216	0.29124
[11 10 01]	0.93698	0.95340	0.96819	0.94595
[11 15 01]	0.98077	0.96373	0.98122	0.97680
[11 20 01]	0.98974	0.96104	0.98333	0.97908
[11 05 05 01]	0.97521	0.95350	0.96611	0.96993
<b>[11 20 20 01]</b>	<b>0.99965</b>	<b>0.96004</b>	<b>0.99413</b>	<b>0.99113</b>
[11 25 25 01]	0.98509	0.96745	0.97063	0.97820
R <sup>2</sup> : Factor de correlación, conocido como Coeficiente de correlación de Pearson				

Fuente: Elaboración Propia

Se construyo 14 modelos de redes neuronales que predigan la resistencia del concreto, y se realizó la prueba de correlación de datos mediante el factor de correlación, que nos permite comparar los modelos de redes neuronales y determinar cuál es el modelo que se comporta de mejor manera.

Del proceso de selección, se escoge la red que tenga mayor valor de R total, dicho valor indica que la validación de la red neuronal se encuentra dentro del nivel de significancia de 1%, siendo esta la más optima, la red neuronal de configuración [11 20 20 1] red neuronal de 11 entradas, primera capa oculta de 20 neuronas y segunda capa oculta de 20 neuronas y 1 salida.

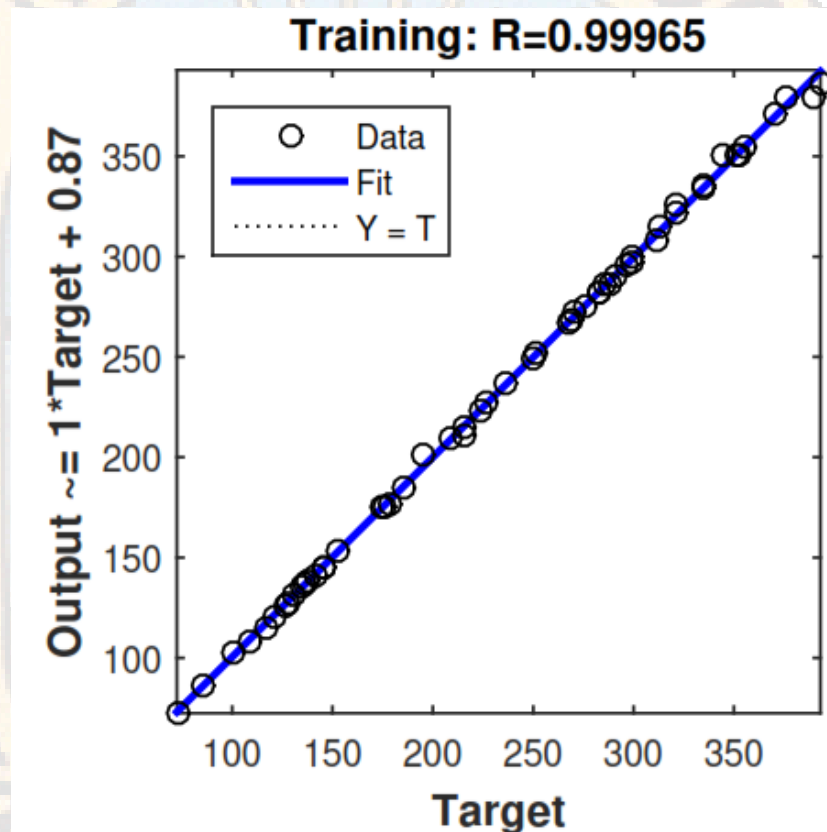
#### 4.1.7 Simulación de red neuronal basado en pronósticos de resistencia al esfuerzo de compresión de probetas.

El proceso de entrenamiento de la red neuronal artificial [11 20 20 1] fue el siguiente;

#### 4.1.7.1 Proceso de entrenamiento

En el gráfico 13, se muestra el proceso de entrenamiento, en el cual se realizó usando el 70% de los datos, como se aprecia los datos son ajustados a la red neuronal, mostrándose una distribución cercana a lineal, al realizarse al prueba estadística R o coeficiente de determinación que es igual a la raíz de la suma de cuadrados de la regresión dividida entre la suma de cuadrados de la regresión total se obtiene el valor  $R = 0.99965$ , indicándonos un comportamiento de entrenamiento bastante preciso cercano a 1% de significancia.

Gráfico 13: Entrenamiento RNA [11 20 20 1]



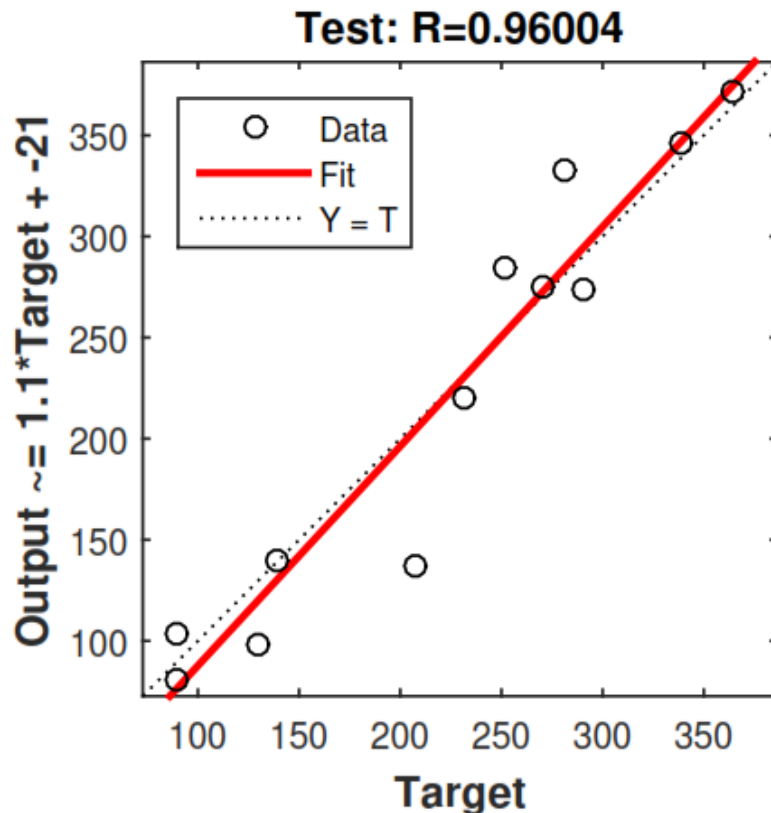
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.7.2 Proceso de prueba de red

De igual manera en el gráfico 14, se muestra el proceso de prueba de red, en el cual se realizó usando el 15% de los datos, como se aprecia los datos hallados al ejecutar la prueba de la red se dispersan al modelo, mostrándose una distribución cercana a lineal, al realizarse al prueba estadística R o coeficiente de determinación que es igual a la raíz de la suma de cuadrados de la regresión dividida entre la suma de

cuadrados de la regresión total se obtiene el valor  $R = 0.96004$ , indicándonos un comportamiento de prueba de red preciso cercano a 5% de significancia.

Gráfico 14: Prueba RNA [11 20 20 1]

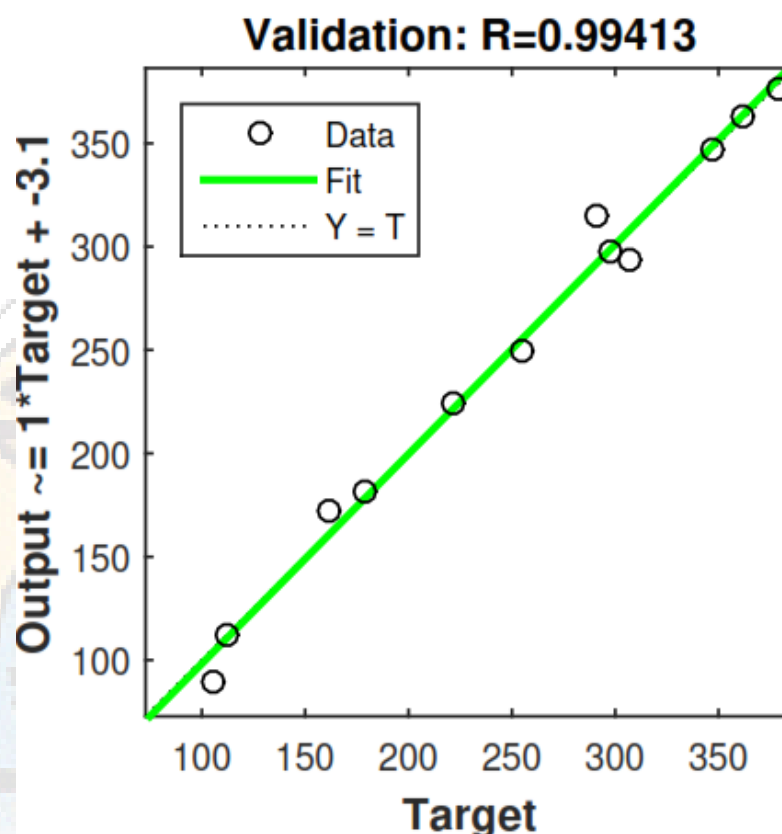


Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.7.3 Proceso de validación de red

En el gráfico 15, se muestra el proceso de validación de red, en el cual se realizó usando el 15% de los datos restantes, como se aprecia los datos al ejecutar la validación de la red se dispersan al modelo, mostrándose una distribución cercana a la red, al realizarse al prueba estadística  $R$  o coeficiente de determinación que es igual a la raíz de la suma de cuadrados de la regresión dividida entre la suma de cuadrados de la regresión total se obtiene el valor  $R = 0.99413$ , indicándonos un comportamiento de prueba de red preciso cercano a 1% de significancia.

Gráfico 15: Validación RNA [11 20 20 1]

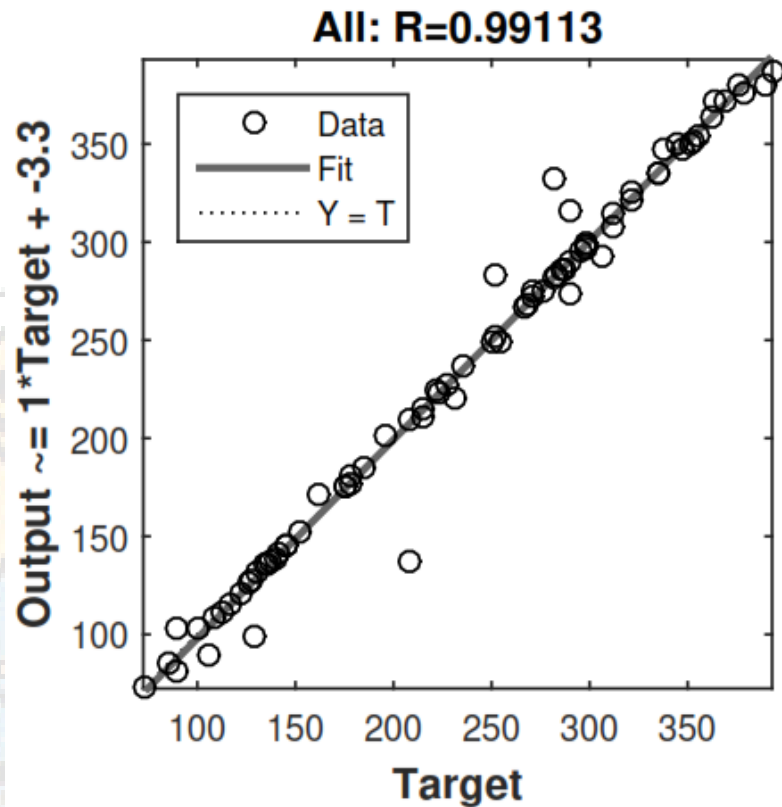


Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.7.4 Comportamiento general de la red

Por ultimo en el gráfico 16, se muestra el comportamiento general de la red neuronal artificial, para lo cual se muestra los procesos de entrenamiento, prueba y validación juntos, dicho gráfico muestra el comportamiento general de la red neuronal, mostrándose una distribución cercana a la red, al realizarse la prueba estadística R o coeficiente de determinación que es igual a la raíz de la suma de cuadrados de la regresión dividida entre la suma de cuadrados de la regresión total se obtiene el valor  $R = 0.99413$ , indicándonos un comportamiento de prueba de red preciso cercano a 1% de significancia, de esta manera validando que la red neuronal se encuentra entrenada y puede predecir la resistencia del concreto con un error con significancia de 1%.

Gráfico 16: Comportamiento RNA [11 20 20 1]



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.8 Optimización de diseño de mezclas de concreto mediante redes neuronales artificiales

Con la red obtenemos los pesos, y las bias con ello podemos linealizar el modelo y obtener el modelo de red neuronal que pueda predecir la resistencia de una probeta de concreto.

El desempeño de la RNA se puede evaluar a través del error promedio cuadrado RMSE (Root Mean Square Error), determinado por el factor de correlación R2 de acuerdo con lo indicado por (Goyal, Tsai, MadaN, DaSilva, & Chen, 2011).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Y_t - O_t)^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{O}_t)^2}$$

Donde:

$Y_t$ : Resistencias del concreto deseadas

$O_t$ : Resistencias del concreto obtenidas

$\bar{O}_t$ : promedio de las resistencias del concreto obtenidas

#### 4.1.9 Comparativa de diseño de mezclas mediante método de redes neuronales artificiales frente a otros métodos

Cabe destacar que se usó el Método de Fuller para el diseño de mezclas de probetas de concreto debido a las malas características que contaba el agregado de la cantera Santa Rosa, que no cumple con las normas ASTM, por ello se optó por el Método de Fuller como indica el libro de (Abanto, 1996)

En el cuadro 74, se muestra una comparación que se realiza mediante un ejemplo de validación con una muestra de 5 elementos diseñados mediante Método de Fuller, y la Red Neuronal, para ver cuál de los dos tiene mayor precisión en función del resultado final obtenido de los ensayos en laboratorio.

*Cuadro 74: Precisión del método de diseño de mezclas de Fuller*

ENSAYOS DE PRUEBA	METODO FULLER	ENSAYO DE COMPRESION	INDICADOR
Prueba de Ensayo	Resistencia diseñada $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Obtenida $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Precisión
1	110	112.80	0.9745455
2	145	152.60	0.9475862
3	210	223.30	0.9366667
4	240	250.30	0.9570833
5	270	298.00	0.8962963
<b>Promedio de precisión por el Método de Fuller</b>			<b>0.9424356</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como se demostró anteriormente la precisión que alcanza la metodología de Redes Neuronales, calculado mediante el error medio cuadrático  $R$  el grado de precisión de la RNA [11 20 20 1] es de  $R = 0.99113$ , frente a la precisión del Método de Fuller de  $R = 0.94246$ , concluyendo que la red neuronal artificial diseñada es 0.0487 más precisa, indicando en porcentajes el método de Redes Neuronales es 4.87% más preciso que el método de Fuller.

#### 4.1.10 Análisis y discusión de resultados (normativas y usos en el sector construcción contribución)

Partiendo de la hipótesis general de la investigación, se muestra un comportamiento adecuado de la red neuronal con indicador de error medio cuadrático  $R = 0.99113$  con  $R$  valor cercano a significancia de 1%, teniendo gran consideración las



características de los agregados en la resistencia del concreto como indican las normas de diseño ASTM y las Normas Técnicas Peruanas, siendo 11 parámetros los considerados que determinan la propiedad mecánica de resistencia del concreto: Cantidad de cemento, cantidad de agua, cantidad de agregado fino, humedad del agregado fino, absorción del agregado fino, porcentaje que pasa la malla nro. 4 de agregado fino, cantidad del agregado grueso, humedad del agregado grueso, absorción del agregado grueso, tamaño máximo de los agregados y el tiempo de curado del concreto; logrando que mediante el método de redes neuronales se halle el resultado de la resistencia del concreto con un nivel de significancia menor al 1%.

De los objetivos específicos demostró:

- El primer objetivo específico, trata sobre la influencia del concreto; Se realizó la prueba de análisis de varianza con selección demostrándose que el valor de significancia es menor al 0.001% frente a la resistencia a la compresión del concreto en la construcción de una red neuronal artificial, por lo tanto, el uso del concreto es significativo frente a la resistencia del concreto.
- El segundo objetivo específico trata sobre la influencia del agua, Se realizó la prueba de análisis de varianza con selección demostrándose que el valor de significancia es no significativa debido que en el análisis de regresión múltiple sin selección en la prueba de significancia se obtuvo un valor de 0.4432 teniendo una significancia en la regresión de 44%, concluyéndose que no es significativa al 5% frente a la resistencia de compresión del concreto en la construcción de una red neuronal artificial.
- El tercer objetivo específico trata sobre la influencia de las características de los agregados; Se realizó la prueba de análisis de varianza con selección sobre la regresión múltiple. demostrándose que las características de los agregados:
  - Cantidad del agregado grueso, humedad del agregado grueso, absorción del agregado grueso respecto a la resistencia del concreto son significativas en un grado menor al 0.001%, por lo tanto, son significantes frente a la resistencia del concreto.
  - Cantidad de agregado fino, porcentaje que pasa la malla número 4 del agregado fino son significativos en un 0.26% y 0.1381% respectivamente con una probabilidad de entrada del 10% y de permanencia al 5%. Por lo tanto, no son significantes frente a la resistencia del concreto



- Por ultimo las características de los agregados: Humedad del agregado fino, absorción del agregado fino, porcentaje que pasa la malla número 4 del agregado grueso, no son significativas, debido a que en la prueba de significancia obtuvieron valores mayores al 5% de significancia, mostrado en el análisis de varianza de la regresión múltiple sin selección, todo frente a la resistencia a la compresión del concreto en la construcción de una red neuronal artificial.
- El cuarto objetivo específico trata sobre la influencia del tiempo de curado; Se realizó la prueba de análisis de varianza con selección demostrándose que el valor de significancia es menor al 0.001% frente a la resistencia de compresión del concreto en la construcción de una red neuronal artificial. Por lo tanto, es significativo frente a la resistencia del concreto.





## CONCLUSIONES

1. La red neuronal diseñada para estimar la resistencia del concreto a compresión registró un buen comportamiento al calcular la resistencia del concreto, siendo evaluado mediante el error medio cuadrático MSE y el factor de correlación R red de una capa de entrada con 11 variables 2 capas ocultas de 20 variables cada una y una capa de salida de una variable RNA [11 20 20 1], con un valor  $R = 0.99113$  con significancia de 1% lo cual indica que la predicción de la resistencia del concreto es bastante precisa.
2. Se demostró la gran importancia de las características de los agregados en la resistencia del concreto al esfuerzo de compresión axial, ya que gracias a dichas características (humedad, absorción, granulometría) se alcanzó un comportamiento optimo del diseño de red neuronal de igual manera las significancias de dichas características en la resistencia del concreto al construir una red neuronal artificial.
3. Se logró diseñar una red neuronal adecuada a partir de las características de los insumos para la producción de concreto, que permita predecir eficazmente la resistencia a la compresión axial que este alcanza a los días de curado que se establezcan.



## **RECOMENDACIONES**

1. Con esta investigación se busca ampliar el campo de la ingeniería en construcción al campo computacional usando metodologías de aprendizaje profundo (Deep Learning), y hacer uso de estas metodologías en casos prácticos.
2. Se recomienda aumentar el registro de ensayos a fin de obtener una red neuronal con mayor precisión, garantizando una mejor eficiencia de aprendizaje y predicción de la red neuronal artificial.
3. Se recomienda ampliar las variaciones de cantidades de componentes del concreto a fin de obtener redes neuronales más diversas y funcionales para una gran variedad de casos, integrando aditivos y variando la calidad de materiales.
4. Se propone realizar ajustes en la red neuronal artificial para predecir la resistencia a compresión, con el fin de que pueda alcanzar mejores niveles y precisión, tomando como base mayores registros de ensayos de probetas de concreto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, F. (1996). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- Aguilar, A. (2008). *Las Redes Neuronales artificiales como una alternativa o complementaria a los métodos de clasificación tradicionales*. Lima: Pontificia universidad catollica del peru.
- Gonzales, L., Guerrero, A., Delvasto, S., & Ernesto, A. (2012). *Red neuronal artificial para estimar la resistencia a compresión, en concretos fibro-reforzados con polipropileno*. Palmira: Universidad nacional de Colombia.
- Goyal, G., Tsai, S., MadaN, B., DaSilva, N., & Chen, W. (2011). *Simultaneous cell growth and ethanol production from cellulose by an engineered yeast consortium displaying a functional mini-cellulosome*. Estados Unidos: EEUU.
- Hernandez, Fernandez, & Baptista. (2010). *Metodologia de la investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Laura, S. (2006). *Diseño de mezclas de concreto*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Marin, J. (2012). *Introducción a las Redes Neuronales*.
- N.T.P.339.034. (2015). *Norma Técnica Peruana NTP 339.034*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.339.088. (2014). *Norma Técnica Peruana NTP 339.088 Agua para concreto*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.339.185. (2013). *Nroma Tecnica Peruana NTP 339.185*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.400.011. (2008). *Norma Tecnica Peruana NTP 400.011*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.400.013. (2013). *Norma Tecnica Peruana NTP 400.013*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.400.037. (2014). *Norma Técnica Peruana NTP 400.037*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- Netzahuali, G. (2011). *Agregados Petreos*. Tlaxcalaa: Universidad Metropolitana de Tlaxcalaa.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales de construcción*. Lima: Capitulo Peruano ACI.
- Rodriguez. (2005). *Metodoliga de la investigación*. Mexico: Universidad de Juarez Autonoma de Tabasco.
- Rumelhart, D., Hilton, G., & Williams, R. (1986). *Learning Representations by Back Propagating Errors*. Cambridge: Institute for Cognitive Science MIT.
- Sabino, C. (2006). *El proceso de la investigacion*. Caracas: Editorial Panapo.
- Saccaco, Y. (2015). *Agregados. El unico tecnologia, 2*.

- Sanchez, F., & Tapia, R. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de Concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la Resistencia a la compresión de cilindros de concreto a Edad de 28 días*. Trujillo: Universidad privada Antenor Orrego.
- Solis Carcaño, E., Moreno, J., & Chan, R. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Materiales de Construcción*, 25.



# **“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE REDES NEURONALES HACIENDO USO DEL AGREGADO DE LA CANTERA SANTA ROSA HUANCAVELICA”**

(GONZALES GASPAR Cristhofer Jhonatan)

## **RESUMEN**

En la presente investigación se construye un modelo de inteligencia artificial (redes neuronales artificiales), que permita predecir la resistencia al esfuerzo de compresión axial del concreto ( $f'_c$ ). Para lograr el objetivo del proyecto de investigación, se ha elaborado probetas de concreto, registrando resistencias al esfuerzo de compresión axial ( $f'_c$ ) entre 70 kg/cm<sup>2</sup> y 390 kg/cm<sup>2</sup>. Seguido de los ensayos de rotura, se realizó el procesamiento de datos para la construcción del modelo de red neuronal artificial con la siguiente estructura: 11 variables de ingreso, (componentes del concreto y tiempo de curado) y una variable de salida (resistencia a la compresión axial del concreto); para el entrenamiento se realizó diversas simulaciones haciendo uso de la metodología de propagación inversa (back propagation) y el algoritmo de Levenberg Marquardt, buscando encontrar el error cuadrático medio (MSE), usando como herramienta de programación software Python y Matlab (Toolbox). Los resultados obtenidos del proyecto de investigación evaluados mediante el análisis estadístico de error medio cuadrático (MSE), se dividen en: Entrenamiento (training) ( $R = 0.99965$ ), validación ( $R = 0.96004$ ), test ( $R = 0.99413$ ), obteniéndose un modelo de red neuronal artificial con ( $R = 0.99113$ ); siendo  $R$  el coeficiente de determinación conocido como coeficiente de correlación de Pearson, demostrando de ese modo ser eficaz para predecir la resistencia del concreto con un error menor al 1%, proponiéndose como alternativa para realizar diseños de mezclas de concreto, que cumplan con las necesidades requeridas en los proyectos de ingeniería en el sector construcción y acorde a lo estipulado en la Norma E-060 (2009), ASTM C-39 y Normas Técnicas Peruanas.

**Palabras claves:** Esfuerzo a compresión, Resistencia promedio, Concreto, Red Neuronal Artificial.

## **INTRODUCCION**

En la actualidad la construcción está basada en el uso del concreto como componente básico en las obras civiles, para lo cual es necesario conocer la resistencia del concreto, necesaria para dotar a una estructura de calidad. El problema se basa en que los agregados no son debidamente normalizados para su uso en la construcción. Por ello la estimación de la resistencia de concreto basado en metodologías convencionales de estimación vienen siendo usados en la actualidad, estos métodos se basan en regresiones lineales y no lineales, con el problema de que las dependencias no lineales o propiedades mecánicas de los materiales no es bien considerada para el análisis.

Las Redes Neuronales Artificiales (RNAs), son sistemas inteligentes basados en el comportamiento neuronal biológico, que tienen la función de procesar información. Con un canal de entrada y salida, con alta disposición de comunicarse entre sí, cuya función se denomina sinapsis.

En el presente trabajo, se explora el uso de RNAs en la estimación de la resistencia diseño del

concreto, considerando la dosificación de los materiales y las propiedades de estos.

## **DESARROLLO**

Mediante el entrenamiento de redes neuronales artificiales, tomando como grupo de entrenamiento ensayos de probetas de concreto a diferentes edades, a fin de obtener un modelo inteligente que requiera las cantidades y propiedades de los materiales para obtener la resistencia necesaria y las edades de ensayo a compresión; haciendo uso de muestra de estudio al agregado de la cantera Santa Rosa ubicada al margen izquierdo del río Ichu, provincia de Huancavelica

### **Planteándose como hipótesis general:**

El resultado de la resistencia del concreto mediante redes neuronales artificiales es óptimo.

### **Hipótesis específicas:**

- La cantidad de cemento influye al método de redes neuronales artificiales al hallar la resistencia del concreto.
- La cantidad de agua influye al método de redes neuronales artificiales al hallar la resistencia del concreto.



- Las características del agregado influyen al método de redes neuronales artificiales al hallar la resistencia del concreto.
- El tiempo de curado influye al método de redes neuronales artificiales al hallar la resistencia del concreto.

## RESULTADOS Y METODOLOGIA

Las variables usadas se elaboraron basadas en los registros de ensayos realizados en laboratorio, tomando como variables de ingreso los insumos en la elaboración del concreto, siendo estas 11 variables:

1. Cantidad de cemento
2. Cantidad de agua.
3. Cantidad de agregado fino.
4. Humedad del agregado fino.
5. Absorción del agregado fino.
6. Porcentaje que pasa la malla Nro. 4 de agregado fino.
7. Cantidad de agregado grueso.
8. Humedad del agregado grueso.
9. Absorción del agregado grueso.
10. Porcentaje que pasa la malla Nro. 4 de agregado grueso.
11. Tiempo de curado del concreto.

Siendo un dato importante para la construcción de la red neuronal, el tiempo de curado de las probetas hasta su ensayo de rotura, teniendo cuidado de tener las probetas a temperatura de 24 grados Celsius sumergidos en agua, dicho proceso realizado según lo estipulado en la norma técnica (N.T.P.400.011, 2008).

La variable de salida de la red neuronal es la resistencia a la compresión axial expresada en kg/cm<sup>2</sup>. Dato que se obtuvo del ensayo con la máquina de compresión y agregada al registro de laboratorio, los ensayos fueron realizados en el laboratorio de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Las características de las muestras de ensayo fueron las siguientes:

Aire = 1 % a 3%

Cemento = 7% a 15%

Agua = 15% A 22%

Agregados= 60% a 75%

Teniendo como tamaño máximo del agregado 1 1/2'', y optando por un Slump de 3 a 4 pulgadas.

De acuerdo con la norma ASTM C- 33, nos indica que el módulo de finura no sea inferior a 2.3 ni superior a 3.1, ni que varíe en más de 0.2 del valor típico de la fuente del abastecimiento del agregado. En el caso de que sobrepase este valor, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones del agregado fino y grueso.

De los ensayos de laboratorio se obtuvo que el módulo de fineza de los agregados esta entre los valores de: 3.9 y 4.16.

Las resistencias de los ensayos de laboratorio oscilan entre 72.48 kg/cm<sup>2</sup> a 390.07 kg/cm<sup>2</sup> con 79 muestras, valores calculados entre la primera segunda y cuarta semana de curación de probetas a temperatura de 24°C. Tomándose 26 diseños de mezclas diferentes.

*Cuadro 01: Análisis de varianza de la regresión múltiple entre las características del agregado frente y la resistencia a la compresión del concreto en la construcción de red neuronal artificial.*

Variable	Estimación de parámetros	Error estándar	Tipo II SS	Valor F	Pr > F
Intercepto	-2008.38538	1040.26766	4155.14991	3.73	0.0576
CEMENTO	293.22518	24.53525	159222	142.83	<.0001
AF	-31.62324	27.84799	1437.50013	1.29	0.26
PMN4AF	-16.98754	11.32596	2507.80511	2.25	0.1381
AG	483.43065	65.56066	60613	54.37	<.0001
HUMAG	-629.84114	90.31677	54214	48.63	<.0001
ABSAG	241.8873	30.15502	71728	64.34	<.0001
TIEMPO	3.88366	0.4052	102404	91.86	<.0001

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro 01 se observa que son significativos la cantidad de cemento, la cantidad de agua, la cantidad de agregado grueso, humedad del agregado grueso, absorción del agregado grueso y el tiempo de curado, frente a la resistencia del concreto.

## Construcción de red neuronal artificial

Se configuró la red neuronal usando de 1 a 2 capas ocultas, usando la metodología de descenso por gradiente o gradiente conjugado. Utilizando la validación cruzada (K-Fold Cross Validation) que divide los datos en tres grupos:

- Grupo de Entrenamiento: Se considero usar el 70% de los datos, para asegurar un mejor proceso de entrenamiento de la Red Neuronal Artificial.



- Grupo de Prueba: Se considero usar el 15% de los datos, para ejecutar el proceso de prueba de la Red Neuronal Artificial.
- Grupo de Validación: Se considero usar el 15% de los datos, para validar la Red Neuronal Artificial. Obteniéndose la siguiente tabla de entrenamiento y simulación de redes neuronales artificiales.

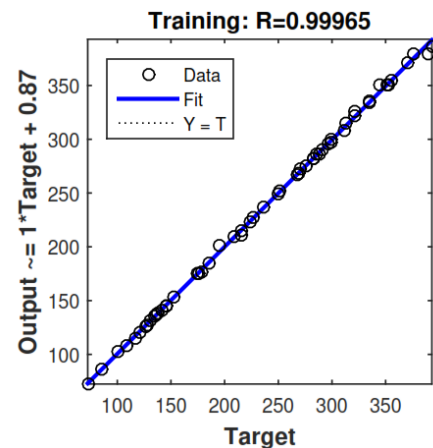
Cuadro 02: Prueba de selección de red neuronal artificial

Arquitectura de la RNA	Entrenamiento	Prueba	Validación	Total
Entradas-Capas Ocultas-Salida	R	R	R	R
[11 02 01]	0.95488	0.94369	0.95393	0.95158
[11 03 01]	0.96976	0.92740	0.95048	0.95668
[11 04 01]	0.75840	0.88793	0.63631	0.75767
[11 05 01]	0.90268	0.73298	0.96880	0.89271
[11 06 01]	0.91146	0.97594	0.93636	0.92952
[11 07 01]	0.97855	0.95874	0.97500	0.97384
[11 08 01]	0.97192	0.95756	0.97736	0.96774
[11 09 01]	0.25401	0.21859	0.60216	0.29124
[11 10 01]	0.93698	0.95340	0.96819	0.94595
[11 15 01]	0.98077	0.96373	0.98122	0.97680
[11 20 01]	0.98974	0.96104	0.98333	0.97908
[11 05 05 01]	0.97521	0.95350	0.96611	0.96993
[11 20 20 01]	0.99965	0.96004	0.99413	0.99113
[11 25 25 01]	0.98509	0.96745	0.97063	0.97820
R²: Factor de correlación, conocido como Coeficiente de correlación de Pearson				

Fuente: Elaboración Propia

En el grafico 01, se muestra el proceso de entrenamiento, en el cual se realizó usando el 70% de los datos, como se aprecia los datos son ajustados a la red neuronal, mostrándose una distribución cercana a lineal, al realizarse al prueba estadística R o coeficiente de determinación que es igual a la raíz de la suma de cuadrados de la regresión dividida entre la suma de cuadrados de la regresión total se obtiene el valor  $R = 0.99965$ , indicándonos un comportamiento de entrenamiento bastante preciso cercano a 1% de significancia.

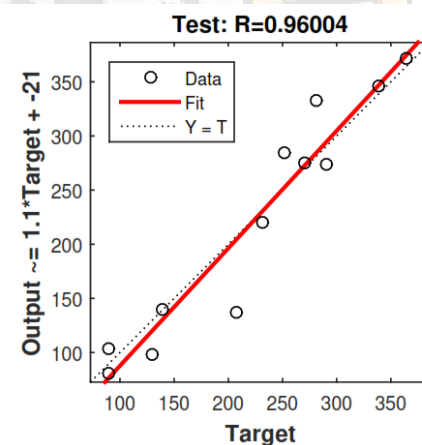
Gráfico 01: Entrenamiento RNA [11 20 20 1]



Fuente: Elaboración Propia

De igual manera en el gráfico 02, se muestra el proceso de prueba de red, en el cual se realizó usando el 15% de los datos, como se aprecia los datos hallados al ejecutar la prueba de la red se dispersan al modelo, mostrándose una distribución cercana a lineal, al realizarse al prueba estadística R o coeficiente de determinación que es igual a la raíz de la suma de cuadrados de la regresión dividida entre la suma de cuadrados de la regresión total se obtiene el valor  $R = 0.96004$ , indicándonos un comportamiento de prueba de red preciso cercano a 5% de significancia.

Gráfico 02: Prueba RNA [11 20 20 1]

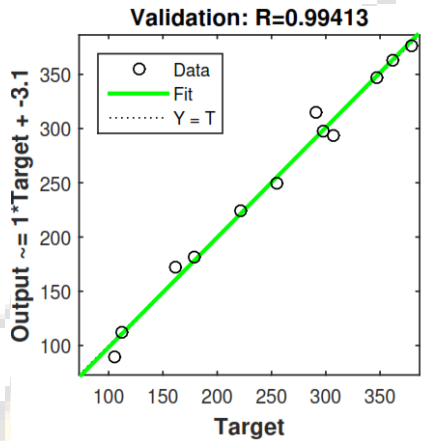


Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 03, se muestra el proceso de validación de red, en el cual se realizó usando el 15% de los datos restantes, como se aprecia los datos al ejecutar la validación de la red se dispersan al modelo, mostrándose una distribución cercana a la red, al realizarse al prueba estadística R o coeficiente de determinación que es igual a la raíz

de la suma de cuadrados de la regresión dividida entre la suma de cuadrados de la regresión total se obtiene el valor  $R = 0.99413$ , indicándonos un comportamiento de prueba de red preciso cercano a 1% de significancia.

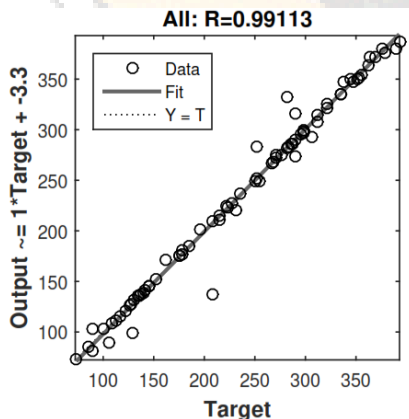
Gráfico 03: Validación RNA [11 20 20 1]



Fuente: Elaboración Propia

Por ultimo en el gráfico 04, se muestra el comportamiento general de la red neuronal artificial, para lo cual se muestra los proceso de entrenamiento, prueba y validación juntos, dicho gráfico muestra el comportamiento general de la red neuronal, mostrándose una distribución cercana a la red, al realizarse al prueba estadística  $R$  o coeficiente de determinación que es igual a la raíz de la suma de cuadrados de la regresión dividida entre la suma de cuadrados de la regresión total se obtiene el valor  $R = 0.99413$ , indicándonos un comportamiento de prueba de red preciso cercano a 1% de significancia, de esta manera validando que la red neuronal se encuentra entrenada y puede predecir la resistencia del concreto con un error con significancia de 1%.

Gráfico 04: Comportamiento RNA [11 20 20 1]



Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que se usó el Método de Fuller para el diseño de mezclas de probetas de concreto debido a las malas características que contaba el agregado de la cantera Santa Rosa, que no cumple con las normas ASTM, por ello se optó por el Método de Fuller como indica el libro de (Abanto, 1996)

En el cuadro 03, se muestra una comparación que se realiza mediante un ejemplo de validación con una muestra de 5 elementos diseñados mediante Método de Fuller, y la Red Neuronal, para ver cuál de los dos tiene mayor precisión en función del resultado final obtenido de los ensayos en laboratorio.

Cuadro 03: Precisión del método de diseño de mezclas de Fuller

Ensayos de prueba	Método Fuller	Ensayo de compresión	Indicador
Prueba de Ensayo	Resistencia diseñada $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Obtenida $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Precisión
1	110	112.80	0.9745455
2	145	152.60	0.9475862
3	210	223.30	0.9366667
4	240	250.30	0.9570833
5	270	298.00	0.8962963
Promedio de precisión por el Método de Fuller			0.9424356

Fuente: Elaboración Propia

Como se demostró anteriormente la precisión que alcanza la metodología de Redes Neuronales, calculado mediante el error medio cuadrático  $R$  el grado de precisión de la RNA [11 20 20 1] es de  $R = 0.99113$ , frente a la precisión del Método de Fuller de  $R = 0.94246$ , concluyendo que la red neuronal artificial diseñada es 0.0487 más precisa, indicando en porcentajes el método de Redes Neuronales es 4.87% más preciso que el método de Fuller.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Partiendo de la hipótesis general de la investigación, se muestra un comportamiento adecuado de la red neuronal con indicador de error medio cuadrático  $R = 0.99113$  con  $R$  valor cercano a significancia de 1%, teniendo gran consideración las características de los agregados en la resistencia del concreto como indican las normas de diseño ASTM y las Normas Técnicas Peruanas, siendo 11 parámetros los considerados que determinan la propiedad mecánica de resistencia del concreto: Cantidad de cemento, cantidad de agua, cantidad de agregado fino, humedad del agregado fino, absorción del agregado fino, porcentaje que pasa la

mallas nro. 4 de agregado fino, cantidad del agregado grueso, humedad del agregado grueso, absorción del agregado grueso, tamaño máximo de los agregados y el tiempo de curado del concreto; logrando que mediante el método de redes neuronales se halle el resultado de la resistencia del concreto con un nivel de significancia menor al 1%.

#### **De los objetivos específicos se demostró:**

- El primer objetivo específico, trata sobre la influencia del concreto; Se realizó la prueba de análisis de varianza con selección demostrándose que el valor de significancia es menor al 0.001% frente a la resistencia a la compresión del concreto en la construcción de una red neuronal artificial, por lo tanto, el uso del concreto es significativo frente a la resistencia del concreto.

- El segundo objetivo específico trata sobre la influencia del agua, Se realizó la prueba de análisis de varianza con selección demostrándose que el valor de significancia es no significativo debido que en el análisis de regresión múltiple sin selección en la prueba de significancia se obtuvo un valor de 0.4432 teniendo una significancia en la regresión de 44%, concluyéndose que no es significativo al 5% frente a la resistencia de compresión del concreto en la construcción de una red neuronal artificial.

- El tercer objetivo específico trata sobre la influencia de las características de los agregados; Se realizó la prueba de análisis de varianza con selección sobre la regresión múltiple. demostrándose que las características de los agregados:

- Cantidad del agregado grueso, humedad del agregado grueso, absorción del agregado grueso respecto a la resistencia del concreto son significativas en un grado menor al 0.001%, por lo tanto, son significantes frente a la resistencia del concreto.
- Cantidad de agregado fino, porcentaje que pasa la malla número 4 del agregado fino son significativos en un 0.26% y 0.1381% respectivamente con una probabilidad de entrada del 10% y de permanencia al 5%. Por lo tanto, no son significantes frente a la resistencia del concreto

- Por último las características de los agregados: Humedad del agregado fino, absorción del agregado fino, porcentaje que pasa la malla número 4 del agregado grueso, no son significativas, debido a que en la prueba de significancia obtuvieron valores mayores al 5% de significancia, mostrado en el análisis de varianza de la regresión múltiple sin selección, todo frente a la resistencia a la compresión del concreto en la construcción de una red neuronal artificial.

- El cuarto objetivo específico trata sobre la influencia del tiempo de curado; Se realizó la prueba de análisis de varianza con selección demostrándose que el valor de significancia es menor al 0.001% frente a la resistencia de compresión del concreto en la construcción de una red neuronal artificial. Por lo tanto, es significativo frente a la resistencia del concreto.

#### **CONCLUSIONES**

1. La red neuronal diseñada para estimar la resistencia del concreto a compresión registró un buen comportamiento al calcular la resistencia del concreto, siendo evaluado mediante el error medio cuadrático MSE y el factor de correlación R de una capa de entrada con 11 variables 2 capas ocultas de 20 variables cada una y una capa de salida de una variable RNA [11 20 20 1], con un valor  $R = 0.99113$  con significancia de 1% lo cual indica que la predicción de la resistencia del concreto es bastante precisa.
2. Se demostró la gran importancia de las características de los agregados en la resistencia del concreto al esfuerzo de compresión axial, ya que gracias a dichas características (humedad, absorción, granulometría) se alcanzó un comportamiento óptimo del diseño de red neuronal de igual manera las significancias de dichas características en la resistencia del concreto al construir una red neuronal artificial.
3. Se logró diseñar una red neuronal adecuada a partir de las características de los insumos para la producción de concreto, que permita predecir eficazmente la resistencia a la

compresión axial que este alcanza a los días de curado que se establezcan.

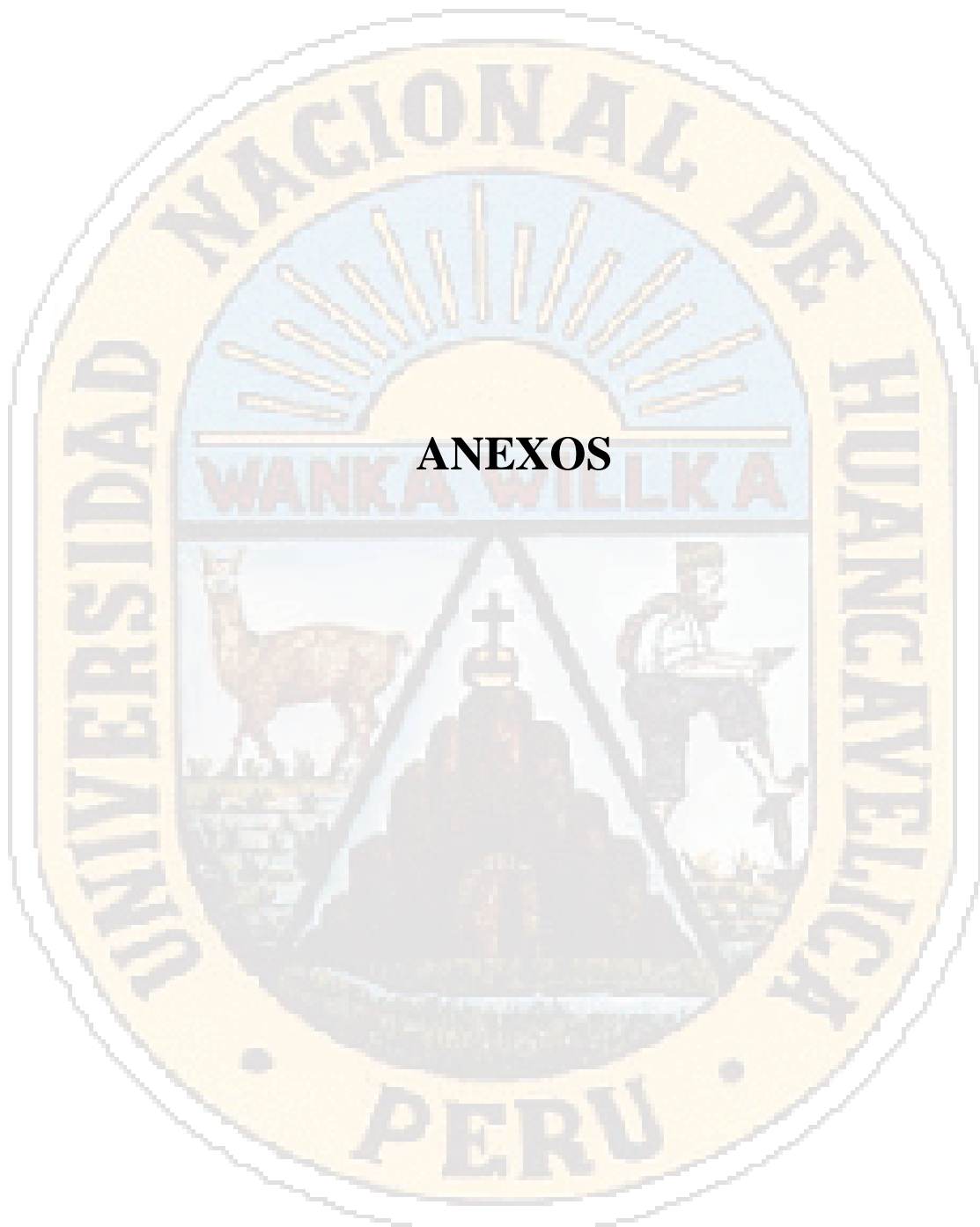
## RECOMENDACIONES

1. Con esta investigación se busca ampliar el campo de la ingeniería en construcción al campo computacional usando metodologías de aprendizaje profundo (Deep Learning), y hacer uso de estas metodologías en casos prácticos.
2. Se recomienda aumentar el registro de ensayos a fin de obtener una red neuronal con mayor precisión, garantizando una mejor eficiencia de aprendizaje y predicción de la red neuronal artificial.
3. Se recomienda ampliar las variaciones de cantidades de componentes del concreto a fin de obtener redes neuronales más diversas y funcionales para una gran variedad de casos, integrando aditivos y variando la calidad de materiales.
4. Se propone realizar ajustes en la red neuronal artificial para predecir la resistencia a compresión, con el fin de que pueda alcanzar mejores niveles y precisión, tomando como base mayores registros de ensayos de probetas de concreto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (1996). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- Aguilar, A. (2008). *Las Redes Neuronales artificiales como una alternativa o complementaria a los métodos de clasificación tradicionales*. Lima: Pontificia universidad católica del peru.
- Gonzales, L., Guerrero, A., Delvasto, S., & Ernesto, A. (2012). *Red neuronal artificial para estimar la resistencia a compresión, en concretos fibro-reforzados con polipropileno*. Palmira: Universidad nacional de Colombia.
- Goyal, G., Tsai, S., MadaN, B., DaSilva, N., & Chen, W. (2011). *Simultaneous cell growth and ethanol production from cellulose by an engineered yeast consortium displaying a functional mini-cellulosome*. Estados Unidos: EEUU.
- Hernandez, Fernandez, & Baptista. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw Hill.
- Laura, S. (2006). *Diseño de mezclas de concreto*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Marin, J. (2012). *Introducción a las Redes Neuronales*.
- N.T.P.339.034. (2015). *Norma Técnica Peruana NTP 339.034*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.339.088. (2014). *Norma Técnica Peruana NTP 339.088 Agua para concreto*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.339.185. (2013). *Norma Técnica Peruana NTP 339.185*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.400.011. (2008). *Norma Técnica Peruana NTP 400.011*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.400.013. (2013). *Norma Técnica Peruana NTP 400.013*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- N.T.P.400.037. (2014). *Norma Técnica Peruana NTP 400.037*. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.
- Netzahual, G. (2011). *Agregados Petreos*. Tlaxcalaa: Universidad Metropolitana de Tlaxcalaa.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales de construcción*. Lima: Capitulo Peruano ACI.
- Rodriguez. (2005). *Metodología de la investigación*. Mexico: Universidad de Juarez Autonoma de Tabasco.
- Rumelhart, D., Hilton, G., & Williams, R. (1986). *Learning Representations by Back Propagating Errors*. Cambridge: Institute for Cognitive Science MIT.
- Sabino, C. (2006). *El proceso de la investigación*. Caracas: Editorial Panapo.
- Saccaco, Y. (2015). *Agregados. El unico tecnologia, 2*.
- Sanchez, F., & Tapia, R. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de Concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la Resistencia a la compresión de cilindros de concreto a Edad de 28 días*. Trujillo: Universidad privada Antenor Orrego.
- Solis Carcaño, E., Moreno, J., & Chan, R. (2003). *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Materiales de Construcción, 25*.

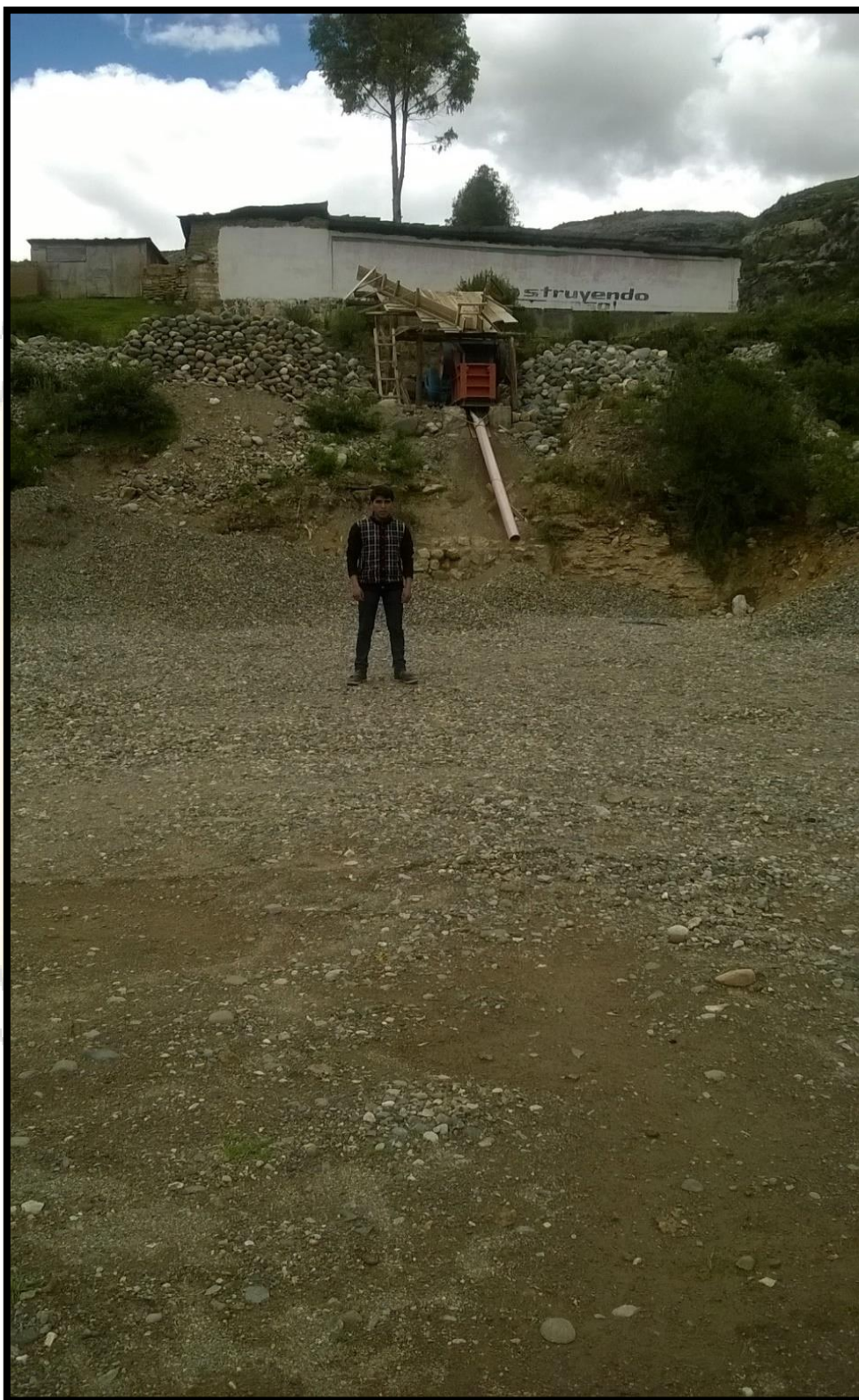




## ANEXOS

## PANEL FOTOGRÁFICO

CANTERA SANTA ROSA



Cantera Santa Rosa





Cantera Santa Rosa



Cantera Santa Rosa





Toma de peso de muestra par tamizado



Rotulado de nuestra a secar



Tamizado de agregados



Laboratorio de concreto



Granulometría de los Agregados



Muestra de piedra chancada





Ensayo de contenido de humedad



Peso unitario agregado



Determinación de volumen de agregados



Peso sumergido de agregados gruesos



Determinación De La Granulometría De Los Agregados



## ELABORACION DE PROBETAS DE CONCRETO



Probetas de concreto en laboratorio





Probetas de concreto elaboradas

### ENSAYOS DE ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO:

Fecha de rotura 01/02 /2017



Ensayo de probetas de concreto en máquina de compresión



Resultados muestra 01

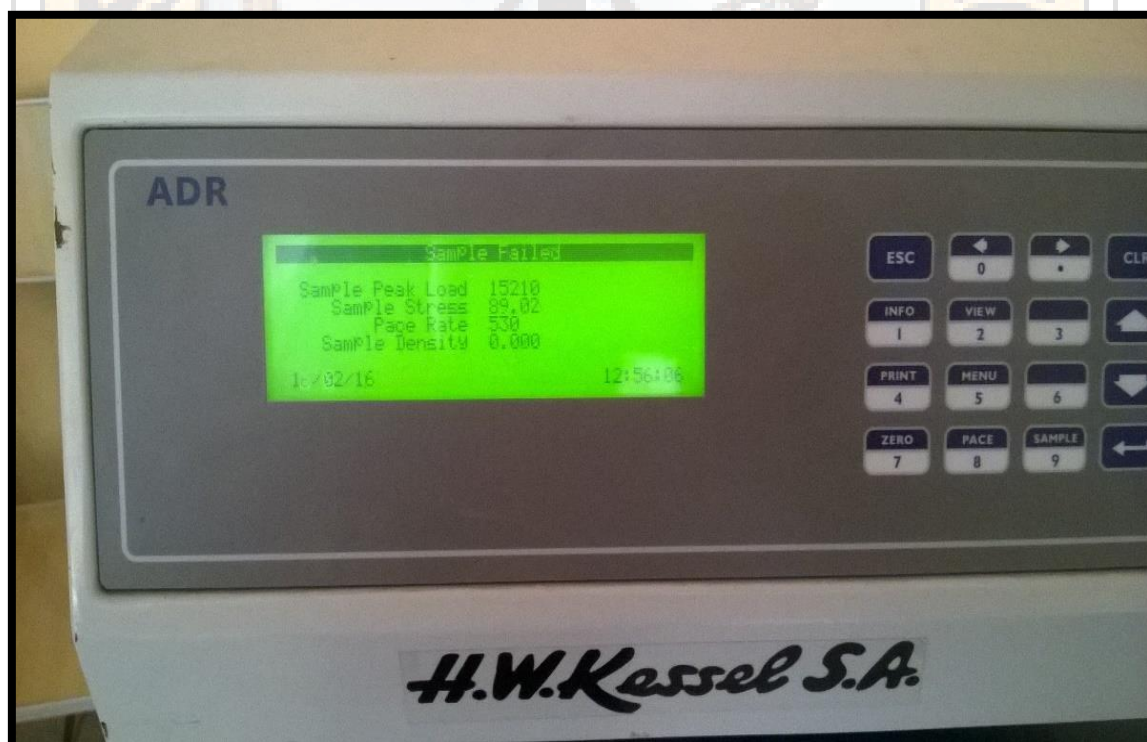


Ensayo de probetas de concreto en máquina de compresión muestra 02





Resultados de muestra 02



Resultados muestra 05



Muestra 09

Fecha de rotura 04//03 /2016



Muestras 06 y 10

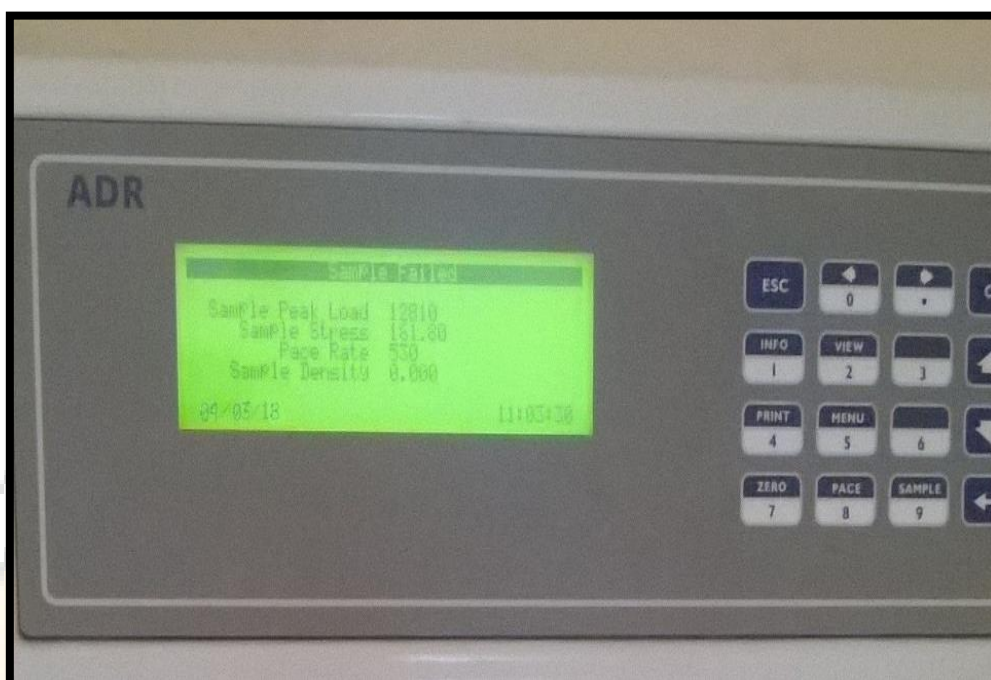




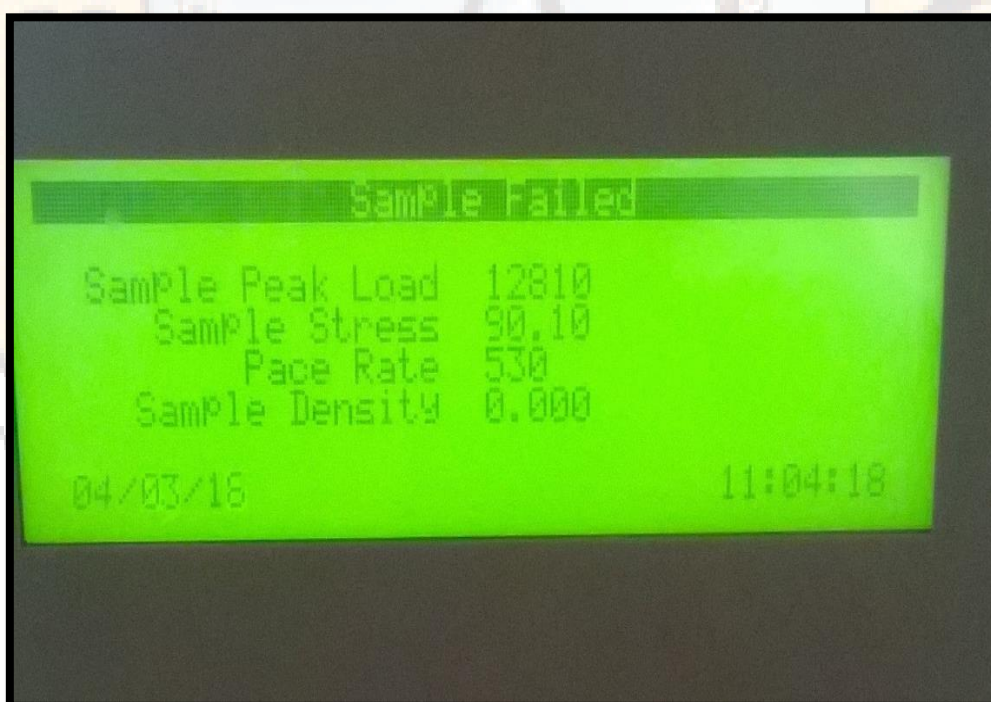
Muestras 06 ,07 ,08, 10



Ensayo de rotura de probeta muestra 07

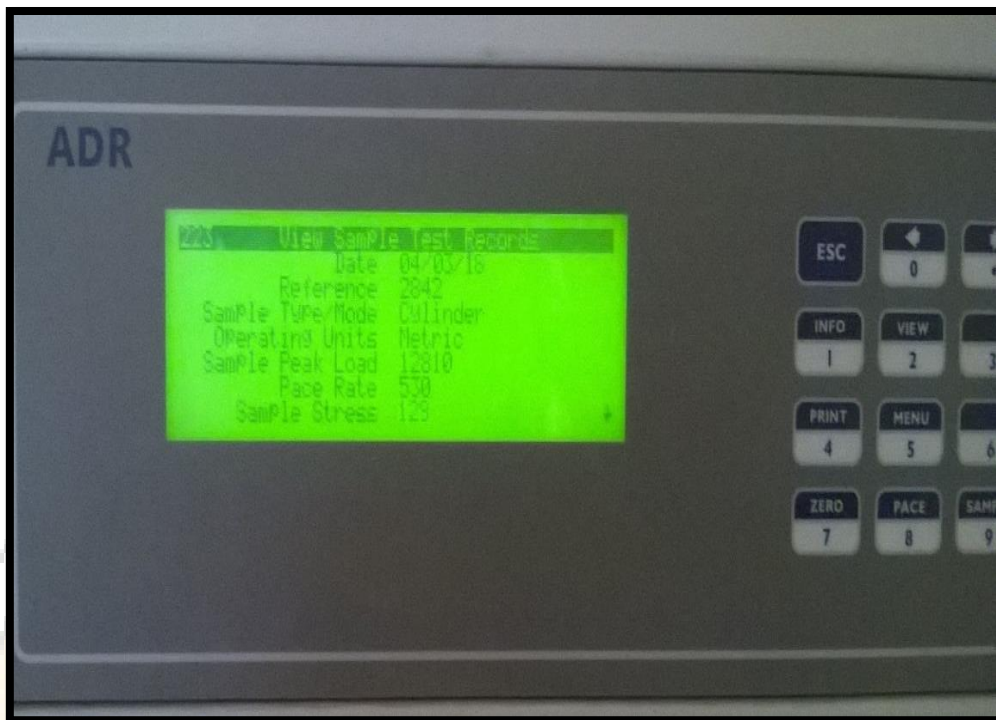


Resultados muestra 07



Resultados muestra 08





Resultados muestra 10

Fecha de rotura 16//03 /2016





Muestras 12 -13



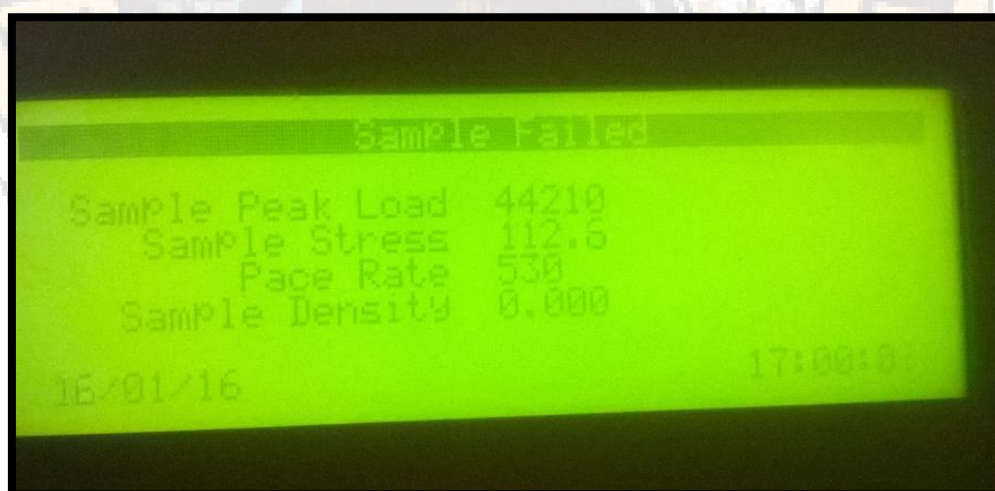
Resultados muestra 11



Resultados muestra 12



Resultados muestra 13



Resultados muestra 14





Resultados muestra 15

Fecha de rotura 17//08 /2016



Resultados muestra 16



Probetas de concreto muestra 16

Fecha de rotura 18//08 /2016



Ensayo de rotura de probeta de concreta muestra 21



Resultados muestra 21



Fecha de rotura 22/08 /2016



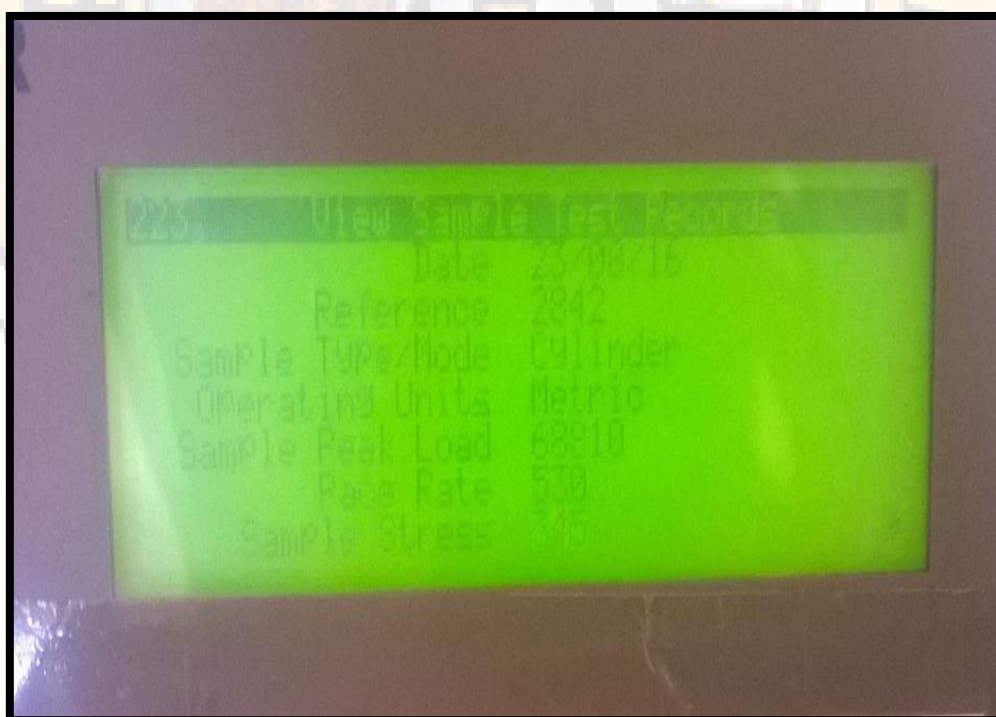
Probetas de concreto, muestra 28



Resultados muestra 28



Resultados de muestra 29



Resultados de muestra 30

Fecha de rotura 03/08/2016



Probetas de concreto, muestra 34

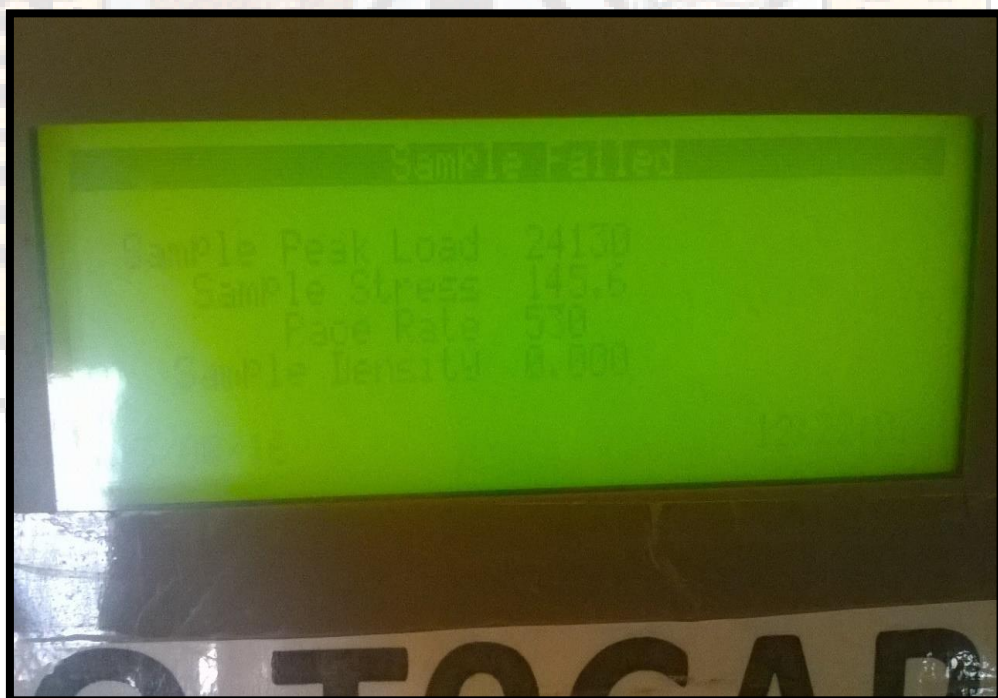


Resultados muestra 34



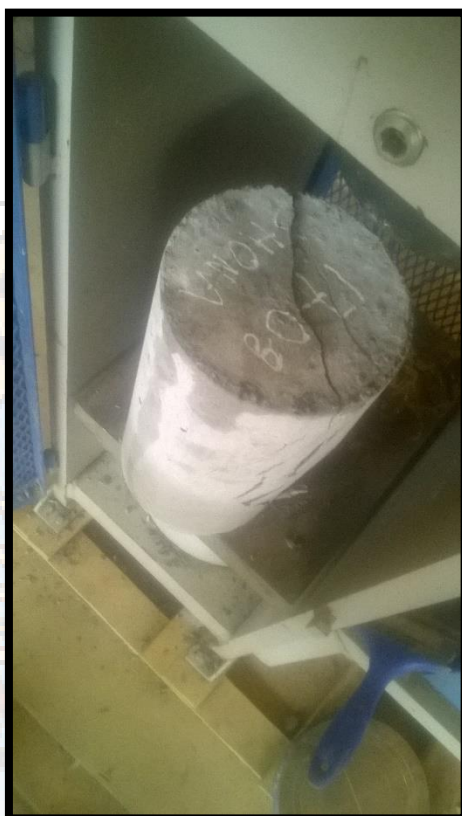


Resultados muestra 35

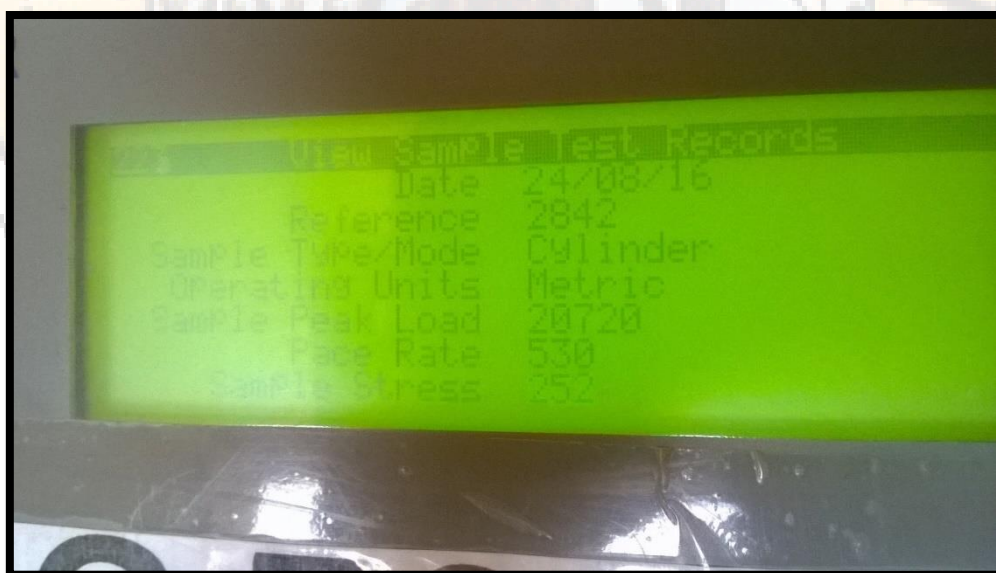


Resultados muestra 36

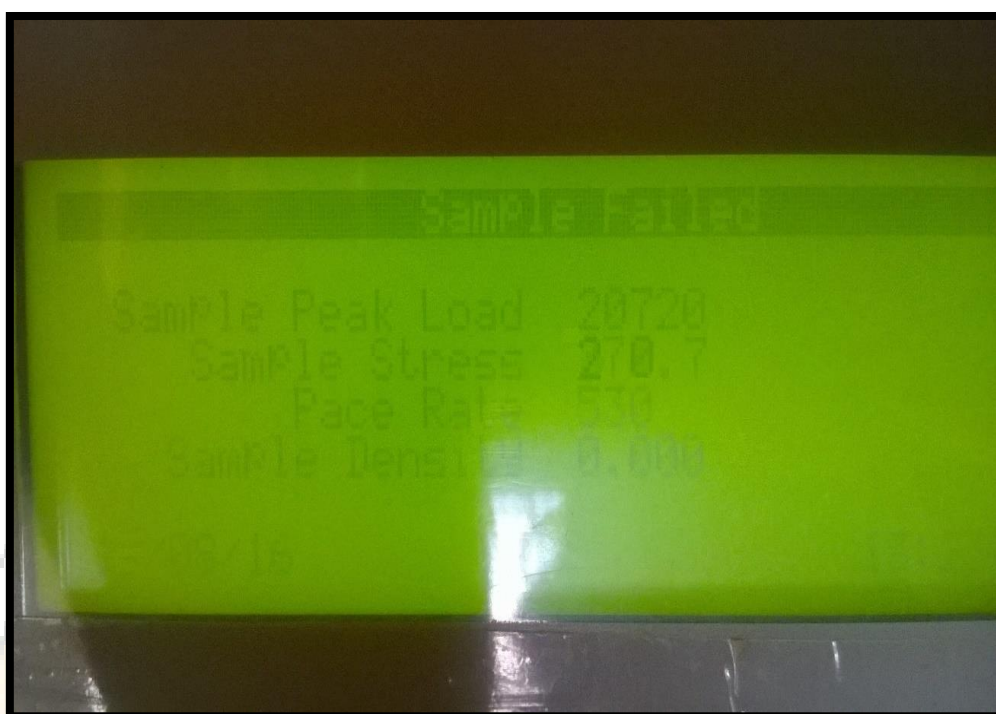
Fecha de rotura 24/08 /2016



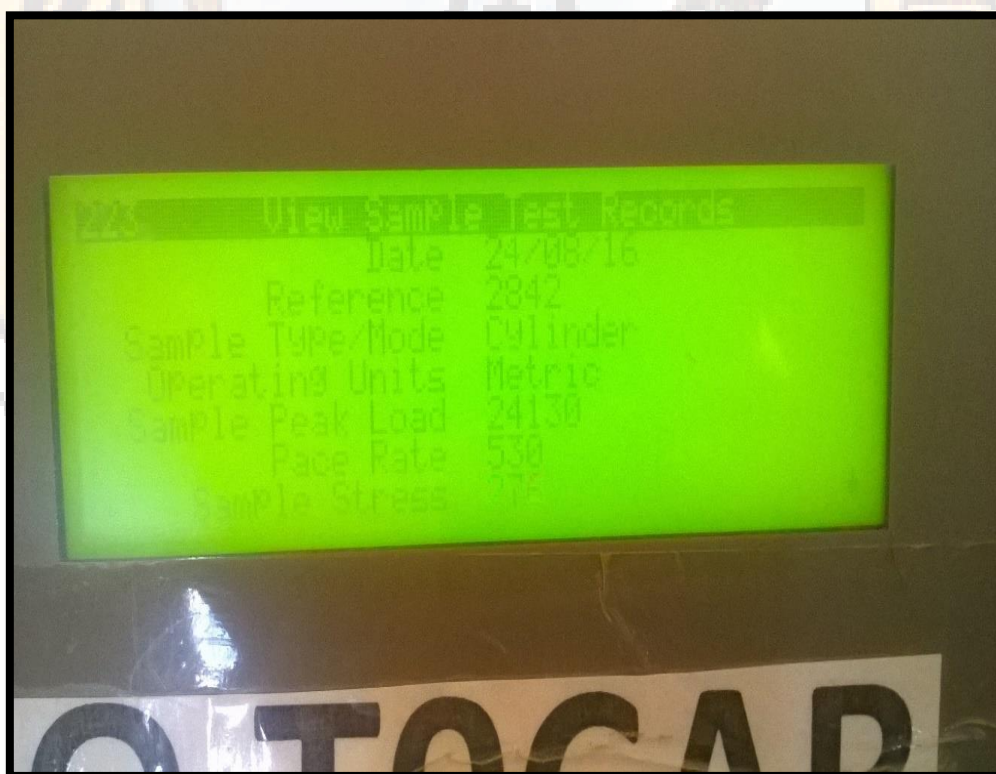
Resultados de probetas de concreto, muestra 43



Resultados muestra 43



Resultados muestra 44



Resultados muestra 45



Fecha de rotura 29/08/2016



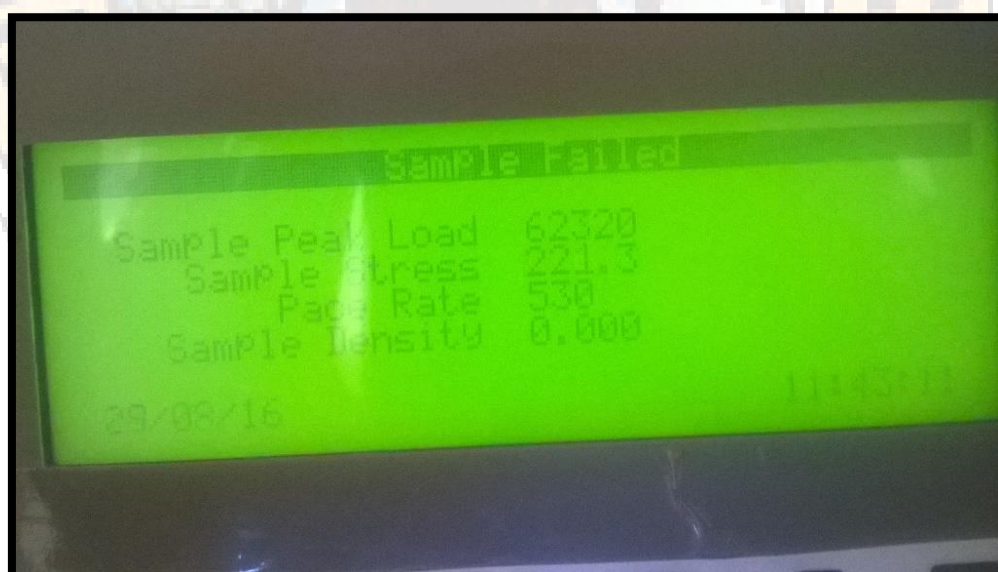
Proceso de Rotura de probetas con equipo de laboratorio



Resultados muestra 52

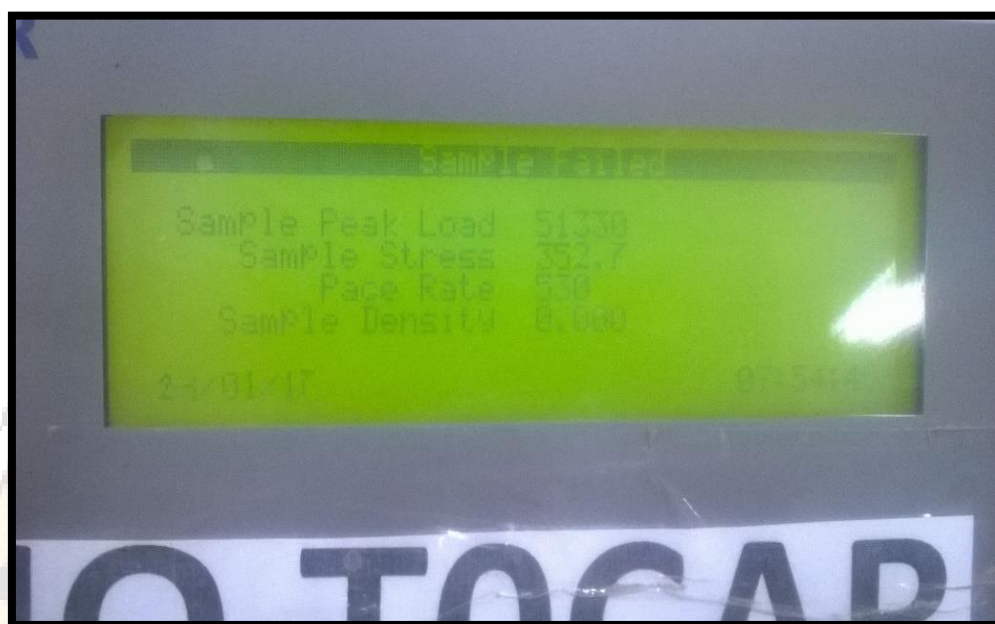


Resultados muestra 54

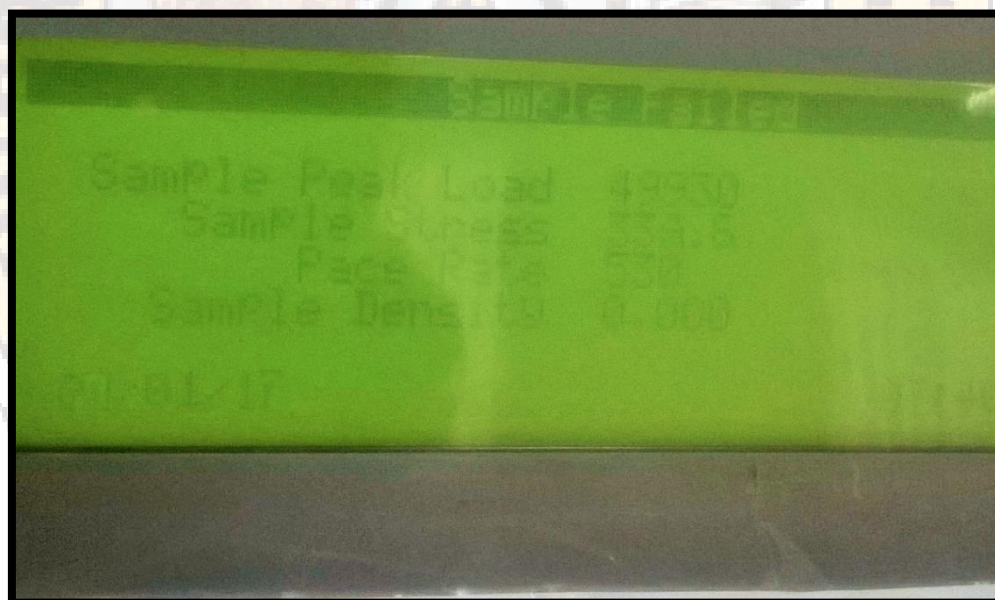


Resultados muestra 56

Fecha de rotura 24/01 /2017

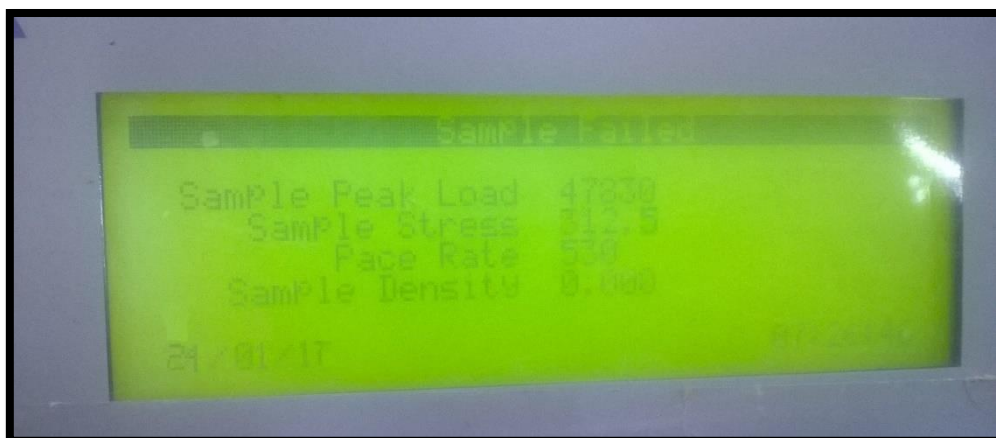


Resultados de muestra 64

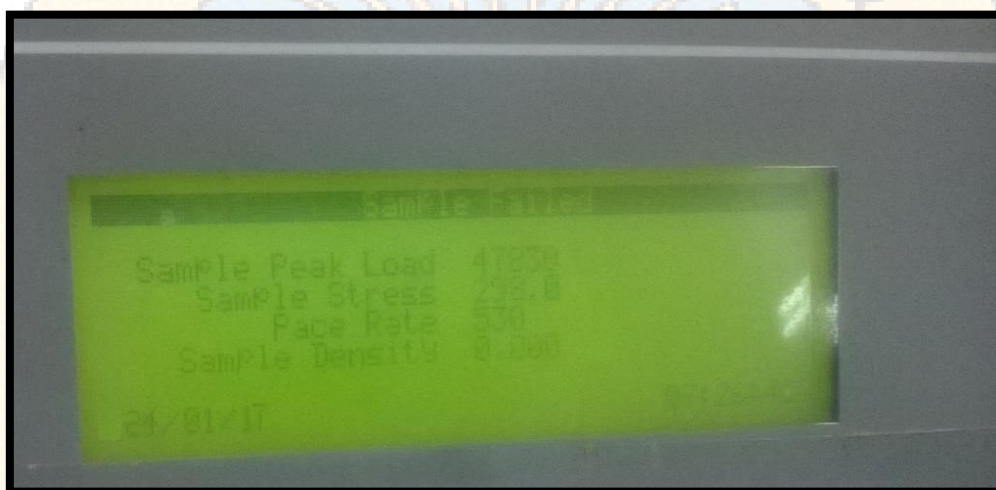


Resultados de muestra 65





Resultados de muestra 66



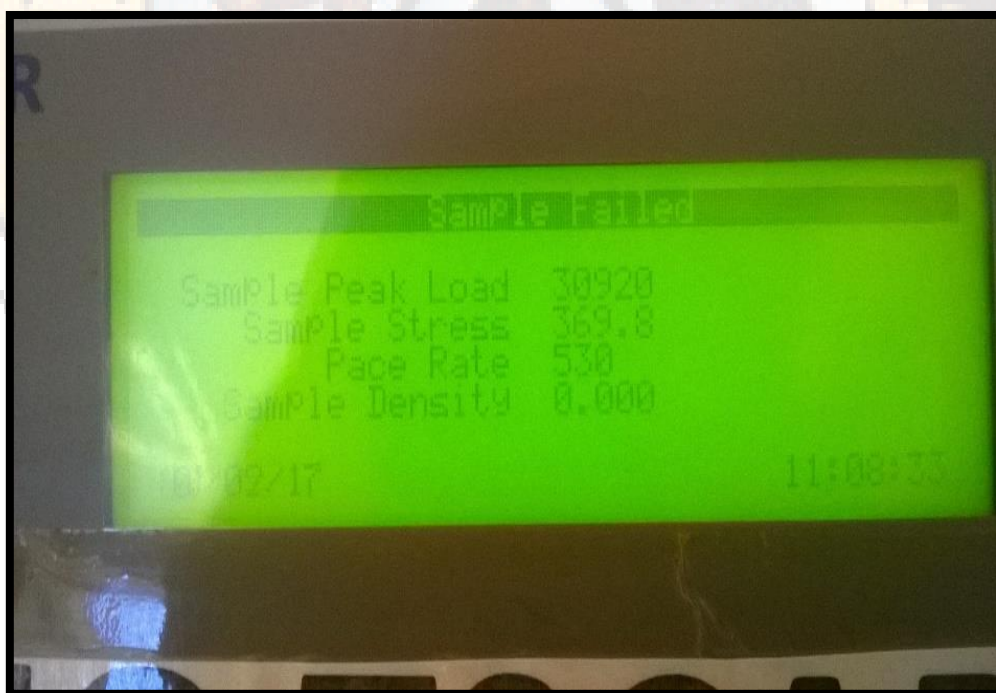
Resultados de muestra 65



Resultados de muestra 68

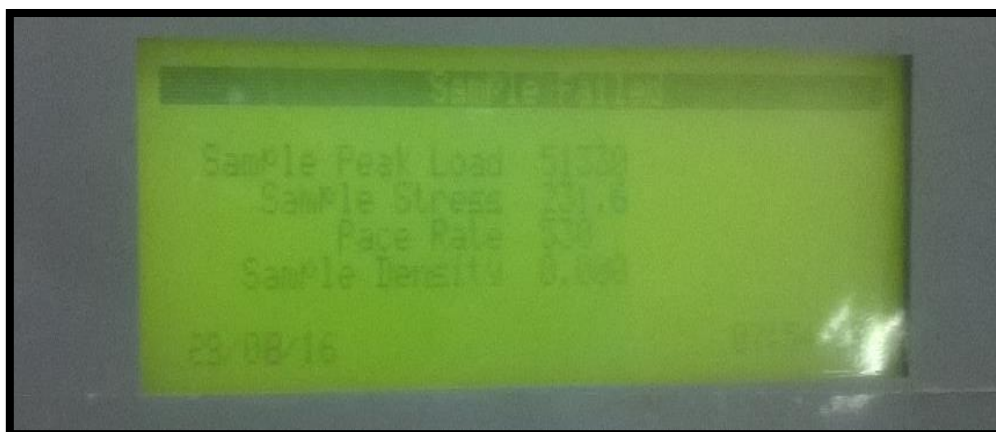


Ensayo de rotura de muestra 70



Resultados de muestra 70

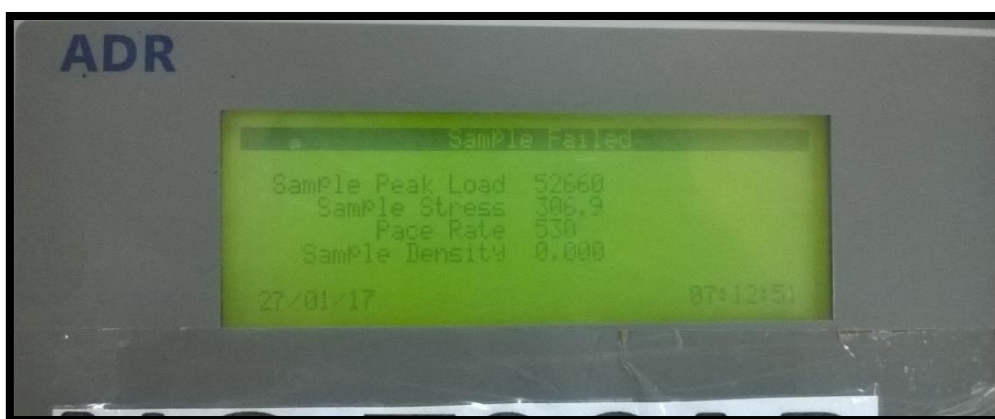




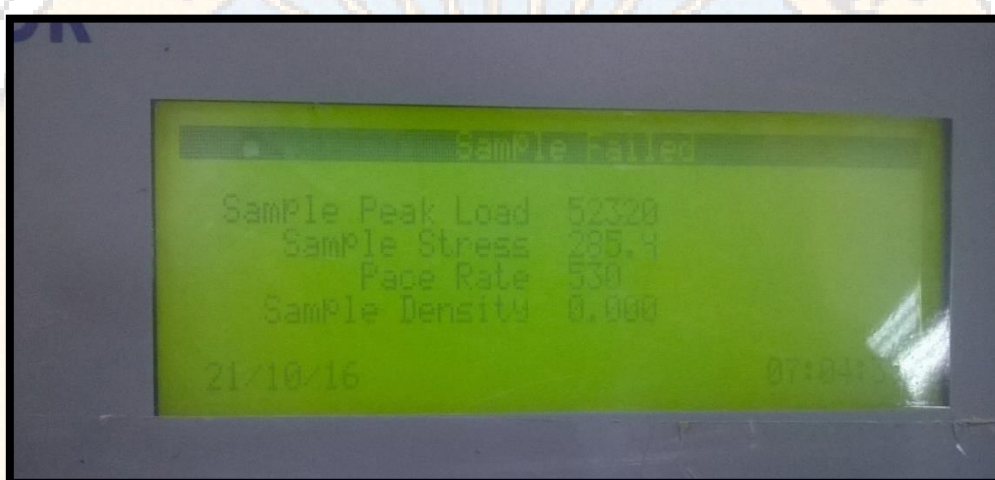
Resultados de muestra 71

Fecha de rotura 27/11 /2017

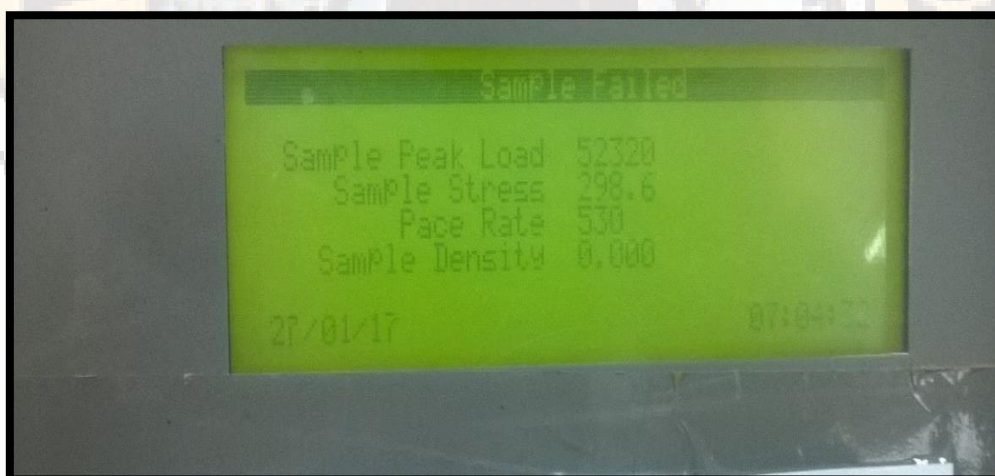




Muestra 77



Muestra 78



Muestra 79

# CUADROS DE REPORTES DE ENSAYOS REALIZADOS

## Determinación de granulometría de los agregados



Universidad Nacional de Huancavelica  
Tesis  
Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica  
Ingeniería Civil

SOLICITANTE	CRISTHOFER JHONATAN GONZALES GASPAR		
ENSAYOS OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA-01 Analisis granulométrico de los agregados		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M1
FECHA DE REGISTRO	18/02/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	18/02/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021_NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

### EA-01 ENSAYO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

#### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA M1

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	2.053	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	2.020	kg	
Contenido de humedad (H)	0.033	kg	

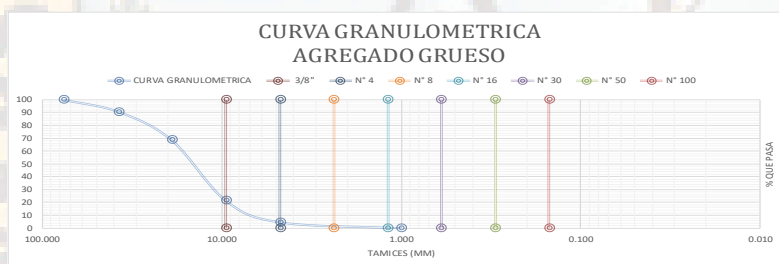
AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.250	9.42	9.42	90.58
19.050	3/4	0.580	21.85	31.27	68.73
9.525	3/8	1.250	47.10	78.37	21.63
4.750	N° 4	0.450	16.96	95.33	4.67
1.000	Fondo	0.124	4.67	100.00	0.00
SUMA		2.654	kg		

DETERMINANDO MODULO DE FINEZA DE AGREGADO

MF Agregado Grueso	9.144
--------------------	-------

mod fineza

8.144



#### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

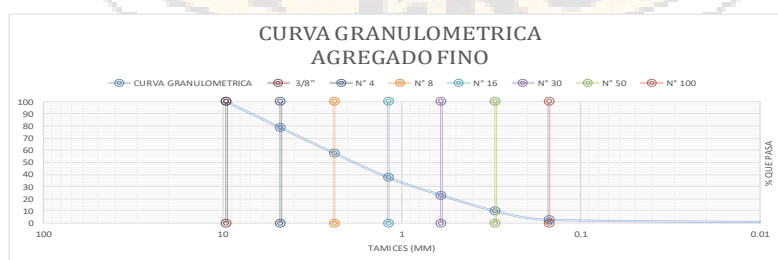
MUESTRA M1

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	1.000	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	0.950	kg	
Contenido de humedad (H)	0.050	kg	

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W muestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.700	21.50	21.50	78.50
2.38	N° 8	0.680	20.88	42.38	57.62
1.19	N° 16	0.653	20.06	62.44	37.56
0.6	N° 30	0.480	14.74	77.18	22.82
0.3	N° 50	0.420	12.90	90.08	9.92
0.15	N° 100	0.236	7.25	97.33	2.67
0.001	Fondo	0.087	2.67	100.00	0.00
SUMA		3.256			

MF Agregado Fino	3.909
------------------	-------

78.5





SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOHER JHONATAN GONZALES GASPAR			
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS			
MODALIDAD DE MUESTREO	EA-01 Análisis granulométrico de los agregados			
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-02	
FECHA DE REGISTRO	19/02/2016		Muestra alterada	
FECHA DE MUESTREO	19/02/2016			
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN	
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012	
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017	
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022	
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185	

#### EA-01 ENSAYO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

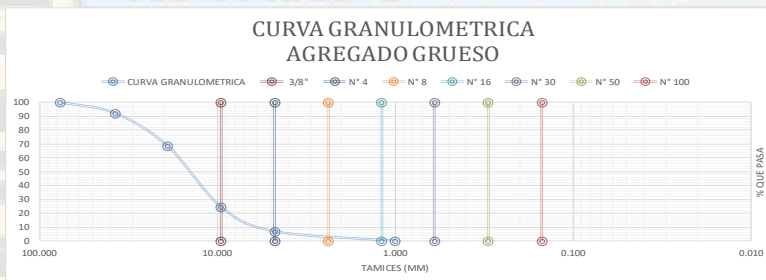
MUESTRA  
C1-06

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	2.053	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	2.020	kg	
Contenido de humedad (H)	0.033	kg	

AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.220	8.00	8.00	92.00
19.050	3/4	0.650	23.63	31.62	68.38
9.525	3/8	1.210	43.98	75.61	24.39
4.750	N° 4	0.482	17.52	93.13	6.87
1.000	Fondo	0.189	6.87	100.00	0.00
SUMA		2.751	kg		

DETERMINANDO MODULO DE FINEZA DE AGREGADO

MF Agregado Grueso	9.084
--------------------	-------



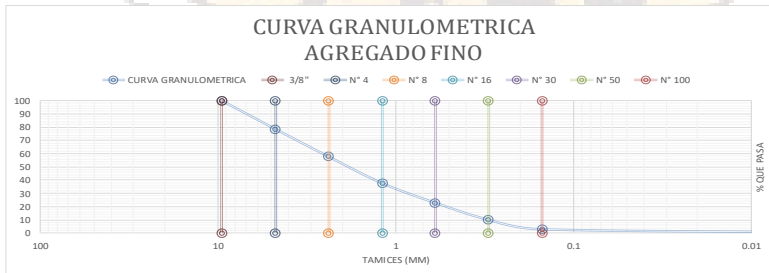
##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA  
C1-06

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	1.000	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	0.950	kg	
Contenido de humedad (H)	0.050	kg	

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W muestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.700	21.50	21.50	78.50
2.38	N° 8	0.680	20.88	42.38	57.62
1.19	N° 16	0.653	20.06	62.44	37.56
0.6	N° 30	0.480	14.74	77.18	22.82
0.3	N° 50	0.420	12.90	90.08	9.92
0.15	N° 100	0.236	7.25	97.33	2.67
0.001	Fondo	0.087	2.67	100.00	0.00
SUMA		3.256			

MF Agregado Fino	3.909
------------------	-------





Universidad Nacional de Huancavelica  
Tesis  
Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica  
Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOFR JHONATAN GONZALES GASPAR		
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA-01 Analisis granulometrico de los agregados		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-03
FECHA DE REGISTRO	10/08/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	10/08/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021, NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

#### EA-01 ENSAYO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA C1-03

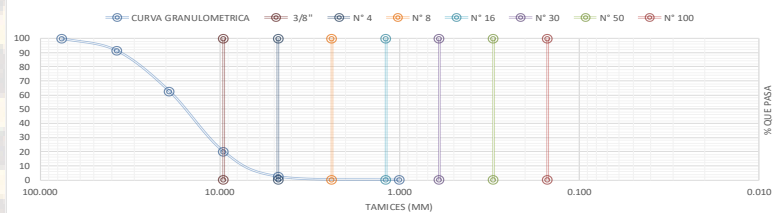
DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	2.053	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	2.020	kg	
Contenido de humedad (H)	0.033	kg	

AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.254	8.58	8.58	91.42
19.050	3/4	0.853	28.81	37.39	62.61
9.525	3/8	1.260	42.55	79.94	20.06
4.750	N° 4	0.520	17.56	97.50	2.50
1.000	Fondo	0.074	2.50	100.00	0.00
SUMA		2.961	kg		

DETERMINANDO MODULO DE FINEZA DE AGREGADO

MF Agregado Grueso	9.234
--------------------	-------

CURVA GRANULOMETRICA  
AGREGADO GRUESO



##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

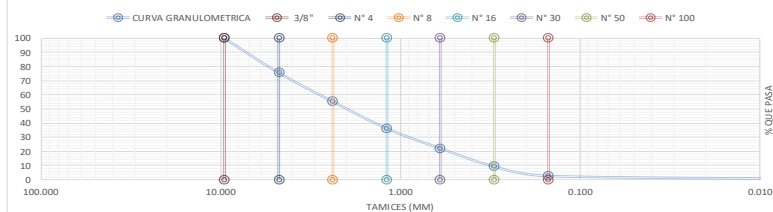
MUESTRA C1-03

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	1.000	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	0.950	kg	
Contenido de humedad (H)	0.050	kg	

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W muestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.750	N° 4	0.780	24.40	24.40	75.60
2.380	N° 8	0.650	20.33	44.73	55.27
1.190	N° 16	0.610	19.08	63.81	36.19
0.600	N° 30	0.450	14.08	77.89	22.11
0.300	N° 50	0.412	12.89	90.77	9.23
0.150	N° 100	0.215	6.73	97.50	2.50
0.001	Fondo	0.080	2.50	100.00	0.00
SUMA		3.197			

MF Agregado Fino	3.991
------------------	-------

CURVA GRANULOMETRICA  
AGREGADO FINO







Universidad Nacional de Huancavelica  
Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica  
Ingeniería Civil

SOLICITANTE	CRISTHOER JHONATAN GONZALES GASPAR		
ENSAYOS	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
OBRA			
MODALIDAD DE MUESTREO	EA-01 Analisis granulometrico de los agregados		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-04
FECHA DE REGISTRO	10/08/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	10/08/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021, NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

EA-01

#### ENSAYO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

1.-

#### ENSAYO AGREGADO GRUESO

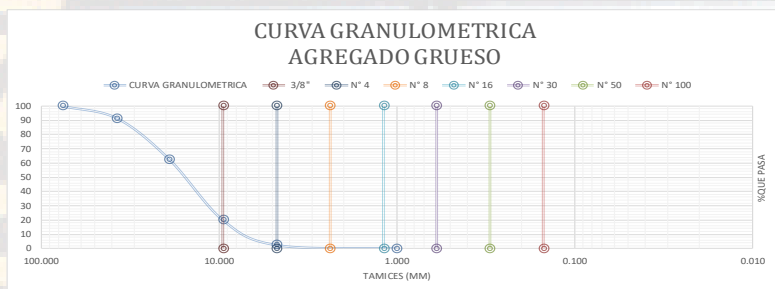
MUESTRA  
C1-04

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)		2.053	kg
Peso Muestra Seca (Ws)		2.020	kg
Contenido de humedad (H)		0.033	kg

AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.254	8.58	8.58	91.42
19.050	3/4	0.853	28.81	37.39	62.61
9.525	3/8	1.260	42.55	79.94	20.06
4.750	N° 4	0.520	17.56	97.50	2.50
1.000	Fondo	0.074	2.50	100.00	0.00
SUMA		2.961	kg		

DETERMINANDO MODULO DE FINEZA DE AGREGADO

MF Agregado Grueso	9.234
--------------------	-------



2.-

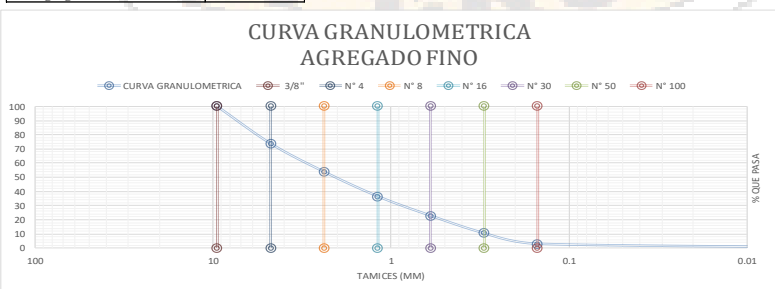
#### ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA  
C1-04

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)		1.000	kg
Peso Muestra Seca (Ws)		0.950	kg
Contenido de humedad (H)		0.050	kg

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	Wmuestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.810	26.40	26.40	73.60
2.38	N° 8	0.610	19.88	46.28	53.72
1.19	N° 16	0.530	17.28	63.56	36.44
0.6	N° 30	0.420	13.69	77.25	22.75
0.3	N° 50	0.378	12.32	89.57	10.43
0.15	N° 100	0.230	7.50	97.07	2.93
0.001	Fondo	0.090	2.93	100.00	0.00
SUMA		3.068			

MF Agregado Fino	4.001
------------------	-------





SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOFR JHONATAN GONZALES GASPAR		
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA-01 Análisis granulométrico de los agregados		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-05
FECHA DE REGISTRO	11/08/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	11/08/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

#### EA-01 ENSAYO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

1.-

##### ENSAYO AGREGADO GRUESO

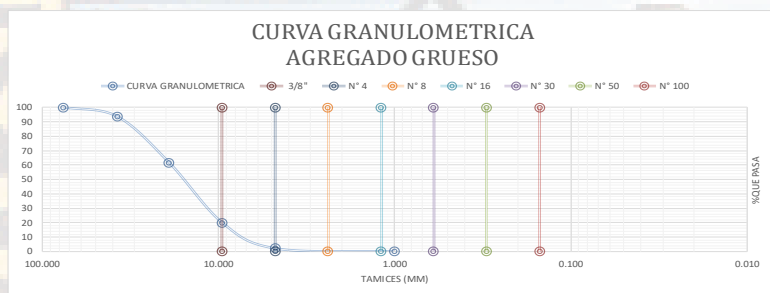
MUESTRA  
C1-05

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	2.053	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	2.020	kg	
Contenido de humedad (H)	0.033	kg	

AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.00	0.00	100.00
37.500	1 1/2	0.200	6.47	6.47	93.53
19.050	3/4	0.984	31.81	38.28	61.72
9.525	3/8	1.285	41.55	79.83	20.17
4.750	N° 4	0.556	17.98	97.80	2.20
1.000	Fondo	0.068	2.20	100.00	0.00
SUMA		3.093	kg		

DETERMINANDO MODULO DE FINEZA DE AGREGADO

MF Agregado Grueso	9.224
--------------------	-------



2.-

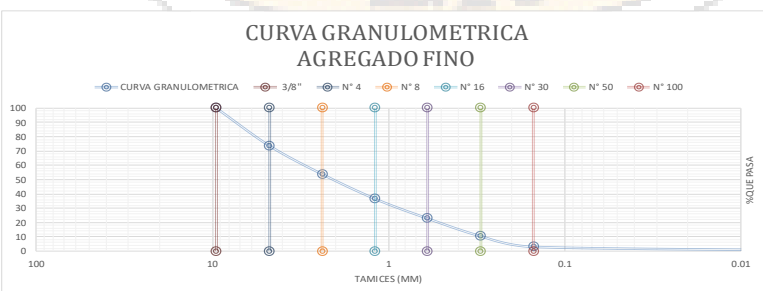
##### ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA  
C1-05

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	1.000	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	0.950	kg	
Contenido de humedad (H)	0.050	kg	

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W muestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.00	0.00	100.00
4.75	N° 4	0.810	26.40	26.40	73.60
2.38	N° 8	0.610	19.88	46.28	53.72
1.19	N° 16	0.530	17.28	63.56	36.44
0.6	N° 30	0.420	13.69	77.25	22.75
0.3	N° 50	0.378	12.32	89.57	10.43
0.15	N° 100	0.230	7.50	97.07	2.93
0.001	Fondo	0.090	2.93	100.00	0.00
SUMA		3.068			

MF Agregado Fino	4.001
------------------	-------





Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica

Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOHER JHONATAN GONZALES GASPAS		
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA-01 Análisis granulométrico de los agregados		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-06
FECHA DE REGISTRO	15/08/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	15/08/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021, NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

EA-01

ENSAYO GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

1.-

ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA

C1-06

DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	2.053	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	2.020	kg	
Contenido de humedad (H)	0.033	kg	

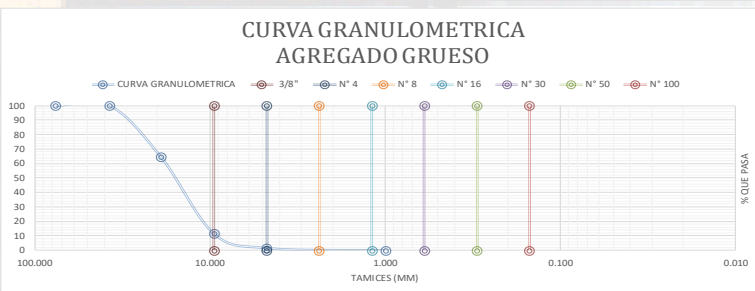
AGREGADO GRUESO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	W Muestra (Kg)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
76.200	3	0.000	0.000	0.000	100.000
37.500	1 1/2	0.000	0.000	0.000	100.000
19.050	3/4	1.070	35.667	35.667	64.333
9.525	3/8	1.580	52.667	88.333	11.667
4.750	N° 4	0.300	10.000	98.333	1.667
1.000	Fondo	0.050	1.667	100.000	0.000
SUMA		3.000	kg		

DETERMINANDO MODULO DE FINEZA DE AGREGADO

MF Agregado Grueso 9.223

mod fineza

8.223



2.-

ENSAYO AGREGADO FINO

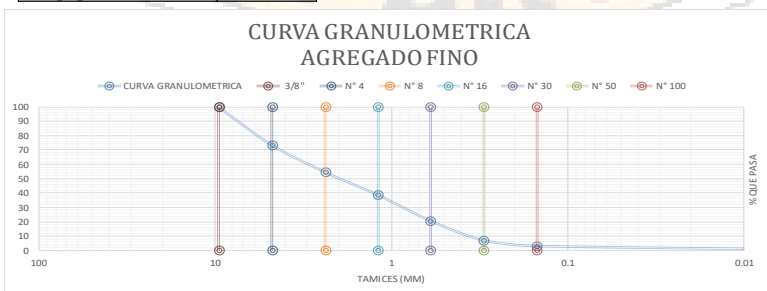
MUESTRA

C1-06


DATOS			
Peso Muestra Humeda (Wh)	1.000	kg	
Peso Muestra Seca (Ws)	0.950	kg	
Contenido de humedad (H)	0.050	kg	

AGREGADO FINO					
Apertura Tamiz (mm)	Tamices	Wmuestra (Kg)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa
9.525	3/8	0.000	0.000	0.000	100.000
4.75	N° 4	0.660	26.400	26.400	73.600
2.38	N° 8	0.470	18.800	45.200	54.800
1.19	N° 16	0.400	16.000	61.200	38.800
0.6	N° 30	0.450	18.000	79.200	20.800
0.3	N° 50	0.340	13.600	92.800	7.200
0.15	N° 100	0.100	4.000	96.800	3.200
0.001	Fondo	0.080	3.200	100.000	0.000
SUMA		2.500			


MF Agregado Fino 4.016



## Peso unitario compactado de los agregados

 Universidad Nacional de Huancavelica Tesis Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica Ingeniería Civil																																																															
<b>SOLICITANTE ENSAYOS</b>	CRISTHOFR JHONATAN GONZALES GASPAR																																																														
<b>OBRA</b>	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS																																																														
<b>MODALIDAD DE MUESTREO</b>	EA- 02 Peso Unitario Compactado de los Agregados																																																														
<b>MATERIAL</b>	Agregados	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	S-1																																																												
<b>FECHA DE REGISTRO</b>			Muestra alterada																																																												
<b>FECHA DE MUESTREO</b>																																																															
<b>ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA</b>	<b>CÓDIGO DEL ENSAYO</b>	<b>TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO</b>	<b>NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN</b>																																																												
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012																																																												
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017																																																												
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021, NTP 400-022																																																												
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185																																																												
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 15%;">EA-02</div> <div style="width: 85%;"> <b>ENSAYO PESO UNITARIO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS</b>             1.- <b>ENSAYO AGREGADO GRUESO</b>   <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">DATOS PROBETA DE ENSAYO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 35%;">Diámetro</td> <td style="width: 35%;">0.1524</td> <td style="width: 30%;">m</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>0.1778</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Área</td> <td>0.0182</td> <td>m<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Volumen</td> <td>0.0032</td> <td>m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso Molde</td> <td>7.2200</td> <td>kg</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 15%;">MUESTRA C1-01</div> <div style="width: 85%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 35%;">Peso Agregado Seco + Molde</td> <td style="width: 35%;">11.6900</td> <td style="width: 30%;">kg</td> </tr> <tr> <td>Peso Agregado Compactado + Molde</td> <td>12.3000</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Peso Agregado Seco</td> <td>4.4700</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Peso Agregado Compactado</td> <td>5.0800</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PESO UNITARIO SECO</td> <td>1378.2118</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>PESO UNITARIO COMPACTADO</td> <td>1566.2899</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 15%;">MUESTRA C1-02</div> <div style="width: 85%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 35%;">Peso Agregado Seco + Molde</td> <td style="width: 35%;">11.2200</td> <td style="width: 30%;">kg</td> </tr> <tr> <td>Peso Agregado Compactado + Molde</td> <td>12.6500</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Peso Agregado Seco</td> <td>4.0000</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>Peso Agregado Compactado</td> <td>5.4300</td> <td>kg</td> </tr> <tr> <td>PESO UNITARIO SECO</td> <td>1233.2991</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>PESO UNITARIO COMPACTADO</td> <td>1674.2035</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>				DATOS PROBETA DE ENSAYO			Diámetro	0.1524	m	Altura	0.1778	m	Área	0.0182	m <sup>2</sup>	Volumen	0.0032	m <sup>3</sup>	Peso Molde	7.2200	kg	PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO			Peso Agregado Seco + Molde	11.6900	kg	Peso Agregado Compactado + Molde	12.3000	kg	Peso Agregado Seco	4.4700	kg	Peso Agregado Compactado	5.0800	kg	PESO UNITARIO SECO	1378.2118	kg/m <sup>3</sup>	PESO UNITARIO COMPACTADO	1566.2899	kg/m <sup>3</sup>	PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO			Peso Agregado Seco + Molde	11.2200	kg	Peso Agregado Compactado + Molde	12.6500	kg	Peso Agregado Seco	4.0000	kg	Peso Agregado Compactado	5.4300	kg	PESO UNITARIO SECO	1233.2991	kg/m <sup>3</sup>	PESO UNITARIO COMPACTADO	1674.2035	kg/m <sup>3</sup>
DATOS PROBETA DE ENSAYO																																																															
Diámetro	0.1524	m																																																													
Altura	0.1778	m																																																													
Área	0.0182	m <sup>2</sup>																																																													
Volumen	0.0032	m <sup>3</sup>																																																													
Peso Molde	7.2200	kg																																																													
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO																																																															
Peso Agregado Seco + Molde	11.6900	kg																																																													
Peso Agregado Compactado + Molde	12.3000	kg																																																													
Peso Agregado Seco	4.4700	kg																																																													
Peso Agregado Compactado	5.0800	kg																																																													
PESO UNITARIO SECO	1378.2118	kg/m <sup>3</sup>																																																													
PESO UNITARIO COMPACTADO	1566.2899	kg/m <sup>3</sup>																																																													
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO																																																															
Peso Agregado Seco + Molde	11.2200	kg																																																													
Peso Agregado Compactado + Molde	12.6500	kg																																																													
Peso Agregado Seco	4.0000	kg																																																													
Peso Agregado Compactado	5.4300	kg																																																													
PESO UNITARIO SECO	1233.2991	kg/m <sup>3</sup>																																																													
PESO UNITARIO COMPACTADO	1674.2035	kg/m <sup>3</sup>																																																													

## Peso específico de los agregados

 Universidad Nacional de Huancavelica Tesis Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica Ingeniería Civil			
<b>SOLICITANTE ENSAYOS</b>	CRISTHOFR JHONATAN GONZALES GASPAR		
<b>OBRA</b>	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
<b>MODALIDAD DE MUESTREO</b>	EA- 03 Peso específico de los agregados		
<b>MATERIAL</b>	Agregados	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	M-01
<b>FECHA DE REGISTRO</b>	12/02/2016		Muestra alterada
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	12/02/2016		
<b>ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA</b>	<b>CÓDIGO DEL ENSAYO</b>	<b>TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO</b>	<b>NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN</b>
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

EA-03	<b>ENSAYO PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS</b>  <b>1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO</b>
-------	---

<b>MUESTRA C1-01</b>	<b>PESO ESPECIFICO - PORCENTAJE DE ABSORCION AGREGADO GRUESO</b>																														
	<table style="width: 100%;"> <tr> <td>Peso de la muestra secada al horno ( A )</td> <td style="text-align: right;">2050.00</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )</td> <td style="text-align: right;">2067.74</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla</td> <td style="text-align: right;">2162.76</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de la canastilla</td> <td style="text-align: right;">888.80</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )</td> <td style="text-align: right;">1276.50</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><b>RESULTADOS</b></td> </tr> <tr> <td>Peso específico de masa [ P.E.M. = A / B- C ]</td> <td style="text-align: right;">2590.87</td> <td style="text-align: right;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S. = B/(B - C )</td> <td style="text-align: right;">2613.29</td> <td style="text-align: right;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso específico aparente P.E.A. = A / ( A - C )</td> <td style="text-align: right;">2650.29</td> <td style="text-align: right;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de absorción Abs= ( B - A ) / A * 100</td> <td style="text-align: right;">0.87</td> <td style="text-align: right;">%</td> </tr> </table>	Peso de la muestra secada al horno ( A )	2050.00	gr	Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2067.74	gr	Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.76	gr	Peso de la canastilla	888.80	gr	Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1276.50	gr	<b>RESULTADOS</b>			Peso específico de masa [ P.E.M. = A / B- C ]	2590.87	kg/m <sup>3</sup>	Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S. = B/(B - C )	2613.29	kg/m <sup>3</sup>	Peso específico aparente P.E.A. = A / ( A - C )	2650.29	kg/m <sup>3</sup>	Porcentaje de absorción Abs= ( B - A ) / A * 100	0.87	%
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2050.00	gr																													
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2067.74	gr																													
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.76	gr																													
Peso de la canastilla	888.80	gr																													
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1276.50	gr																													
<b>RESULTADOS</b>																															
Peso específico de masa [ P.E.M. = A / B- C ]	2590.87	kg/m <sup>3</sup>																													
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S. = B/(B - C )	2613.29	kg/m <sup>3</sup>																													
Peso específico aparente P.E.A. = A / ( A - C )	2650.29	kg/m <sup>3</sup>																													
Porcentaje de absorción Abs= ( B - A ) / A * 100	0.87	%																													

2.-	<b>ENSAYO AGREGADO FINO</b>
-----	-----------------------------

<b>MUESTRA C1-02</b>	<b>PESO ESPECIFICO - PORCENTAJE DE ABSORCION AGREGADO FINO</b>																																	
	<table style="width: 100%;"> <tr> <td>Peso de arena superficialmente seca (S)</td> <td style="text-align: right;">500.00</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua</td> <td style="text-align: right;">944.07</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de fiola</td> <td style="text-align: right;">157.30</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (W)</td> <td style="text-align: right;">286.77</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso de la arena seca al horno (A)</td> <td style="text-align: right;">478.00</td> <td style="text-align: right;">gr</td> </tr> <tr> <td>Volumen fiola (V)</td> <td style="text-align: right;">500.00</td> <td style="text-align: right;">ml</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><b>RESULTADOS</b></td> </tr> <tr> <td>Peso específico de masa P.E.M. = A/(V-W)</td> <td style="text-align: right;">2241.71</td> <td style="text-align: right;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S. = S/(V-W)</td> <td style="text-align: right;">2344.89</td> <td style="text-align: right;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Peso específico aparente P.E.A = A/((V-W)-(S-A))</td> <td style="text-align: right;">2499.61</td> <td style="text-align: right;">kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de absorción Absf=(S-A)x100/A</td> <td style="text-align: right;">4.60</td> <td style="text-align: right;">%</td> </tr> </table>	Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr	Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	944.07	gr	Peso de fiola	157.30	gr	Peso de agua (W)	286.77	gr	Peso de la arena seca al horno (A)	478.00	gr	Volumen fiola (V)	500.00	ml	<b>RESULTADOS</b>			Peso específico de masa P.E.M. = A/(V-W)	2241.71	kg/m <sup>3</sup>	Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S. = S/(V-W)	2344.89	kg/m <sup>3</sup>	Peso específico aparente P.E.A = A/((V-W)-(S-A))	2499.61	kg/m <sup>3</sup>	Porcentaje de absorción Absf=(S-A)x100/A	4.60	%
Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr																																
Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	944.07	gr																																
Peso de fiola	157.30	gr																																
Peso de agua (W)	286.77	gr																																
Peso de la arena seca al horno (A)	478.00	gr																																
Volumen fiola (V)	500.00	ml																																
<b>RESULTADOS</b>																																		
Peso específico de masa P.E.M. = A/(V-W)	2241.71	kg/m <sup>3</sup>																																
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S. = S/(V-W)	2344.89	kg/m <sup>3</sup>																																
Peso específico aparente P.E.A = A/((V-W)-(S-A))	2499.61	kg/m <sup>3</sup>																																
Porcentaje de absorción Absf=(S-A)x100/A	4.60	%																																





Universidad Nacional de Huancavelica  
Tesis  
Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica  
Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS		CRISTHOFR JHONATAN GONZALES GASPAR		
OBRA		ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO		EA- 03 Peso especifico de los agregados		
MATERIAL		Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	S-2
FECHA DE REGISTRO		10/08/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO		12/02/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO		NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados		NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)		NTP 400-017
	EA-03	Peso especifico de los agregados y porcentaje de absorcion (grueso y fino)		NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)		NTP 339.185

#### EA-03 ENSAYO PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA  
C1-01

PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO		
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2000.00	gr
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2056.00	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.76	gr
Peso de la canastilla	888.80	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1284.00	gr
RESULTADOS		
Peso específico de masa [ P.E.M. = A / B - C ]	2590.67	kg/m3
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = B/(B - C )	2663.21	kg/m3
Peso específico aparente P.E.A. = A / ( A - C )	2793.30	kg/m3
Porcentaje de absorción Abs= ( B - A ) / A * 100	2.800	%

##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA  
C1-02

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO		
Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr
Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	978.30	gr
Peso de fiola	157.30	gr
Peso de agua (W)	321.00	gr
Peso de la arena seca al horno (A)	433.26	gr
Volumen fiola (V)	500.00	ml
RESULTADOS		
Peso específico de masa P.E.M. = A/(V-W)	2420.45	kg/m3
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = S/(V-W)	2793.30	kg/m3
Peso específico aparente P.E.A. = A/((V-W)-(S-A))	3859.43	kg/m3
Porcentaje de absorción Abs=(S-A)x100/A	15.40	%



Universidad Nacional de Huancavelica  
Tesis  
Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica  
Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOFR JHONATAN GONZALES GASPAR		
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 03 Peso específico de los agregados		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-03
FECHA DE REGISTRO	11/08/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	11/08/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

EA-03 ENSAYO PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS

1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA  
C1-01

PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO			
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2000.00	gr	
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2054.00	gr	
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.76	gr	
Peso de la canastilla	888.80	gr	
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1281.80	gr	
RESULTADOS			
Peso específico de masa [ P.E.M. = A / B- C]	2590.00	kg/m3	
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = B/(B - C )	2659.93	kg/m3	
Peso específico aparente P.E.A. = A / ( A - C )	2784.74	kg/m3	
Porcentaje de absorcion Abs= ( B - A ) / A * 100	2.700	%	

2.- ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA  
C1-02

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO			
Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr	
Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	978.90	gr	
Peso de fiola	157.30	gr	
Peso de agua (W)	321.60	gr	
Peso de la arena seca al horno (A)	431.78	gr	
Volumen fiola (V)	500.00	ml	
RESULTADOS			
Peso específico de masa P.E.M. = A/(V-W)	2420.29	kg/m3	
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = S/(V-W)	2802.69	kg/m3	
Peso específico aparente P.E.A = A/((V-W)-(S-A))	3918.86	kg/m3	
Porcentaje de absorcion Absf=(S-A)x100/A	15.80	%	



Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica

Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOER JHONATAN GONZALES GASPAR			
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS			
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 03 Peso específico de los agregados			
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-04	
FECHA DE REGISTRO	15/08/2016		Muestra alterada	
FECHA DE MUESTREO	12/02/2016			
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO		NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados		NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)		NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)		NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)		NTP 339.185

### EA-03 ENSAYO PESO ESPECIFICO DE LOS AGREGADOS

#### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA  
C1-01

PESO ESPECIFICO AGREGADO GRUESO		
Peso de la muestra secada al horno ( A )	2020.00	gr
Peso de la muestra saturada con superficie seca ( B )	2060.80	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	2162.78	gr
Peso de la canastilla	888.80	gr
Peso de la muestra saturada dentro del agua ( C )	1281.00	gr
RESULTADOS		
Peso específico de masa [ P.E.M. = A / B- C ]	2590.41	kg/m3
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = B/(B - C )	2642.73	kg/m3
Peso específico aparente P.E.A. = A / ( A - C )	2733.42	kg/m3
Porcentaje de absorción Abs= ( B - A ) / A * 100	2.02	%

#### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA  
C1-02

PESO ESPECIFICO AGREGADO FINO		
Peso de arena superficialmente seca (S)	500.00	gr
Peso de la arena superficialmente seca+fiola+agua	979.30	gr
Peso de fiola	157.30	gr
Peso de agua (W)	322.00	gr
Peso de la arena seca al horno (A)	430.85	gr
Volumen fiola (V)	500.00	ml
RESULTADOS		
Peso específico de masa P.E.M. = A/(V-W)	2420.51	kg/m3
Peso específico de masa saturado superficialmente seco P.E.M.S.S.S. = S/(V-W)	2808.99	kg/m3
Peso específico aparente P.E.A = A/((V-W)-(S-A))	3958.20	kg/m3
Porcentaje de absorción Abs=(S-A)x100/A	16.05	%

## Contenido de humedad de los agregados



Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica  
Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOFFER JHONATAN GONZÁLES GASPAR		
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 04 Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-01
FECHA DE REGISTRO	18/02/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	18/02/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorción (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

### EA-04 ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

#### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO			
MUESTRA M1	Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
	Peso muestra seca + Tara	2.02	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra húmeda	2.05	kg
	Peso muestra seca	1.99	kg
	Contenido de agua	0.05	kg
	Porcentaje de humedad	2.64	%

#### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO			
MUESTRA M1	Peso muestra húmeda + Tara	1.08	kg
	Peso muestra seca + Tara	0.94	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra húmeda	1.05	kg
	Peso muestra seca	0.92	kg
	Contenido de agua	0.14	kg
	Porcentaje de humedad	12.90	%



Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica

Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOER JHONATAN GONZALES GASPAR		
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 04 Contenido de Humedad y porcentaje de absorcion de los agregados		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-02
FECHA DE REGISTRO	19/02/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	19/02/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorcion (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

#### EA-04 ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO		
M2	Peso muestra humeda + Tara	2.07	kg
	Peso muestra seca + Tara	2.02	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra humeda	2.04	kg
	Peso muestra seca	1.99	kg
	Contenido de agua	0.05	kg
	Porcentaje de humedad	2.60	%

##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
M2	Peso muestra humeda + Tara	1.50	kg
	Peso muestra seca + Tara	1.34	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra humeda	1.47	kg
	Peso muestra seca	1.31	kg
	Contenido de agua	0.16	kg
	Porcentaje de humedad	10.80	%





Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica  
Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOER JHONATAN GONZALES GASPAR			
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS			
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 04 Contenido de Humedad y porcentaje de absorcion de los agregadoS			
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-03	
FECHA DE REGISTRO	10/08/2016		Muestra alterada	
FECHA DE MUESTREO	10/08/2016			
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO		NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados		NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)		NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorcion (grueso y fino)		NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)		NTP 339.185

#### EA-04 ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

<b>MUESTRA M3</b>	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO		
	Peso muestra humeda + Tara	2.07	kg
	Peso muestra seca + Tara	2.05	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra humeda	2.04	kg
	Peso muestra seca	2.02	kg
	Contenido de agua	<b>0.02</b>	kg
	Porcentaje de humedad	0.90	%

##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

<b>MUESTRA M3</b>	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
	Peso muestra humeda + Tara	1.80	kg
	Peso muestra seca + Tara	1.77	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra humeda	1.77	kg
	Peso muestra seca	1.74	kg
	Contenido de agua	<b>0.03</b>	kg
	Porcentaje de humedad	1.85	%



Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica

Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOFR JHONATAN GONZALES GASPAR			
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS			
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 04 Contenido de Humedad y porcentaje de absorcion de los agregadoS			
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	S-1	
FECHA DE REGISTRO	11/08/2016		Muestra alterada	
FECHA DE MUESTREO	11/08/2016			
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN	
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012	
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017	
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorcion (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022	
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185	

#### EA-04 ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

###### MUESTRA

M4

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO		
Peso muestra humeda + Tara	2.07	kg
Peso muestra seca + Tara	2.05	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra humeda	2.04	kg
Peso muestra seca	2.02	kg
Contenido de agua	<b>0.02</b>	kg
Porcentaje de humedad	0.75	%

##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

###### MUESTRA

M4

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
Peso muestra humeda + Tara	1.80	kg
Peso muestra seca + Tara	1.77	kg
Tara	0.03	kg
Peso muestra humeda	1.77	kg
Peso muestra seca	1.74	kg
Contenido de agua	<b>0.03</b>	kg
Porcentaje de humedad	1.85	%



Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica

Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOFER JHONATAN GONZALES GASPAR			
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS			
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 04 Contenido de Humedad y porcentaje de absorcion de los agregadoS			
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-05	
FECHA DE REGISTRO	15/08/2016		Muestra alterada	
FECHA DE MUESTREO	15/08/2016			
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO		NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados		NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)		NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorcion (grueso y fino)		NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)		NTP 339.185

#### EA-04 ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA M5	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO		
	Peso muestra humeda + Tara	2.07	kg
	Peso muestra seca + Tara	2.06	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra humeda	2.04	kg
	Peso muestra seca	2.03	kg
	Contenido de agua	0.01	kg
	Porcentaje de humedad	0.57	%

##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA M5	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
	Peso muestra humeda + Tara	1.50	kg
	Peso muestra seca + Tara	1.48	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra humeda	1.47	kg
	Peso muestra seca	1.45	kg
	Contenido de agua	0.02	kg
	Porcentaje de humedad	1.48	%



Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica

Ingeniería Civil

SOLICITANTE ENSAYOS	CRISTHOHER JHONATAN GONZALES GASPAR		
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 04 Contenido de Humedad y porcentaje de absorcion de los agregadoS		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA	M-07
FECHA DE REGISTRO	17/08/2016		Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	17/08/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorcion (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los aereados (grueso v fino)	NTP 339.185

#### EA-04 ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO		
M6	Peso muestra húmeda + Tara	2.07	kg
	Peso muestra seca + Tara	2.06	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra húmeda	2.04	kg
	Peso muestra seca	2.03	kg
	Contenido de agua	0.01	kg
	Porcentaje de humedad	0.57	%

##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
M6	Peso muestra húmeda + Tara	1.50	kg
	Peso muestra seca + Tara	1.48	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra húmeda	1.47	kg
	Peso muestra seca	1.45	kg
	Contenido de agua	0.02	kg
	Porcentaje de humedad	1.45	%



Universidad Nacional de Huancavelica

Tesis

Análisis De La Resistencia Del Concreto Mediante Redes Neuronales Haciendo Uso Del Agregado De La Cantera Santa Rosa Huancavelica

Ingeniería Civil

SOLICITANTE	CRISTHOFR JHONATAN GONZALES GASPAR		
ENSAYOS			
OBRA	ENSAYOS PARA DESARROLLO DE TESIS		
MODALIDAD DE MUESTREO	EA- 04 Contenido de Humedad y porcentaje de absorcion de los agregados		
MATERIAL	Agregados	DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA	M-07
FECHA DE REGISTRO	17/08/2016	MUESTRA	Muestra alterada
FECHA DE MUESTREO	17/08/2016		
ENSAYOS QUE CONTEMPLAN ESTE ACTA	CÓDIGO DEL ENSAYO	TÍTULO DE LA NORMA O PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	NÚMERO Y AÑO DE EDICIÓN
	EA-01	Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400-012
	EA-02	Peso unitario compactado de los agregados (grueso y fino)	NTP 400-017
	EA-03	Peso específico de los agregados y porcentaje de absorcion (grueso y fino)	NTP 400-021 ,NTP 400-022
	EA-04	Contenido de Humedad de los agregados (grueso y fino)	NTP 339.185

#### EA-04 ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

##### 1.- ENSAYO AGREGADO GRUESO

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO		
M7	Peso muestra humeda + Tara	2.07	kg
	Peso muestra seca + Tara	2.06	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra humeda	2.04	kg
	Peso muestra seca	2.03	kg
	Contenido de agua	0.01	kg
	Porcentaje de humedad	0.57	%

##### 2.- ENSAYO AGREGADO FINO

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
M7	Peso muestra humeda + Tara	1.50	kg
	Peso muestra seca + Tara	1.48	kg
	Tara	0.03	kg
	Peso muestra humeda	1.47	kg
	Peso muestra seca	1.45	kg
	Contenido de agua	0.02	kg
	Porcentaje de humedad	1.47	%



## PROGRAMACIÓN DE DISEÑO DE MEZCLAS POR EL MÉTODO DE FULLER EN PYTHON

```
1. # DISEÑO DE MEZCLAS POR EL METODO DE FULLER
2. # DISEÑO DE MEZCLAS PARA RESITENCIA fc = 200 kg / cm2
3. de numpy import *
4. #Datos
5. #Peso expecifico
6. PeCe = 3.15 # gr / cm3
7. Peaf = 2.242 # gr / cm3
8. PeAg = 2.59 # gr / cm3
9. %# Absorcion
10. AbAf = 16.05
11. AbAg = 2.02
12. %# Humedad
13. HuAf = 1,48
14. HuAg = 0.57
15. # Modulo de fineza
16. MFaf = 3.76
17. MFag = 2.223
18. ##### 33333
19. #Peso seco compactado
20. PSCAf = 1674.20 # Kg / m3
21. PSCAG = 1566.29 # Kg / m3
22. #Peso seco suelto
23. PSSAf = 1233.30 # kg / m3
24. PSSAg = 1378.21 # Kg / m3
25. #####
26. imprimir ( "-----" )
27. imprimir ( "DISEÑO DE MEZCLAS" )
28. imprimir ( "-----" )
29. ##### 3
30. #Resistencia requerida
31. fc = 200
32. Tcem = 1
33. imprimir ( "Resistencia Requerida" , fc , "kg / cm2" )
34. imprimir ( "Tipo de Cemento" , Tcem )
35. #####
36. imprimir ( "-----" )
37. imprimir ( "PROCEDIMIENTOS" )
38. imprimir ( "-----" )
39. print ( "1.Eleccion de resistencia Promedio" )
40. fcr = fc + 84 # de la fórmula cuando no se tiene registro
    de probetas
41. print ( "f'cr =" , fcr , "kg / cm2" )
42. imprimir ( "-----" )
43. print ( "2.Eleccion de Asentamiento Slump" )
44. SlumpM = 4 #Pulgadas
45. Slumpm = 3 #Pulgadas
46. imprimir ( "Slump" , SlumpM )
47. imprimir ( "-----" )
48. print ( "3.Seleccion del Tamaño Max Del Agregado" )
49. TMAX = 1.5 #Pulgadas
50. print ( "Tamaño Máximo" , TMAX )
51. imprimir ( "-----" )
52. print ( "4.Estimacion del agua de mezclado y contenido de
    aire" )
53. print ( "Segun tabla N ° 5" )
```

```

54.     agua = 175 # Lt / m3
55.     aire = 0.01 #%
56.     print ( "Agua (lt / m3) =" , agua )
57.     imprimir ( "% de Aire =" , aire )
58.     imprimir ( "-----" )
59.     print ( "5.Estimacion de la relacion agua cemento" )
60.     imprimir ( "Segun Fuller" )
61.     #Cantidad de cemento
62.     K1 = 0,0058 #Factor Que Depende de la forma del agregado
63.     #donde:
64.     # k1 = (0.003 hasta 0.0045) #piedra chancada
65.     # k1 = (0.045 hasta 0.007) #piedra redondeada
66.     Rm = fcr # Resistencia promedio del agregado kg / cm2
67.     z = redondo ( K1 * Rm + 0.5 , 4 )
68.     Rac = redondo ( 1 / z , 2 )
69.     imprimir ( "Rm" , Rm )
70.     imprimir ( "z" , z )
71.     imprimir ( "Relacion a / c" , Rac )
72.     imprimir ( "-----" )
73.     print ( "6.Calculo del contenido de cemento" )
74.     imprimir ( "Segun Fuller" )
75.
76.     Cc = redondo ( agua / Rac , 2 ) # kg / m3 #contenido de
cemento
77.     print ( "Contenido de cemento" , Cc , "kg" )
78.
79.     Pec = PeCe * 1000 # kg / m3
80.     Vc = redondo ( Cc / Pec , 3 )
81.     imprimir ( "Volumen de cemento" , Vc , "kg / m3" )
82.     imprimir ( "-----" )
83.     print ( "7.Estimacion de contenido grueso y agregado
fino" )
84.
85.     #Estimacion del acuerdo grueso y agregado fino
86.     #Ley de Fuller
87.     imprimir ( "Pd = 100 * (d / D) ** 0.5" )
88.     Pd = 100 * ( 4.75 / 38.1 ) ** 0.5
89.     a = 73.60 #% que pasa de la malla N 4 de agregado fino
90.     b = 1.667 #% que pasa de la malla N 4 de piedra
91.     c = redondo ( Pd , 2 ) #% ideal de la mezcla que pasa la
malla N 4 de piedra
92.     imprimir ( "A =" , a )
93.     imprimir ( "B =" , b )
94.     imprimir ( "C =" , c )
95.     alf = redondo ( ( cb ) / ( ab ) * 100 , 2 )
96.     beta = 100 -alf
97.     imprimir ( "Alfa =" , alf )
98.     print ( "Beta =" , beta )
99.     imprimir ( "Hallando volumen total de agregados" )
100.    vol = 1 - ( agua / 1000 + aire + Vc )
101.    print ( "Vol Total de Agregados =" , vol , "m3" )
102.    VAF = redondo ( ( alf / 100 ) * vol , 3 )
103.    imprimir ( "Volumen de Agregado Fino (m3) =" , VAF , "m3" )
104.    VAG = redondo ( ( beta / 100 ) * vol , 3 )
105.    print ( "Volumen de Agregado Grueso (m3) =" , VAG , "m3" )
106.    imprimir ( "-----" )
----- " )
107.    print ( "Hallando pesos de los agregados para 1 m3 de
concreto" )
108.    PAF = redondo ( VAF * PeAf * 1000 , 2 )

```

```

109.     imprimir ( "Peso de Agregado Fino (m3) =" , PAF , "kg /
        m3" )
110.     PAG = redondo ( VAG * PeAg * 1000 , 2 )
111.     imprimir ( "Peso de Agregado Grueso (m3) =" , PAG , "kg /
        m3" )
112.     imprimir ( "-----
        ----- " )
113.     print ( "8.Ajuste por Humedad y Absorcion" )
114.     imprimir ( "Pesos Humedos" )
115.     PAFH = redondo ( PAF * ( 1 + HuAf / 100 ) , 2 )
116.     imprimir ( "Peso de Agregado Fino Humedo (m3)
        =" , PAFH , "kg / m3" )
117.     PAGH = redondo ( PAG * ( 1 + HuAg / 100 ) , 2 )
118.     imprimir ( "Peso de Agregado Grueso Humedo (m3)
        =" , PAGH , "kg / m3" )
119.     imprimir ( "Agua Efectiva" )
120.     AAG = redondo ( PAG * ( HuAg-AbAg ) / 100 , 2 )
121.     imprimir ( "Agua en Agregado Grueso =" , AAG , "Lt" )
122.     AAF = redondo ( PAF * ( HuAf-AbAf ) / 100 , 2 )
123.     imprimir ( "Agua en Agregado Fino =" , AAF , "Lt" )
124.     Aef = redondo ( agua- ( AAG + AAF ) , 2 )
125.     imprimir ( "Agua Efectiva =" , Aef , "Lt" )
126.     imprimir ( "-----
        ----- " )
127.     print ( "CALCULO DE PROPORCIONES EN PESO PARA 1 M3 DE
        CONCRETO" )
128.     imprimir ( "Peso del Cemento =" , Cc , "Kg" )
129.     imprimir ( "Peso del Agregado Fino Humedo
        =" , PAFH , "Kg" )
130.     imprimir ( "Peso del Agregado Grueso Humedo
        =" , PAGH , "Kg" )
131.     imprimir ( "Peso del Agua Efectiva =" , Aef , "lt" )
132.     p1 = redondo ( Cc / Cc , 2 )
133.     p2 = redondo ( PAFH / Cc , 2 )
134.     p3 = redondo ( PAGH / Cc , 2 )
135.     p4 = redondo ( Aef / Cc , 2 )
136.     print ( p1 , ";" , p2 , ";" , p3 , ";" , p4 )
137.     imprimir ( "-----
        ----- " )
138.
139.     print ( "PESOS PARA VOLUMEN DE BRIQUETA" )
140.     VBR = 0.00556 # m3
141.     vv = 0.006
142.     b1 = redondo ( Cc * vv , 2 )
143.     b2 = redondo ( PAFH * vv , 2 )
144.     b3 = redondo ( PAGH * vv , 2 )
145.     b4 = redondo ( Aef * vv , 2 )
146.     imprimir ( "Peso del Cemento =" , b1 , "Kg" )
147.     imprimir ( "Peso del Agregado Fino Humedo =" , b2 , "Kg" )
148.     imprimir ( "Peso del Agregado Grueso Humedo
        =" , b3 , "Kg" )
149.     imprimir ( "Peso del Agua Efectiva =" , b4 , "lt" )
150.     pm = redondo ( b1 + b2 + b3 + b4 , 2 )
151.     print ( "Peso de la mezcla aprox =" , pm , "Kg" )
152.     imprimir ( "-----
        ----- " )
153.     NUM = 10
154.     imprimir ( "PESOS PARA" , NUM , "MOLDES" )
155.     print ( "Cemento =" , NUM * b1 , "Kg" )
156.     imprimir ( "Agregado Fino =" , NUM * b2 , "Kg" )
157.     imprimir ( "Agregado Grueso =" , NUM * b3 , "Kg" )

```

```

158.     print ( "Agua =" , redondo ( NUM * b4 , 2 ) , "lt" )
159.     imprimir ( "-----
----- " )

```

```

-----
DISEÑO DE MEZCLAS
-----
Resistencia Requerida 200 kg/cm2
Tipo de Cemento 1
-----
PROCEDIMIENTOS
-----
1.Eleccion de resistencia Promedio
f'cr = 284 kg/cm2
-----
2.Eleccion de Asentamiento Slump
Slump 4
-----
3.Seleccion del Tamaño Max Del Agregado
Tamaño Maximo 1.5
-----
4.Estimacion del agua de mezclado y contenido de aire
Segun tabla N° 5
Agua (lt/m3)= 175
% de Aire= 0.01
-----
5.Estimacion de la relacion agua cemento
Segun Fuller
Rm 284
z 2.1472
Relacion a/c 0.47
-----
6.Calculo del contenido de cemento
Segun Fuller
Contenido de cemento 372.34 kg
Volumen de cemento 0.118 kg/m3
-----
7.Estimacion del contenido de agregado grueso y agregado fino
Pd=100*(d/D)**0.5
A= 73.6
B= 1.667
C= 35.31
Alfa= 46.77
Beta= 53.23
Hallando volumen total de agregados
Vol Total de Agregados= 0.6970000000000001 m3
Volumen de Agregado Fino (m3)= 0.326 m3
Volumen de Agregado Grueso (m3)= 0.371 m3
-----
Hallando pesos de los agregados para 1 m3 de concreto
Peso de Agregado Fino (m3)= 730.89 kg/m3
Peso de Agregado Grueso (m3)= 960.89 kg/m3
-----
8.Ajuste por Humedad y Absorcion
Pesos Humedos
Peso de Agregado Fino Humedo (m3)= 741.71 kg/m3

```

Peso de Agregado Grueso Humedo (m3)= 966.37 kg/m3  
Agua Efectiva  
Agua en Agregado Grueso= -13.93 Lt  
Agua en Agregado Fino= -106.49 Lt  
Agua Efectiva= 295.42 Lt

---

CALCULO DE PROPORCIONES EN PESO PARA 1 M3 DE CONCRETO

Peso del Cemento= 372.34 Kg  
Peso del Agregado Fino Humedo= 741.71 Kg  
Peso del Agregado Grueso Humedo= 966.37 Kg  
Peso del Agua Efectiva= 295.42 lt  
1.0 ; 1.99 ; 2.6 ; 0.79

---

PESOS PARA VOLUMEN DE BRIQUETA

Peso del Cemento= 2.23 Kg  
Peso del Agregado Fino Humedo= 4.45 Kg  
Peso del Agregado Grueso Humedo= 5.8 Kg  
Peso del Agua Efectiva= 1.77 lt  
Peso de la mezcla aprox= 14.25 Kg

---

PESOS PARA 10 MOLDES

Cemento= 22.3 Kg  
Agregado Fino= 44.5 Kg  
Agregado Grueso= 58.0 Kg  
Agua= 17.7 lt

---





## **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ROTURA DE PROBETAS E INSUMOS**

DISEÑO	Fecha )Inicio	Fecha Rotura	Ensayo	Cemento (Kg)	Agua (l)	Agregado fino (Kg)	Humedad Agregado Fino (%)	Absorción Agregado Fino(%)	% Pasa malla N°4 Af	Agregado Grueso (Kg)	Humedad Agregado Grueso(%)	Absorcion Agregado Grueso(%)	Tamaño Maximo de los Agregados (Pulg)	% Pasa malla N°4 Ag	Tiempo de Curado Dias	Resistencia f'c (kg/cm2)
1	18/02/2016	26/02/2016	1	2.55	0.81	5.95	12.90	4.60	78.50	8.89	2.64	0.87	1.50	4.67	8.00	86.09
1	18/02/2016	04/03/2016	10	2.55	0.81	5.95	12.90	4.60	78.50	8.89	2.64	0.87	1.50	4.67	15.00	129.50
1	18/02/2016	16/03/2016	12	2.55	0.81	5.95	12.90	4.60	78.50	8.89	2.64	0.87	1.50	4.67	27.00	145.10
2	18/02/2016	26/02/2016	2	2.59	0.80	5.97	12.90	4.60	78.50	8.86	2.64	0.87	1.50	4.67	8.00	89.20
2	18/02/2016	04/03/2016	6	2.59	0.80	5.97	12.90	4.60	78.50	8.86	2.64	0.87	1.50	4.67	15.00	127.80
2	18/02/2016	16/03/2016	13	2.59	0.80	5.97	12.90	4.60	78.50	8.86	2.64	0.87	1.50	4.67	27.00	152.60
3	19/02/2016	26/02/2016	4	2.26	0.79	6.95	10.80	4.60	78.50	9.02	2.60	0.87	1.50	6.87	7.00	72.48
3	19/02/2016	04/03/2016	7	2.26	0.79	6.95	10.80	4.60	78.50	9.02	2.60	0.87	1.50	6.87	14.00	90.10
3	19/02/2016	16/03/2016	11	2.26	0.79	6.95	10.80	4.60	78.50	9.02	2.60	0.87	1.50	6.87	26.00	112.80
4	18/02/2016	26/02/2016	3	3.42	0.83	5.71	12.90	4.60	78.50	8.44	2.64	0.87	1.50	4.67	8.00	137.50
4	18/02/2016	04/03/2016	9	3.42	0.83	5.71	12.90	4.60	78.50	8.44	2.64	0.87	1.50	4.67	15.00	207.60
4	18/02/2016	16/03/2016	14	3.42	0.83	5.71	12.90	4.60	78.50	8.44	2.64	0.87	1.50	4.67	27.00	250.30
5	19/02/2016	26/02/2016	5	2.80	0.81	5.91	10.80	4.60	78.50	8.76	2.60	0.87	1.50	6.87	7.00	108.60
5	19/02/2016	04/03/2016	8	2.80	0.81	5.91	10.80	4.60	78.50	8.76	2.60	0.87	1.50	6.87	14.00	161.80
5	19/02/2016	16/03/2016	15	2.80	0.81	5.91	10.80	4.60	78.50	8.76	2.60	0.87	1.50	6.87	26.00	175.60
6	10/08/2016	17/08/2016	16	2.05	1.78	4.42	1.85	15.40	75.60	5.75	0.90	2.80	1.50	2.50	7.00	117.00
6	10/08/2016	24/08/2016	20	2.05	1.78	4.42	1.85	15.40	75.60	5.75	0.90	2.80	1.50	2.50	14.00	130.50
6	10/08/2016	09/09/2016	23	2.05	1.78	4.42	1.85	15.40	75.60	5.75	0.90	2.80	1.50	2.50	30.00	141.20
7	10/08/2016	18/08/2016	17	2.00	1.78	4.50	1.85	15.40	75.60	5.78	0.90	2.80	1.50	2.50	8.00	100.80
7	10/08/2016	24/08/2016	21	2.00	1.78	4.50	1.85	15.40	75.60	5.78	0.90	2.80	1.50	2.50	14.00	121.60
7	10/08/2016	09/09/2016	24	2.00	1.78	4.50	1.85	15.40	75.60	5.78	0.90	2.80	1.50	2.50	30.00	135.10
8	10/08/2016	18/08/2016	18	2.02	1.77	4.42	1.85	15.40	73.60	5.75	0.90	2.80	1.50	2.50	8.00	105.30
8	10/08/2016	24/08/2016	19	2.02	1.77	4.42	1.85	15.40	73.60	5.75	0.90	2.80	1.50	2.50	14.00	126.40

8	10/08/2016	09/09/2016	22	2.02	1.77	4.42	1.85	15.40	73.60	5.75	0.90	2.80	1.50	2.50	30.00	139.40
9	11/08/2016	18/08/2016	25	2.44	1.74	4.40	1.60	15.80	73.60	5.75	0.75	2.70	1.50	2.20	7.00	270.90
9	11/08/2016	22/08/2016	29	2.44	1.74	4.40	1.60	15.80	73.60	5.75	0.75	2.70	1.50	2.20	11.00	356.00
9	11/08/2016	09/09/2016	32	2.44	1.74	4.40	1.60	15.80	73.60	5.75	0.75	2.70	1.50	2.20	29.00	378.80
10	11/08/2016	18/08/2016	26	2.47	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	1.50	2.20	7.00	281.50
10	11/08/2016	22/08/2016	28	2.47	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	1.50	2.20	11.00	389.50
10	11/08/2016	09/09/2016	31	2.47	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	1.50	2.20	29.00	393.07
11	11/08/2016	18/08/2016	27	2.45	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	1.50	2.20	7.00	267.40
11	11/08/2016	22/08/2016	30	2.45	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	1.50	2.20	11.00	345.00
11	11/08/2016	09/09/2016	33	2.45	1.76	4.38	1.60	15.80	73.60	5.70	0.75	2.70	1.50	2.20	29.00	375.60
12	15/08/2016	23/08/2016	34	2.05	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	8.00	136.50
12	15/08/2016	02/09/2016	37	2.05	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	18.00	178.60
12	15/08/2016	27/01/2017	41	2.05	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	223.30
13	15/08/2016	23/08/2016	35	2.50	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	8.00	175.00
13	15/08/2016	02/09/2016	39	2.50	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	18.00	290.40
13	15/08/2016	27/01/2017	42	2.50	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	335.08
14	15/08/2016	23/08/2016	36	2.40	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	8.00	145.60
14	15/08/2016	02/09/2016	38	2.40	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	18.00	251.60
14	15/08/2016	24/01/2017	40	2.40	1.76	4.35	1.48	16.05	73.60	5.69	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	282.80
15	17/08/2016	24/08/2016	43	2.56	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	270.70
15	17/08/2016	02/09/2016	46	2.56	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.50	1.67	16.00	312.20
15	17/08/2016	24/01/2017	49	2.56	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	347.10
16	17/08/2016	24/08/2016	44	2.53	1.75	4.34	1.45	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	252.30
16	17/08/2016	02/09/2016	48	2.53	1.75	4.34	1.47	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	16.00	298.60
16	17/08/2016	24/01/2017	51	2.53	1.75	4.34	1.47	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	338.50
17	17/08/2016	24/08/2016	45	2.58	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	276.40
17	17/08/2016	02/09/2016	47	2.58	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.50	1.67	16.00	321.50
17	17/08/2016	24/01/2017	50	2.58	1.75	4.34	1.48	16.05	73.60	5.64	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	351.20

18	22/08/2016	29/08/2016	52	2.62	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	178.60
18	22/08/2016	05/09/2016	58	2.62	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	14.00	226.80
18	22/08/2016	24/01/2017	64	2.62	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	298.00
19	22/08/2016	29/08/2016	53	2.64	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	185.30
19	22/08/2016	06/09/2016	59	2.64	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.50	1.67	15.00	290.50
19	22/08/2016	24/01/2017	65	2.64	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	312.50
20	22/08/2016	29/08/2016	54	2.66	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	195.60
20	22/08/2016	06/09/2016	60	2.66	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.50	1.67	15.00	296.10
20	22/08/2016	24/01/2017	66	2.66	1.75	4.31	1.48	16.05	73.60	5.63	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	334.60
21	22/08/2016	29/08/2016	55	2.69	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	215.20
21	22/08/2016	05/09/2016	61	2.69	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	14.00	287.80
21	22/08/2016	24/01/2017	67	2.69	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	352.70
22	22/08/2016	29/08/2016	56	2.71	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	221.30
22	22/08/2016	06/09/2016	62	2.71	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	15.00	290.60
22	22/08/2016	24/01/2017	68	2.71	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	362.20
23	22/08/2016	29/08/2016	57	2.73	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	7.00	235.60
23	22/08/2016	06/09/2016	63	2.73	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	15.00	321.50
23	22/08/2016	27/01/2017	69	2.73	1.75	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	363.80
24	22/08/2016	01/02/2017	70	2.73	1.78	4.30	1.48	16.05	73.60	5.60	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	369.80
25	23/08/2016	29/08/2016	71	2.23	1.77	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	6.00	231.60
25	23/08/2016	05/09/2016	74	2.23	1.77	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	13.00	282.10
25	23/08/2016	27/01/2017	77	2.23	1.77	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	306.90
26	23/08/2016	29/08/2016	72	2.20	1.75	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	6.00	215.00
26	23/08/2016	06/09/2016	75	2.20	1.75	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	14.00	268.70
26	23/08/2016	27/01/2017	78	2.20	1.75	4.45	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	298.60
27	23/08/2016	29/08/2016	73	2.18	1.73	4.40	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	6.00	208.60
27	23/08/2016	06/09/2016	76	2.18	1.73	4.40	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	14.00	254.60
27	23/08/2016	27/01/2017	79	2.18	1.73	4.40	1.48	16.05	73.60	5.80	0.57	2.02	1.50	1.67	30.00	285.40

## Resumen de resistencias de diseños de mezclas de probetas de concreto

Diseño de mezclas 01.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
1	18/02/2016	26/02/2016	8	86.09
1	18/02/2016	04/03/2016	15	129.50
1	18/02/2016	16/03/2016	27	145.10

Diseño de mezclas 02.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
2	18/02/2016	26/02/2016	8	89.20
2	18/02/2016	04/03/2016	15	127.80
2	18/02/2016	16/03/2016	27	152.60

Diseño de mezclas 03.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
3	19/02/2016	26/02/2016	7	72.48
3	19/02/2016	04/03/2016	14	90.10
3	19/02/2016	16/03/2016	26	112.80

Diseño de mezclas 04.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
4	18/02/2016	26/02/2016	8	137.50
4	18/02/2016	04/03/2016	15	207.60
4	18/02/2016	16/03/2016	27	250.30

Diseño de mezclas 05.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
5	19/02/2016	26/02/2016	7	108.60
5	19/02/2016	04/03/2016	14	161.80
5	19/02/2016	16/03/2016	26	175.60

Diseño de mezclas 06.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
6	10/08/2016	17/08/2016	7	117.00
6	10/08/2016	24/08/2016	14	130.50
6	10/08/2016	09/09/2016	30	141.20

Diseño de mezclas 07.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
7	10/08/2016	18/08/2016	8	100.80
7	10/08/2016	24/08/2016	14	121.60
7	10/08/2016	09/09/2016	30	135.10

Diseño de mezclas 08.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
8	10/08/2016	18/08/2016	8	105.30
8	10/08/2016	24/08/2016	14	126.40
8	10/08/2016	09/09/2016	30	139.40

Diseño de mezclas 09.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
9	11/08/2016	18/08/2016	7	270.90
9	11/08/2016	22/08/2016	11	356.00
9	11/08/2016	09/09/2016	29	378.80

Diseño de mezclas 10

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
10	11/08/2016	18/08/2016	7	281.50
10	11/08/2016	22/08/2016	11	389.50
10	11/08/2016	09/09/2016	29	393.07

Diseño de mezclas 11.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
11	11/08/2016	18/08/2016	7	267.40
11	11/08/2016	22/08/2016	11	345.00
11	11/08/2016	09/09/2016	29	375.60

Diseño de mezclas 12.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
12	15/08/2016	23/08/2016	8	136.50
12	15/08/2016	02/09/2016	18	178.60
12	15/08/2016	27/01/2017	30	223.30



Diseño de mezclas 13.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
13	15/08/2016	23/08/2016	8	175.00
13	15/08/2016	02/09/2016	18	290.40
13	15/08/2016	27/01/2017	30	335.08

Diseño de mezclas 14.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
14	15/08/2016	23/08/2016	8	145.60
14	15/08/2016	02/09/2016	18	251.60
14	15/08/2016	24/01/2017	30	282.80

Diseño de mezclas 15.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
15	17/08/2016	24/08/2016	7	270.70
15	17/08/2016	02/09/2016	16	312.20
15	17/08/2016	24/01/2017	30	347.10

Diseño de mezclas 16.

DISEÑO	Fecha Inicio	Fecha Rotura	Dias	f'c (kg/cm2)
16	17/08/2016	24/08/2016	7	252.30
16	17/08/2016	02/09/2016	16	298.60
16	17/08/2016	24/01/2017	30	338.50

# DEMOSTRACIÓN DE OPTIMIZACIÓN DE RED NEURONAL USANDO SOFTWARE PYTHON.

## Neural Networks

### Part 1: PRUEBA CRIS

#### Part 1: RESISTENCIA DEL CONCRETO

Red: 11,20,20,1

@CRIS ¶

```
1. class RedNeuronal ( objeto ) :
2.
3.     def __init__ ( self ) :
4.         #Definimos los parametros generales
5.         #Capa entrada
6.         auto . numeroNeuronasEntrada = 11
7.         #Capa escondida
8.         auto . numeroNeuronasEscondidas = 20
9.         auto . numeroNeuronasEscondidas2 = 20
10.        #Capa salida
11.        auto . numeroNeuronasSalida = 1
12.        #Matrices con los pesos aleatorios
13.        auto . W1 = np. al azar . rand ( self . numeroNeuronasEntrada , self . numeroNeuronasEscondidas )
14.        auto . W2 = np. al
15.        azar . rand ( self . numeroNeuronasEscondidas , self . numeroNeuronasEscondidas2 )
16.        auto . W3 = np. al
17.        azar . rand ( self . numeroNeuronasEscondidas2 , self . numeroNeuronasSalida )
18.
19.     def avanzar ( self , x ) :
20.         #Primero calculamos Z2 (paso 1)
21.         auto . Z2 = np. dot ( x , self . W1 )
22.         #Calculamos las aactivaciones de la capa 2 (paso 2)
23.         auto . A2 = auto . sigmoide ( self . Z2 )
24.         #Calculamos Z3 (paso 3)
25.         auto . Z3 = np. punto ( self . A2 , self . W2 )
26.         #Calculamos las aactivaciones de la capa 3 (paso 4)
27.         auto . A3 = auto . sigmoide ( self . Z3 )
28.         #Calculamos Z4 (paso 5)
29.         auto . Z4 = np. punto ( self . A3 , self . W3 )
30.         #Calculamos el valor de Y *
31.         ySombrero = self . sigmoide ( self . Z4 )
32.         regresar ySombrero
```

```

32. def sigmoide ( self , z ) :
33.     return 1 / ( 1 + np. exp ( -z ) )
34.
35. def sigmoidePrima ( self , z ) :
36.     #derivada de la función sigmoide
37.     devolver np. exp ( -z ) / ( ( 1 + np. exp ( -z ) ) ** 2 )
38.
39.
40. def funcionDeCosto ( self , x , y ) :
41.     #La función de costo esta definido por la fórmula planteada en el II paso
42.     auto . ySombrero = self . avanzar ( x )
43.     J = 0.5 * suma ( ( y- self . YSombrero ) ** 2 )
44.     return J
45.
46. def funcionDeCostoPrima ( self , x , y ) :
47.     auto . ySombrero = self . avanzar ( x )
48.     #Error de cada uno de los datos evaluados
49.     E = y - auto . ySombrero
50.     #delta 3 = - ( aa * ) F '(Z4)
51.     delta3 = np. multiplicar ( - ( E ) , auto . sigmoidePrima ( auto . Z4 ) )
52.     djdw3 = np. punto ( self . A3 . T , delta3 )
53.     delta2 = np. dot ( delta3 , self . W3 . T ) * self . sigmoidePrima ( self . Z3 )
54.     djdw2 = np. punto ( self . A2 . T , delta2 )
55.     delta1 = np. dot ( delta2 , self . W2 . T ) * self . sigmoidePrima ( self . Z2 )
56.     djdw1 = np. punto ( x . T , delta1 )
57.     devuelve djdw1 , djdw2 , djdw3
58.
59. def obtenerParametros ( self ) :
60.     #Transforma las matrices de pesos en un solo vector
61.     W1_vector = auto . W1 . ravel ( )
62.     W2_vector = auto . W2 . ravel ( )
63.     W3_vector = auto . W3 . ravel ( )
64.     parametros = np. concatenar ( ( W1_vector , W2_vector , W3_vector ) )
65.     volver a los parámetros
66.
67. def setearParametros ( self , parametros ) :
68.     #Elvector obtenido con obtenerParametros, se vuelve a configurar una matrices con el fin de
reemplazar los pesos antiguos
69.     #se define los índices del vector, en los que se encuentran todos los valores de los pesos W1, W2 y
W3
70.     W1_start = 0
71.     W1_end = self . numeroNeuronasEntrada * self . numeroNeuronasEscondidas
72.     W2_start = W1_end
73.     W2_end = W1_end + self . numeroNeuronasEscondidas * self . numeroNeuronasEscondidas2
74.     W3_start = W2_end
75.     W3_end = W2_end + self . numeroNeuronasEscondidas2 * self . numeroNeuronasSalida
76.     #Se trandforma en matrices
77.     auto . W1 = np. remodelar ( parametros [ W1_start:
W1_end ] , ( self . numeroNeuronasEntrada , self . numeroNeuronasEscondidas ) )
78.     auto . W2 = np. remodelar ( parametros [ W2_start:
W2_end ] , ( self . numeroNeuronasEscondidas , self . numeroNeuronasEscondidas2 ) )
79.     auto . W3 = np. remodelar ( parametros [ W3_start:
W3_end ] , ( self . numeroNeuronasEscondidas2 , self . numeroNeuronasSalida ) )
80.
81. def calcularGradientes ( self , x , y ) :
82.     #Se transforma las derivadas
83.     djdw1 , djdw2 , djdw3 = self . funcionDeCostoPrima ( x , y )
84.     #se transforma a vector
85.     djdw1_vector = djdw1. ravel ( )
86.     djdw2_vector = djdw2. ravel ( )

```

```

87.     djdw3_vector = djdw3.ravel()
88.     #Seconcatenan en un soo vector
89.     derivadas_vector = np. concatenar ( ( djdw1_vector , djdw2_vector , djdw3_vector ) )
90.     return derivadas_vector
91.
92.
93.     def calcularGradientesNumericos ( self , N , x , y ) :
94.         parametrosIniciales = N. obtenerParametros ( )
95.         resultados_gradiente_numerico = np. zeros ( parametrosIniciales. forma )
96.         perturbaciones_epsilon = np. zeros ( parametrosIniciales. forma )
97.         e = 1e-8
98.         para p en rango ( len ( parametrosIniciales ) ) :
99.             #Realizamos la perturbación solo para el peso con el que está trabajando
100.            perturbaciones_epsilon [ p ] = e
101.            #Realizamos la aplicación sobre los pesos + la perturbación (solo para el peso p)
102.            N. setearParametros ( parametrosIniciales + perturbaciones_epsilon )
103.            #Calculamos el costo con la perturbación incluida en el peso p
104.            perdida2 = N. funcionDeCosto ( x , y )
105.            #Repetimos el proceso con la perturbacion
106.            N. setearParametros ( parametrosIniciales - perturbaciones_epsilon )
107.            perdida1 = N. funcionDeCosto ( x , y )
108.            #Calculamos el valor del gradiente para ese peso p mediante la derivada con épsilon
109.            a = ( perdida2 - perdida1 ) / ( 2 * e )
110.            resultados_gradiente_numerico [ p ] = a
111.            #Se regresa a 0 la perturbacion para ese peso, cosa que no afecte a los siguientes
112.            perturbaciones_epsilon [ p ] = 0
113.            #debido a que esto es con multas de comprobacion
114.            #una vez recolectados los valores correctos de gradiente
115.            #volvemos a dejar tal como estaban los valores de los persos de la red neuronal
116.            N. setearParametros ( parametrosIniciales )
117.            #Retornamos los valores de gradiente que pudimos calcular para poder compararlos
118.            regresar resultados_gradiente_numerico
119.
120.     class Entrenador ( objeto ) :
121.         def __init__ ( self , N ) :
122.             auto . N = N
123.
124.         def costFunctionWrapper ( self , params , X , y ) :
125.             #el arreglo unidimensional de pesos ahora se vuelve a transformar a matrices con setearParametros
126.             auto . N . setearParametros ( params )
127.             #se vuelve a obtener el valor de los costos con los nuevos pesos configurados por la funcion de
optimizacion
128.             costo = auto . N . funcionDeCosto ( X , y )
129.             #se calculasn los valores derivados de la funcion de costo
130.             grad = self . N . calcularGradientes ( X , y )
131.             #se retornan ambos valores
132.             costo de regreso , graduado
133.
134.         def callbackF ( self , params ) :
135.             #con setearParametros volvemos todo a un arreglo unidimensional (los pesos)
136.             auto . N . setearParametros ( params )
137.             #Agregamos a los costos locales los costos de la red neuronal
138.             auto . J . append ( auto . N . funcionDeCosto ( auto . X , auto . y ) )
139.
140.
141.         def train ( self , x , y ) :
142.             #nos traemos la información proporcionada (x) y los valores que deberían tener con respecto a esos
vlaores (y)
143.             auto . X = x
144.             auto . y = y

```

```

145. #transformamos mediante parámetros de conexión a un unidimensional todos los pesos de la red
146. params0 = self.N.obtenerParametros ( )
147. #creamos un arreglo en el que se guardaran los costos
148. auto.J = [ ]
149. #se configuraron las opciones del proceso de optimización, el número de iteraciones (maxiter) y si se
informa
150. #por pantalla el proceso (disp)
151. opciones = { 'maxiter' : 1000 , 'disp' : True }
152. #minimize es la función que nos permite minimizar el valor de los costos obtenidos en rojo, para esto es
necesario
153. #agregarle una función que permita reordenar los pesos en cuestion para que puedan ser modificados,
enviar si es que se
154. #utilizara el metodo jacobiano, el metodo ene question, los valores a compara, las opciones de
funcionamiento
155. #definidas arriba, y por ultimo una función iterativa
156. _res = optimizar minimize ( self.costFunctionWrapper , params0 , jac = True , method = 'BFGS' , args
= ( x , y ) , opciones = opciones , callback = self.callbackF )
157. auto.N.setearParametros ( _res.x )
158. auto.optimizationResults = _res
159. # L-BFGS viene de BFGS de memoria limitada.

```

```

1. ##### PRUEBA CONSTRUCTORA #####
2. #Realizamos una instancia de una red neuronal
3. redNeuronal = RedNeuronal ( )
4. #comprobamos los valores de los pesos 1
5. print ( "Valores de los pesos W1" )
6. entrada ( redNeuronal.W1 )
7. #comprobamos los valores de los pesos 2
8. print ( "Valores de los pesos W2" )
9. entrada ( redNeuronal.W2 )
10. #comprobamos los valores de los pesos 2
11. print ( "Valores de los pesos W3" )
12. entrada ( redNeuronal.W3 )

1. ##### PRUEBA PROPAGACION #####
2.
3. X = np.genfromtxt ( 'I_training.txt' )
4. X = np.array ( ( X ) , dtype = flotante )
5. resultado = np.genfromtxt ( 'O_training.txt' )
6. s = np.array ( ( resultado ) , dtype = float )
7. t = len ( s )
8. At = np.ceros ( [ t , 1 ] )
9. para i en el rango ( 0 , t ) :
10.     En [ i , : ] = s [ i ]
11. A
12. resultados = np.array ( ( At ) , dtype = float )
13.
14. print ( "Valores de las entradas X sin nomalizar" )
15. entrada ( X )
16. print ( "Valores de los resultados esperados sin normalizar" )
17. entrada ( resultados )
18. #Normalizando valores
19. #considerando maximos valores
20. X = X / np.amax ( X , eje = 0 )
21. #Normalizando valores
22. #Considerando que resitencia maxima hallada

```



```

23. resultados = resultados / np. amax ( resultados , eje = 0 )
24. print ( "valores de las entradas X normalizadas" )
25. entrada ( X )
26. print ( "valores de los esperados normalizados" )
27. entrada ( resultados )
28. print ( "la predicción de la red neuronal es" )
29. entrada ( redNeuronal. avanzar ( X ) )

```

```

1. ##### funcion de costos #####
2. print ( "Los valores de la función de costo hijo" )
3. entrada ( redNeuronal. funcionDeCosto ( X , resultados ) )
4. Los valores de la funcion de costo son
5. [7.45216346]

```

```

1. ##### BACKPROPAGATION ##### 3
2. print ( "Los valores de las derivadas son" )
3. a , b , c = redNeuronal. funcionDeCostoPrima ( X , resultados )
4. print ( "la primera derivada es" )
5. entrada ( a )
6. print ( "la segunda derivada es" )
7. entrada ( b )
8. print ( "la tercera derivada es" )
9. entrada ( c )

```

```

1. ##### Test gradien number #####
2. print ( "El vector con todos los pesos es" )
3. input(redNeuronal.obtenerParametros())
4. print ( "El vector cono todas las derivadas es" )
5. input(redNeuronal.calcularGradientes(X,resultados))
6. print ( "El vector numericos de los gradientes son" )
7. input(redNeuronal.calcularGradientesNumericos(redNeuronal.X,resultados))

```

```

1. ##### Training #####
2. entrenador = Entrenador(redNeuronal)
3. entrenador.train(X,resultados)
4. input(redNeuronal.avanzar(X))
5. resultados

```

Optimization terminated successfully.

Current function value: 1.984884

Iterations: 1

Function evaluations: 10

Gradient evaluations: 10

```

[[0.61277091]
[0.61277091]
[0.61277091]
[0.61277079]
[0.61277079]
[0.61277079]
[0.61277062]
[0.61277062]
[0.61277062]
[0.6127711 ]
[0.61277107]
[0.61277107]

```

[0.61277094]  
[0.61277094]  
[0.61277094]  
[0.61277067]  
[0.61277067]  
[0.61277067]  
[0.61277148]  
[0.61277148]  
[0.61277148]  
[0.61277135]  
[0.61277135]  
[0.61277135]  
[0.61277093]  
[0.61277093]  
[0.61277093]  
[0.61277147]  
[0.61277147]  
[0.61277147]  
[0.61277119]  
[0.61277119]  
[0.61277119]  
[0.61277084]  
[0.61277084]  
[0.61277084]  
[0.61277152]  
[0.61277152]  
[0.61277126]  
[0.61277126]  
[0.61277126]  
[0.61277087]  
[0.61277087]  
[0.61277087]  
[0.61277154]  
[0.61277154]  
[0.61277154]  
[0.61277156]  
[0.61277156]  
[0.61277156]  
[0.61277133]  
[0.61277131]  
[0.61277131]  
[0.61277135]  
[0.61277132]  
[0.61277132]  
[0.61277087]  
[0.61277087]  
[0.61277087]

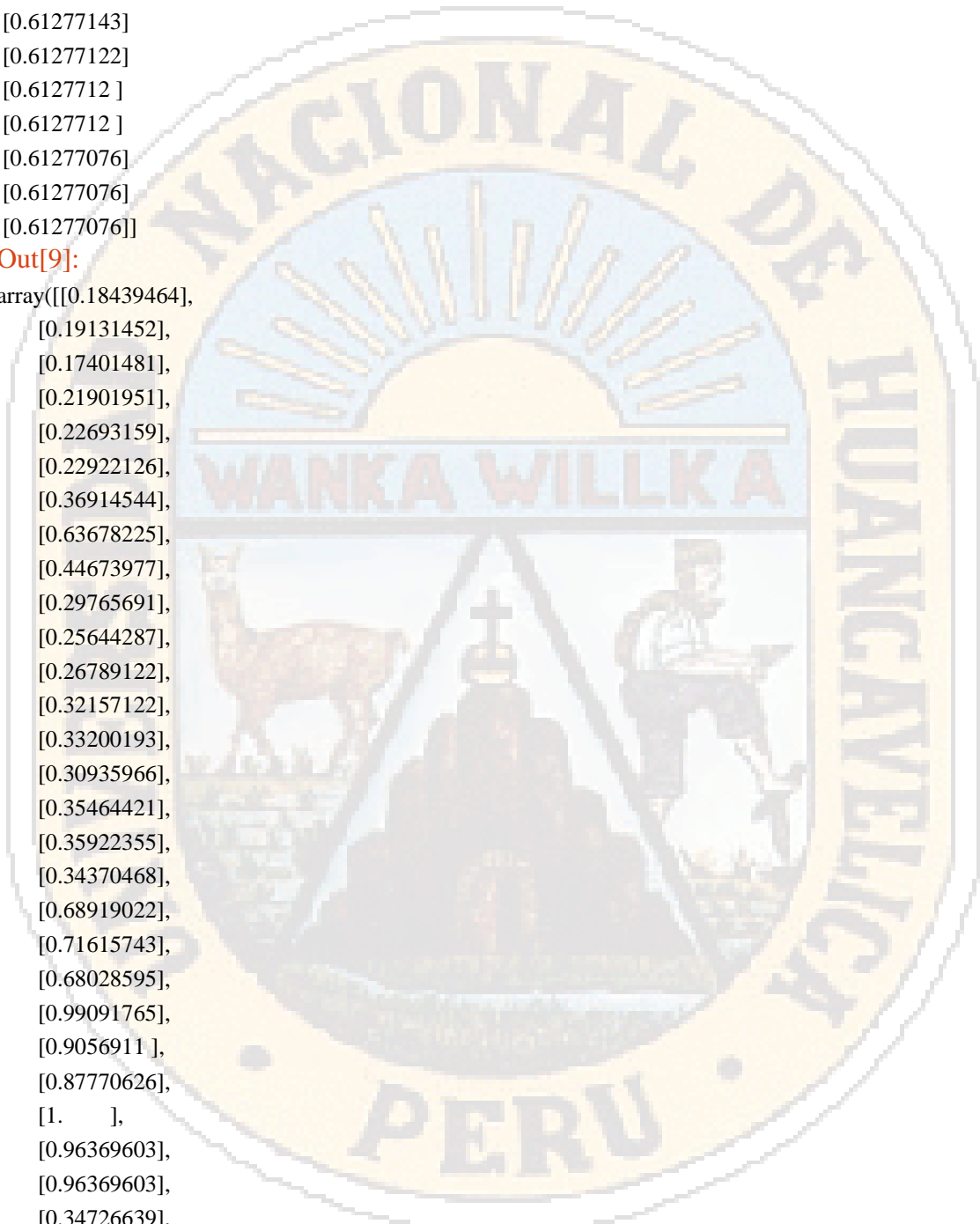


[0.61277089]  
[0.61277089]  
[0.61277089]  
[0.61277089]  
[0.61277143]  
[0.61277143]  
[0.61277143]  
[0.61277122]  
[0.6127712 ]  
[0.6127712 ]  
[0.61277076]  
[0.61277076]  
[0.61277076]]

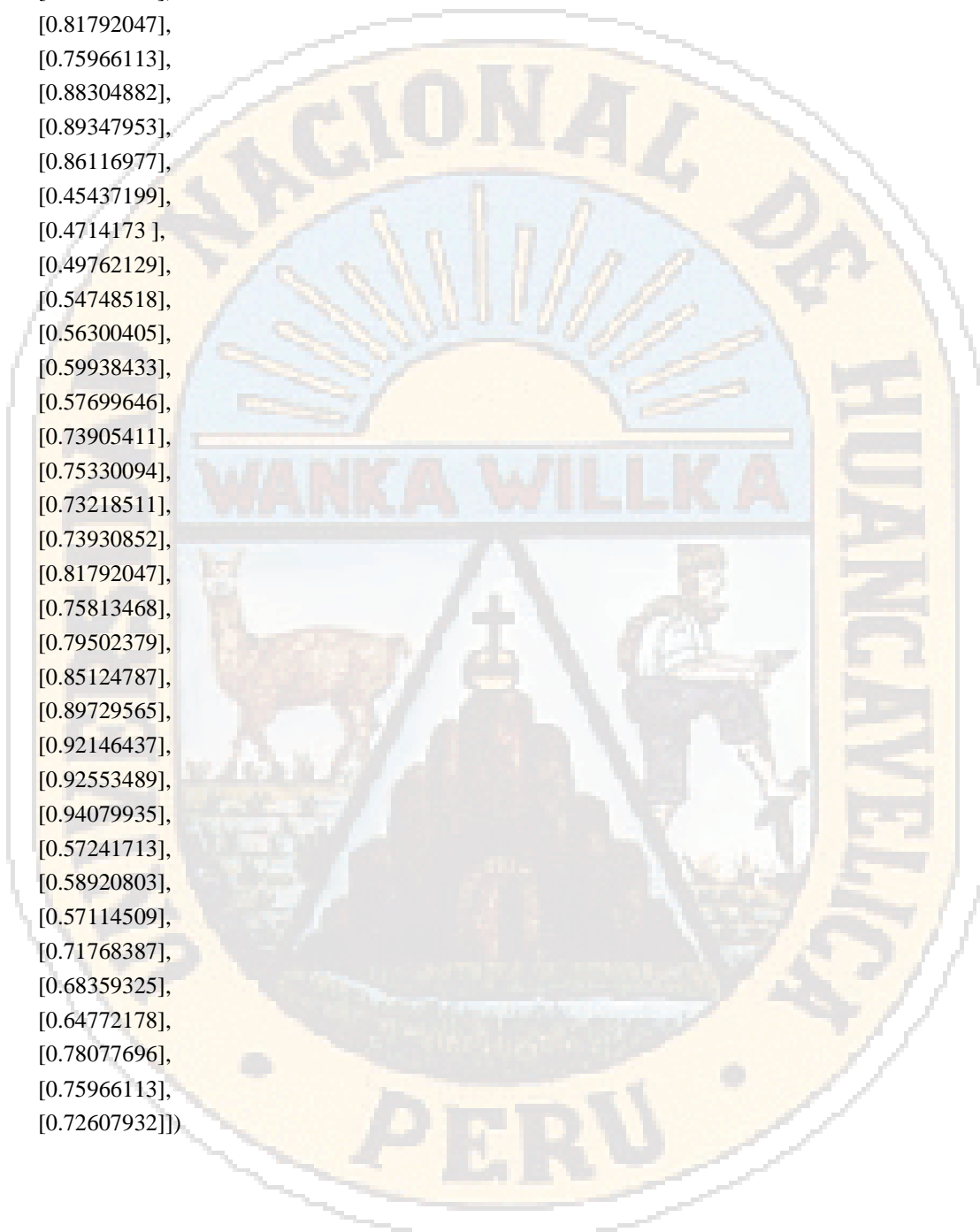
Out[9]:

array([[0.18439464],

[0.19131452],  
[0.17401481],  
[0.21901951],  
[0.22693159],  
[0.22922126],  
[0.36914544],  
[0.63678225],  
[0.44673977],  
[0.29765691],  
[0.25644287],  
[0.26789122],  
[0.32157122],  
[0.33200193],  
[0.30935966],  
[0.35464421],  
[0.35922355],  
[0.34370468],  
[0.68919022],  
[0.71615743],  
[0.68028595],  
[0.99091765],  
[0.9056911 ],  
[0.87770626],  
[1. ],  
[0.96369603],  
[0.96369603],  
[0.34726639],  
[0.44521332],  
[0.37041748],  
[0.45437199],  
[0.47218053],  
[0.52306205],  
[0.7187015 ]],



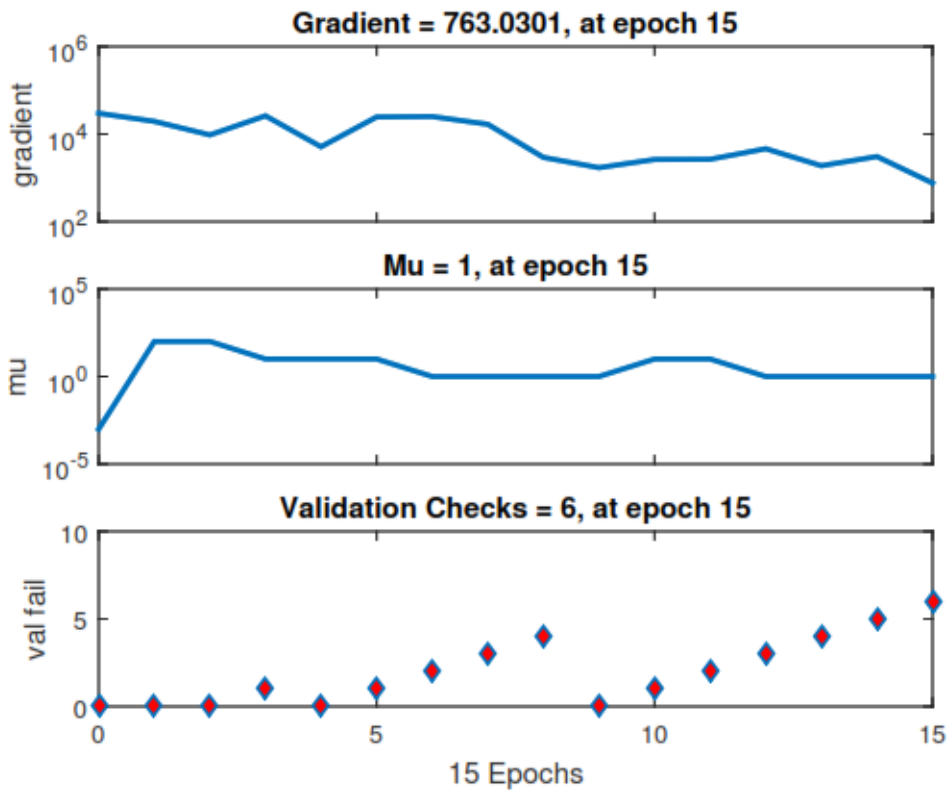
[0.5680922 ],  
 [0.85246903],  
 [0.68868141],  
 [0.6418704 ],  
 [0.70318264],  
 [0.79426056],  
 [0.81792047],  
 [0.75966113],  
 [0.88304882],  
 [0.89347953],  
 [0.86116977],  
 [0.45437199],  
 [0.4714173 ],  
 [0.49762129],  
 [0.54748518],  
 [0.56300405],  
 [0.59938433],  
 [0.57699646],  
 [0.73905411],  
 [0.75330094],  
 [0.73218511],  
 [0.73930852],  
 [0.81792047],  
 [0.75813468],  
 [0.79502379],  
 [0.85124787],  
 [0.89729565],  
 [0.92146437],  
 [0.92553489],  
 [0.94079935],  
 [0.57241713],  
 [0.58920803],  
 [0.57114509],  
 [0.71768387],  
 [0.68359325],  
 [0.64772178],  
 [0.78077696],  
 [0.75966113],  
 [0.72607932]])



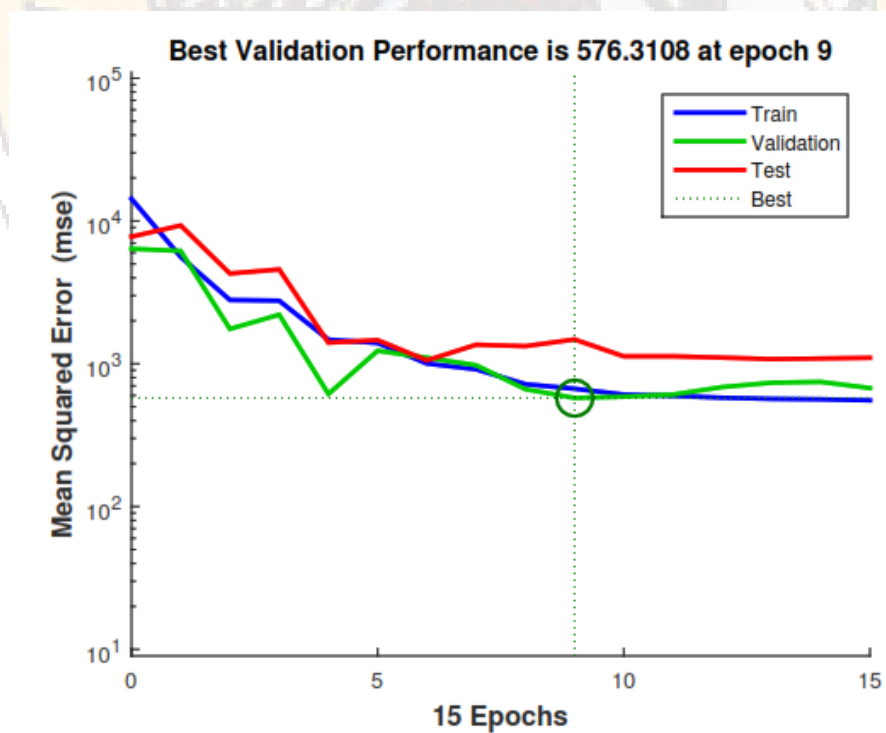
## DISEÑO DE REDES NEURONALES USANDO SOFTWARE MATLAB 2015

### RED NEURONAL [11 2 1]

Training State.

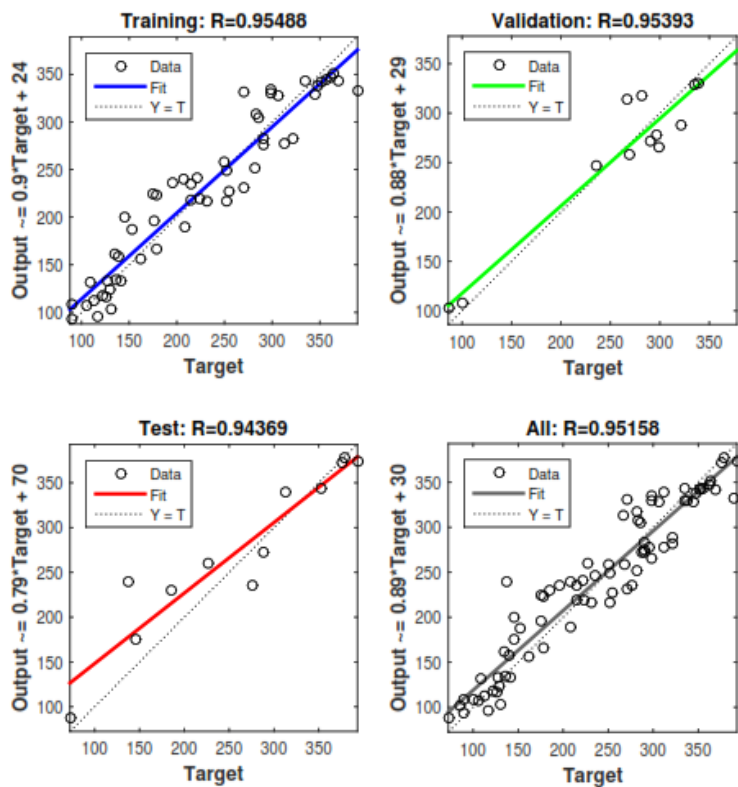


Performance.



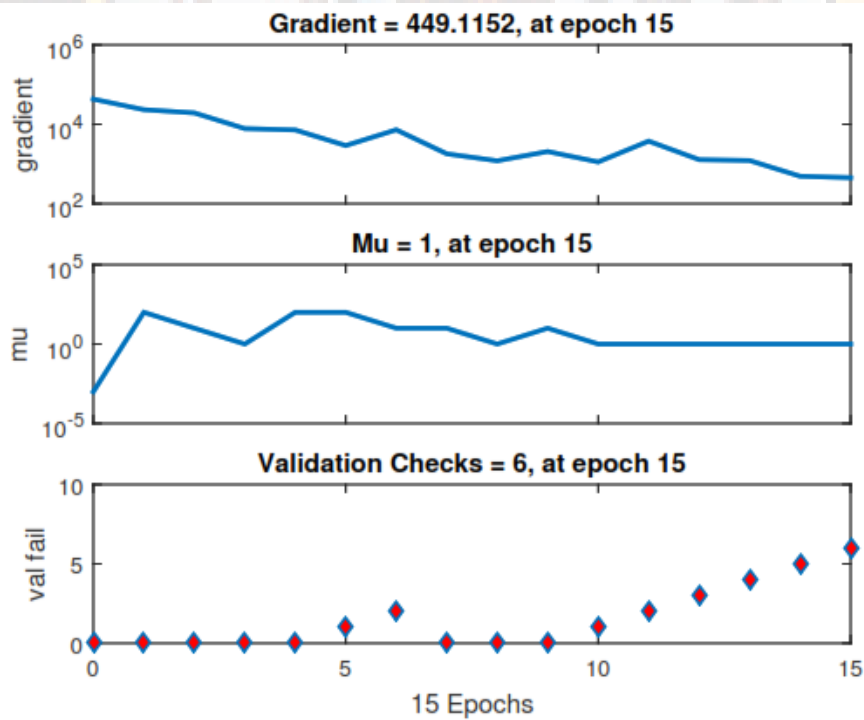


Regresion.

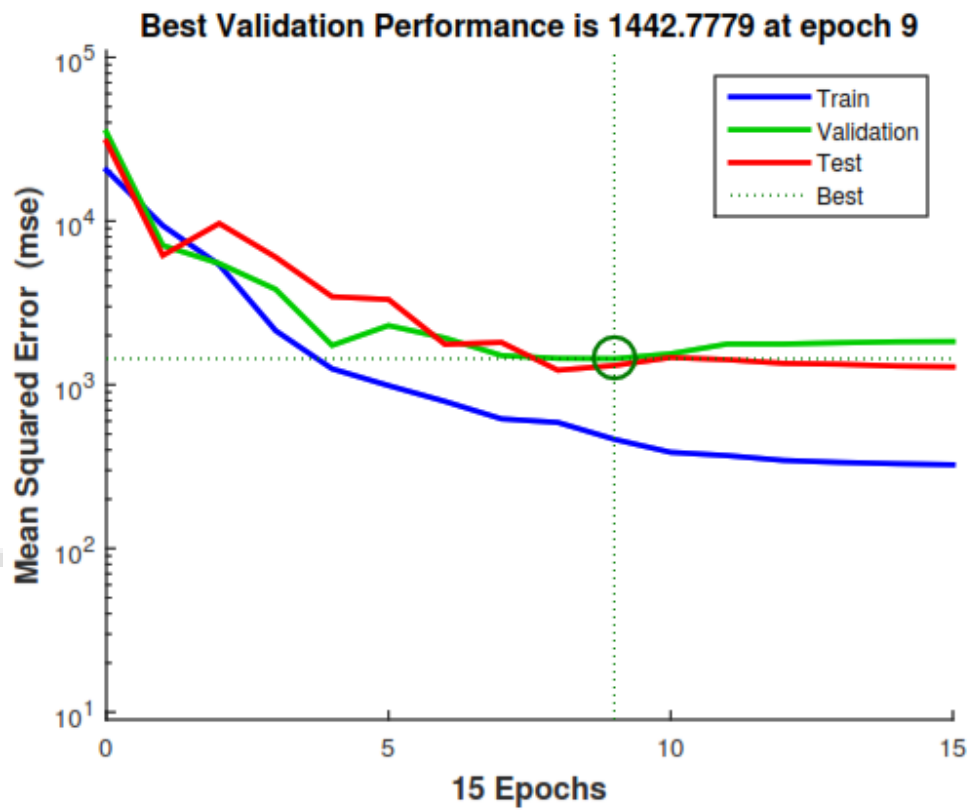


RED NEURONAL [11 10 1]

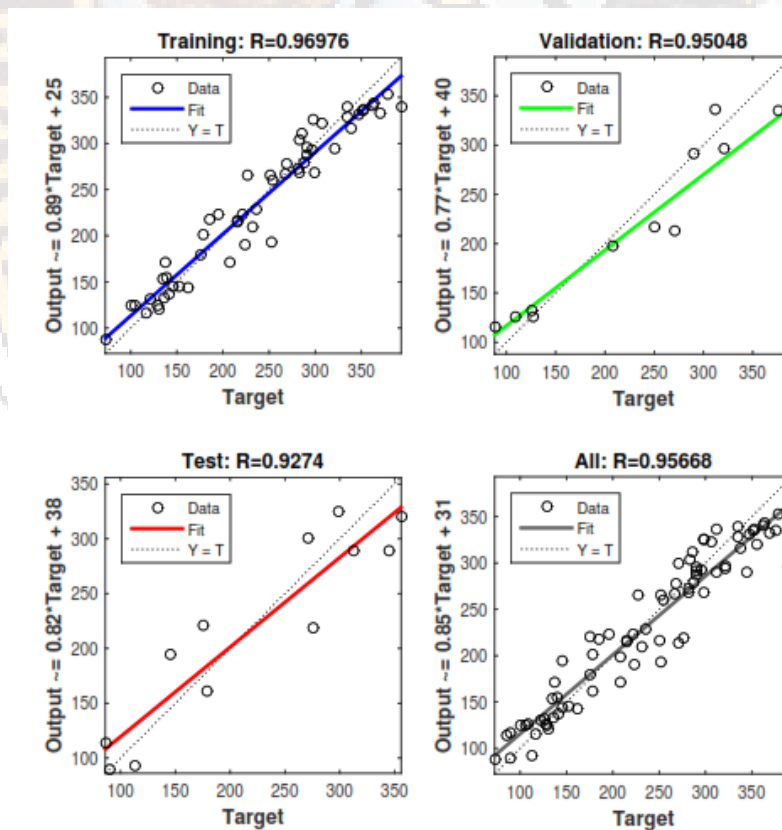
Training State.



Performance.

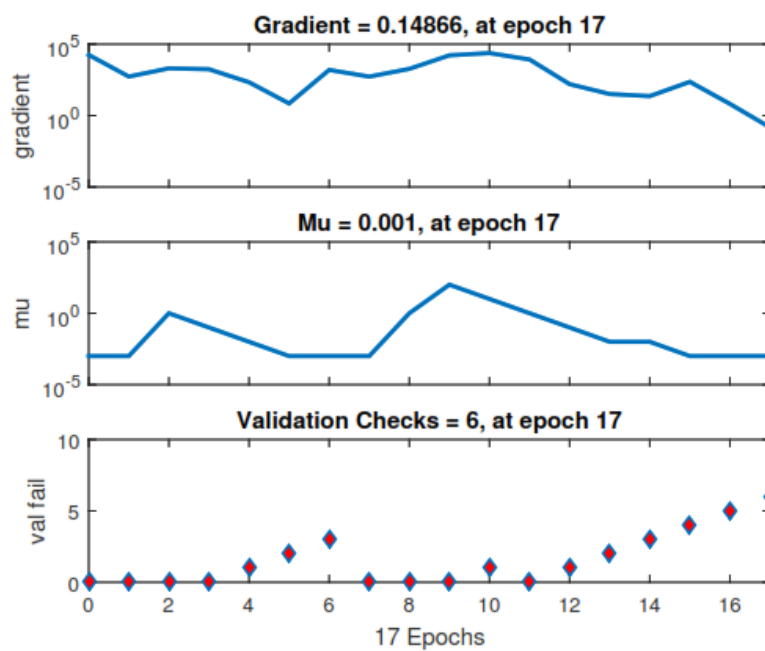


Regression.

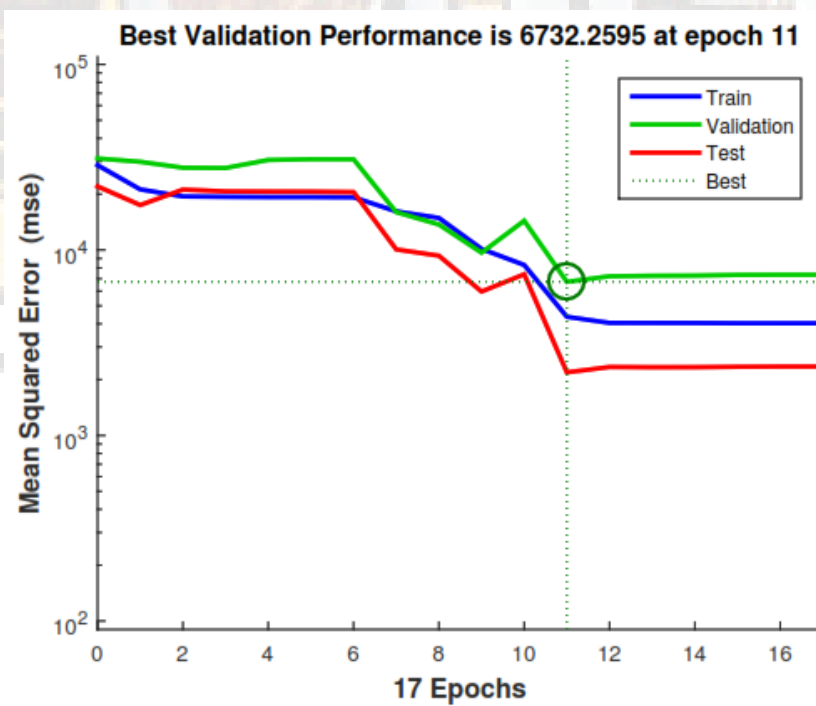


## RED NEURONAL [11 15 1]

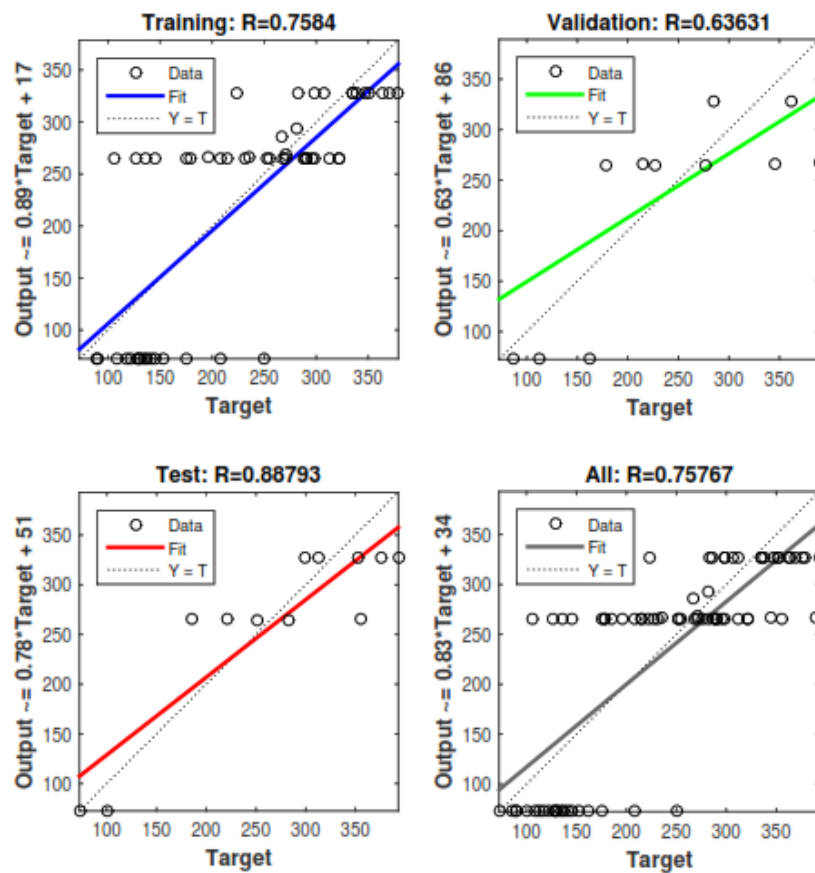
Training State.



Performance.

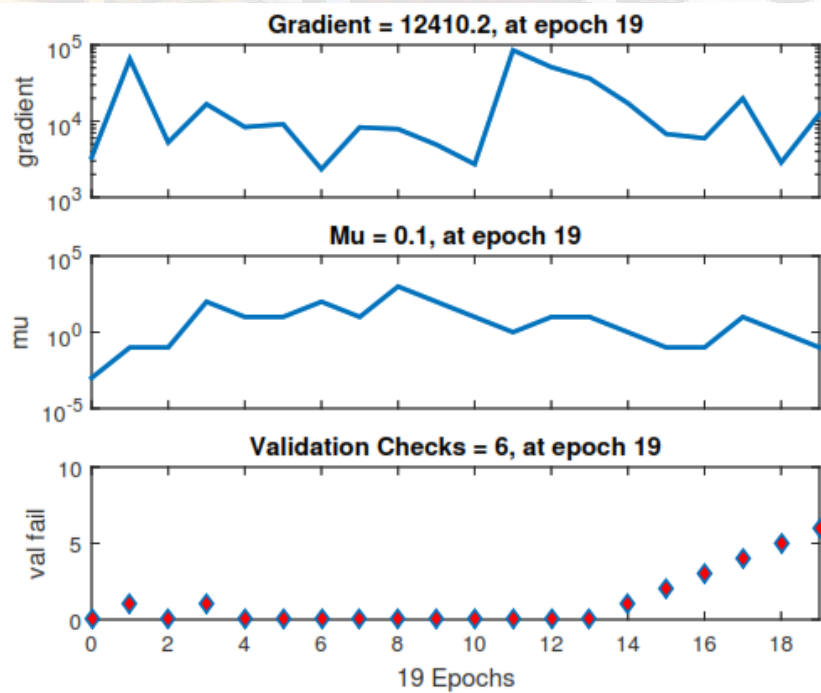


Regresion.

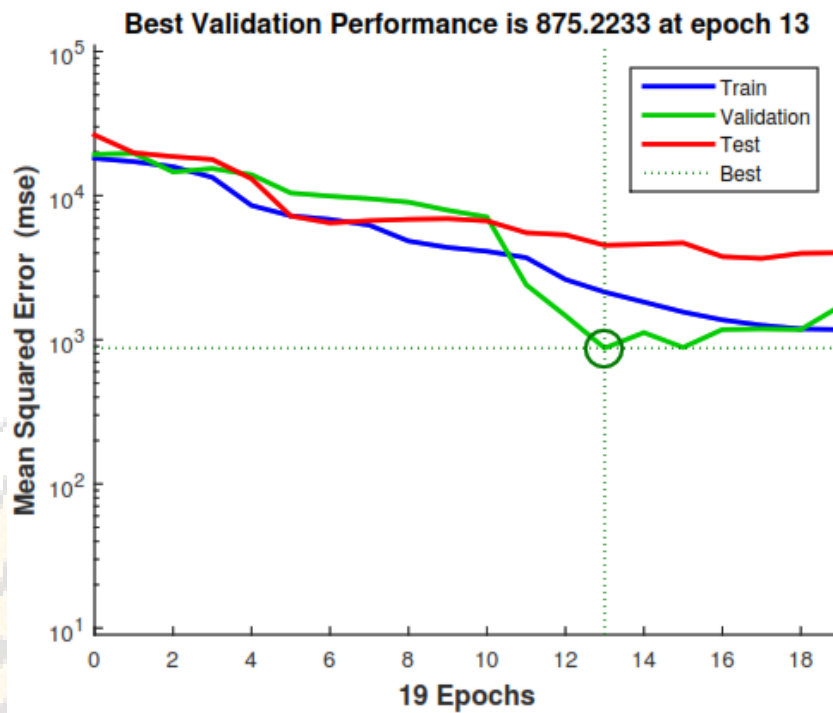


RED NEURONAL [11 5 1]

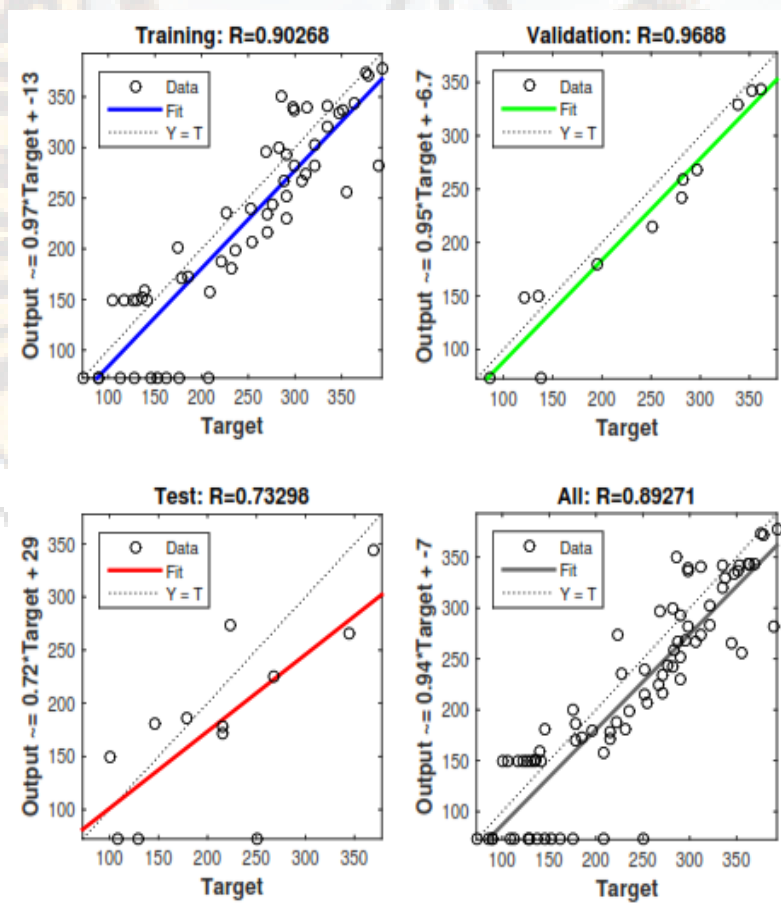
Training State.



Performance.



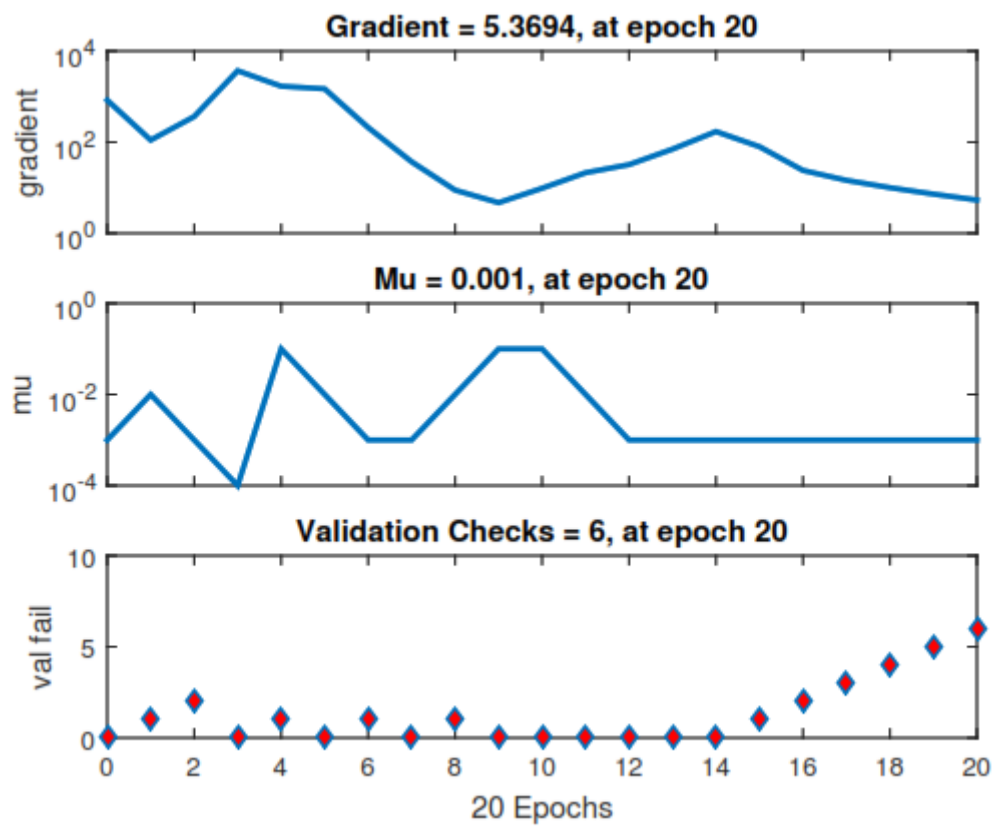
Regression.



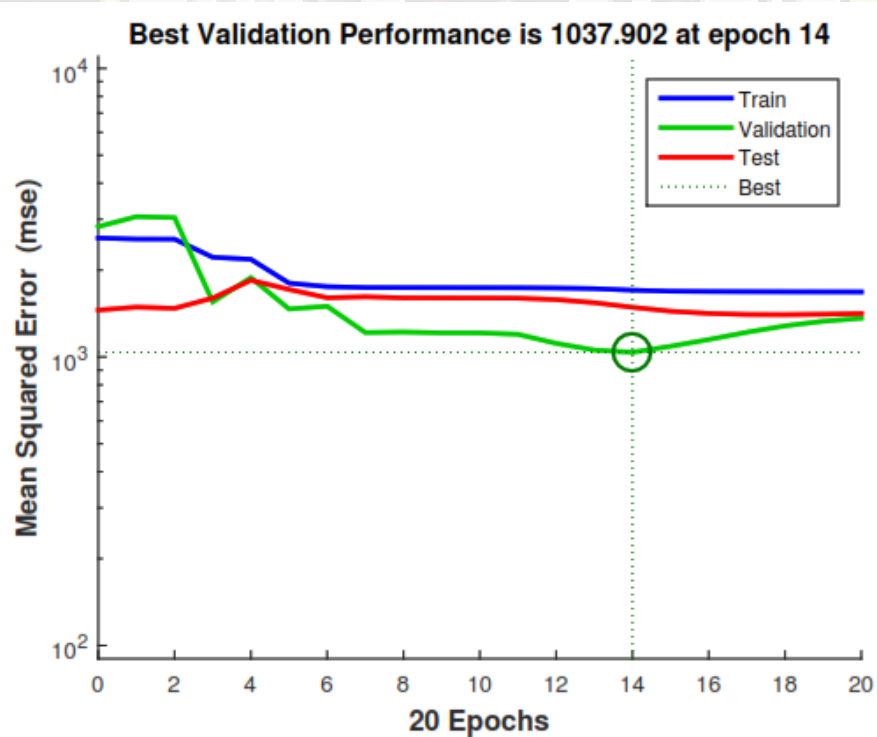


## RED NEURONAL [11 6 1]

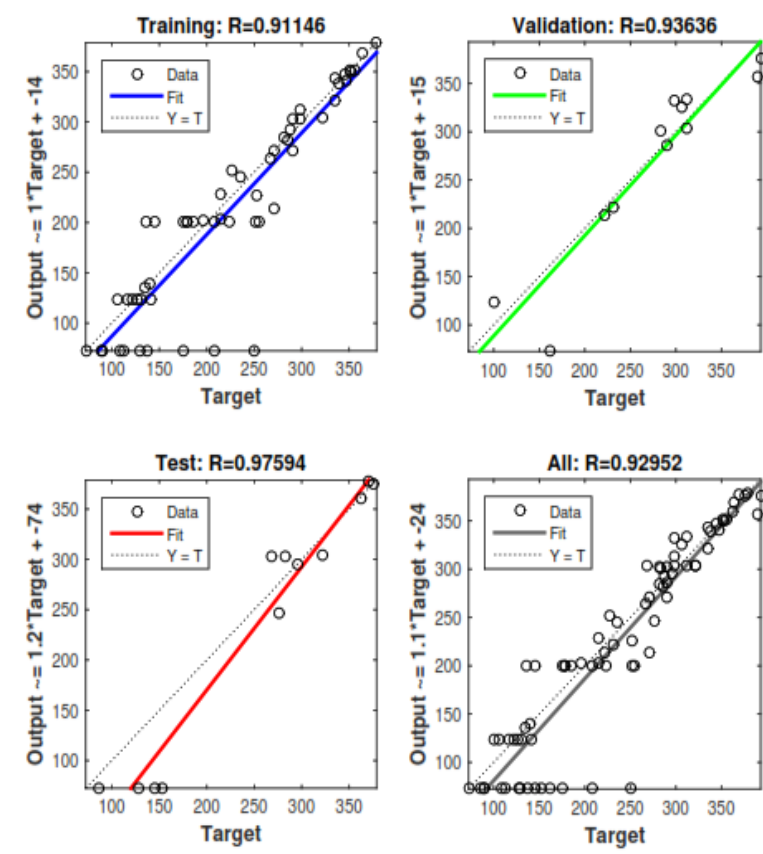
Training State.



Perfomance.

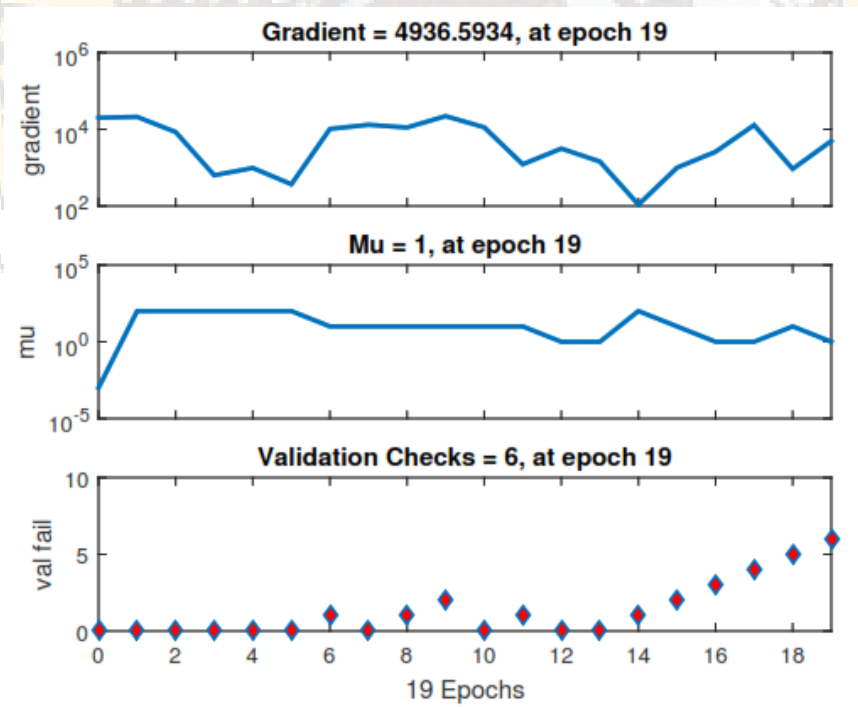


Regresion.

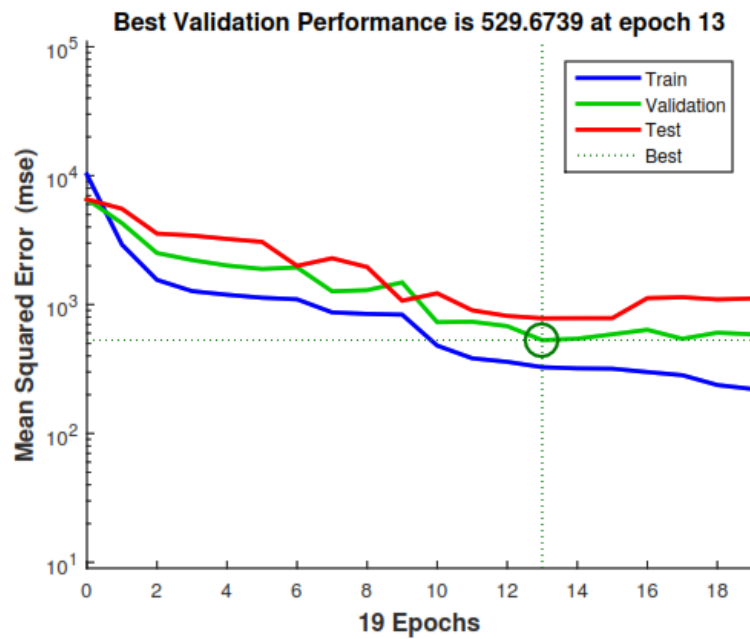


RED NEURONAL [11 7 1]

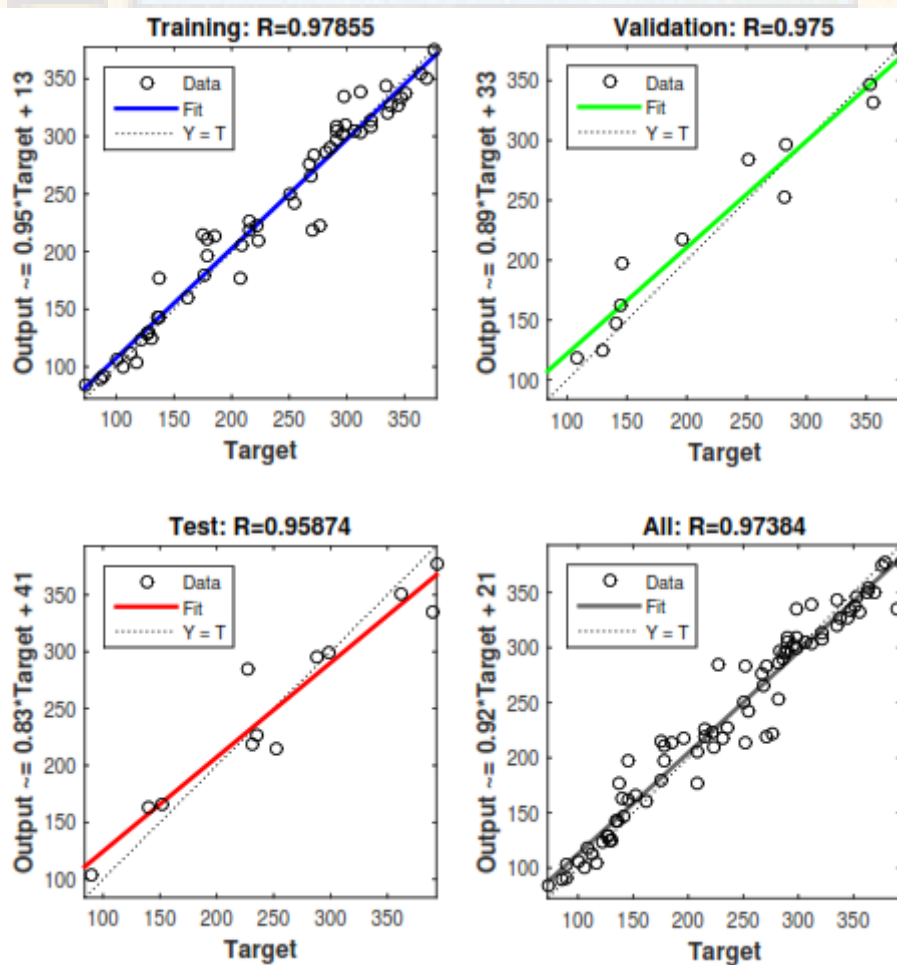
Training State.



Performance.

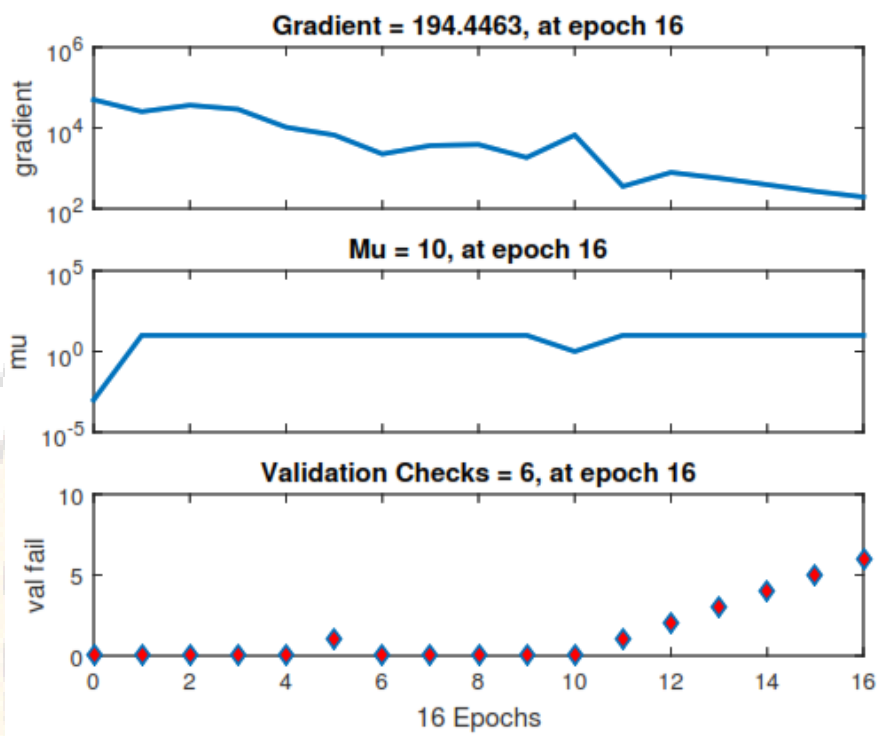


Regression.

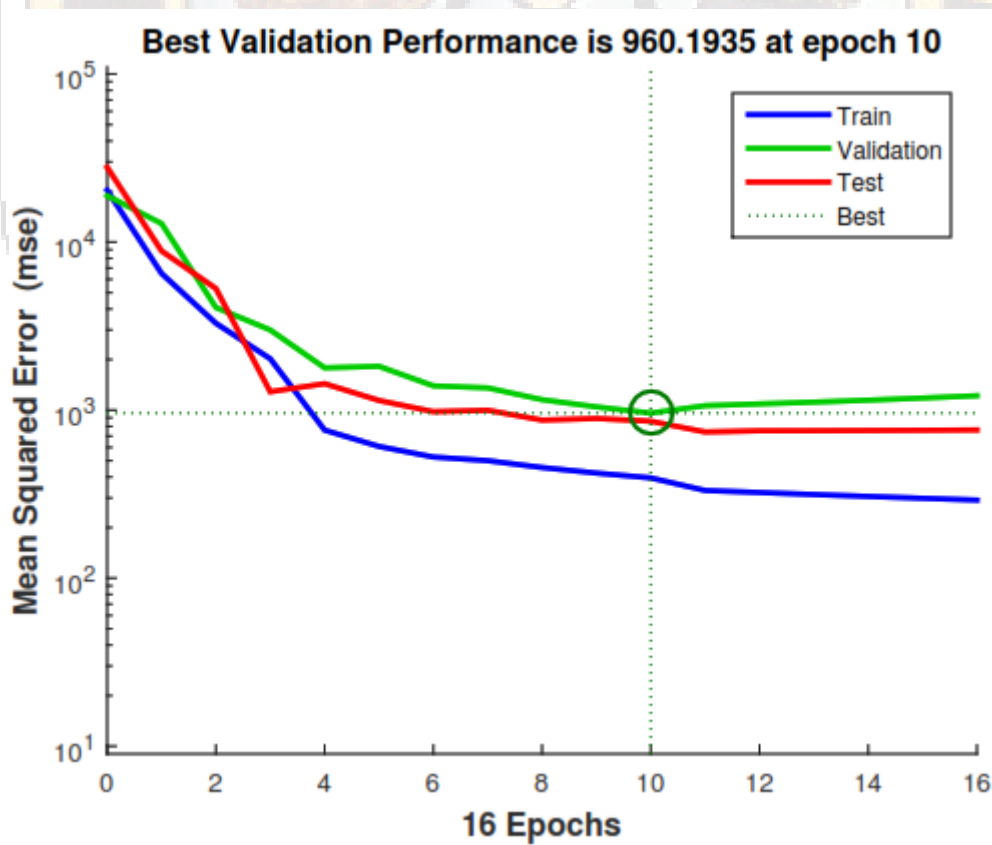


RED NEURONAL [11 8 1]

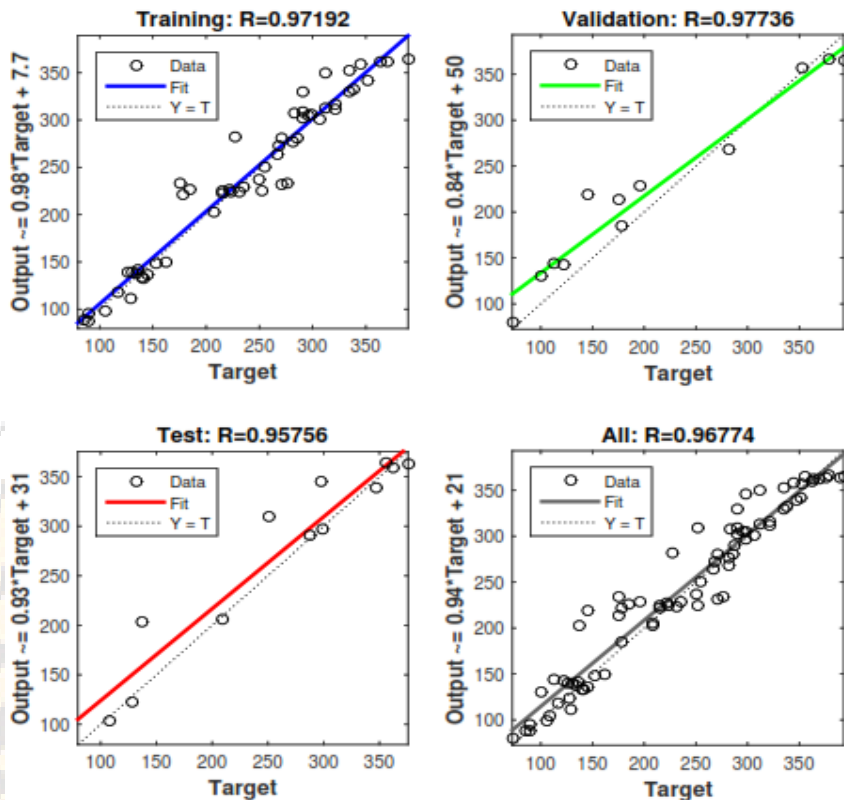
Training State.



Perfomance.

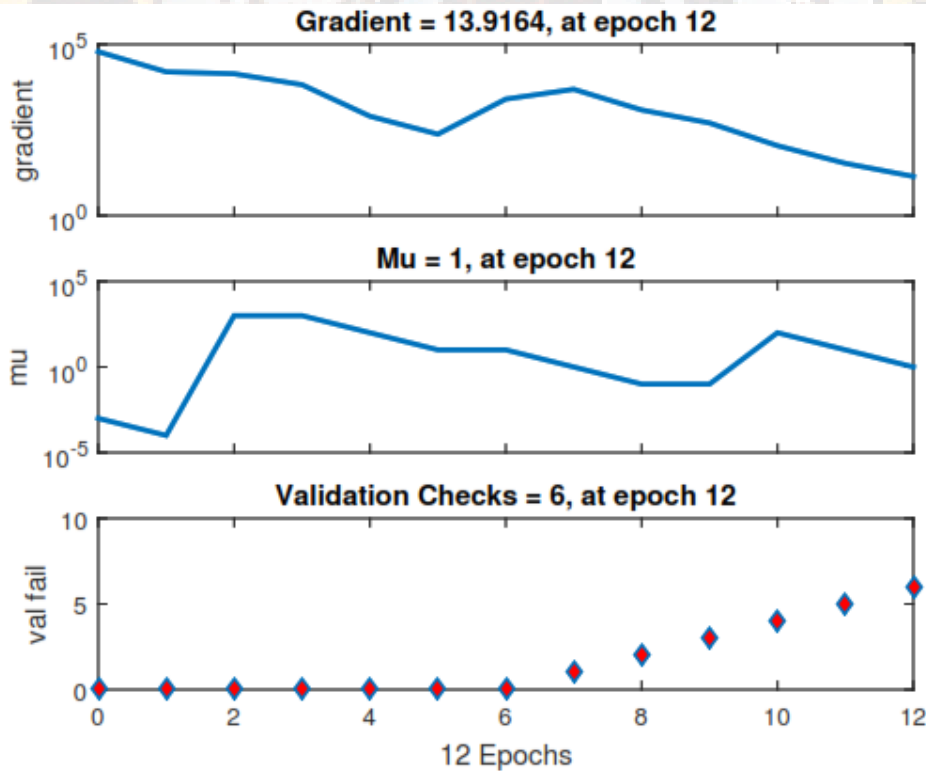


Regresion.



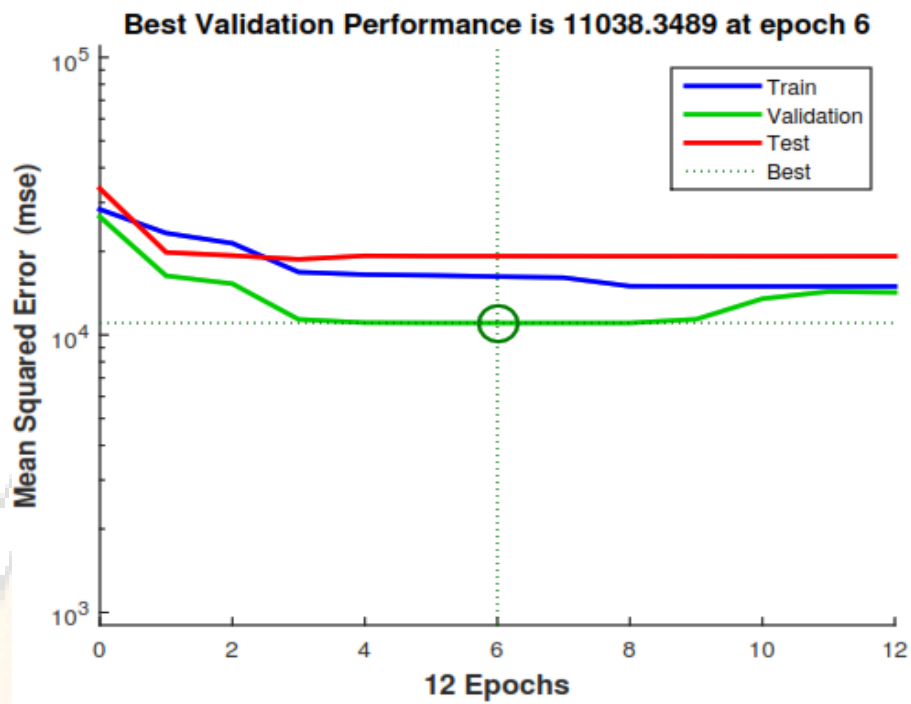
RED NEURONAL [11 9 1]

Training State.

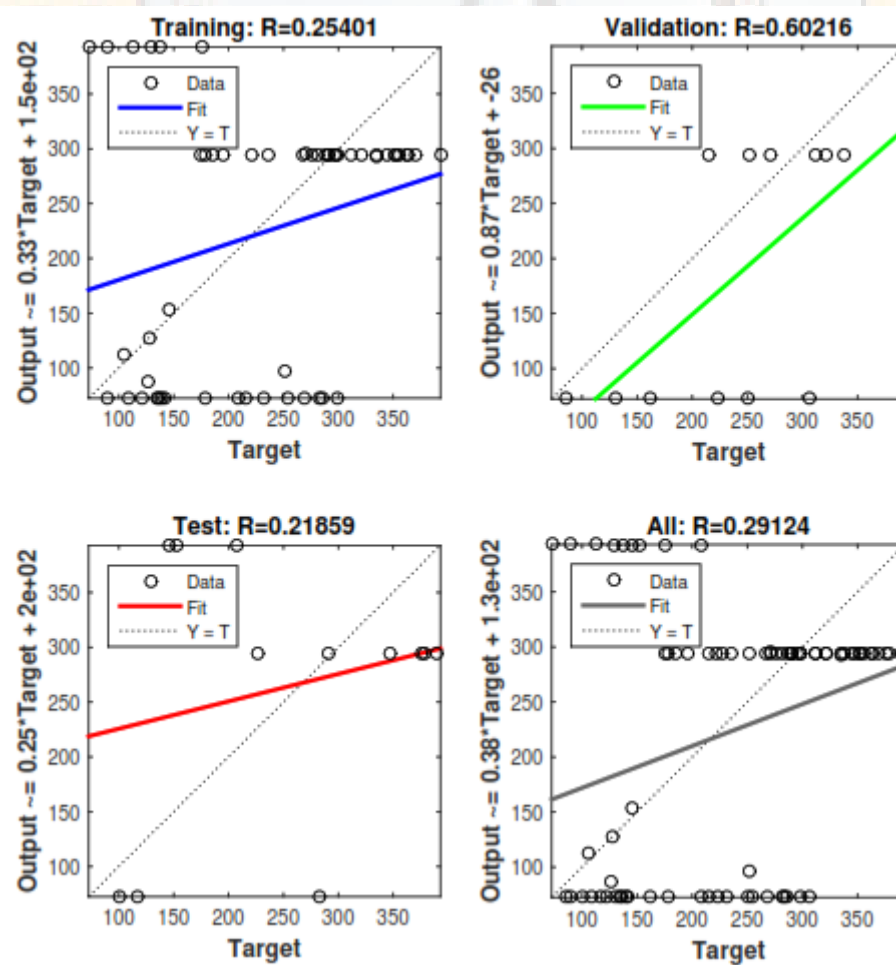




Perfomance.

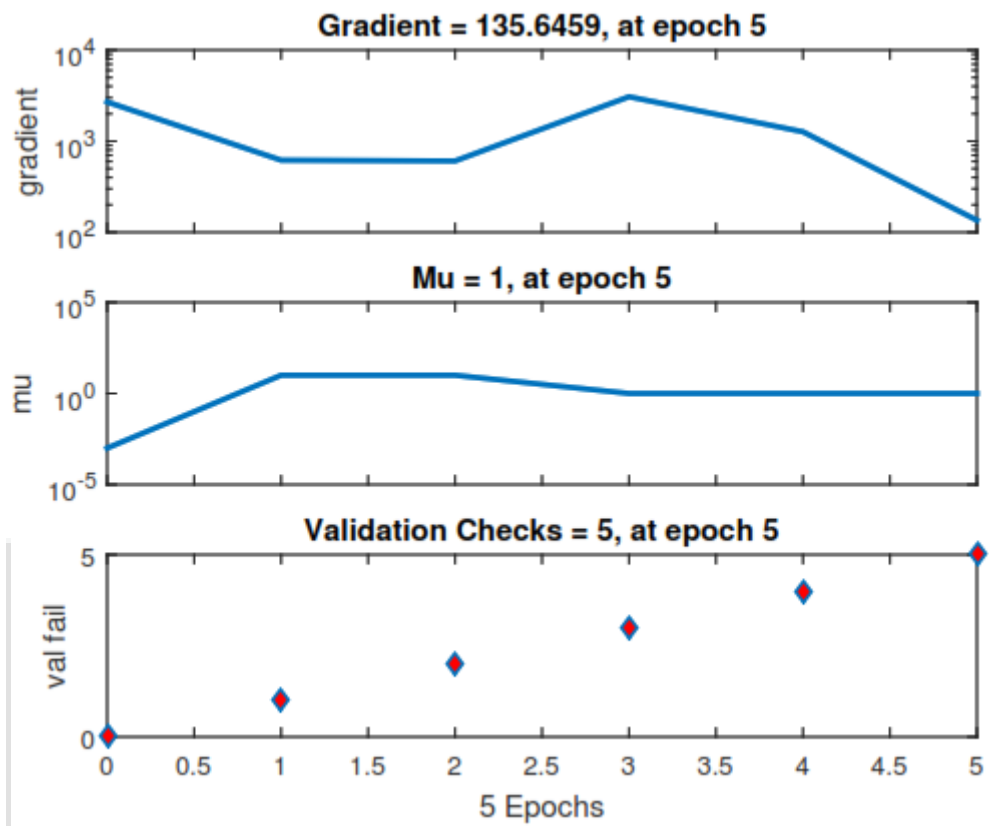


Regression.

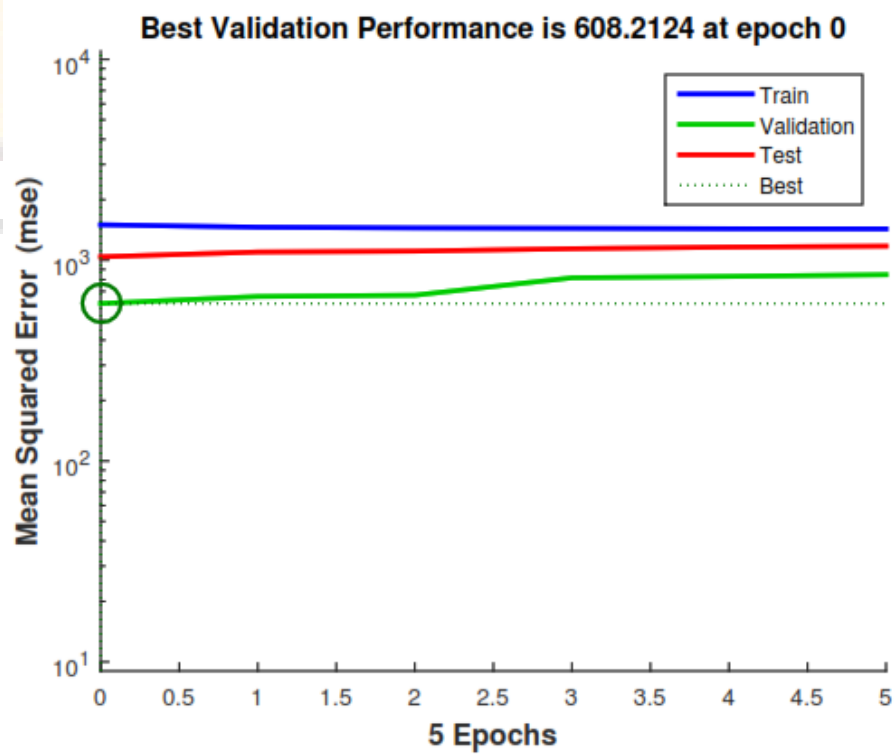


## RED NEURONAL [11 10 1]

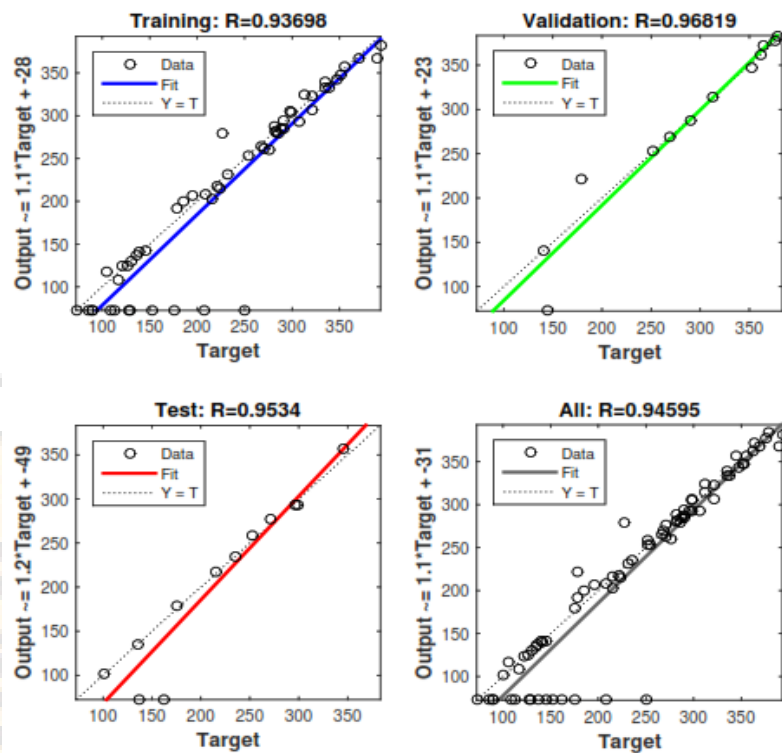
Training State.



Performance.

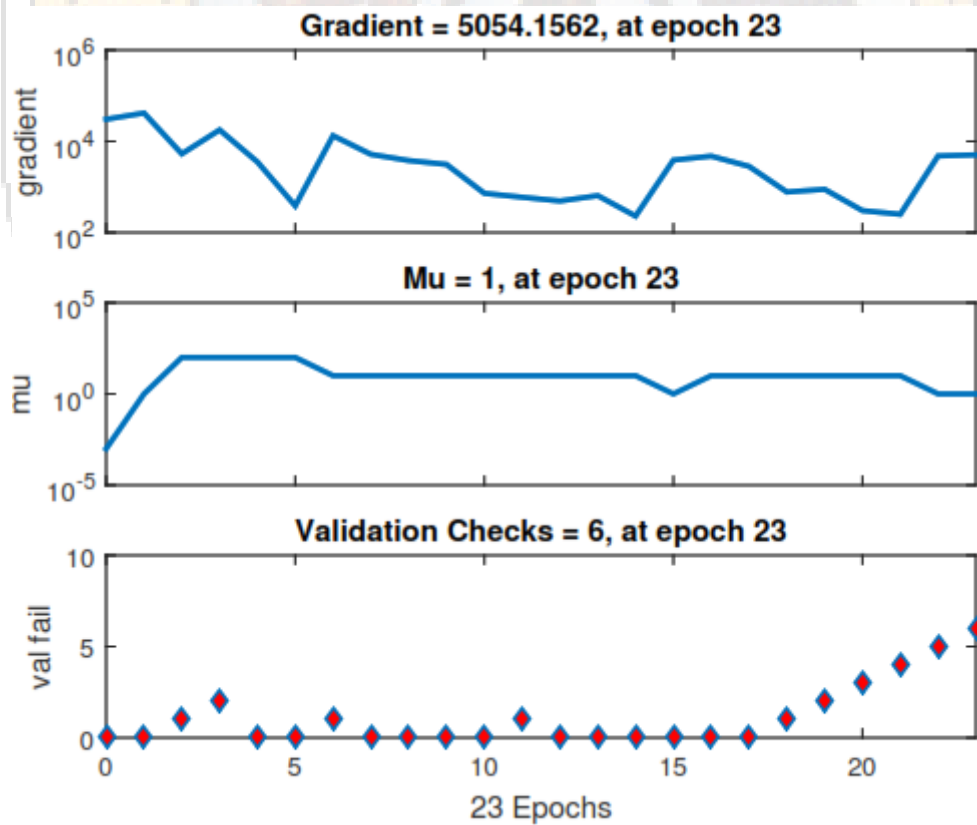


Regresion.

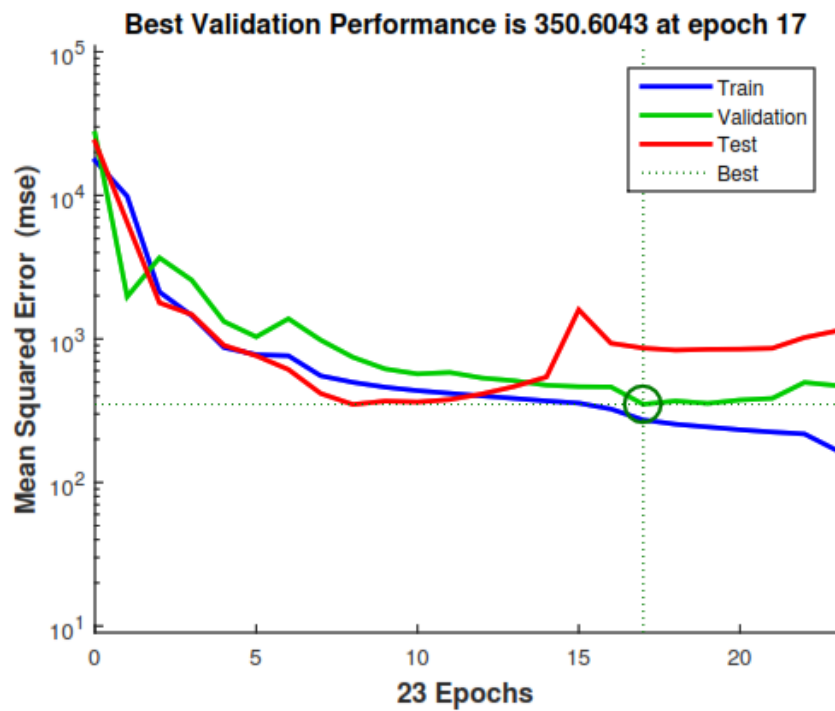


RED NEURONAL [11 15 1]

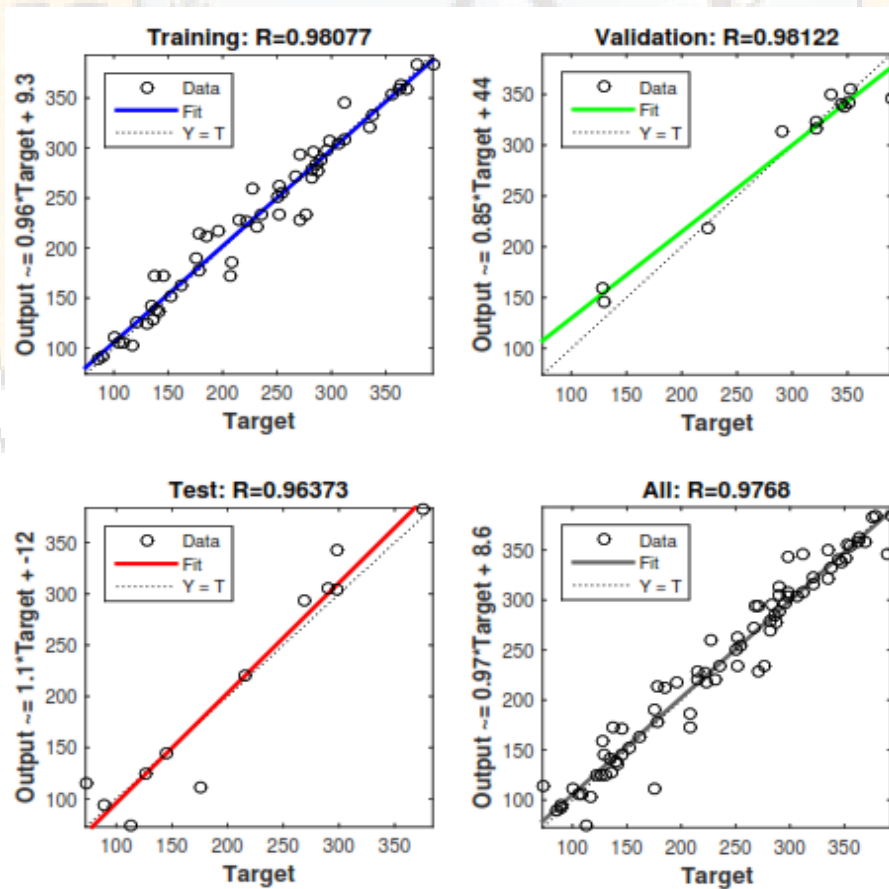
Training State.



Performance.

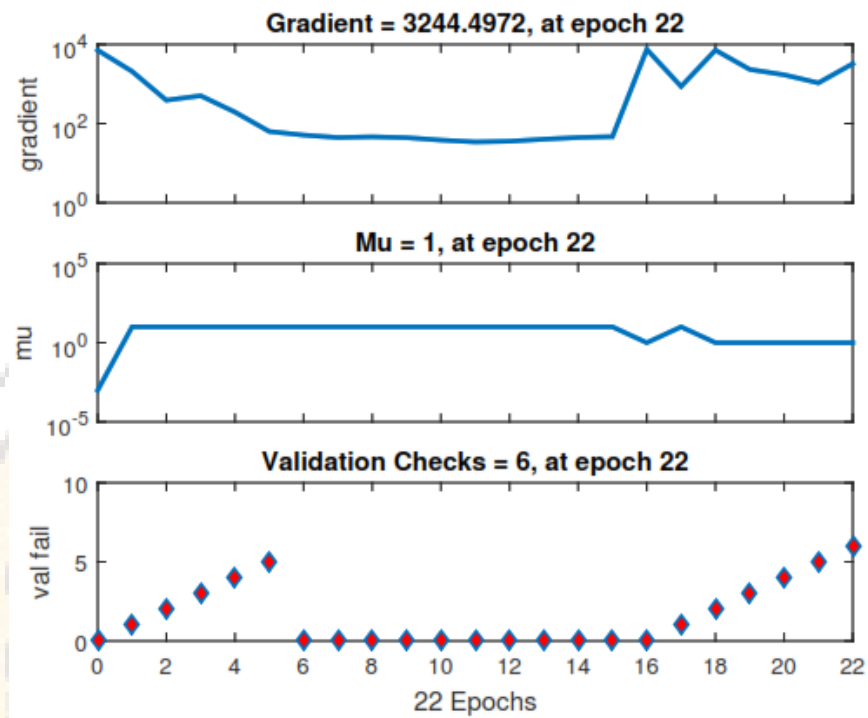


Regression.

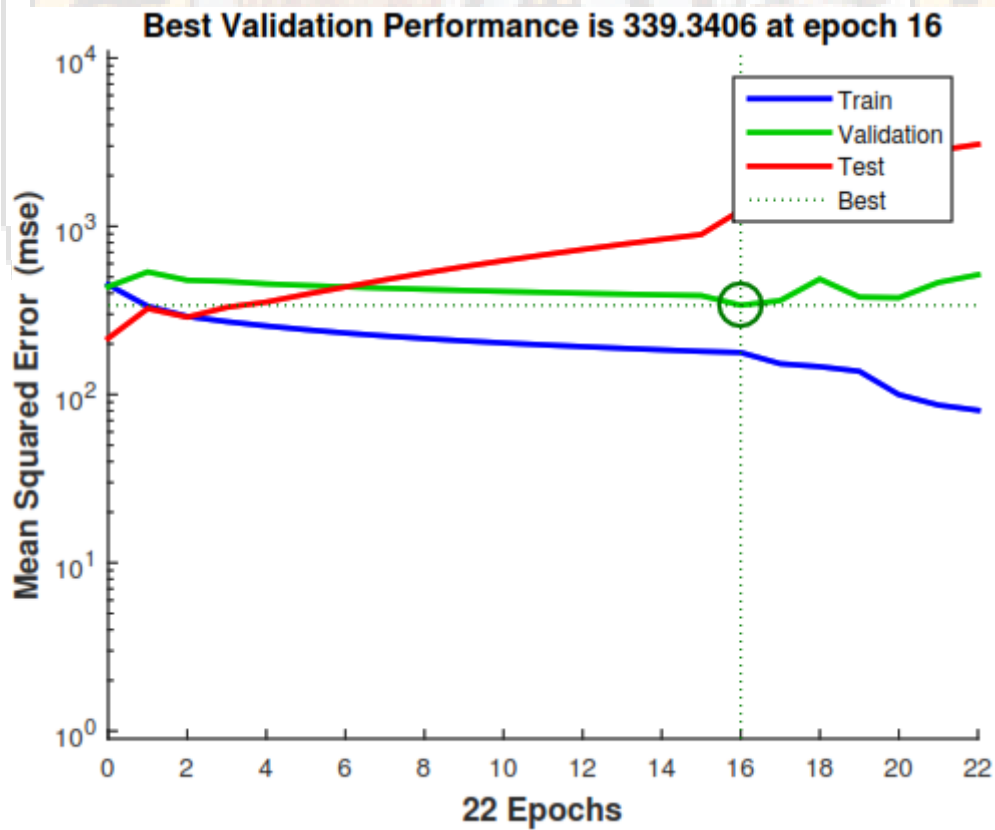


## RED NEURONAL [11 20 1]

Training State.

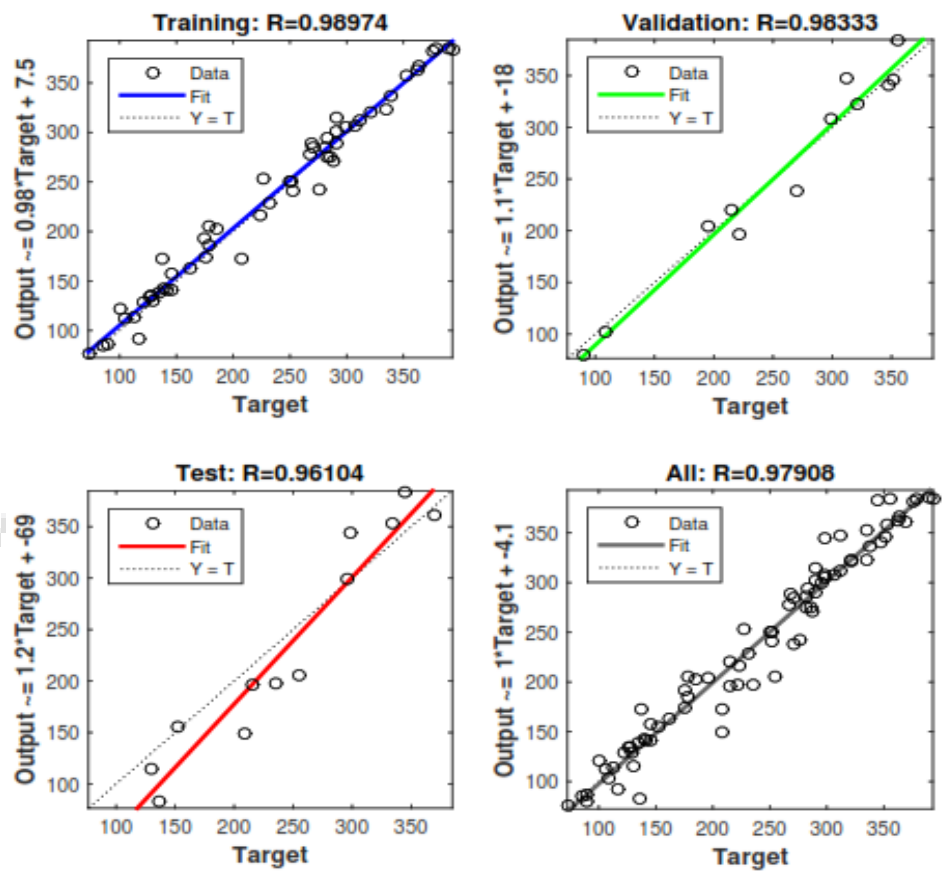


Performance.



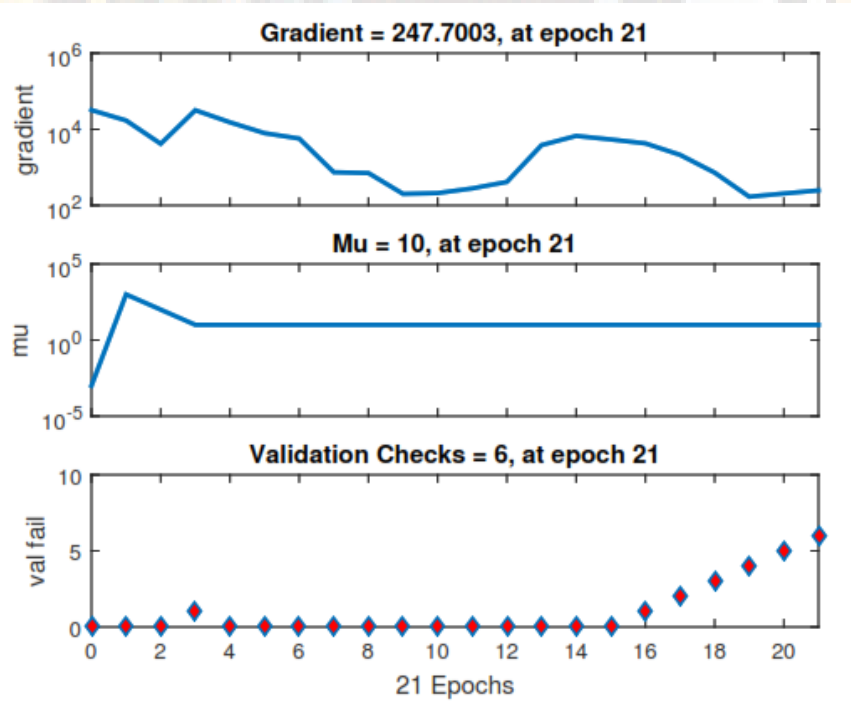


Regresion.

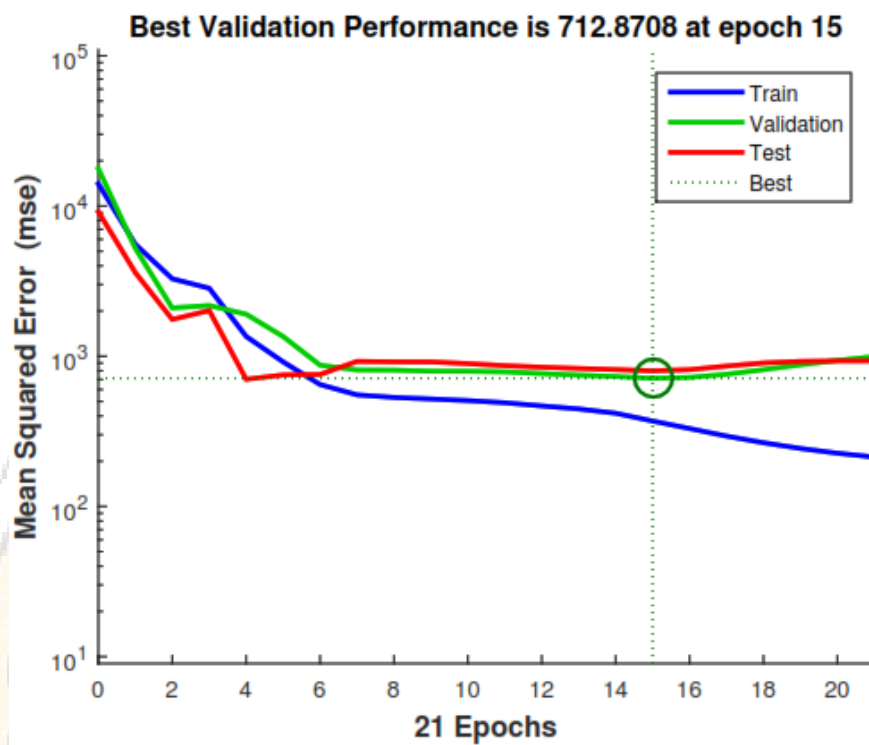


RED NEURONAL [11 5 5 1]

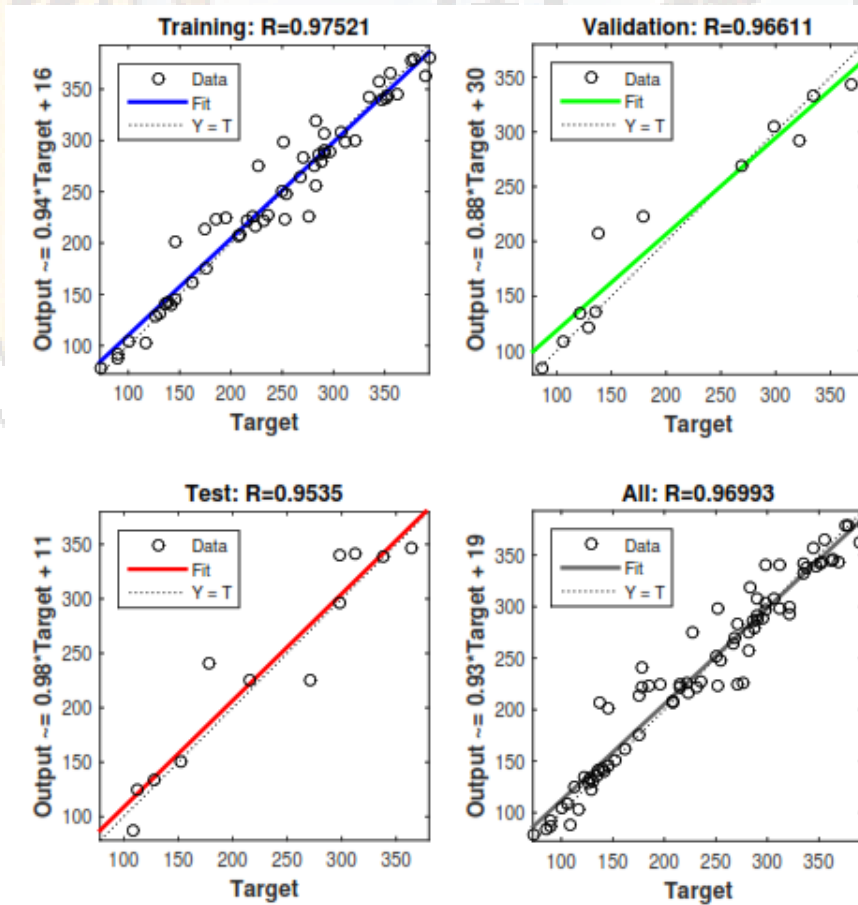
Training State.



Performance.

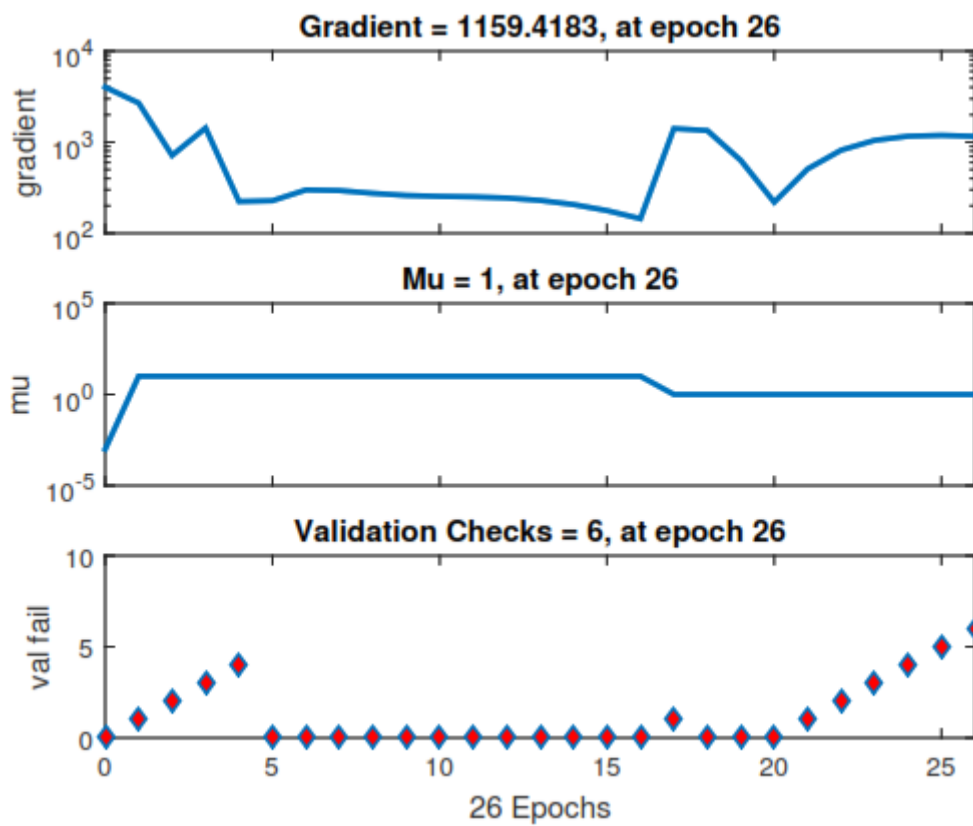


Regression.

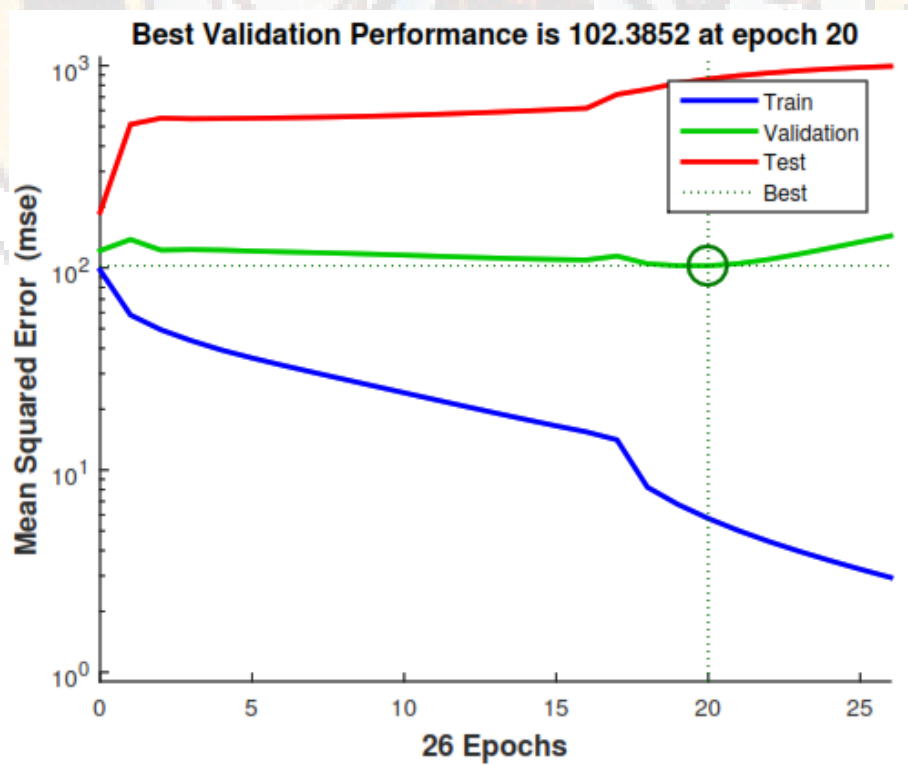


## RED NEURONAL [11 20 20 1]

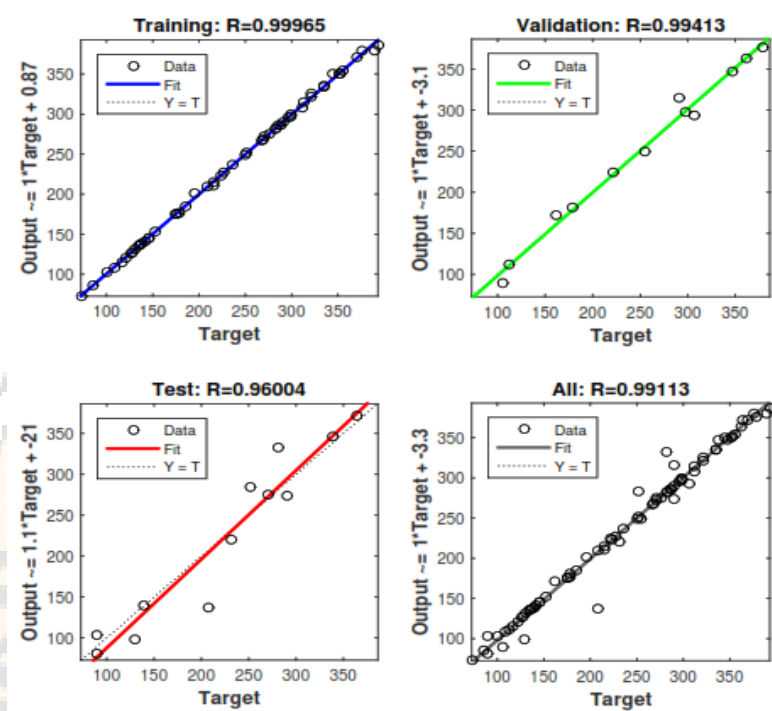
Training State.



Perfomance.

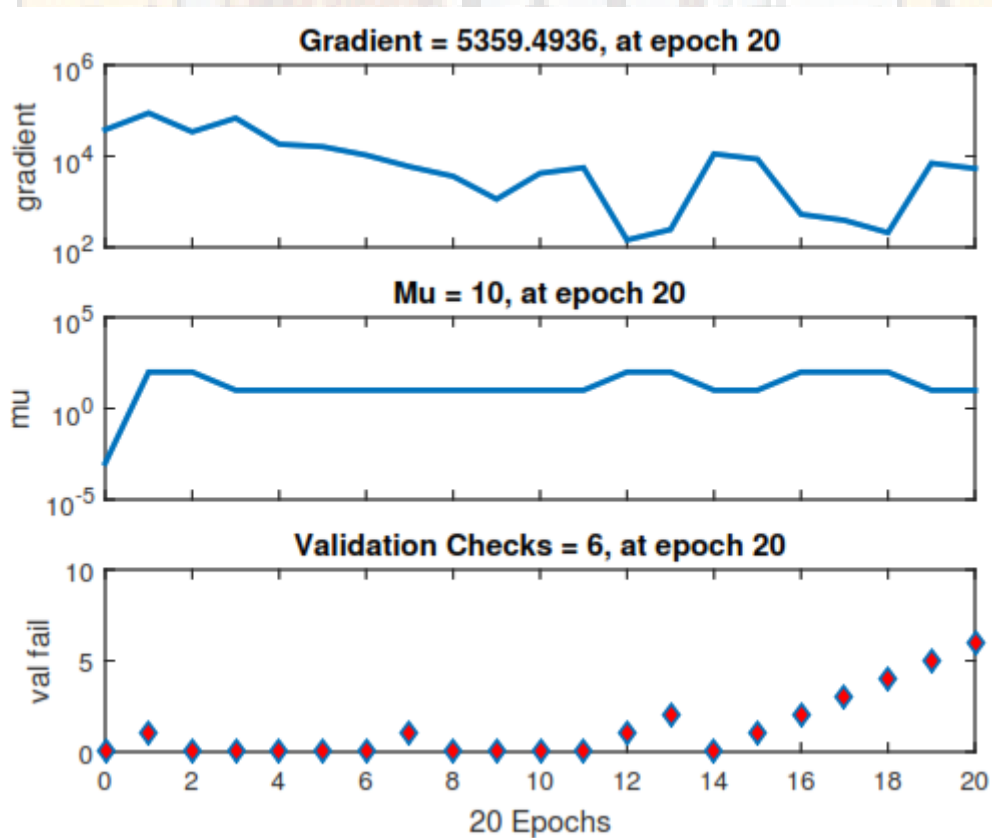


Regresion.

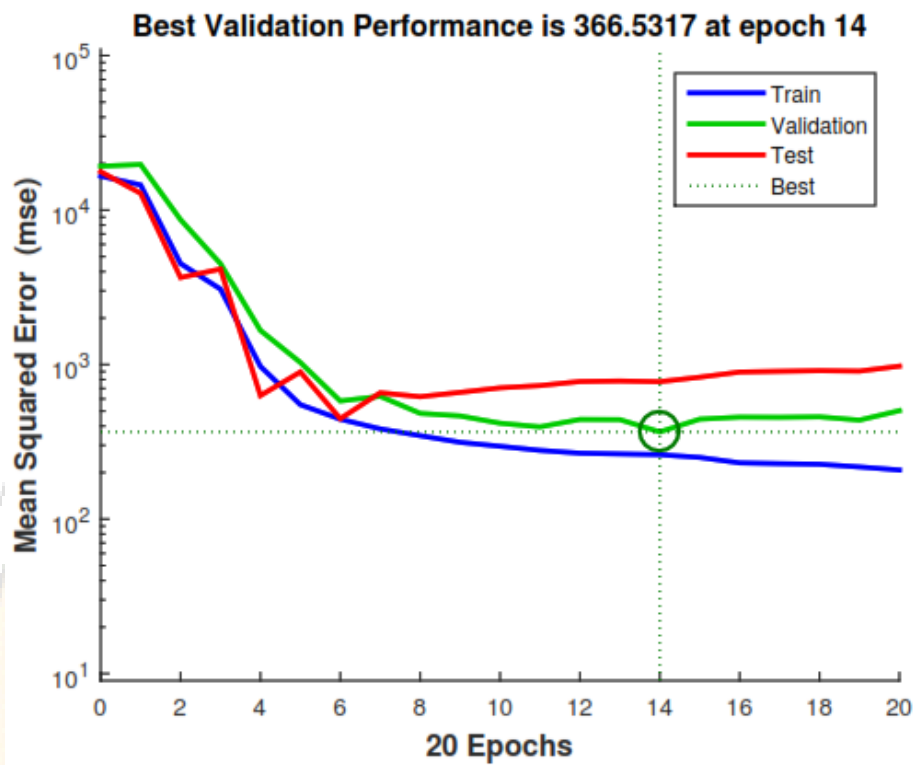


RED NEURONAL [11 25 25 1]

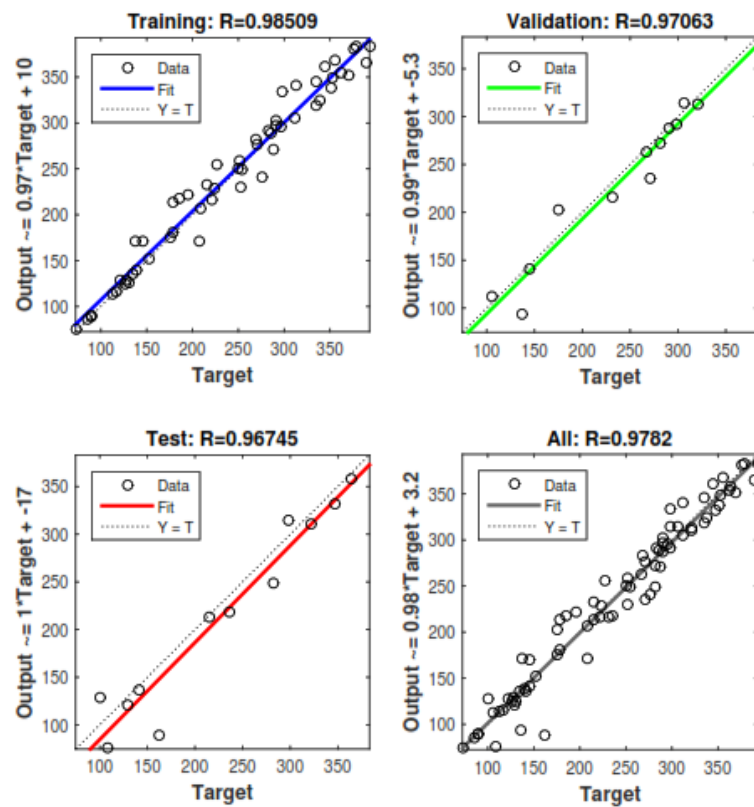
Training State.



Performance.

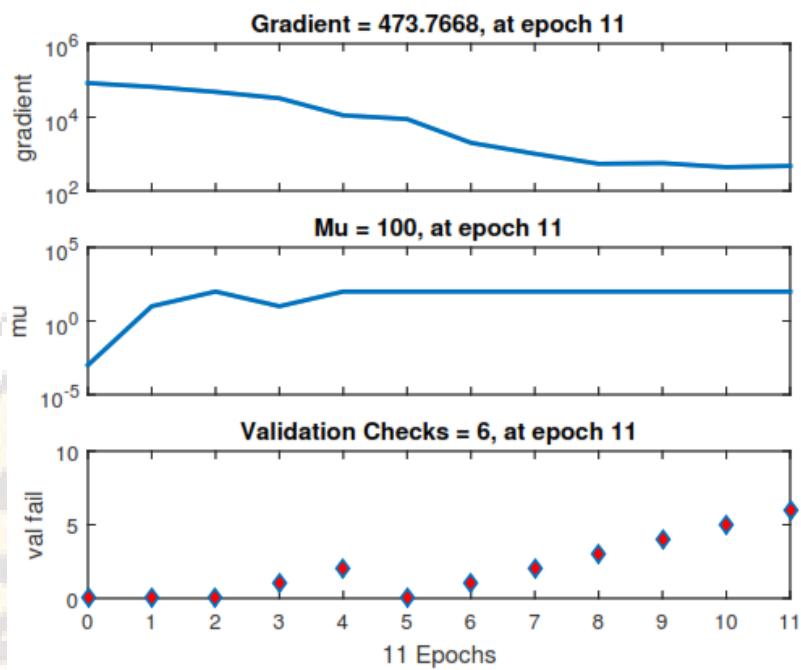


Regression.

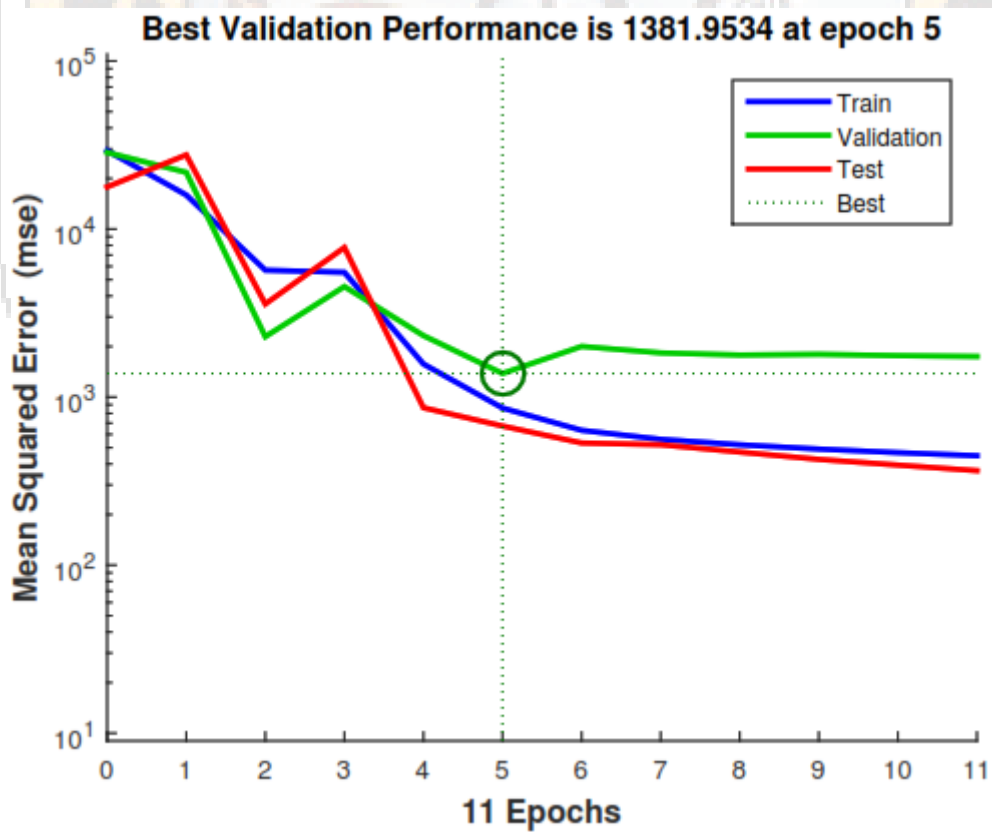


## RED NEURONAL [11 50 50 1]

Training State.

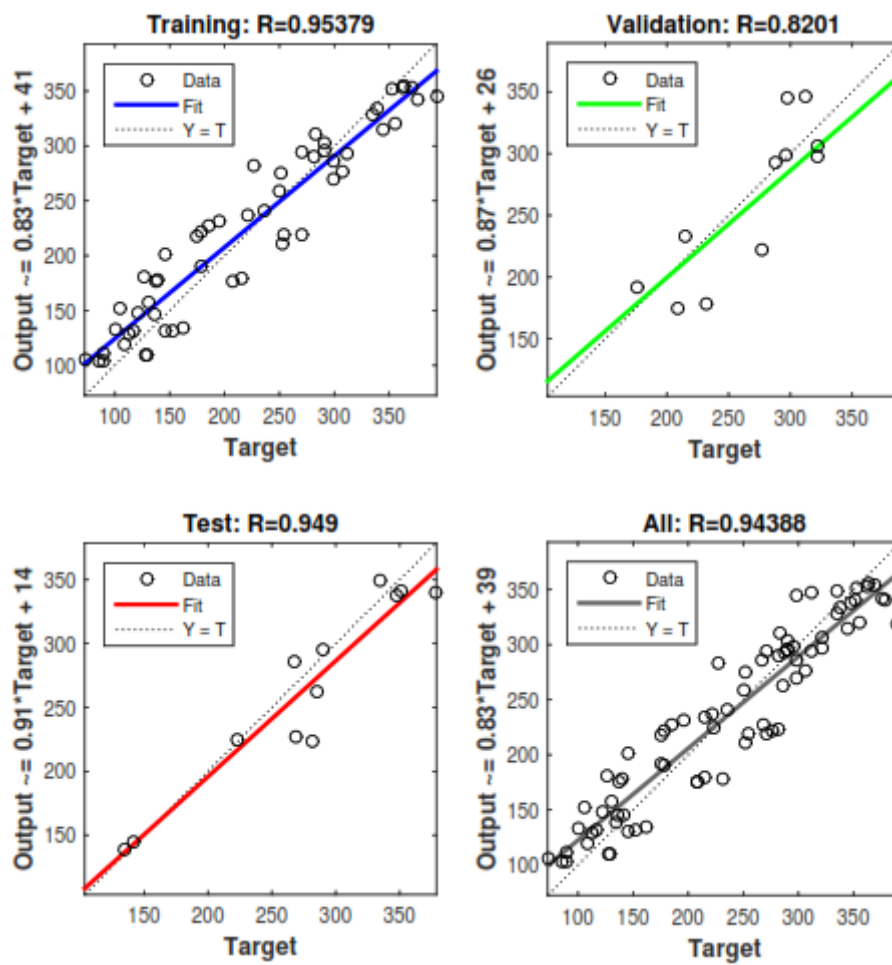


Performance.





Regresion.



## ESTRUCTURA DE LA RED NEURONAL

### RED NEURONAL [11 20 20 1]

- Pesos entre Capa 1 (11 variables) y capa oculta 1 (20 variables) W1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.00087031	-0.80451	0.50085	0.16349	-0.70197	0.85467	0.32747	0.43457	0.34606	0.58941	-0.92452;
2	1.6735	0.75714	-1.5174	0.65491	-0.21347	-0.87639	-0.44646	0.038797	-0.23872	-0.17721	0.37725;
3	-0.55339	0.69939	0.31846	-0.36004	-0.68059	-0.53421	-0.85535	-0.26689	0.48063	-0.49983	-0.14763;
4	0.32562	0.38631	1.3456	-0.26117	0.18829	-0.97398	0.087083	-0.92031	-0.24362	-0.8013	-0.50207;
5	-1.3664	-0.20769	0.65628	-0.93725	-0.076394	0.18586	0.85089	0.32357	-0.29534	0.32586	0.8247;
6	-1.2765	-0.87369	0.66364	-0.41319	-0.77839	-0.88926	0.22551	-0.21696	-0.20563	-0.35777	-0.26013;
7	-0.15328	0.028062	0.76053	0.55038	-0.85709	1.0492	-0.75987	0.43797	-0.45808	-0.096845	0.48062;
8	-2.164	-0.0342	1.2882	-0.39574	0.87626	-0.24282	0.87689	0.59595	0.11147	0.070126	0.098107;
9	-0.71359	-0.14512	-0.61053	0.74748	0.34652	-0.79005	-0.31765	-0.76581	0.50743	-0.49743	-0.13463;
10	-0.78722	-0.72205	-0.19983	-0.90465	-0.097475	-0.45641	-0.45524	-0.86935	0.13673	0.38742	0.18306;
11	-1.2362	1.6084	-1.6889	1.2207	0.40637	0.18293	1.0786	0.16051	-0.72718	0.28211	-0.80926;
12	-1.3309	-0.11835	-2.0559	0.41594	-0.86562	-0.36548	0.29498	0.26211	-0.54901	-0.24165	0.35678;
13	-1.5029	-0.38355	0.90465	0.13081	0.55486	0.22024	-0.76664	0.56998	1.3408	0.4904	-0.52113;
14	-0.42689	-0.72409	-0.42464	0.80351	0.47323	-0.13046	0.11426	0.39319	0.24725	-0.87909	-0.82768;
15	-1.0723	-0.91253	-0.31632	-0.27482	-0.12877	-0.2008	0.39909	0.88252	0.89046	-0.26789	1.2248;
16	0.16548	0.44582	-0.38158	-0.35313	-0.44088	-1.1291	-0.15348	-1.1413	-0.64407	-0.66652	-0.16023;
17	0.31302	0.46989	0.012707	-0.29009	0.5377	-0.78184	0.42902	-1.4437	-0.11458	-0.18254	0.69397;
18	0.25544	-1.2689	0.63638	0.46356	-0.31907	-0.8782	0.0035646	-0.84717	-0.17173	-0.78736	-1.3944;
19	0.0053884	0.97967	-1.0321	0.42534	-0.50367	-0.18952	0.3967	0.38752	0.55798	-0.38227	-0.43123;
20	0.21799	0.29147	0.63117	-0.53709	-0.6875	0.47613	-0.15801	1.0248	0.46708	-0.41979	-0.75604]

- Bias 1 entre capa 1 y capa oculta 1

1	[-1.8018;
2	-1.8319;
3	1.3601;
4	-1.2013;
5	1.2631;
6	0.54244;
7	0.5344;
8	0.78905;
9	0.22779;
10	0.11863;
11	-0.9207;
12	-0.82113;
13	-0.50711;
14	0.94747;
15	-0.65366;
16	0.85045;
17	1.1731;
18	-1.7317;
19	1.8249;
20	-1.8771]

- Pesos entre Capa Oculta 1 (20 variables) y capa oculta 2 (20 variables)

## W2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.29849	-0.67105	0.57631	0.041965	0.41885	0.48066	0.44871	0.30986	-0.50564	-0.39073
2	-0.058654	-0.10579	-0.52446	-0.37572	1.0065	0.38481	-0.35601	-0.13965	-0.22427	-0.39166
3	-0.31978	-0.76847	0.0082765	-0.56276	0.56344	-0.57245	-0.60451	1.1178	-0.2858	0.06177
4	0.0036804	-0.5425	0.15023	-0.22518	-0.44926	0.29269	0.30555	-0.24612	0.30676	-0.28014
5	-0.5516	0.053361	-0.64405	-0.12679	0.66468	-0.17323	0.33637	0.22427	-0.51457	0.41301
6	-0.18967	-0.33778	0.32349	-0.229	0.058369	0.12734	0.39247	0.18903	-0.67567	0.57008
7	0.34067	-0.28992	-0.43893	0.21843	-0.35828	-0.44587	0.10243	-0.14801	0.29422	-0.57692
8	0.035004	0.0056877	0.4109	0.67737	-0.88444	-0.51911	-0.27461	-0.46682	5.25E-05	0.20103
9	-0.38003	0.30014	-0.41924	0.0053991	0.46692	-0.63377	-0.094263	-0.53086	0.075853	-0.63486
10	-0.55877	1.5595	0.22	0.11954	-0.55982	-0.2772	0.41994	-1.0415	-0.060915	0.42314
11	-0.55309	0.22523	-0.43423	-0.47978	-0.36715	-0.57052	-0.14799	-0.35576	0.14887	0.58135
12	-0.40582	-0.27846	-0.33056	-0.61309	0.29168	0.3657	0.46716	0.18437	-0.7043	-0.64015
13	-0.27914	-0.18398	0.046334	-0.67808	1.0337	0.75323	0.039132	0.070446	0.79781	0.87688
14	0.45232	-0.39849	-0.17435	-0.36849	0.10542	0.13566	0.57098	0.27466	0.18181	-0.77439
15	0.22367	0.34616	0.27543	0.22881	0.10521	-0.69452	-0.31233	0.40875	0.50719	0.41685
16	0.11557	0.17652	-0.11375	0.49139	-0.35241	0.68321	0.27601	0.14384	0.30279	0.28761
17	-0.56421	-0.05136	0.0048356	0.81067	0.31955	0.10381	0.38608	-0.47211	-0.026914	0.15079
18	0.010873	-1.936	-0.32732	0.24705	0.51832	0.56035	-0.13444	1.8092	0.21425	0.61133
19	-0.65437	-0.38557	0.053608	-0.3094	0.2149	-0.066348	-0.7686	-0.33454	0.21398	0.68418
20	-0.41143	-0.1664	0.3731	0.11685	-0.50918	-0.32332	0.30384	0.47637	0.012902	0.11975
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	-0.67	-0.25608	0.3715	-0.55737	-0.071508	0.31713	-0.39741	-0.056578	-0.067713	-0.31588;
2	-0.65417	0.42781	0.25883	-0.31396	0.047099	-0.30578	-0.39963	-0.16173	-0.5637	-0.74818;
3	-0.84123	0.37986	-0.99034	-0.64739	0.8565	0.19925	0.30333	0.71799	-0.26239	-0.14527;
4	-0.49091	0.30477	0.50887	0.0006787	0.57113	0.77752	0.2242	-0.31101	-0.24871	0.28516;
5	-0.66573	0.1106	0.71057	-0.30551	-0.13826	0.025043	0.087205	-0.053448	-0.26436	0.31743;
6	0.0087318	-0.17356	0.66184	0.33585	0.33413	-0.27063	0.1292	0.37615	-0.33635	0.42991;
7	0.49229	0.16451	-0.63904	-0.46983	-0.3302	0.14789	-0.46625	-0.4797	-0.33875	0.12925;
8	-0.95942	-1.2781	-0.5107	-0.68974	-0.28015	-0.047276	0.050672	1.0564	-0.59739	-0.44322;
9	-0.31515	0.08808	0.26072	0.041237	0.63382	0.20559	-0.10761	-0.27433	0.36482	0.59299;
10	1.0734	0.86119	-0.16266	0.035235	0.26679	-0.061398	-0.29106	-0.20019	-0.56496	0.31601;
11	0.51557	0.05929	-0.53685	-0.27678	0.41519	0.041458	0.32576	0.080831	0.50457	-0.28128;
12	0.11274	0.45343	-0.16119	-0.42115	0.16985	0.082128	0.28839	0.15416	-0.15851	0.064375;
13	1.9576	0.86682	0.7499	-0.29017	0.48088	0.81553	0.0032408	-0.51398	-0.61755	0.71822;
14	0.24564	0.47933	0.16495	-0.38651	0.62343	-0.39246	0.20435	0.29908	-0.40985	0.39492;
15	-0.16084	0.056162	-0.054598	0.42479	-0.27252	0.64943	-0.18855	0.37511	0.36103	0.33252;
16	0.18638	-0.20467	-0.30347	0.53351	0.24132	0.22661	0.33288	-0.68734	0.45783	-0.11836;
17	-0.94413	-0.72225	-0.71308	0.276	0.39047	0.6128	-0.28588	-0.26632	-0.05999	0.062314;
18	-1.1013	-1.2222	0.86563	-0.17371	0.70504	-0.514	0.31087	1.0203	0.54372	-0.15002;
19	0.40178	-0.15937	0.28103	-0.083197	-0.098114	-0.12214	-0.063005	0.15337	0.61204	-0.43194;
20	0.066928	0.32026	0.49481	-0.25488	0.41655	0.1785	0.37073	-0.35258	-0.47474	0.31731]

- Bias 2 entre capa oculta 1 y capa oculta 2

1	[-1.5163;
2	1.4098;
3	1.2324;
4	-1.0027;
5	0.92213;
6	0.90914;
7	-0.77085;
8	-0.56428;
9	0.11826;
10	0.026228;
11	-0.052287;
12	-0.31699;
13	-0.52967;
14	0.34894;
15	0.75963;
16	1.0409;
17	-1.2739;
18	1.6117;
19	-1.4212;
20	-1.6487]

- Pesos entre Capa Oculta 2 (20 variables) y capa de salida (1 variables)

**W3**

1	-0.79294
2	-0.88389
3	1.8627
4	0.61936
5	-0.81941
6	-0.21044
7	0.43787
8	1.8945
9	-0.13605
10	-1.4951
11	0.40441
12	-0.20197
13	-2.1031
14	-0.48145
15	-0.017183
16	-0.35367
17	1.0221
18	2.5009
19	-0.012491
20	0.62653]

- Bias 3 entre capa oculta 2 y capa de salida

[-0.76811]

## TESTER ELE INTERNACIONAL

### PROCEDIMIENTO OPERATIVO DE ENSAYO ESTÁNDAR VERSION 1.1 D.

Procedimiento para el funcionamiento básico: Las siguientes pautas son para las personas que solicitan el uso del probador de compresión ELE. Una solicitud verbal a los técnicos departamentales se debe hacer para obtener el permiso de usar cualquier prueba equipo. Si el funcionamiento de cualquier equipo por primera vez, un operador certificado debe ser competente presente para proporcionar formación y orientación adecuada. Nota: El procedimiento para el funcionamiento normal se describe en esta sección.

El funcionamiento normal consiste en:

- (1) introducción de parámetros operativos iniciales,
- (2) comprimir la muestra para obtener datos, y
- (3) ya sea la visualización de datos, imprimir en la impresora opcional, o descargarlas en un ordenador.

#### A. CALENTAR EL CONTROL ELECTRÓNICO CAJA

Figura 1 (A) \* Por favor, consulte el Manual de instrucciones para la lectura digital ADR 37-4855 Unidad para más detalles.

B. Coloque la muestra en la parte superior de la placa inferior. 1. Debe ser sobre "espacio libre de ¼ entre la placa superior y la muestra de hormigón. Si es necesario, instale los espaciadores de placa inferior. 2. Centro de la muestra bajo la placa superior.

C. Ajustar parámetros / panel del control electrónico, \* Por favor, consulte el Manual de instrucciones para la lectura digital ADR 37-4855 Unidad para más detalles

D. comprimir el espécimen. 1. Con la palanca de control en RETRACT posición gire la válvula dosificadora perilla completamente hacia la derecha (D). Encienda la bomba hidráulica pulsando el interruptor de palanca en la posición ON (E).

2. Comprobar que hay aproximadamente  $\frac{1}{4}$  "de espacio libre entre la placa superior y el espécimen de concreto antes de iniciar la compresión. Gire la manija de control para COMPLETO posición de avance (C), observando hasta que la placa superior está dentro de  $\frac{1}{8}$  "de la muestra. Gire la manija de control para METERED ADVANCE (C) y pulse TARE clave (F) para poner a cero la lectura. La pantalla mostrará "000000". La barra roja en la Pace Pantalla velocidad desviación aparecerá en el extremo izquierdo. ADVERTENCIA: Tome precauciones para proteger al operador y otro personal de laboratorio de posibles partículas en el aire.

NOTA: Si la carga de la primera mitad (primer 50%) de la fase de carga a alta velocidad (FULL modo de avance), según lo permitido por la norma ASTM C-39, asegúrese de pulsar la tecla TARE (F) a cero en la lectura, mientras que en el modo de METERED ADVANCE (C) para la carga rápida. 3. Ajuste la válvula de dosificación (D) en sentido antihorario para mantener la barra en movimiento en la tasa de desviación metros ritmo cerca del centro de la escala. La barra está permitida fluctuar dentro de la escala de +/- 20% para cumplir con la norma ASTM. Si la barra sale de la escala, ajustar el Válvula medidora para compensar. \* Para la explicación de barras parpadeando en la pantalla Pace Desviación Rate, por favor consulte el Manual de instrucciones para la unidad de 37 a 4.855 ADR lectura digital (Que se adjunta al final del documento).

4. Coloque la muestra en el ritmo controlado hasta que el espécimen se rompe. 5. Cuando se produce la rotura, gire la palanca de control para retraer (C). La placa superior se retrae. Si la palanca de control no se volvió a retraerse, la placa superior se continuar moviéndose hacia abajo. La pantalla de carga se mantendrá en el valor en el que la muestra se rompió (conocido como Pico Carga) hasta que la tecla TARE (F) es empujado. La barra de desviación ritmo se convertirá en blanco después de que se alcanza la carga



máxima. Continuará no tener pantalla hasta que se pulsa la tecla TARE (tara cero). Por favor, consulte las instrucciones de funcionamiento de la Unidad de ADR 37-4855 lectura digital para resultados de las pruebas de impresión. Por favor, consulte las instrucciones de funcionamiento de la Unidad de ADR 37-4855 lectura digital para se presentan los resultados de estrés. G. Después de cada prueba, retirar la muestra rotas y limpiar cualquier rotura. H. Para iniciar otra prueba con la misma muestra, muestra de tamaño de posición, pulsar la tecla TARE (F) y regresar al paso D. Para un tamaño o tipo de muestra diferente, volver a la Etapa C, #

6. Cuando se haya completado todas las pruebas, empuje el interruptor a la posición OFF (E) para apagar energía a la bomba hidráulica, pulse el botón ON-OFF (parte trasera de A) en la parte frontal Panel de control electrónico para apagar la pantalla de visualización, y oprima el interruptor basculante en la parte posterior de la caja de control electrónico para apagar el sistema.

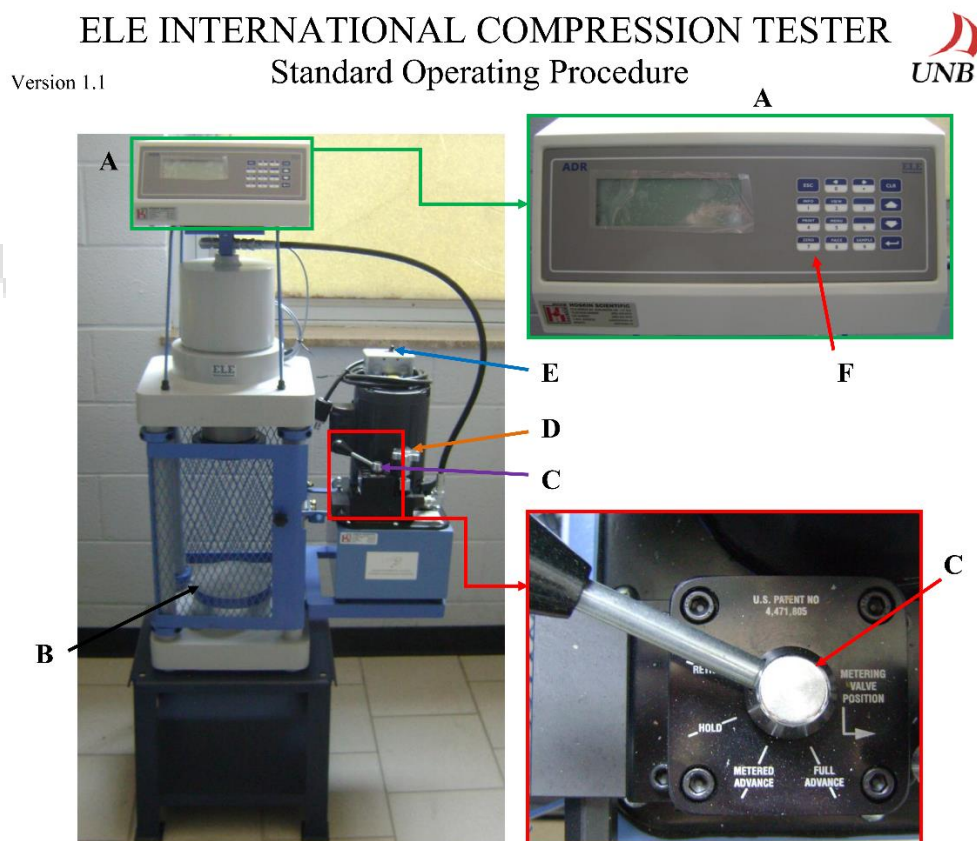


Figure 1. ELE Compression Tester