

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE
SOPORTE VECTORIAL EN LA
CLASIFICACIÓN DE CALIDAD DE LADRILLOS
EN LA REGIÓN DE HUANCAYO**

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

AUTORES:

Bach. PORRAS MARCOS, WILBER IVAN

Bach. YACHI LEIVA, NICKOLAS ADRIAN

ASESOR:

MG. JUAN ENRIQUE GUTIERREZ WAIDHOFER

Línea de investigación institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos

**HUANCAYO – PERÚ
2024**

ASESOR

Mg. JUAN ENRIQUE GUTIÉRREZ Waidhofer

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. TAPIA SILGUERA, RUBÉN DARIO
PRESIDENTE

Mg. LIDIA LEONOR ALMONACID ORDOÑEZ
JURADO

Mg. FERNANDO ANACLETO BOZA CCORA
JURADO

Mg. JESUS IDEN CARDENAS CAPCHA
JURADO

Mg. UNTIVEROS PEÑALOZA LEONEL
SECRETARIO DE DOCENTE

DEDICATORIA

A nuestros padres y amigos que siempre estuvieron brindándonos su apoyo incondicional, con sus consejos y palabras de aliento, para seguir adelante y sobresalir como profesionales y como personas de bien para la sociedad.

***PORRAS MARCOS, WILBER IVAN
YACHI LEIVA, NICKOLAS ADRIAN***

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma mater Universidad Peruana Los Andes, Escuela Profesional de Ingeniería Civil por la formación académica brindada en el transcurso del tiempo en la universidad, asimismo; agradecemos a los catedráticos por sus enseñanzas implantadas en nosotros, las cuales nos ayudaron para tener una buena formación profesional.

***PORRAS MARCOS, WILBER IVAN
YACHI LEIVA, NICKOLAS ADRIAN***

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0370 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL EN LA CLASIFICACIÓN DE CALIDAD DE LADRILLOS EN LA REGIÓN DE HUANCAYO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. PORRAS MARCOS WILBER IVAN
Bach. YACHI LEIVA NICKOLAS ADRIAN

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : Mg. GUTIERREZ WAIDHOFER JUAN ENRIQUE

Fue analizado con fecha **29/10/2024**; con **211 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **14 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 29 de octubre del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	19
CAPITULO I.....	21
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	21
1.1. Planteamiento del problema	21
1.2. Delimitaciones del problema.....	22
1.2.1. Espacial	22
1.2.2. Temporal	25
1.2.3. Económica.....	25
1.2.4. Conceptual o Temática.....	25
1.3. Formulación del problema.....	25
1.3.1. Problema general.....	25
1.3.2. Problemas específicos	26
1.4. Justificación.....	26
1.4.1. Justificación Practica o Social.....	26
1.4.2. Justificación Teórica	27
1.4.3. Justificación Metodológica	27
1.5. Objetivos.....	28
1.5.1. Objetivo General	28
1.5.2. Objetivos específicos.....	28
CAPITULO II	29
MARCO TEÓRICO.....	29
2.1. Antecedentes	29
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	29
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	30
2.2. Bases Teóricas o Científicas	33
2.2.1. Máquinas de Soporte Vectorial.....	33
2.2.1.1. Historia y Origen.....	35
2.2.1.2. Hiperplano.....	35
2.2.1.3. Margen y Soporte Vectorial	35
2.2.1.4. Función de decisión.....	36
2.2.1.5. Aplicaciones de las máquinas de soporte vectorial.....	36

2.2.2.	Calidad de ladrillos.....	38
2.2.2.1.	Dimesiones y Tolerancia.....	39
2.2.2.2.	Resistencia a la Compresión	39
2.2.2.3.	Absorción de agua y Porosidad.....	39
2.2.2.4.	Durabilidad y Resistencia a la intemperie.....	40
2.2.2.5.	Densidad y Peso	40
2.2.2.6.	Importancia de la clasificación de la calidad del ladrillo	40
2.2.3.	Tecnología de aprendizaje automático en la Ingeniería Civil.....	42
2.2.3.1.	Definición de aprendizaje automático.....	42
2.2.3.2.	Aplicaciones en Ingeniería Civil	42
2.2.3.3.	Técnicas de Aprendizaje Automático	43
2.2.3.4.	Desafíos y Limitaciones	44
2.2.3.5.	Implementación de SVM en Clasificación de Ladrillos	44
2.2.3.5.1.	Relevancia de la Implementación.....	44
2.2.3.5.2.	Industria del ladrillo y la necesidad de Clasificación	44
2.2.3.5.3.	SVM: Una Herramienta para la Clasificación.....	45
2.2.3.5.4.	Beneficios de Implementar SVM en Clasificación de Ladrillos	45
2.3.	Marco Conceptual.....	46
CAPITULO III.....		47
HIPÓTESIS.....		47
3.1.	Hipótesis general	47
3.2.	Hipótesis específicas.....	47
3.3.	Variables.....	47
3.3.1.	Definición conceptual de la variable.....	47
3.3.2.	Definición operacional de la variable.....	49
3.3.3.	Operacionalización de la variable	50
CAPITULO IV.....		52
METODOLOGÍA		52
4.1.	Método de investigación:	52
4.2.	Tipo de investigación:	52
4.3.	Nivel de investigación:	52
4.4.	Diseño de investigación.....	53
4.5.	Población y muestra	53
4.5.1.	La población:.....	53
4.5.2.	La muestra:	53
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	53
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	54

CAPITULO V	55
RESULTADOS.....	55
5.1. Descripción del diseño tecnológico.....	55
5.2. Descripción de resultados	56
5.2.1. Implementación de Máquina de Soporte Vectorial para la.....	56
clasificación de la calidad de ladrillos	56
5.2.2. Implementación de SVR para la clasificación de la calidad de la	95
resistencia a la compresión de ladrillos	95
5.2.3. Implementación de SVR para la clasificación de la calidad de la absorción de	
ladrillos.	109
5.2.4. Implementación de SVR para la clasificación de la calidad de la variación	
dimensional de ladrillos.	122
5.2.5. Implementación de SVR para la clasificación de la calidad del alabeo de	
ladrillos.	151
CAPITULO VI.....	173
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	173
CONCLUSIONES	177
RECOMENDACIONES	179
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180
ANEXOS.....	184

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del departamento de Junín en el mapa del Perú	22
Figura 2 Ubicación de la región de Huancayo en el mapa del departamento Junín	23
Figura 3 Ubicación del distrito de Sapallanga en la región Huancayo	23
Figura 4 Coloración de ladrillos King Kong de Sapallanga - Huancayo.....	61
Figura 5 Herramienta Digital Online de selección de código de color	62
Figura 6 Instalación de biblioteca skit-learn en Python	94
Figura 7 Importación de librería para Máquina de Soporte Vectorial para Regresión SVR en Python.....	94
Figura 8 Modelamiento SVR (Python) – predicción de Resistencia a la Compresión	95
Figura 9 Dispersión de Datos (Densidad aparente) de muestra para predicción de resistencia a la compresión de ladrillos.....	96
Figura 10 Dispersión de Datos (Color) de muestra para predicción de resistencia a la compresión de ladrillos	97
Figura 11 Dispersión de Datos (Resistencia a la compresión) de muestra para predicción de resistencia a la compresión de ladrillos.....	97
Figura 12 Ingreso de datos de entrada y salida para modelamiento	98
Figura 13 Preprocesamiento de los datos para modelamiento	98
Figura 14 Selección de características para modelamiento.....	98
Figura 15 División de datos para modelamiento.....	98
Figura 16 Escalado de características para modelamiento.....	99
Figura 17 Selección de kernel y entrenamiento de modelo	99
Figura 18 Predicción y Evaluación de modelamiento SVR.....	100
Figura 19 Lenguaje para mostrar predicciones del modelamiento SVR.....	100
Figura 20 Gráfico comparativo de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos	103
Figura 21 Gráfico de correlación de datos de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos (SVR vs Experimental)	105
Figura 22 Modelamiento SVR (Python) – predicción de porcentaje de Absorción.....	108
Figura 23 Dispersión de Datos (Densidad aparente) de muestra para predicción de porcentaje de absorción de ladrillos	109
Figura 24 Dispersión de Datos (Color) de muestra para predicción de porcentaje de absorción de ladrillos	110
Figura 25 Dispersión de Datos (% de Absorción) de muestra para predicción de porcentaje de absorción de ladrillos.....	110
Figura 26 Ingreso de datos de entrada y salida para modelamiento	110
Figura 27 Preprocesamiento de los datos para modelamiento	111
Figura 28 Selección de características para modelamiento.....	111
Figura 29 División de datos para modelamiento.....	111
Figura 30 Escalado de características para modelamiento.....	112
Figura 31 Selección de kernel y entrenamiento de modelo	112

Figura 32 Predicción y Evaluación de modelamiento SVR.....	113
Figura 33 Lenguaje para mostrar predicciones del modelamiento SVR.....	113
Figura 34 Gráfico comparativo de resultados de absorción de ladrillos	116
Figura 35 Gráfico de correlación de datos de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos (SVR vs Experimental)	118
Figura 36 Modelamiento SVR (Python) – predicción de Variación Dimensional	121
Figura 37 Dispersión de Datos (Densidad aparente) de muestra para predicción de variación dimensional de ladrillos.....	122
Figura 38 Gráfico de correlación de datos de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos (SVR vs Experimental)	118
Figura 38 Dispersión de Datos (Color) de muestra para predicción de variación dimensional de ladrillos	123
Figura 39 Dispersión de Datos (Variación dimensional - Largo) de muestra para predicción de variación dimensional del Largo de ladrillos	123
Figura 40 Dispersión de Datos (Variación dimensional - Ancho) de muestra para predicción de variación dimensional del Ancho de ladrillos	124
Figura 41 Dispersión de Datos (Variación dimensional - Altura) de muestra para predicción de variación dimensional del Ancho de ladrillos	124
Figura 42 Ingreso de datos de entrada y salida para modelamiento	125
Figura 43 Preprocesamiento de los datos para modelamiento	125
Figura 44 Selección de características para modelamiento.....	125
Figura 45 División de datos para modelamiento.....	125
Figura 46 Escalado de características para modelamiento.....	126
Figura 47 Selección de kernel y entrenamiento de modelo SVR.....	126
Figura 48 Predicción y Evaluación del modelamiento SVR.....	127
Figura 49 Predicción final del modelamiento SVR	127
Figura 50 Resultado de variación dimensional de largo de ladrillos	136
Figura 51 Resultado de variación dimensional de ancho de ladrillos	137
Figura 52 Resultado de variación dimensional de altura de ladrillos	137
Figura 53 Gráfico de correlación de datos de resultados de variación dimensional – Ancho (SVR vs Experimental)	140
Figura 54 Gráfico de correlación de datos de resultados de variación dimensional – Ancho (SVR vs Experimental)	143
Figura 55 Gráfico de correlación de datos de resultados de variación dimensional – Altura (SVR vs Experimental)	147
Figura 56 Modelamiento SVR (Python) – predicción de Alabeo	150
Figura 57 Dispersión de Datos (Densidad aparente) de muestra para predicción de alabeo de ladrillos.....	151
Figura 58 Dispersión de Datos (Color) de muestra para predicción de alabeo de ladrillos	152
Figura 59 Dispersión de Datos (Alabeo - Concavidad) de muestra para predicción del alabeo concavo de ladrillos	152

Figura 60 Dispersión de Datos (Alabeo - Convexidad) de muestra para predicción del alabeo convexo de ladrillos	153
Figura 61 Ingreso de datos de entrada y salida para modelamiento	153
Figura 62 Preprocesamiento de los datos para modelamiento	153
Figura 63 Selección de características para modelamiento.....	154
Figura 64 División de datos para modelamiento.....	154
Figura 65 Escalado de características para modelamiento.....	154
Figura 66 Selección de kernel y entrenamiento de modelo SVR.....	154
Figura 67 Predicción y Evaluación del modelamiento SVR.....	155
Figura 68 Predicción final del modelamiento SVR	155
Figura 69 Resultados de alabeo cóncavo de ladrillo	162
Figura 70 Resultados de alabeo convexo de ladrillo.....	163
Figura 71 Gráfico de correlación de datos de resultados de alabeo cóncavo (SVR vs Experimental)	165
Figura 72 Gráfico de correlación de datos de resultados de alabeo convexo (SVR vs Experimental)	168

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de la variable.....	49
Tabla 2 Tabla de clasificación de ladrillos para fines estructurales	55
Tabla 3 Datos de entrada y salida para modelamientos SVR	57
Tabla 4 Datos de densidad aparente para entrenamiento SVR	60
Tabla 5 Códigos de color característicos de ladrillos King kong.....	65
Tabla 6 Códigos de colores HEX de ladrillos para entrenamiento SVR	67
Tabla 7 Data de lecturas de máximas cargas de compresión de ladrillos.	70
Tabla 8 Resultados de resistencia a la compresión de ladrillos.	71
Tabla 9 Resultados de absorción de ladrillos	74
Tabla 10 Verificación dimensional del largo de los especímenes.	77
Tabla 11 Verificación dimensional de la base de los especímenes.....	79
Tabla 12 Verificación dimensional de la altura de los especímenes.....	82
Tabla 13 Variación dimensional del largo de los especímenes.....	85
Tabla 14 Variación dimensional del ancho de los especímenes	87
Tabla 15 Variación dimensional de altura de los especímenes.....	90
Tabla 16 Cálculo de la variación dimensional porcentual	90
Tabla 17 Cuadro de alabeo de ladrillos	93
Tabla 18 Resumen de procesamiento de casos: Resultados de resistencia a la compresión de ladrillos	101
Tabla 19 Cuadro comparativo de resultados experimentales y modelamiento SVR respecto a la resistencia a la compresión del ladrillo.....	103
Tabla 20 Resumen de procesamiento de casos: Resultados de absorción de ladrillos	104
Tabla 21 Tabla de pruebas de normalidad	104
Tabla 22 Datos estadísticos descriptivos: Resultados de resistencia a la compresión de ladrillos.....	105
Tabla 23 Tabla de correlaciones de resultados de absorción de ladrillos	106
Tabla 24 Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto al porcentaje de absorción del ladrillo.....	114
Tabla 25 Cuadro comparativo de resultados experimentales y modelamiento SVR respecto a la absorción del ladrillo	116
Tabla 26 Resumen de procesamiento de casos: Resultados de absorción de ladrillos	117
Tabla 27 Tabla de pruebas de normalidad	117
Tabla 28 Datos estadísticos descriptivos: Resultados de variación dimensional - ancho de ladrillos.....	118
Tabla 29 Tabla de correlaciones de resultados de variación dimensional de ancho de ladrillos.....	119
Tabla 30 Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto a la variación dimensional (largo) del ladrillo	129

Tabla 31 Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto a la variación dimensional (ancho) del ladrillo.....	131
Tabla 32 Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto a la variación dimensional (atura) del ladrillo	133
Tabla 33 Cuadro comparativo de resultados experimentales y modelamiento SVR respecto a la variación dimensional (largo, ancho y altura) del ladrillo.....	136
Tabla 34 Resumen de procesamiento de casos: Resultados de variación dimensional (largo) de ladrillos	138
Tabla 35 Tabla de pruebas de normalidad	139
Tabla 36 Datos estadísticos descriptivos: Resultados de variación dimensional - largo de ladrillos.....	140
Tabla 37 Tabla de correlaciones de resultados de variación dimensional de largo de ladrillos.....	141
Tabla 38 Resumen de procesamiento de casos: Resultados de variación dimensional (ancho) de ladrillos.....	142
Tabla 39 Tabla de pruebas de normalidad	142
Tabla 40 Datos estadísticos descriptivos: Resultados de variación dimensional - ancho de ladrillos.....	144
Tabla 41 Tabla de correlaciones de resultados de variación dimensional de ancho de ladrillos.....	144
Tabla 42 Resumen de procesamiento de casos: Resultados de variación dimensional (altura) de ladrillos	146
Tabla 43 Tabla de pruebas de normalidad	146
Tabla 44 Datos estadísticos descriptivos: Resultados de variación dimensional - Altura de ladrillos.....	147
Tabla 45 Tabla de correlaciones de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos	148
Tabla 46 Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto al alabeo cóncavo del ladrillo	158
Tabla 47 Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto al alabeo convexo del ladrillo	160
Tabla 48 Cuadro comparativo de resultados experimentales y modelamiento SVR respecto al alabeo cóncavo del ladrillo.....	163
Tabla 49 Resumen de procesamiento de casos: Resultados de alabeo cóncavo de ladrillos	165
Tabla 50 Tabla de pruebas de normalidad	165
Tabla 51 Datos estadísticos descriptivos: Resultados de alabeo cóncavo de ladrillos.....	166
Tabla 52 Tabla de correlaciones de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos.....	167
Tabla 53 Resumen de procesamiento de casos: Resultados de variación dimensional (largo) de ladrillos	168
Tabla 54 Tabla de pruebas de normalidad	168

Tabla 55 Datos estadísticos descriptivos: Resultados de alabeo convexo de ladrillos	170
Tabla 56 Tabla de correlaciones de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos	170

RESUMEN

En este trabajo de investigación, el problema general fue; ¿De qué manera la implementación de la máquina de soporte vectorial determina la clasificación de la calidad de ladrillos en la región de Huancayo?; el objetivo general fue: Implementar la máquina de soporte vectorial para determinar la clasificación de la calidad de ladrillos en la región de Huancayo; y la hipótesis general fue: La implementación de una máquina de soporte vectorial determina la clasificación de calidad de ladrillos en la región de Huancayo. El método general del presente estudio fue el científico, de nivel explicativo y diseño no experimental. La población considerada en la investigación fueron las ladrilleras de la región de Huancayo, y la muestra considerada fue 60 ladrillos artesanales de 18 huecos, producidos en Sapallanga. Por lo tanto, podemos concluir que; la clasificación de ladrillos con la máquina de soporte vectorial SVR para la predicción de los parámetros de calidad del ladrillo, de resistencia a la compresión, absorción, variación dimensional y alabeo; basados en las características de densidad aparente y color de los ladrillos; en donde los valores predictivos de resistencia a la compresión resultaron consistentes, sin embargo, los valores predictivos de absorción, variación dimensional y alabeo no resultaron consistentes. Máquina de soporte vectorial determina consistentemente la clasificación de la calidad de la resistencia a la compresión de ladrillos, pero no determina la clasificación de calidad de ladrillo.

Palabras Clave: Máquina de soporte vectorial, calidad de ladrillos, algoritmo de determinación y clasificación.

ABSTRACT

In this research work, the general problem was; How does the implementation of a support vector machine determine the classification of brick quality in the Huancayo region? The general objective was: Determine the classification of brick quality in the Huancayo region through the implementation of a support vector machine; and the general hypothesis was: The implementation of a support vector machine consistently determines the quality classification of bricks in the Huancayo region. The general method of the present study was scientific, explanatory level and non-experimental design. The population considered in the research were the brickmakers of the Huancayo region, and the sample considered was 60 handmade bricks with 18 holes, produced in Sapallanga. Therefore, we can conclude that; the classification of bricks with the SVR support vector machine for the prediction of brick quality parameters, compression resistance, absorption, dimensional variation and warping; based on the apparent density and color characteristics of the bricks; where the predictive values of compressive strength were consistent, however, the predictive values of absorption, dimensional variation and warping were not consistent. Support vector machine consistently determines the compressive strength quality classification of bricks, but does not determine the brick quality classification.

Keywords: Support vector machine, brick quality, determination and classification algorithm.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación denominada: Implementación de una máquina de soporte vectorial en la clasificación de calidad de ladrillos en la región de Huancayo; está basada en la implementación de la máquina de soporte vectorial para clasificar la calidad de ladrillos en la provincia de Huancayo, distrito de Sapallanga, esto es para facilitar la clasificación y que esta sea eficiente.

Con este enfoque requerido es importante que se conozca los requisitos para la clasificación del ladrillo y así de esta manera obtener resultados óptimos de esta aplicación.

Con todo esto, durante el desarrollo de esta investigación, realizaremos la obtención de datos de clasificación de calidad de ladrillos como: resistencia a la compresión de ladrillos, absorción, variación dimensional y alabeo, para que finalmente estos resultados podamos comparar con los resultados obtenidos de laboratorio y así ver si esta cumple con los estándares establecidos.

La presente tesis está estructurada en 5 capítulos:

Cap. I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN, aquí se detalla el planteamiento del problema de la investigación, asimismo formulación y delimitación; de igual manera, se expresa la justificación del presente estudio, así como los objetivos esperados.

Cap. II: MARCO TEÓRICO, aquí se desarrolla las referencias y a los antecedentes nacionales e internacionales; asimismo se describe el marco conceptual, y la definición de los términos claves de la investigación, así también se precisan las hipótesis del estudio y las variables correspondientes y la operacionalización de variables.

Cap. III: METODOLOGÍA, se describe la metodología de la investigación que fue usada, precisando el tipo, nivel y diseño de investigación, población y muestra del estudio. Asimismo, se plasman las técnicas e instrumentos requeridos para la recolección de los

datos obtenidos para la fase de desarrollo y para finalizar se describe el procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

Cap. IV: RESULTADOS, es este capítulo describimos los resultados obtenidos de la presente investigación esto será en base a los objetivos proyectados, para el desarrollo y procesamiento de la información obtenida en el desarrollo de esta investigación.

Cap. V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, aquí expresamos la discusión de los resultados que hemos obtenido de acuerdo con los objetivos trazados, en discusión con los resultados de otras investigaciones; asimismo, contrastando las hipótesis formuladas.

Por último, se cuenta con la descripción y detalle de las conclusiones y sus recomendaciones; así como también las referencias bibliográficas y anexos.

Bach. PORRAS MARCOS, WILBER IVAN

Bach. YACHI LEIVA, NICKOLAS ADRIAN

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La calidad de los ladrillos es un indicador crítico que influye directamente en la integridad estructural y durabilidad de las edificaciones. Tradicionalmente, la clasificación de la calidad de los ladrillos se ha realizado de manera manual, un proceso que puede ser subjetivo y consume mucho tiempo. En este contexto, la necesidad de implementar técnicas automatizadas para la clasificación de la calidad de los ladrillos se vuelve imperante, prometiendo evaluaciones más objetivas, rápidas y precisas.

A nivel global, la industria de la construcción ha estado en una constante evolución hacia la integración de tecnologías avanzadas, buscando mejorar la eficiencia y la calidad en los procesos constructivos. Las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) han emergido como una de las técnicas prometedoras en este ámbito. Por ejemplo, se han aplicado para abordar discrepancias en el intercambio de datos basado en IFC en la industria de la construcción, para verificar la integridad semántica de las correspondencias entre elementos BIM y clases IFC2, en la predicción de incumplimientos en la industria de la construcción, y para evaluar la calidad de las estimaciones de costos conceptuales. Estas aplicaciones

demuestran la versatilidad y eficacia de SVM en la clasificación y análisis de datos en el contexto de la construcción.

La técnica de la Máquina de Soporte Vectorial (SVM) es un modelo de aprendizaje supervisado que ha encontrado aplicabilidad en una variedad de problemas de clasificación y regresión. SVM trabaja encontrando el hiperplano que mejor separa las clases de datos en un espacio multidimensional, lo que la convierte en una opción viable para la clasificación de la calidad de los ladrillos. En la región de Huancayo, conocida por su actividad en la producción de ladrillos, la implementación de SVM podría representar una solución innovadora. No obstante, se requiere una investigación exhaustiva para comprender las implicaciones y beneficios potenciales de esta técnica en la clasificación de la calidad de los ladrillos.

En Perú, la industria de la construcción representa una parte significativa de la economía. Según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la construcción creció en un 2.36% en el año 2019, siendo una de las industrias con mayor crecimiento en el país. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos relacionados con la garantía de calidad de los materiales, lo cual es crucial para asegurar la integridad estructural y la seguridad de las edificaciones. En este sentido, la implementación de SVM en la clasificación de la calidad de los ladrillos en la región de Huancayo podría contribuir significativamente a la mejora de los procesos de control de calidad en la industria de la construcción local, proporcionando una metodología robusta y automatizada para la evaluación precisa de la calidad de los ladrillos.

1.2. Delimitaciones del problema

1.2.1. Espacial

La investigación se centra en la región de Huancayo, una zona reconocida por su actividad en la producción de ladrillos. La elección de esta región se justifica debido a su relevancia en la industria de la construcción local y la necesidad de mejorar los procesos de clasificación de calidad de los ladrillos. Los lugares específicos de investigación incluirán varias fábricas de ladrillos

específicamente del distrito de Sapallanga en Huancayo, donde se implementará y evaluará la técnica de SVM para la clasificación de la calidad de los ladrillos.



Figura 1. Ubicación del departamento de Junín en el mapa del Perú
Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Per%C3%BA_Jun%C3%ADn.png

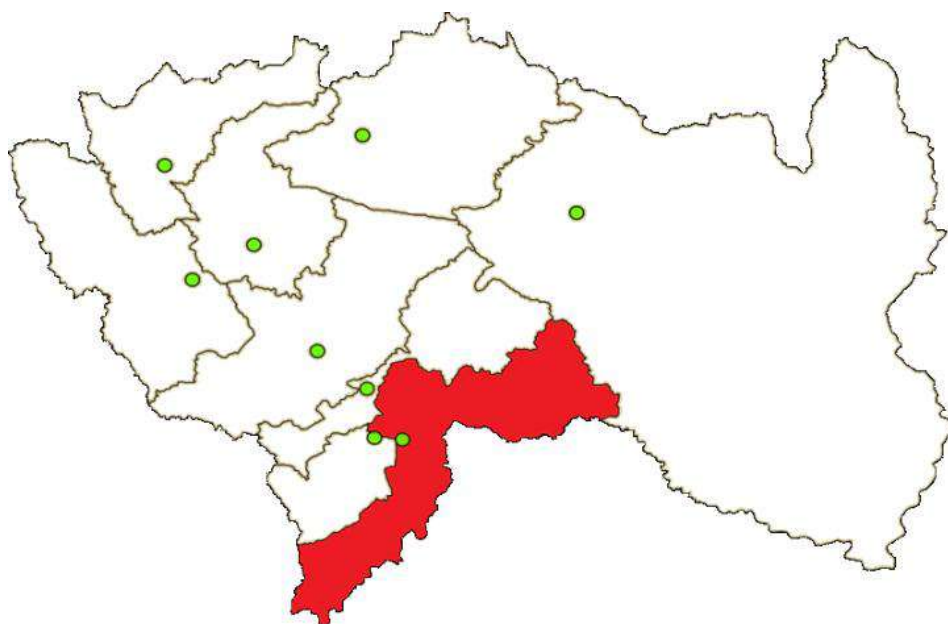


Figura 2. Ubicación de la región de Huancayo en el mapa del departamento Junín
Fuente: https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:Provincia_de_Huancayo.png



Figura 3. Ubicación del distrito de Sapallanga en la región Huancayo
Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_de_Sapallanga

1.2.2. Temporal

La presente investigación fue desarrollada entre los meses de octubre de 2023 a setiembre de 2024. Este marco temporal permitió una fase de revisión literaria exhaustiva, desarrollo e implementación de la técnica de Máquina de Soporte Vectorial (SVM), recopilación y análisis de datos, y finalmente, la evaluación y documentación de los resultados obtenidos

1.2.3. Económica

La financiación económica para el desarrollo de la presente investigación fue cubierta en su totalidad con recursos propios de los investigadores. La delimitación económica permitió prever los recursos económicos necesarios para el desarrollo del planeamiento de la investigación, lo cual permitió el logro y alcance de los objetivos trazados.

1.2.4. Conceptual o Temática

El tema principal de la investigación es la implementación de una Máquina de Soporte Vectorial (SVM) en la clasificación de calidad de ladrillos en la región de Huancayo. Se explorará cómo la técnica de SVM puede automatizar y mejorar la precisión de la clasificación de calidad de los ladrillos, contribuyendo a la eficiencia y la efectividad de los procesos de control de calidad en la industria de la construcción. Además, se examinará cómo la implementación de SVM puede contribuir al cumplimiento de los estándares de construcción y a la seguridad estructural en la región. La investigación buscará determinar la viabilidad, beneficios y desafíos asociados con la aplicación de SVM en este contexto específico, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y mejoras en la industria de la construcción en Huancayo y regiones similares.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera la implementación de una máquina de soporte vectorial determina la clasificación de la calidad de ladrillos en la región de Huancayo?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera la implementación de una máquina de soporte vectorial determina la resistencia a la compresión de ladrillos en la región Huancayo?
- b) ¿De qué manera la implementación de una máquina de soporte vectorial determina la absorción de ladrillos en la región Huancayo?
- c) ¿De qué manera la implementación de una máquina de soporte vectorial determina de la variación dimensional y alabeo de ladrillos en la región Huancayo?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Práctica o Social

Blanco y Villalpando (2012), precisan que la justificación social o práctica brinda un aporte a la resolución de problemas sociales existentes mediante la proposición de estrategias adecuadas, que conlleven a la ejecución de una actuación oportuna sobre una problemática social. De igual manera, Baena (2017) destaca que todo estudio considera una relevancia social, que implica una trascendencia para la sociedad con el aporte de beneficios y mejora para la sociedad.

En ese contexto, la implementación de una Máquina de Soporte Vectorial (SVM) para la clasificación de la calidad de los ladrillos en la región de Huancayo presenta un impacto social significativo; al mejorar la precisión y eficiencia en la clasificación de la calidad de los ladrillos, se contribuye a garantizar la seguridad y durabilidad de las edificaciones, esto es crucial para la protección de la vida y la propiedad de las personas en la región; además, al asegurar el cumplimiento de los estándares de construcción, se puede contribuir al desarrollo sostenible de la industria de la construcción local, lo cual tiene un efecto positivo en la economía regional y en la generación de empleo; en ese contexto, el presente estudio o investigación denota su justificación social.

1.4.2. Justificación Teórica

Según Baena (2017), la justificación teórica de una investigación, se encuentra ligada con la profundización de los enfoques teóricos respecto al problema de estudio, expresándose en la inquietud del investigador quien hace uso del debate académico y análisis de resultados. Por otro lado, Tamayo (2003), menciona que la justificación científica o teórica, presenta como propósito el desarrollo y análisis de la teoría aplicada a la realidad, en ese sentido, según el desarrollo del estudio, se van brindando nuevos aportes teóricos con los cuales se llega a afianzar el conocimiento del objeto de estudio.

Por ende, durante el desarrollo del presente estudio el cual está enfocado a la aplicación de la Máquina de Soporte Vectorial (SVM) en la clasificación de la calidad de los ladrillos, se contribuye al cuerpo de conocimientos existente en el campo de la inteligencia artificial aplicada a la industria de la construcción.; proporcionando una oportunidad para explorar y entender cómo las técnicas de aprendizaje automático pueden ser aplicadas para la resolución de problemas prácticos en la industria de la construcción, extendiendo así la comprensión teórica de la aplicabilidad y eficacia de SVM en nuevos contextos y para diferentes tipos de datos y problemas de clasificación; con respecto a lo mencionado, la presente investigación se justifica teóricamente.

1.4.3. Justificación Metodológica

Respecto a la justificación metodológica, Blanco y Villalpando (2012) y Bernal (2010) describen que toda investigación presenta justificación metodológica cuando en la investigación se propone o desarrolla un nuevo método o estrategia, y que permite la obtención de conocimiento válido y/o confiable.

Acorde con ello, metodológicamente, esta investigación permite explorar y validar un enfoque técnico innovador para la clasificación de la calidad de los ladrillos. La implementación y evaluación de SVM proporciona una base para desarrollar y refinar métodos automatizados de clasificación que pueden

ser más objetivos y eficientes que los métodos manuales tradicionales. Además, los hallazgos metodológicos de esta investigación pueden informar y guiar futuros esfuerzos para integrar técnicas de aprendizaje automático en la evaluación de la calidad de otros materiales y procesos en la industria de la construcción.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Implementar la máquina de soporte vectorial para determinar la clasificación de la calidad de ladrillos en la región de Huancayo.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Implementar la máquina de soporte vectorial para determinar la resistencia a la compresión de ladrillos en la región Huancayo.
- b) Implementar la máquina de soporte vectorial para determinar la absorción de ladrillos en la región Huancayo.
- c) Implementar la máquina de soporte vectorial para determinar la variación dimensional y alabeo de ladrillos en la región Huancayo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- a) Según Mayank Mishra et al (2019), en su artículo de investigación “Máquina de vectores de soporte para determinar la resistencia a la compresión de mampostería de ladrillo y mortero mediante la fusión de datos de END (estudio de caso: Kharagpur, India)” del Departamento de Ingeniería Civil, del Instituto Indio de Tecnología, Kharagpur – India; el cual tuvo como objetivo, la determinación de la resistencia a la compresión de la construcción de mampostería a través de la aplicación de máquinas de soporte vectorial (SVM), ante ello, los investigadores desarrollaron un modelo de simulación de esfuerzo a fin de poder estimar la resistencia a la compresión de la mampostería de ladrillo en la localidad de Kharagpur – India; tal modelo se desarrolla mediante un modelo de simulación de esfuerzos, HR y velocidad ultrasónica como entradas para 44 muestras de laboratorio, con una salida de valores de resistencia a la compresión; en donde se observó que la máquina de soporte vectorial (SVM) generó un coeficiente de correlación de 0.980 y un error cuadrático de 0.589, resaltando que los resultados obtenidos mediante el modelo SVM llegan a ser considerablemente consistentes, y que se validan con las pruebas experimentales de las muestras extraídas; concluyendo que los resultados de los valores obtenidos mediante el modelo SVM y los resultados obtenidos

de manera experimental, llegan a ser similares; por otro lado, también indican que el modelo SVM puede ser mejorado, en cuanto se considere más parámetros para la capa de entrada a fin de obtener indicadores más precisos.

- b) Según Ortiz de Zárate et al (2021), quienes presentaron su artículo de investigación titulado “Análisis y clasificación de ladrillos de hormigón celular a través de imágenes” para el Instituto de investigación en señales, sistemas e inteligencia computacional de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé – Argentina; con el objetivo de clasificar los ladrillos de hormigón a través de imágenes, en donde establecieron las propiedades de los ladrillos como aislamiento térmico, alta resistencia a la penetración de agua líquida; mayor aislamiento acústico, resistencia al fuego, menor peso y mayor duración. Sus resultados indicaron que entre el 60 al 90% de la estructura de los ladrillos se encuentran compuestas por poros, los cuales son los responsables de las propiedades de los ladrillos, estableciendo del mismo modo un valor de F1 igual a 98.88% para la clasificación de ladrillos con 7 k óptimo. Del mismo modo concluye que los métodos basados en texturas hacen más compleja la interpretabilidad asociada debido a la cantidad de poros.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- a) Según Valdivia Vera (2023), quien sustentó su tesis “Clasificación de los tipos de ladrillos de sillar blanco y rosado para fines estructurales de acuerdo a la Norma E.070, Arequipa, 2023” para la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica del Perú, a fin de obtener el título profesional en ingeniería civil; para cuya investigación se tuvo como objetivo evaluar los ladrillos de sillar en sus tipos blanco y rosado y la clasificación de los mismos aplicando la norma técnica peruana E.070 de mampostería, utilizó una metodología de nivel descriptivo, diseño no experimental, y de enfoque cuantitativo; teniendo como instrumentos de

recolección de datos las fichas técnicas y la observación directa. Concluye que las clasificaciones cumplen con la norma técnica y se aceptan los especímenes blanco y rosado según la NTP E.070, el sillar blanco se acepta entonces para estructuras donde no se encuentre expuesto a la intemperie dado su nivel de absorción por encima de los niveles permitidos mientras que el sillar rosado si es aceptado como unidad de albañilería con fines estructurales sin dichas limitaciones.

- b) Según Sandoval Gil (2021), en su tesis “Aplicación de redes neuronales artificiales en el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto, utilizando agregados de la cantera Tres Tomas, distrito Mesones Muro – provincia Ferreñafe – región Lambayeque” de la Facultad de ingeniería Civil, Sistemas y Arquitectura, de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para la obtención de su título profesional en ingeniería de sistemas; con el propósito de evaluar la capacidad de las redes neuronales artificiales para estimar la resistencia a la compresión del hormigón, en donde utilizaron 294 muestras específicas, 240 de las cuales se utilizaron para el entrenamiento y validación de la red neuronal artificial y el resto para evaluar la generalización de la red; mediante el método de Grubbs, confirmaron que no existen valores atípicos; los coeficientes de determinación obtenidos del entrenamiento y las pruebas son 0,9241 y 0,8192 respectivamente; finalmente los resultados obtenidos muestran que ANN es una herramienta eficaz para optimizar el tiempo de prueba de resistencia.
- c) Según Olivera Mayorca (2020), quien sustento su tesis denominado “Redes neuronales artificiales en la estimación de la resistencia a la compresión del concreto para la Provincia de Huancayo ” para la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Centro del Perú, a fin de optar el título profesional de ingeniero civil, en donde desarrolló un modelo ANN para predecir la resistencia a la compresión del concreto en la provincia de Huancayo. Evaluó la precisión del modelo ANN para predecir la resistencia a la compresión del hormigón bajo diferentes edades y condiciones ambientales. Recogió datos de resistencia a la compresión de muestras de

hormigón curadas en diferentes ciclos de vida en condiciones normales y controladas (23°C). El modelo ANN desarrollado es capaz de predecir una vida útil de hasta 28 días y diferentes condiciones ambientales con hasta un 95% de precisión. El modelo ANN desarrollado es una herramienta eficaz para predecir la resistencia a la compresión del hormigón en proyectos de construcción en la provincia de Huancayo.

- d) Según Suquilanda (2019), quien desarrolló su tesis “Clasificación estructural de los ladrillos de arcilla cocida artesanal y semindustrial según Reglamento E-070 de Albañilería – Lima 2018” en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo a fin de optar el título profesional en ingeniería civil, el cual tuvo como objetivo evaluar y clasificar los ladrillos artesanales y semindustriales de arcilla cocida según el reglamento E-070 de albañilería en Lima, Perú; la hipótesis plantea que los ladrillos artesanales presentan variabilidad en su estructura y propiedades mecánicas en comparación con los semindustriales; a través de un diseño transversal y un enfoque cuantitativo, se recolectaron datos de 135 ladrillos de Lima Metropolitana y se realizaron ensayos de control de calidad para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas; los resultados indicaron que los ladrillos artesanales muestran una mayor variabilidad en sus características estructurales y mecánicas que los semindustriales, lo que confirma la hipótesis planteada; la metodología incluyó la recolección de datos, ensayos de control de calidad y análisis de datos mediante técnicas estadísticas; en las conclusiones, se destacó la necesidad de mejorar los procesos de producción artesanal para cumplir con los estándares del reglamento E-070.
- e) Según Blanco Aguilar (2018), en su tesis “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal producido en el sector Cruz Verde, distrito Bambamarca, Cajamarca - 2018” de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería en la Universidad César Vallejo, el cual tuvo como objetivo determinar las propiedades de los ladrillos y su clasificación para el uso de acuerdo con la norma técnica E0.70 (2006), sus ensayos fueron llevados a cabo en función con las normas

técnicas peruanas 399.604 y 399.613 para su investigación tomaron como referencia las cuatro ladrilleras artesanales existentes en el sector de Bambamarca en Cajamarca, iniciando con el estudio de suelos para determinar el tipo de suelo con el cual son elaborados los ladrillos. Concluye que la absorción de las unidades de las cuatro ladrilleras objeto de estudio es aceptable por estar por debajo del 22% estipulado por la NTP E070. Del mismo modo de acuerdo con la variación dimensional las unidades de albañilería compuestas de arcilla están clasificados en el tipo IV en función de los resultados de laboratorio. En los ensayos realizados del alabeo de las unidades de albañilería también se clasifican como de tipo IV encontrándose dentro de los límites establecidos en la NTP E070.

2.2. Bases Teóricas o Científicas

2.2.1. Máquinas de Soporte Vectorial

Las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM, por sus siglas en inglés, Support Vector Machines) representan un conjunto de métodos supervisados de aprendizaje destinados a la clasificación y la regresión. SVM busca encontrar el hiperplano que mejor separa las clases en el espacio de características. Para lograr una separación óptima, se busca maximizar el margen entre las clases más cercanas al hiperplano (Vapnik, 1995).

Las SVM son especialmente efectivas en espacios de alta dimensión y tienen la ventaja de ser capaces de crear fronteras de decisión complejas incluso cuando los datos tienen pocas características. Su desempeño no se ve afectado significativamente por la maldición de la dimensionalidad, un problema común en el aprendizaje automático (Hearst et al., 1998).

La idea central detrás de las SVM es simple: transformar los datos a un espacio de características de mayor dimensión donde las clases se pueden separar linealmente, y luego encontrar el hiperplano que maximiza el margen entre las clases. Los vectores de soporte son los puntos de datos que se encuentran más cerca del hiperplano y son los más difíciles de clasificar,

siendo estos los que determinan la posición del hiperplano (Cortes & Vapnik, 1995).

En su versión básica, las SVM realizan clasificación binaria; sin embargo, se pueden extender para manejar múltiples clases utilizando estrategias como "uno contra uno" o "uno contra todos" (Hsu & Lin, 2002).

El entrenamiento de una SVM implica la resolución de un problema de optimización convexa que garantiza una solución global óptima. Esto es logrado mediante la minimización de una función de coste sujeta a ciertas restricciones que reflejan la correcta clasificación de los datos (Burges, 1998).

La introducción de una función de kernel es una de las características más poderosas de las SVM, permitiendo la clasificación no lineal mediante el mapeo implícito de los datos a un espacio de características de alta dimensión. Los kernels más comunes incluyen el kernel lineal, polinómico y de base radial (Schölkopf & Smola, 2002).

La regularización es un aspecto crucial en el entrenamiento de las SVM, controlando la compensación entre la maximización del margen y el error de clasificación. A través de la regularización, es posible evitar el sobreajuste, garantizando una mejor generalización del modelo (Schölkopf & Smola, 2002).

En la práctica, las SVM requieren la selección cuidadosa de parámetros como el parámetro de regularización y los parámetros del kernel, lo que puede realizarse mediante técnicas como la validación cruzada (Hsu, Chang & Lin, 2010).

Las SVM han mostrado un excelente desempeño en diversas aplicaciones prácticas, incluyendo la clasificación de textos, reconocimiento de

patrones, y la bioinformática, entre otras (Joachims, 1998; Guyon et al., 2002).

Las SVM también pueden ser utilizadas en tareas de regresión (SVR, Support Vector Regression) donde buscan minimizar el error de predicción manteniendo una cierta tolerancia definida por el usuario (Drucker et al., 1997).

2.2.1.1. Historia y Origen

La SVM tiene sus raíces en la teoría del aprendizaje estadístico. Fue presentada por primera vez por Vladimir Vapnik y Alexey Chervonenkis en 1963. A lo largo de los años, las SVMs se desarrollaron y mejoraron, y se convirtieron en una herramienta esencial en el campo del aprendizaje automático (Boser, Guyon & Vapnik, 1992).

2.2.1.2. Hiperplano

En el contexto de las SVM, un hiperplano es una función lineal que separa y clasifica un conjunto de datos. Intuitivamente, el objetivo es seleccionar un hiperplano que mejor divida un conjunto de puntos en dos clases, maximizando el margen entre las dos clases (Cortes & Vapnik, 1995).

2.2.1.3. Margen y Soporte Vectorial

El margen es la distancia entre el hiperplano y el punto más cercano de cualquier clase. Los vectores de soporte son aquellos puntos que están más cerca del hiperplano y, por lo tanto, determinan la posición y orientación óptimas del hiperplano. Estos puntos son esenciales para la construcción y funcionamiento de una SVM (Boser, Guyon & Vapnik, 1992).

2.2.1.4. Función de decisión

Una vez determinado el hiperplano, se puede evaluar un nuevo punto para determinar a qué lado del hiperplano cae, y por lo tanto predecir su clase. Esta evaluación se realiza utilizando una función de decisión que se basa en el producto punto entre el vector de características y el vector normal al hiperplano (Burges, 1998).

2.2.1.5. Aplicaciones de las máquinas de soporte vectorial

- **Clasificación de Textos**

Las SVM son ampliamente reconocidas por su eficacia en la clasificación de textos. La tarea principal aquí es asignar categorías predeterminadas a documentos de texto basados en su contenido. Por ejemplo, pueden ser utilizadas para filtrar correos electrónicos no deseados, categorizar noticias o para la clasificación de documentos en bibliotecas digitales. Su capacidad para manejar grandes espacios de características las hace particularmente adecuadas para este tipo de tareas donde cada término o frase puede ser considerada una característica (Joachims, 1998).

- **Reconocimiento de Patrones**

Las SVM también son una herramienta valiosa en el reconocimiento de patrones. Por ejemplo, en el reconocimiento de escritura a mano, las SVM pueden ser entrenadas para reconocer caracteres escritos a mano, proporcionando la base para sistemas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR). Además, también se han utilizado en el reconocimiento facial, donde pueden identificar y verificar personas basándose en imágenes faciales (Decoste & Schölkopf, 2002).

- **Bioinformática**

En el campo de la bioinformática, las SVM han mostrado ser útiles en diversas tareas como la clasificación de proteínas, el análisis de expresión génica y la identificación de biomarcadores. La capacidad de las SVM para manejar datos de alta dimensión es crucial en este campo, donde los conjuntos de datos pueden ser extremadamente grandes y complejos (Guyon et al., 2002).

- **Imágenes y Procesamiento de Video**

En el ámbito del procesamiento de imágenes y videos, las SVM han sido aplicadas para tareas como la clasificación de imágenes, detección de objetos y seguimiento de movimiento. Por ejemplo, pueden ser utilizadas para identificar objetos específicos en imágenes o videos, o para categorizar imágenes en diferentes clases (Chapelle et al., 1999).

- **Diagnóstico Médico**

Las SVM también han encontrado aplicaciones en el diagnóstico médico. Por ejemplo, se utilizan para analizar imágenes médicas y detectar anomalías o para diagnosticar enfermedades basándose en conjuntos de datos clínicos. Su capacidad para proporcionar modelos robustos y manejar datos ruidosos o incompletos es especialmente valiosa en este ámbito (Oscherwitz et al., 2010).

- **Análisis Financiero**

En el sector financiero, las SVM se utilizan para diversas tareas analíticas como la predicción del mercado de valores y el análisis de riesgos crediticios. La capacidad de las SVM para proporcionar modelos robustos puede ayudar a identificar tendencias y patrones en datos financieros complejos (Huang et al., 2005).

- **Clasificación de Ladrillos**

La aplicación de Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) en la clasificación de ladrillos podría facilitar la identificación y segregación automatizada de ladrillos según determinadas características, como podría ser su forma, tamaño, color o defectos estructurales. A través de técnicas de aprendizaje supervisado, una SVM puede ser entrenada con un conjunto de datos que contenga imágenes o mediciones de ladrillos previamente clasificados. Posteriormente, el modelo entrenado podría clasificar nuevos ladrillos en las categorías correspondientes con una alta precisión. La utilización de un kernel adecuado permitiría a la SVM manejar la naturaleza no lineal de los datos, si la hay. Por ejemplo, si se utilizan imágenes de ladrillos, las características podrían incluir contornos, texturas, y color, mientras que un kernel RBF (Radial Basis Function) podría ayudar a clasificar los ladrillos en un espacio de características de alta dimensión. Este enfoque automatizado no solo aumentaría la eficiencia del proceso de clasificación, sino que también ayudaría a mantener una alta calidad y consistencia en la producción o reciclaje de ladrillos.

2.2.2. Calidad de ladrillos

La clasificación de la calidad de los ladrillos es un procedimiento esencial que garantiza que los materiales utilizados en la construcción cumplan con los estándares requeridos para asegurar la integridad estructural y la seguridad. Los criterios para la clasificación de la calidad de los ladrillos pueden variar de una región a otra debido a las diferencias en las normativas locales. Sin embargo, existen ciertos parámetros universales que son considerados en la evaluación de la calidad de los ladrillos.

2.2.2.1. Dimensiones y Tolerancia

Las dimensiones de los ladrillos son cruciales para asegurar una construcción precisa y eficiente. Un ladrillo de dimensiones uniformes facilita la alineación y el ensamblaje, reduciendo la necesidad de ajustes en el sitio de construcción. Además, las dimensiones dentro de las tolerancias especificadas garantizan que los ladrillos cumplan con los estándares de la industria y las regulaciones locales. La variabilidad en el tamaño y la forma puede resultar en espacios inadecuados entre los ladrillos, lo que puede afectar la integridad estructural del edificio.

2.2.2.2. Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión es una medida de la cantidad de fuerza que un ladrillo puede soportar antes de deformarse o fallar. Este es un indicador vital de la calidad de un ladrillo, ya que una alta resistencia a la compresión significa que el ladrillo puede soportar cargas significativas sin fallar, lo cual es esencial para la integridad estructural de las construcciones. Los ladrillos con alta resistencia a la compresión son preferibles para aplicaciones estructurales críticas.

2.2.2.3. Absorción de agua y Porosidad

La absorción de agua y la porosidad de un ladrillo están interrelacionadas y afectan la durabilidad y la resistencia del ladrillo. Un ladrillo que absorbe demasiada agua puede ser susceptible a daños por congelación y descongelación en climas fríos. Además, una alta absorción de agua puede afectar la adherencia del mortero, lo que a su vez puede afectar la integridad estructural de la construcción. Por lo tanto, es esencial que los ladrillos tengan una absorción de agua y porosidad controladas.

2.2.2.4. Durabilidad y Resistencia a la intemperie

La durabilidad es la capacidad de un ladrillo para resistir el desgaste a lo largo del tiempo, mientras que la resistencia a la intemperie se refiere a la capacidad de un ladrillo para resistir diversas condiciones climáticas como la lluvia, el viento, y los cambios de temperatura sin mostrar signos de deterioro. Los ladrillos duraderos y resistentes a la intemperie aseguran una vida útil más larga de las estructuras construidas con ellos.

2.2.2.5. Densidad y Peso

La densidad y el peso de los ladrillos son indicadores de su calidad. Los ladrillos densos suelen tener una mayor resistencia a la compresión y una menor absorción de agua. Además, la densidad y el peso adecuados son cruciales para asegurar la estabilidad estructural de las construcciones, especialmente en estructuras altas o en áreas con condiciones del suelo desafiantes.

2.2.2.6. Importancia de la clasificación de la calidad del ladrillo

La clasificación de la calidad de los ladrillos es un procedimiento crucial que tiene implicancias significativas en la industria de la construcción. La calidad de los ladrillos utilizados en una construcción puede afectar directamente la integridad estructural, la durabilidad, y la seguridad de la estructura resultante. A continuación, se detallan los aspectos que subrayan la importancia de la clasificación de la calidad de los ladrillos.

- **Integridad Estructural**

La clasificación de calidad permite identificar ladrillos que cumplen con las normas de resistencia y durabilidad requeridas, lo que es esencial para mantener la integridad estructural de las construcciones. Ladrillos de alta calidad pueden soportar cargas considerables sin deformarse ni quebrarse, lo que es fundamental para la estabilidad de la estructura.

- **Seguridad**

La seguridad es una preocupación primordial en la construcción, y el uso de ladrillos de alta calidad es vital para garantizar la seguridad de los ocupantes. Ladrillos que cumplen con los estándares de calidad pueden resistir eventos adversos como terremotos, incendios, o condiciones climáticas extremas, proporcionando un ambiente seguro.

- **Durabilidad**

Los ladrillos de alta calidad son duraderos y pueden resistir la degradación causada por la exposición a diferentes condiciones ambientales. La clasificación de calidad ayuda a identificar ladrillos que pueden resistir el desgaste a lo largo del tiempo, reduciendo así la necesidad de reparaciones y mantenimiento frecuente.

- **Eficiencia de la Construcción**

Ladrillos de dimensiones uniformes y calidad confiable facilitan el proceso de construcción, permitiendo un ensamblaje rápido y preciso. Esto puede traducirse en una construcción más eficiente, reduciendo los tiempos y los costos asociados.

- **Estética y Valor**

La apariencia y la estética de una estructura pueden verse significativamente afectadas por la calidad de los ladrillos utilizados. Ladrillos de alta calidad con buen acabado y color uniforme pueden realzar la apariencia estética de la construcción, lo que a su vez puede aumentar su valor.

- **Cumplimiento Normativo**

La clasificación de calidad asegura que los ladrillos cumplen con los estándares y regulaciones locales o internacionales. Esto no solo es crucial para la seguridad y la integridad estructural, sino que también es necesario para obtener las

aprobaciones y certificaciones necesarias para la construcción.

- **Sostenibilidad**

La clasificación de calidad también puede tener implicancias en la sostenibilidad, especialmente si se consideran criterios como la eficiencia energética de los ladrillos o el impacto ambiental de su producción. Ladrillos de alta calidad pueden contribuir a la construcción sostenible, lo que es cada vez más valorado en la industria de la construcción.

2.2.3. Tecnología de aprendizaje automático en la Ingeniería Civil

La integración de tecnologías avanzadas en el sector de la ingeniería civil ha propiciado un cambio paradigmático en la forma en que se abordan proyectos y se toman decisiones. Específicamente, el Aprendizaje Automático (AA) ha emergido como una herramienta poderosa con aplicaciones prometedoras. El presente marco teórico ofrece una revisión de las tecnologías preexistentes de AA en ingeniería civil, apoyándose en autores y literatura especializada.

2.2.3.1. Definición de aprendizaje automático

El Aprendizaje Automático, una subárea de la inteligencia artificial, se refiere a algoritmos y modelos que permiten que las computadoras "aprendan" a partir de datos. Según Mitchell (1997), se dice que un programa de computadora aprende de la experiencia E con respecto a alguna tarea T y alguna medida de rendimiento P , si su rendimiento en T , medido por P , mejora con la experiencia E .

2.2.3.2. Aplicaciones en Ingeniería Civil

- **Predicción y Análisis Estructural:**

Debido a la complejidad y variabilidad de las cargas y condiciones en estructuras, se han empleado técnicas de AA para prever comportamientos y fallos. Zhang et al. (2018)

emplearon redes neuronales para predecir el comportamiento de columnas de hormigón bajo carga axial.

- **Gestión de Recursos y Logística:**

El AA ha sido utilizado para optimizar la asignación de recursos y planificación en proyectos de construcción. Son et al. (2014) presentan algoritmos de aprendizaje profundo para la programación de maquinaria en sitios de construcción.

- **Monitoreo de la Salud Estructural:**

Sensores y técnicas de AA se combinan para evaluar la salud y durabilidad de estructuras. Feng et al. (2018) demostraron el uso de redes neuronales para detectar daños en vigas de acero.

- **Diseño Optimizado:**

Para lograr diseños más eficientes y sostenibles, se utilizan algoritmos de AA. Papalambros (2002) discute la integración del AA en el diseño basado en la optimización en ingeniería civil.

2.2.3.3. Técnicas de Aprendizaje Automático

- **Redes Neuronales:**

Modelos matemáticos inspirados en la estructura cerebral. Son ampliamente utilizadas en reconocimiento de patrones y predicciones (Krishnasamy et al., 2015).

- **Máquina de Soporte Vectorial:**

Son modelos supervisados que han encontrado aplicaciones en clasificación y regresión. Vapnik (1995) presenta su teoría y aplicaciones.

- **Árboles de decisión:**

Estos algoritmos descomponen un problema en subproblemas más pequeños, siendo útiles en toma de decisiones (Breiman et al., 1986).

2.2.3.4. Desafíos y Limitaciones

El AA, aunque prometedor, enfrenta desafíos en la ingeniería civil. La calidad y cantidad de datos, la interpretabilidad de modelos y la integración con prácticas tradicionales son áreas de interés (Ma et al., 2018).

2.2.3.5. Implementación de SVM en Clasificación de Ladrillos

2.2.3.5.1. Relevancia de la Implementación

La clasificación eficiente de materiales en la industria de la construcción, en particular ladrillos, es crucial para garantizar la calidad, seguridad y durabilidad de las estructuras. El reconocimiento automático de defectos y clasificación según calidad y tipo ha emergido como una solución tecnológica para optimizar estos procesos. Dentro de las técnicas de aprendizaje automático que se están explorando, las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) han ganado notoriedad por su capacidad para manejar problemas de clasificación complejos.

2.2.3.5.2. Industria del ladrillo y la necesidad de Clasificación

Los ladrillos, uno de los materiales de construcción más antiguos, continúan siendo esenciales en la construcción moderna. Su calidad puede variar en función de factores como la composición del material, el proceso de cocción y el almacenamiento. Según Smith (2007), la calidad del ladrillo influye directamente en la resistencia y longevidad de las estructuras, lo que resalta la importancia de una clasificación precisa.

2.2.3.5.3. SVM: Una Herramienta para la Clasificación

Las SVM son una técnica de aprendizaje supervisado que puede ser empleada tanto para la clasificación como para la regresión. Según Cortes & Vapnik (1995), las SVM trabajan mapeando datos de entrada en un espacio de características de alta dimensión, y luego buscan el hiperplano que mejor separa las diferentes clases de datos.

2.2.3.5.4. Beneficios de Implementar SVM en Clasificación de Ladrillos

- **Precisión Mejorada:**

Dado que las SVM pueden manejar espacios de características de alta dimensión y determinar el hiperplano óptimo, ofrecen una alta precisión en la clasificación, como señalan Wang et al. (2012) en su estudio sobre clasificación de materiales en construcción.

- **Automatización y Eficiencia:**

La implementación de SVM permite la clasificación automática de ladrillos, reduciendo el tiempo y el esfuerzo humano necesario, lo que podría llevar a procesos más eficientes y reducción de costes (Johnson, 2015).

- **Flexibilidad:**

Las SVM son versátiles y pueden adaptarse a diferentes tipos de datos y condiciones, lo que las hace adecuadas para entornos industriales con variaciones en la calidad y características de los ladrillos (Liu & Zhou, 2018).

”

2.3. Marco Conceptual

En el marco de la investigación desarrollada, se definen los conceptos relacionados los cuales se detallan a continuación:

- **Máquinas de Soporte Vectorial (SVM):** Técnica de aprendizaje supervisado utilizada para clasificación y regresión, que encuentra el hiperplano óptimo que separa las diferentes clases en un espacio de características.
- **Margen Máximo:** Principio de las SVM que busca maximizar la distancia entre las clases, garantizando la mayor separación posible entre los datos de diferentes categorías.
- **Vectores de Soporte:** Puntos de datos críticos que se encuentran en el borde del margen y que son esenciales para definir el hiperplano óptimo en una SVM.
- **Kernel Trick:** Técnica que permite a las SVM transformar datos no linealmente separables en un espacio de alta dimensionalidad donde puedan ser separados linealmente.
- **Clasificación de calidad de Ladrillos:** Proceso de evaluar y categorizar ladrillos según criterios de calidad como opacidad, resistencia y uniformidad, crucial para asegurar su idoneidad en la construcción.
- **Métodos Automáticos:** Técnicas que utilizan algoritmos de aprendizaje automático, como las SVM, para analizar características específicas y realizar clasificaciones más objetivas y consistentes.

CAPITULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Ho: La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la clasificación de calidad de ladrillos en la región de Huancayo.

H1: La implementación de una máquina de soporte vectorial determina la clasificación de calidad de ladrillos en la región de Huancayo.

3.2. Hipótesis específicas

- a) La implementación de la máquina de soporte vectorial determina la resistencia a la compresión de ladrillos en la región Huancayo.
- b) La implementación de la máquina de soporte vectorial determina la absorción de ladrillos en la región Huancayo.
- c) La implementación de la máquina de soporte vectorial determina la variación dimensional y alabeo de ladrillos en la región Huancayo

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual de la variable

a) Variable 1 (Variable Independiente)

Máquina de soporte vectorial:

Cortes & Vapnik (1995). describen que la máquina de soporte vectorial (SVM) es un método de aprendizaje supervisado que se utiliza para clasificación y regresión, el cual consiste en la búsqueda del hiperplano ideal que maximice el margen entre las clases al dividir diferentes clases en un espacio de características. Una

extensión de las máquinas de soporte vectorial (SVM) que se utiliza para problemas de regresión es la Máquina de Soporte Vectorial para Regresión (SVR). Vapnik et al (1997), menciona que; la Regresión por Máquinas de Soporte Vectorial (SVR) es una variante de las máquinas de soporte vectorial que se utiliza para problemas de regresión. En lugar de encontrar un hiperplano que separe las clases, SVR busca ajustar una función que prediga valores continuos, permitiendo un margen de error definido y buscando minimizar la complejidad del modelo Smola & Schölkopf (2004), enfatizan que el modelo SVR es un método que extiende las máquinas de soporte vectorial al problema de regresión utilizando el concepto de margen para definir un error aceptable.

Drucker et al. (1997), menciona que las máquinas de soporte vectorial para regresión encuentran un hiperplano que controla la complejidad del modelo y minimiza el error de predicción.

b) Variable 2 (variable dependiente)

Calidad de ladrillo:

Martínez (2020), precisa que, la calidad del ladrillo, que se determina a partir de sus propiedades físicas, mecánicas y su comportamiento ante condiciones ambientales, es esencial para la seguridad de las edificaciones.

López (2012), describe que, la calidad del ladrillo se determina por su resistencia mecánica, absorción de agua y uniformidad en las dimensiones, lo que garantiza su idoneidad para la construcción.

Gonzales (2016), enfatiza que, el término calidad se refiere a las características físicas y mecánicas que debe cumplir el ladrillo para que pueda utilizarse adecuadamente en las obras de construcción.

NTP 400.020:2013 (2013), estipula que, los ladrillos deben cumplir con especificaciones que garantizan su adecuación para la construcción, incluyendo características como la uniformidad en dimensiones y la resistencia.

IS 1077 Instituto de Normas India (1992), especifica que Los ladrillos deben cumplir con ciertos estándares de calidad que incluyen resistencia, durabilidad y ausencia de defectos visibles para ser considerados aptos para la construcción

3.3.2. Definición operacional de la variable

a) Máquina de soporte vectorial:

La máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) es definida como un modelo de aprendizaje supervisado con el propósito de predecir valores continuos; con lo cual opera mediante sus dimensiones, que se caracterizan por:

- Entrenamiento: mediante un conjunto de datos de entrenamiento que consisten en datos de entrada y datos de salida para el ajuste de la función de regresión.
- Función de Regresión: que aproxime los valores de salida minimizando el error de predicción con un margen de tolerancia.
- Hiperplano: la definición del hiperplano que represente de mejor la aproximación de las características.
- Vectores de Soporte: identifica los vectores críticos más cercanos al plano, para la generación del modelo.
- Parámetros de Regularización: Incluye un parámetro de regularización CCC que controla el equilibrio entre el margen de tolerancia y el error de entrenamiento, y el tipo de núcleo (kernel) que transforma los datos en un espacio de mayor dimensión si es necesario.
- Predicción: el modelo aplica la función de regresión para generar y obtener la predicción de valores continuos de nuevos conjuntos de datos

b) Calidad de ladrillos:

La calidad del ladrillo es definida como un conjunto de características físicas y mecánicas que son medidas a fin de evaluar su idoneidad en el área de la construcción; para lo cual opera mediante sus dimensiones, que se caracterizan por:

- Resistencia a la compresión: característica que indica la capacidad del ladrillo para soportar carga sin llegar a la falla, cuya unidad de medida es (Kg/cm²) o (MPa).
- Absorción de agua: es el porcentaje de agua que absorbe el ladrillo.
- Variación Dimensional: es el porcentaje de variación de las dimensiones (largo, ancho, alto) del ladrillo.
- Alabeo: es la medida de concavidad o convexidad que presentan las caras superiores del ladrillo.

3.3.3. Operacionalización de la variable

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p style="text-align: center;">(VI) MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL</p>	<p>Cortes & Vapnik (1995). describen que la máquina de soporte vectorial (SVM) es un método de aprendizaje supervisado que se utiliza para clasificación y regresión, el cual consiste en la búsqueda del hiperplano ideal que maximice el margen entre las clases al dividir diferentes clases en un espacio de características. Una extensión de las máquinas de soporte vectorial (SVM) que se utiliza para problemas de regresión es la Máquina de Soporte Vectorial para Regresión (SVR). Vapnik et al (1997), menciona que; la Regresión por Máquinas de Soporte Vectorial (SVR) es una variante de las máquinas de soporte vectorial que se utiliza para problemas de regresión. En lugar de encontrar un hiperplano que separe las clases, SVR busca ajustar una función que prediga valores continuos, permitiendo un margen de error definido y buscando minimizar la complejidad del modelo Smola & Schölkopf (2004), enfatizan que el modelo SVR es un método que extiende las máquinas de soporte vectorial al problema de regresión utilizando el concepto de margen para definir un error aceptable. Drucker et al. (1997), menciona que las máquinas de soporte vectorial para regresión encuentran un hiperplano que controla la complejidad del modelo y minimiza el error de predicción. La máquina de soporte vectorial es un método de aprendizaje estadístico transformando un espacio de datos a uno lineal. (Cisneros, p32)</p>	<p>La máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) es definida como un modelo de aprendizaje supervisado con el propósito de predecir valores continuos; con lo cual opera mediante sus dimensiones, que se caracterizan por: Entrenamiento, Función de regresión, Hiperplano, Vectores de Soporte, Parámetros de regularización, y Predicción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento de modelo - Función de Regresión - Hiperplano - Vectores de Soporte - Parámetros de Regularización - Predicción 	<p>MSE (Error cuadrático medio)</p> <p>Coficiente de Pearson</p>

(VD) CALIDAD DE LADRILLO	<p>Martínez (2020), precisa que, la calidad del ladrillo, que se determina a partir de sus propiedades físicas, mecánicas y su comportamiento ante condiciones ambientales, es esencial para la seguridad de las edificaciones.</p> <p>López (2012), describe que, la calidad del ladrillo se determina por su resistencia mecánica, absorción de agua y uniformidad en las dimensiones, lo que garantiza su idoneidad para la construcción.</p> <p>Gonzales (2016), enfatiza que, el término calidad se refiere a las características físicas y mecánicas que debe cumplir el ladrillo para que pueda utilizarse adecuadamente en las obras de construcción.</p> <p>NTP 400.020:2013 (2013), estipula que, los ladrillos deben cumplir con especificaciones que garantizan su adecuación para la construcción, incluyendo características como la uniformidad en dimensiones y la resistencia.</p> <p>IS 1077 Instituto de Normas India (1992), especifica que Los ladrillos deben cumplir con ciertos estándares de calidad que incluyen resistencia, durabilidad y ausencia de defectos visibles para ser considerados aptos para la construcción.</p>	<p>La calidad del ladrillo es definida como un conjunto de características físicas y mecánicas que son medidas a fin de evaluar su idoneidad en el área de la construcción; para lo cual opera mediante sus dimensiones, que se corresponde a la Resistencia a la compresión, porcentaje de absorción de agua, variación dimensional y alabeo.</p>	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión mínima: f ^b mínimo en MPa (Kg/cm ²) sobre área bruta
			Absorción	Porcentaje de absorción máxima permitida
			Variación dimensional Alabeo	Variación máxima en %, Alabeo máximo en mm.

Tabla 01: Matriz de Operacionalización de la variable.
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación:

El método de investigación aplicado a este estudio es el científico, ya que su desarrollo fue implementar una máquina de soporte vectorial para determinar la clasificación de la calidad de ladrillos, en la provincia de Huancayo, distrito de Sapallanga.

4.2. Tipo de investigación:

Teniendo en cuenta la finalidad de este estudio, el tipo de investigación según su finalidad es aplicada, esto es debido al contexto desarrollado en este estudio, es decir, busca la aplicación o utilización de conocimientos, a partir de una o varias áreas especializadas, con el propósito efectuar la implementación de forma práctica; a fin de satisfacer conocer si la implementación de la máquina de soporte vectorial determina la clasificación de la calidad de ladrillos.

4.3. Nivel de investigación:

En relación a la finalidad enmarcada del presente estudio, el nivel de investigación corresponde al nivel explicativo, puesto que, se orienta a identificar el análisis de la implementación de la máquina de soporte vectorial determina de manera efectiva la clasificación de la calidad de ladrillos en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Sapallanga.

4.4. Diseño de investigación

De acuerdo a la finalidad de este estudio desarrollado, el diseño de investigación es no experimental, esto se debe a que no existe ninguna manipulación de las variables consideradas en esta investigación.

4.5. Población y muestra

4.5.1. La población:

La población son las ladrilleras de la región Junín, Provincia de Huancayo, distrito de Sapallanga.

4.5.2. La muestra:

La muestra que se ha seleccionado fue por conveniencia por tanto es no probabilística conformados por 60 ladrillos de la ladrillera del distrito de Sapallanga.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Creswell (2014), enfatiza que: “Las técnicas de recolección de datos son métodos estructurados y confiables para recopilar información, lo que permite la validación de hipótesis y la toma de decisiones informadas en la investigación.”

Martínez (2014), destaca que: “Los instrumentos de recolección de datos ayudan a los investigadores a recopilar datos cuantitativos y cualitativos de manera confiable.”.

Se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Muestreo de ladrillos

Se efectúa mediante la selección aleatoria de los ladrillos de diferentes lotes de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo, con el fin de asegurar una muestra representativa.

Pruebas Físicas y Mecánicas

Mediante la realización de ensayos o pruebas físicas respecto a las características de los ladrillos que inciden en la calidad de las mismas, tales como pruebas de mediciones de dimensión, pruebas de resistencia, y pruebas de análisis de absorción de agua; dichas pruebas son efectuadas con la máquina de prueba de

compresión, balanza calibrada, recipiente de sumersión, regla calibrada, cuñas de medida.

Documentación Técnica

Mediante la recolección de datos de las condiciones de fabricación y controles de calidad de cada lote de ladrillos. Así también, mediante los documentos normativos que establecen los parámetros de calidad de los ladrillos.

Software de Recolección de datos

Mediante hojas de cálculo que nos sirven para ayudar y almacenar los datos recolectados.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Bryman (2016), define que; el procesamiento y análisis de datos organiza, interpreta y extrae conclusiones de los datos recopilados. Con la ayuda de estas técnicas, los datos se pueden convertir en información útil para la toma de decisiones, la formulación de hipótesis y la comprensión de fenómenos.

Después de recopilar los datos, es necesario organizarlos y prepararlos para el análisis para responder a la pregunta inicial y decidir si aceptar o rechazar la hipótesis de investigación.

Para el procesamiento de la información, se utiliza el lenguaje de programación Python, mediante la implementación de la librería scikit-learn; para máquina de soporte vectorial, a fin de efectuar los modelamientos respectivos respecto de los objetivos señalados. Luego, para el análisis de los resultados se utiliza el software SPSS para el análisis de la estadística inferencial a través de la T de student.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

El diseño tecnológico de la presente investigación, esta referido a la implementación de una máquina de soporte vectorial en la clasificación de la calidad de ladrillos de la región Huancayo; en relación a ello, a través de dicha implementación se obtendrá la predicción de los valores de las características de resistencia a la compresión, absorción, variación dimensional y alabeo de las unidades de ladrillo muestreadas, características que acorde con la normativa peruana deben de cumplir con estándares de calidad para su aceptación y clasificación en albañilería estructural; la predicción en mención será efectuada en base a las características de densidad aparente y color de las unidades de albañilería muestreadas.

La máquina de soporte vectorial para regresión (SVR), es una generalización de la máquina de soporte vectorial (SVM) enfocado al problema de regresión, siendo etiquetado como un algoritmo de aprendizaje supervisado; es decir, se genera un conjunto de entrenamiento para que a partir de ello se logre la predicción de datos requerida; buscando la curva o hiperplano que modele la tendencia de los datos de entrenamiento. En ese sentido, el objetivo del modelo SVR en el aprendizaje automático es encontrar una función que minimice el error de predicción al mismo tiempo que se aproxime a la relación entre las variables de entrada de densidad aparente y color; con la variable objetivo de salida, de resistencia a la compresión, absorción, variación dimensional y alabeo de los ladrillos.

Al respecto, para cada valor predictivo se efectuaron modelamientos de máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) independientemente, mediante el lenguaje de programación Python, en donde se ingresarán los datos respectivos para el entrenamiento del modelo, asimismo se evaluará en cada caso la modelación óptima, que asegure la predicción de los valores con un grado de confianza, los cuales son descritos en la descripción de resultados de la presente tesis.

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Implementación de Máquina de Soporte Vectorial para la clasificación de la calidad de ladrillos

5.2.1.1. Parámetros de calidad de ladrillos según Normativa Peruana y su clasificación para fines estructurales.

De acuerdo a la Norma E 0.70 “Albañilería” del Reglamento Nacional de Edificaciones, para la aceptación de calidad de los lotes de albañilería, los ladrillos deben de ser aceptados en las siguientes pruebas:

- Prueba de resistencia a la compresión.
- Prueba de variación dimensional.
- Prueba de alabeo.
- Prueba de absorción.

Las pruebas mencionadas, deben de realizarse conforme los procedimientos correspondientes, estipulados en las normas NTP 399.613 y 399.604.

En ese sentido, para la clasificación de las unidades de albañilería con fines estructurales, se debe tener en consideración las siguientes consideraciones máximas y mínimas, respecto a las características de variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión, tal como se advierte en la siguiente imagen:

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)

Tabla 02. Tabla de clasificación de ladrillos para fines estructurales
Fuente. Norma E.070 Albañilería

Además, en cuanto a la absorción de los ladrillos, estos no deben presentar una absorción mayor del 22%.

Así también, según el numeral 5.5 de la norma E.070 referido a la aceptación de la unidad, se dispuso que si la muestra presenta más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para las unidades que fueron producidas industrialmente, se procederá a ensayar otra muestra y en caso de persistir tal dispersión, entonces se rechazará el lote.

5.2.1.2. Características generales de las unidades de albañilería muestreadas

Las muestras de las unidades de albañilería para el presente estudio, fueron obtenidas al azar de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región de Huancayo, con el objeto de realizar la clasificación de la calidad de las unidades de albañilería, las cuales presentan las siguientes características.

- **Uso:** Fines Estructurales (muros portantes)
- **Naturaleza:** Industrial
- **Tipo:** Solido o Macizo
- **Denominación:** King Kong – 18 huecos
- **Materia prima:** Arcilla cocida
- **Dimensiones especificadas:** [24 cm x 13 cm x 9 cm]

Cabe señalar que, la aplicación de las unidades de albañilería muestreadas que corresponden al tipo solido industrial, tiene un alcance tanto para la región de Huancayo como para las demás regiones del Perú, en muros portantes de edificios de hasta cuatro pisos a más, conforme el numeral 5.3 del artículo 5° de la Norma E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.

5.2.1.3. Máquina de Soporte Vectorial para la determinación la calidad de ladrillos para su clasificación.

La determinación de calidad de las unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga, se encuentra en función de sus características de; resistencia a la compresión, absorción, variación dimensional y alabeo. En consideración a ello, la presente investigación se ajusta a modelar un algoritmo que permita predecir los valores de las características mencionadas.

En ese aspecto, la máquina de soporte vectorial es una técnica de aprendizaje supervisado, que puede ser utilizada tanto para clasificación, así como para regresión. Al respecto, la máquina de soporte vectorial para clasificación (SVM) permite a una muestra su clasificación binaria en consideración de un número determinado de características, por otra parte, la máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) permite a una muestra el desarrollo de un algoritmo que permita predecir un valor continuo, relacionado a un número determinado de características.

Ante ello, para SVR, los valores de las características a predecir se configuran como datos de salida del modelamiento; mientras que los valores de las características relacionadas para realizar la predicción, se configuran como datos de entrada. Al respecto, la investigación se centra en la predicción de las características de resistencia a la compresión, absorción, variación dimensional y alabeo de los ladrillos; en base a sus características relacionadas de densidad aparente, y color.

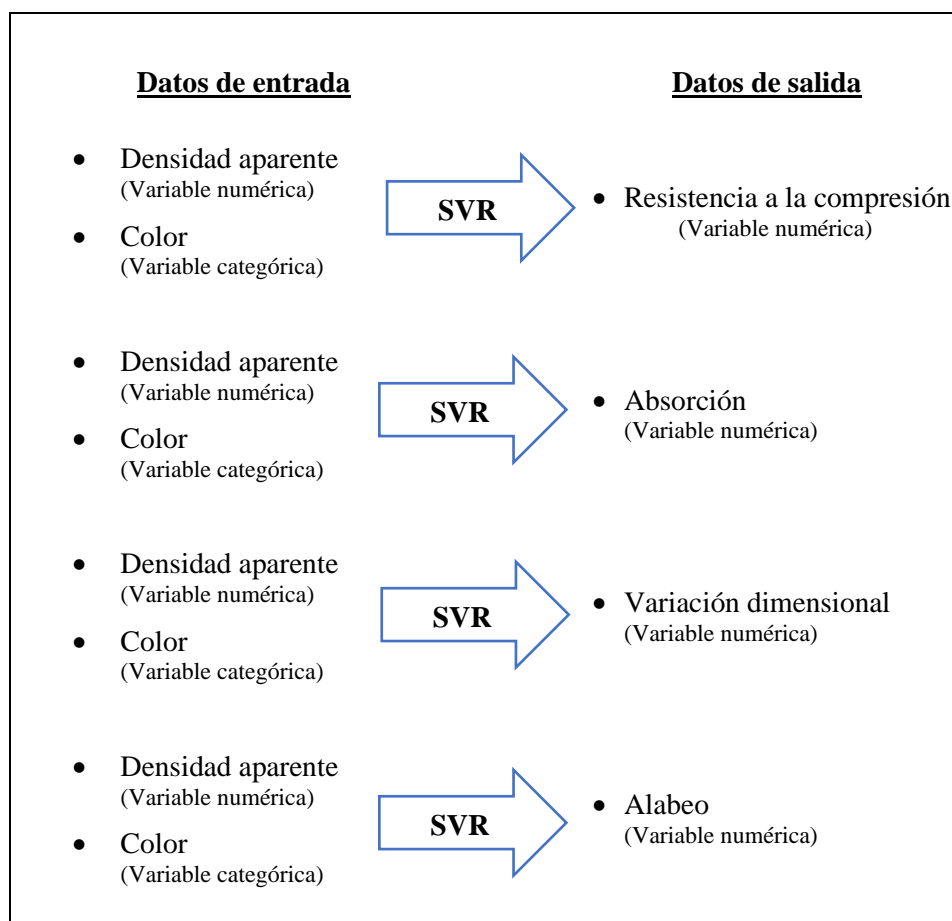


Tabla 03. Datos de entrada y salida para modelamientos SVR
Fuente. Elaboración propia

En ese aspecto, para el modelamiento de la máquina de soporte vectorial para la clasificación de la calidad de la resistencia a la compresión de ladrillo se entrenó sobre una muestra de 30 ladrillos; así también, para el modelamiento de la máquina de soporte vectorial para la clasificación de la calidad de la absorción del ladrillo se entrenó de igual manera sobre una muestra de 30 ladrillos; por otra parte, para el modelamiento de la máquina de soporte vectorial para la clasificación de la calidad de la variación dimensional y alabeo del ladrillo se entrenó sobre una muestra de 60 ladrillos.

5.2.1.4. Cálculo de datos de entrada para entrenamiento SVR

5.2.1.4.1. Cálculo de densidad aparente

La densidad aparente es definida como el peso del ladrillo por unidad de volumen, incluyendo el espacio poroso. La densidad es

una propiedad física del ladrillo que tiene incidencia en las características mecánicas y físicas de los ladrillos.

- **Procedimiento para cálculo de densidad aparente**

Para el cálculo de la densidad aparente de las unidades de albañilería, se procedió a tomar las medidas respectivas de los pesos de cada unidad y sus volúmenes aparentes respectivos.

Para el cálculo de la densidad aparente se hace uso de la siguiente formula.

$$d_a = \frac{W}{V}$$

Donde:

- d_a : Densidad aparente en gr/cm³
- W: Peso de la unidad de albañilería en gr
- V: Volumen aparente de la unidad de albañilería en cm³

Espécimen	Peso (gr)	Volumen ap. (cm³)	Densidad ap. (gr/cm³)
1	3037	2673.77	1.136
2	2974	2628.04	1.132
3	3006	2625.61	1.145
4	3009	2654.12	1.134
5	3068	2672.91	1.148
6	3120	2709.23	1.152
7	3072	2687.93	1.143
8	3054	2648.83	1.153
9	2989	2666.69	1.121
10	2990	2645.78	1.130
11	3047	2663.58	1.144
12	2962	2663.89	1.112
13	3020	2646.89	1.141
14	3068	2656.41	1.155
15	3023	2668.48	1.133
16	3005	2620.33	1.147

Espécimen	Peso (gr)	Volumen ap. (cm³)	Densidad ap. (gr/cm³)
17	2948	2593.55	1.137
18	3050	2636.24	1.157
19	3088	2671.93	1.156
20	3049	2635.40	1.157
21	3062	2664.69	1.149
22	3086	2655.90	1.162
23	3033	2686.78	1.129
24	2991	2670.87	1.120
25	3049	2677.28	1.139
26	3062	2722.37	1.125
27	3037	2632.03	1.154
28	3115	2674.00	1.165
29	3040	2624.84	1.158
30	3047	2647.97	1.151
31	3001	2601.88	1.153
32	3001	2633.36	1.140
33	3015	2657.79	1.134
34	3004	2664.94	1.127
35	3010	2638.14	1.141
36	3012	2658.37	1.133
37	3010	2662.97	1.130
38	3020	2607.24	1.158
39	3012	2674.19	1.126
40	3010	2686.71	1.120
41	3001	2705.72	1.109
42	3005	2649.11	1.134
43	3010	2648.16	1.137
44	3004	2689.08	1.117
45	3010	2625.80	1.146
46	3001	2654.63	1.130
47	3001	2623.64	1.144
48	3020	2611.80	1.156
49	3004	2631.72	1.141
50	3010	2634.40	1.143

Espécimen	Peso (gr)	Volumen ap. (cm³)	Densidad ap. (gr/cm³)
51	3010	2603.95	1.156
52	3001	2598.74	1.155
53	3001	2621.25	1.145
54	3020	2565.06	1.177
55	3004	2610.36	1.151
56	3010	2643.75	1.139
57	3001	2601.41	1.154
58	3010	2599.92	1.158
59	3005	2593.14	1.159
60	3004	2593.74	1.158
Promedio			1.143

Tabla 04. Datos de densidad aparente para entrenamiento SVR
Fuente. Elaboración propia

Los valores de densidad aparente de las primeras 30 muestras serán consideradas para el modelamiento predictivo de la resistencia a la compresión de los ladrillos, y los valores de las siguientes 30 muestras serán consideradas para el modelamiento predictivo de la absorción de los ladrillos; en tanto para el modelamiento predictivo de la variación dimensional y alabeo de los ladrillos, se considerarán el total de los valores obtenidos de las 60 muestras de ladrillos.

5.2.1.5.2. Color

El color de los ladrillos refleja el grado de cocción que tuvo cada unidad, así como el tipo de arcilla utilizado; en ese aspecto esta característica incide en las propiedades mecánicas y físicas de las unidades de albañilería.

Tomando en consideración lo vertido, procedemos a evaluar la coloración de la muestra de los ladrillos para el entrenamiento del modelamiento.



Figura 04. Coloración de ladrillos King Kong de Sapallanga - Huancayo
Fuente. Elaboración propia

- **Herramienta de selección de color**

Para la selección del color de los ladrillos, utilizamos la herramienta digital “Selector de código de color”, la cual obtiene el código de color hexadecimal a partir de una imagen; para lo cual nos apoyamos de la herramienta digital online de la página web <https://www.site24x7.com/es/tools/selector-de-codigo-color.html>. Los códigos HEX sirven para definir colores en entornos de programación HTML y CSS.



Figura 05. Herramienta Digital Online de selección de código de color
Fuente. <https://www.site24x7.com/es/tools/selector-de-codigo-color.html>

















Los códigos HEX de color presentan seis dígitos que expresan tres bytes números hexadecimal; cada byte o par de caracteres en el código HEX representa la intensidad de rojo, verde y azul en el color, respectivamente.


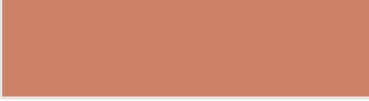
















Los valores de bytes código HEX varían desde 00 hasta FF, siendo el 00 el nivel más alto de intensidad, y el FF el nivel más bajo de intensidad; los dígitos del nivel de la intensidad corresponden a (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, a, b, c, d, e, f).

De acuerdo a la coloración típica en los ladrillos King Kong producidos en el distrito de Sapallanga, encontramos variación de colores, que corresponden a los códigos que se detallan en la siguiente tabla; es preciso indicar que el valor de “X” comprende a los valores de (1-F).

Código HEX	Color
#8X6X6X	

Código HEX	Color
#9X6X5X	
#9X6X6X	
#9X7X6X	
#aX6X5X	
#aX6X6X	
#aX7X6X	
#bX6X4X	
#bX6X5X	
#bX7X5X	
#bX7X6X	
#bX7X7X	
#bX8X6X	
#bX8X7X	
#bX8X8X	
#cX7X4X	
#cX7X5X	

Código HEX	Color
#cX7X6X	
#cX8X6X	
#cX8X7X	
#cX8X8X	
#cX9X8X	
#dX7X4X	
#dX7X5X	
#dX8X5X	
#dX8X6X	
#dX8X7X	
#dX9X6X	
#dX9X7X	
#dX9X8X	
#eX9X6X	
#eX9X7X	
#eX9X8X	


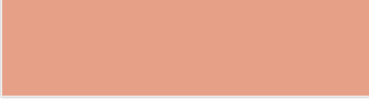

Código HEX	Color
#eXaX7X	
#eXaX8X	
#fXaX7X	

Tabla 05. Códigos de color característicos de ladrillos King kong
Fuente. <https://www.site24x7.com/es/tools/selector-de-codigo-color.html>

- **Selección de color de las unidades de ladrillos**

Para la selección del código de color de las unidades de albañilería para el entrenamiento del SVR utilizamos la herramienta digital “Selector de código de color” del sitio web <https://www.site24x7.com/es/tools/selector-de-codigo-color.html>.

Ante ello, se procedió a determinar los códigos de colores mediante las imágenes de los ladrillos cargadas a la plataforma, en ese aspecto los códigos identificados se detallan en la siguiente tabla.

Espécimen	Código de color HEX
1	#eX9X8X
2	#dX9X8X
3	#cX8X8X
4	#eX9X7X
5	#bX8X8X
6	#cX8X7X
7	#dX8X7X
8	#dX8X6X
9	#dX8X5X

Espécimen	Código de color HEX
10	#dX9X8X
11	#cX8X8X
12	#dX9X8X
13	#cX8X7X
14	#eX9X7X
15	#bX8X7X
16	#dX9X7X
17	#dX8X6X
18	#dX9X6X
19	#dX8X6X
20	#cX8X7X
21	#dX8X7X
22	#eX9X7X
23	#eX9X7X
24	#dX8X7X
25	#dX8X7X
26	#cX8X6X
27	#dX8X6X
28	#dX8X5X
29	#cX7X5X
30	#eX9X7X
31	#eX9X7X
32	#eX9X7X
33	#dX8X7X
34	#cX8X7X
35	#dX8X6X

Espécimen	Código de color HEX
36	#dX8X6X
37	#dX9X6X
38	#cX7X6X
39	#cX7X5X
40	#bX6X4X
41	#cX8X6X
42	#cX7X6X
43	#bX7X6X
44	#aX6X6X
45	#9X6X6X
46	#9X7X6X
47	#aX6X5X
48	#9X6X5X
49	#aX6X5X
50	#aX6X5X
51	#cX7X6X
52	#dX8X6X
53	#eX9X6X
54	#dX9X6X
55	#cX7X5X
56	#dX8X5X
57	#cX7X5X
58	#cX7X5X
59	#dX9X6X
60	#eX9X7X

Tabla 06. Códigos de colores HEX de ladrillos para entrenamiento SVR
Fuente. Elaboración propia.

Los datos de la categorización de los colores de las primeras 30 muestras serán consideradas para el modelamiento predictivo de la resistencia a la compresión de los ladrillos, y los datos categorizados de las siguientes 30 muestras serán consideradas para el modelamiento predictivo de la absorción de los ladrillos; en tanto para el modelamiento predictivo de la variación dimensional y alabeo de los ladrillos, se considerarán el total de los datos de la categorización de los colores de las 60 muestras de ladrillos.

5.2.1.5. Cálculo de datos de salida para entrenamiento SVR

5.2.1.5.1. Prueba de resistencia a la compresión (f'_{cb})

La determinación de la resistencia a la compresión de los ladrillos se realizó en base a lo estipulado por las normas NTP 399.613 y 339.604.

- **Procedimiento de prueba de resistencia a la compresión**

Previo a la ejecución de la prueba, se realizó el refrentado con yeso de las caras opuestas del contacto de los ladrillos a fin de que las caras en donde se aplicaran las cargas presenten una superficie plana uniforme.

Se procedió a la ejecución del ensayo de los especímenes de ladrillo, mediante el uso de la máquina de ensayo.

Posteriormente se efectuó las lecturas de la resistencia máxima de compresión de cada unidad de ladrillo, en donde se presentó la rotura de las mismas.

- **Lecturas de máxima carga indicada por la máquina de ensayo**

Espécimen	Pu: Máxima Carga (Kg)
1	42500
2	41850
3	42150
4	41950
5	42260
6	43150
7	42500
8	42650
9	41890
10	41950
11	42600
12	40950
13	42150
14	43100
15	42150
16	42310
17	41950
18	42850
19	43120
20	42850
21	42500
22	43200
23	41950
24	41620
25	42850
26	42500

Espécimen	Pu: Máxima Carga (Kg)
27	42690
28	43150
29	42850
30	43100

Tabla 07. Data de lecturas de máximas cargas de compresión de ladrillos
Fuente. Norma E-070 - RNE

- **Cálculo de la resistencia a la compresión**

Para el cálculo de la resistencia a la compresión se hace uso de la siguiente formula.

$$f_b = \frac{Pu}{A}$$

Donde:

- f_b : Resistencia a la compresión de espécimen en Kg/cm²
- Pu: Carga máxima indicada en la máquina de ensayo en Kg
- A: Promedio del área bruta de las superficies del contacto superior e inferior del espécimen en cm²

Espécimen	Área Promedio A (cm²)	Carga máxima Pu (kg)	Resistencia a la compresión fb (Kg/cm²)
1	292.21	42500	145.44
2	289.59	41850	144.51
3	288.53	42150	146.09
4	289.28	41950	145.02
5	288.97	42260	146.25
6	292.10	43150	147.72
7	291.38	42500	145.86
8	288.70	42650	147.73
9	293.04	41890	142.95

Espécimen	Área Promedio A (cm²)	Carga máxima Pu (kg)	Resistencia a la compresión fb (Kg/cm²)
10	290.75	41950	144.28
11	291.90	42600	145.94
12	292.74	40950	139.89
13	289.28	42150	145.71
14	290.32	43100	148.46
15	291.64	42150	144.53
16	289.54	42310	146.13
17	288.17	41950	145.57
18	287.33	42850	149.13
19	289.64	43120	148.87
20	287.24	42850	149.18
21	288.08	42500	147.53
22	286.35	43200	150.86
23	291.25	41950	144.04
24	291.90	41620	142.58
25	294.21	42850	145.65
26	295.91	42500	143.62
27	287.65	42690	148.41
28	285.99	43150	150.88
29	286.09	42850	149.78
30	291.79	43100	147.71
Resistencia a la compresión Promedio fb =			146.34
Desviación estándar, σ =			2.54
Resistencia a la compresión característica, f'b, en Kg/cm² =			143.81
Resistencia a la compresión característica, f'b, en MPa =			14.10

Tabla 08. Resultados de resistencia a la compresión de ladrillos
Fuente. Elaboración propia

5.2.1.5.2. Prueba de absorción

La determinación de la absorción de los ladrillos se realizó en base a lo estipulado por las normas NTP 399.613 y 339.604.

- **Procedimiento de prueba de absorción**

Para a la ejecución de la prueba, es necesario realizar la preparación de las muestras, la cual consiste en colocar los ladrillos en el horno de desecación con una temperatura de 110°C, hasta que alcancen una masa constante; después de ello serán retirados del horno y enfriados a temperatura ambiente.

Posterior a ello, se procede a pesar las muestras enfriadas, y anotar los datos de peso seco de las unidades.

Luego, se procede a sumergir las muestras en un estanque de agua destilada a temperatura de 16° a 30°C por 24 horas.

Después de ello, las muestras son sacadas de estanque y se las seca con un palo húmedo a fin de secar el agua superficial, procediéndolo a pesar, así obteniendo los datos del peso saturado de las unidades.

- **Cálculo de absorción %**

Para el cálculo de la absorción de las unidades de albañilería se hace uso de la siguiente formula.

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{W_s - W_d}{W_d} \right) * 100$$

Donde:

- W_s : Peso seco del espécimen
- W_d : peso saturado del espécimen

Espécimen	Peso seco (Ws)	Peso saturado (Wd)	Absorción (%)
1	3001.00	3395.00	13.13%
2	3001.00	3385.00	12.80%

Espécimen	Peso seco (Ws)	Peso saturado (Wd)	Absorción (%)
3	3015.00	3365.00	11.61%
4	3004.00	3425.00	14.01%
5	3010.00	3390.00	12.62%
6	3012.00	3395.00	12.72%
7	3010.00	3385.00	12.46%
8	3020.00	3365.00	11.42%
9	3012.00	3425.00	13.71%
10	3010.00	3390.00	12.62%
11	3001.00	3400.00	13.30%
12	3005.00	3395.00	12.98%
13	3010.00	3378.00	12.23%
14	3004.00	3425.00	14.01%
15	3010.00	3395.00	12.79%
16	3001.00	3400.00	13.30%
17	3001.00	3390.00	12.96%
18	3020.00	3420.00	13.25%
19	3004.00	3425.00	14.01%
20	3010.00	3390.00	12.62%
21	3010.00	3390.00	12.62%
22	3001.00	3390.00	12.96%
23	3001.00	3395.00	13.13%
24	3020.00	3420.00	13.25%
25	3004.00	3412.00	13.58%
26	3010.00	3390.00	12.62%
27	3001.00	3395.00	13.13%

Espécimen	Peso seco (Ws)	Peso saturado (Wd)	Absorción (%)
28	3010.00	3385.00	12.46%
29	3005.00	3365.00	11.98%
30	3004.00	3420.00	13.85%
Absorción Promedio =			12.94%

Tabla 09 Resultados de absorción de ladrillos
Fuente. Elaboración propia

5.2.1.5.3. Prueba de Variación Dimensional

La determinación de la variación dimensional de los ladrillos se realizó en base a lo estipulado por las normas NTP 399.613 y 339.604.

- **Dimensiones verificadas de las unidades de albañilería**

Las dimensiones que corresponden al largo, base y altura de las 10 muestras de ladrillos seleccionadas se detallan en las siguientes tablas:

Espécimen	Largo (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom
1	23.20	23.00	23.20	23.00	23.10
2	23.10	23.10	23.10	23.00	23.08
3	23.20	23.10	23.30	23.10	23.18
4	23.00	23.00	23.10	23.10	23.05
5	22.90	23.00	23.10	23.10	23.03
6	23.00	23.00	22.90	23.10	23.00
7	23.10	23.10	23.20	23.10	23.13
8	23.10	23.10	23.00	23.00	23.05
9	23.20	23.50	23.30	23.40	23.35
10	23.20	23.10	23.00	23.00	23.08

Espécimen	Largo (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom
11	23.00	23.00	23.10	23.20	23.08
12	23.10	23.00	23.00	23.10	23.05
13	23.10	23.00	23.10	23.00	23.05
14	23.10	22.90	23.00	22.80	22.95
15	23.20	23.00	23.10	23.10	23.10
16	23.00	23.00	23.10	23.00	23.03
17	23.00	23.20	23.00	23.20	23.10
18	23.00	23.10	23.10	23.30	23.13
19	23.10	23.10	23.20	23.10	23.13
20	22.90	23.00	23.10	23.10	23.03
21	23.00	22.90	23.00	23.10	23.00
22	23.00	23.10	22.90	23.00	23.00
23	23.30	23.20	23.40	23.30	23.30
24	23.10	23.00	23.20	23.00	23.08
25	23.20	23.00	23.10	23.00	23.08
26	23.40	23.20	23.20	23.40	23.30
27	22.80	22.80	22.90	23.00	22.88
28	22.80	22.90	23.00	23.00	22.93
29	23.10	23.00	22.90	23.10	23.03
30	23.40	23.20	23.30	23.10	23.25
31	23.00	23.00	23.10	23.00	23.03
32	23.40	23.30	23.20	23.40	23.33
33	23.20	23.10	23.20	23.00	23.13
34	23.30	23.40	23.40	23.10	23.30
35	23.20	23.10	23.00	23.10	23.10

Espécimen	Largo (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom
36	23.10	23.00	23.30	23.20	23.15
37	23.30	23.20	23.40	23.30	23.30
38	23.00	22.90	22.80	22.80	22.88
39	23.00	23.10	22.90	22.80	22.95
40	23.00	23.10	23.20	23.00	23.08
41	23.30	23.10	23.30	23.00	23.18
42	23.10	23.20	23.30	23.00	23.15
43	23.10	23.00	23.00	23.10	23.05
44	23.30	23.30	23.20	23.20	23.25
45	23.10	23.00	23.10	23.00	23.05
46	23.30	23.30	23.40	23.40	23.35
47	23.00	23.20	23.10	23.10	23.10
48	22.80	23.00	23.10	22.90	22.95
49	23.30	23.40	23.40	23.40	23.38
50	23.20	23.00	23.20	22.80	23.05
51	23.10	23.00	23.30	23.00	23.10
52	23.30	23.10	23.20	23.10	23.18
53	23.40	23.00	23.00	23.10	23.13
54	22.80	23.00	22.90	23.10	22.95
55	23.00	23.00	23.10	23.20	23.08
56	23.00	23.00	23.10	23.20	23.08
57	22.80	22.70	23.20	23.10	22.95
58	23.10	23.10	23.00	23.10	23.08
59	23.20	23.10	23.20	23.00	23.13
60	23.00	22.80	23.00	22.80	22.90

Espécimen	Largo (cm)				
	L1	L2	L3	L4	Lprom
Total, promedio L_p					23.10

Tabla 10. Verificación dimensional del largo de los especímenes.
Fuente. Elaboración propia

Espécimen	Base (cm)				
	B1	B2	B3	B4	Bprom
1	12.70	12.80	12.50	12.60	12.65
2	12.50	12.50	12.60	12.60	12.55
3	12.40	12.50	12.50	12.40	12.45
4	12.50	12.60	12.50	12.60	12.55
5	12.50	12.60	12.50	12.60	12.55
6	12.60	12.70	12.80	12.70	12.70
7	12.70	12.60	12.50	12.60	12.60
8	12.50	12.50	12.50	12.60	12.53
9	12.50	12.60	12.60	12.50	12.55
10	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60
11	12.60	12.70	12.70	12.60	12.65
12	12.70	12.80	12.70	12.60	12.70
13	12.50	12.50	12.60	12.60	12.55
14	12.60	12.60	12.70	12.70	12.65
15	12.50	12.70	12.70	12.60	12.63
16	12.50	12.50	12.60	12.70	12.58
17	12.50	12.40	12.50	12.50	12.48
18	12.40	12.50	12.40	12.40	12.43
19	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53
20	12.40	12.40	12.50	12.60	12.48
21	12.50	12.50	12.60	12.50	12.53

Espécimen	Base (cm)				
	B1	B2	B3	B4	Bprom
22	12.50	12.50	12.40	12.40	12.45
23	12.50	12.60	12.40	12.50	12.50
24	12.60	12.70	12.70	12.60	12.65
25	12.70	12.80	12.80	12.70	12.75
26	12.60	12.80	12.70	12.70	12.70
27	12.60	12.50	12.60	12.60	12.58
28	12.50	12.40	12.50	12.50	12.48
29	12.50	12.40	12.40	12.40	12.43
30	12.60	12.60	12.50	12.50	12.55
31	12.40	12.30	12.40	12.30	12.35
32	12.50	12.50	12.40	12.50	12.48
33	12.50	12.40	12.40	12.40	12.43
34	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
35	12.50	12.50	12.60	12.60	12.55
36	12.50	12.60	12.60	12.50	12.55
37	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53
38	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53
39	12.60	12.70	12.80	12.70	12.70
40	12.60	12.80	12.80	12.70	12.73
41	12.70	12.80	12.70	12.70	12.73
42	12.60	12.50	12.60	12.60	12.58
43	12.60	12.60	12.60	12.70	12.63
44	12.60	12.60	12.70	12.80	12.68
45	12.50	12.50	12.40	12.40	12.45
46	12.50	12.40	12.40	12.40	12.43

Especimen	Base (cm)				
	B1	B2	B3	B4	B _{prom}
47	12.60	12.50	12.50	12.60	12.55
48	12.60	12.60	12.50	12.60	12.58
49	12.40	12.50	12.50	12.50	12.48
50	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53
51	12.50	12.50	12.60	12.50	12.53
52	12.40	12.40	12.50	12.40	12.43
53	12.50	12.50	12.60	12.50	12.53
54	12.30	12.40	12.40	12.30	12.35
55	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50
56	12.70	12.60	12.60	12.60	12.63
57	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53
58	12.40	12.50	12.40	12.50	12.45
59	12.40	12.50	12.40	12.40	12.43
60	12.50	12.60	12.50	12.60	12.55
Total, promedio B_p					12.55

Tabla 11. Verificación dimensional de la base de los especímenes.
Fuente. Elaboración propia

Especimen	Altura (cm)				
	H1	H2	H3	H4	H _{prom}
1	9.10	9.20	9.20	9.10	9.15
2	9.00	9.10	9.10	9.10	9.08
3	9.00	9.10	9.10	9.20	9.10
4	9.10	9.10	9.20	9.30	9.18
5	9.20	9.30	9.30	9.20	9.25
6	9.30	9.30	9.30	9.20	9.28
7	9.20	9.30	9.20	9.20	9.23

Espécimen	Altura (cm)				
	H1	H2	H3	H4	H_{prom}
8	9.30	9.10	9.10	9.20	9.18
9	9.20	9.10	9.10	9.00	9.10
10	9.00	9.10	9.10	9.20	9.10
11	9.00	9.10	9.20	9.20	9.13
12	9.10	9.10	9.10	9.10	9.10
13	9.20	9.20	9.10	9.10	9.15
14	9.20	9.20	9.10	9.10	9.15
15	9.30	9.20	9.10	9.00	9.15
16	9.00	9.10	9.10	9.00	9.05
17	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
18	9.20	9.20	9.20	9.10	9.18
19	9.20	9.20	9.30	9.20	9.23
20	9.20	9.20	9.10	9.20	9.18
21	9.20	9.30	9.20	9.30	9.25
22	9.20	9.30	9.30	9.30	9.28
23	9.20	9.20	9.30	9.20	9.23
24	9.10	9.10	9.20	9.20	9.15
25	9.10	9.10	9.10	9.10	9.10
26	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20
27	9.20	9.10	9.10	9.20	9.15
28	9.30	9.40	9.30	9.40	9.35
29	9.20	9.20	9.10	9.20	9.18
30	9.10	9.10	9.00	9.10	9.08
31	9.20	9.10	9.10	9.20	9.15
32	9.10	9.00	9.00	9.10	9.05

Especimen	Altura (cm)				
	H1	H2	H3	H4	H _{prom}
33	9.20	9.20	9.30	9.30	9.25
34	9.20	9.10	9.10	9.20	9.15
35	9.20	9.10	9.00	9.10	9.10
36	9.10	9.20	9.10	9.20	9.15
37	9.00	9.20	9.20	9.10	9.13
38	9.00	9.10	9.20	9.10	9.10
39	9.10	9.20	9.20	9.20	9.18
40	9.10	9.10	9.20	9.20	9.15
41	9.00	9.20	9.20	9.30	9.18
42	9.00	9.20	9.10	9.10	9.10
43	9.00	9.10	9.20	9.10	9.10
44	9.00	9.10	9.20	9.20	9.13
45	9.10	9.20	9.10	9.20	9.15
46	9.10	9.20	9.20	9.10	9.15
47	9.00	9.10	9.10	9.00	9.05
48	9.00	9.10	9.10	9.00	9.05
49	9.00	9.10	9.00	9.00	9.03
50	9.20	9.10	9.10	9.10	9.13
51	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
52	9.00	9.00	9.10	9.00	9.03
53	9.10	9.10	9.00	9.00	9.05
54	9.00	9.00	9.10	9.10	9.05
55	9.00	9.00	9.10	9.10	9.05
56	9.00	9.10	9.10	9.10	9.08
57	9.10	9.10	9.00	9.00	9.05

Especímen	Altura (cm)				
	H1	H2	H3	H4	H _{prom}
58	9.00	9.10	9.10	9.00	9.05
59	9.10	9.00	9.00	9.00	9.03
60	9.00	9.00	9.10	9.00	9.03
Total, promedio H_p					9.13

Tabla 12. Verificación dimensional de la altura de los especímenes.

Fuente. Elaboración propia

- **Cálculo de la variación dimensional porcentual**

La variación dimensional porcentual del largo, base y altura de las unidades de albañilería examinadas vienen a ser determinadas mediante las siguientes formulas:

- Variación dimensional porcentual del largo de ladrillo

$$V(L)\% = 100 \times \frac{(Le - Lp)}{Le}$$

Donde:

Le = Largo especificado por el fabricante

Lp = Largo promedio de las muestras examinadas

Especímen	Largo prom. Unidad (cm)	Largo especificado (cm)	Variación dimensional (%)
1	23.10	23.00	-0.43%
2	23.08	23.00	-0.33%
3	23.18	23.00	-0.76%
4	23.05	23.00	-0.22%
5	23.03	23.00	-0.11%
6	23.00	23.00	0.00%
7	23.13	23.00	-0.54%
8	23.05	23.00	-0.22%
9	23.35	23.00	-1.52%

Espécimen	Largo prom. Unidad (cm)	Largo especificado (cm)	Variación dimensional (%)
10	23.08	23.00	-0.33%
11	23.08	23.00	-0.33%
12	23.05	23.00	-0.22%
13	23.05	23.00	-0.22%
14	22.95	23.00	0.22%
15	23.10	23.00	-0.43%
16	23.03	23.00	-0.11%
17	23.10	23.00	-0.43%
18	23.13	23.00	-0.54%
19	23.13	23.00	-0.54%
20	23.03	23.00	-0.11%
21	23.00	23.00	0.00%
22	23.00	23.00	0.00%
23	23.30	23.00	-1.30%
24	23.08	23.00	-0.33%
25	23.08	23.00	-0.33%
26	23.30	23.00	-1.30%
27	22.88	23.00	0.54%
28	22.93	23.00	0.33%
29	23.03	23.00	-0.11%
30	23.25	23.00	-1.09%
31	23.03	23.00	-0.11%
32	23.33	23.00	-1.41%
33	23.13	23.00	-0.54%
34	23.30	23.00	-1.30%

Espécimen	Largo prom. Unidad (cm)	Largo especificado (cm)	Variación dimensional (%)
35	23.10	23.00	-0.43%
36	23.15	23.00	-0.65%
37	23.30	23.00	-1.30%
38	22.88	23.00	0.54%
39	22.95	23.00	0.22%
40	23.08	23.00	-0.33%
41	23.18	23.00	-0.76%
42	23.15	23.00	-0.65%
43	23.05	23.00	-0.22%
44	23.25	23.00	-1.09%
45	23.05	23.00	-0.22%
46	23.35	23.00	-1.52%
47	23.10	23.00	-0.43%
48	22.95	23.00	0.22%
49	23.38	23.00	-1.63%
50	23.05	23.00	-0.22%
51	23.10	23.00	-0.43%
52	23.18	23.00	-0.76%
53	23.13	23.00	-0.54%
54	22.95	23.00	0.22%
55	23.08	23.00	-0.33%
56	23.08	23.00	-0.33%
57	22.95	23.00	0.22%
58	23.08	23.00	-0.33%
59	23.13	23.00	-0.54%

Espécimen	Largo prom. Unidad (cm)	Largo especificado (cm)	Variación dimensional (%)
60	22.90	23.00	0.43%
Variación Dimensional Largo Promedio =			-0.42%

Tabla 13. Variación dimensional del largo de los especímenes.
Fuente. Elaboración propia

- Variación dimensional porcentual de la base de ladrillo

$$V(B)\% = 100 \times \frac{(Be - Bp)}{Be}$$

Donde:

Be = Base especificada por el fabricante

Bp = Base promedio de las muestras examinadas

Espécimen	Base prom. Unidad (cm)	Base especificada (cm)	Variación dimensional (%)
1	12.65	12.50	-1.20%
2	12.55	12.50	-0.40%
3	12.45	12.50	0.40%
4	12.55	12.50	-0.40%
5	12.55	12.50	-0.40%
6	12.70	12.50	-1.60%
7	12.60	12.50	-0.80%
8	12.53	12.50	-0.20%
9	12.55	12.50	-0.40%
10	12.60	12.50	-0.80%
11	12.65	12.50	-1.20%
12	12.70	12.50	-1.60%
13	12.55	12.50	-0.40%
14	12.65	12.50	-1.20%

Espécimen	Base prom. Unidad (cm)	Base especificada (cm)	Variación dimensional (%)
15	12.63	12.50	-1.00%
16	12.58	12.50	-0.60%
17	12.48	12.50	0.20%
18	12.43	12.50	0.60%
19	12.53	12.50	-0.20%
20	12.48	12.50	0.20%
21	12.53	12.50	-0.20%
22	12.45	12.50	0.40%
23	12.50	12.50	0.00%
24	12.65	12.50	-1.20%
25	12.75	12.50	-2.00%
26	12.70	12.50	-1.60%
27	12.58	12.50	-0.60%
28	12.48	12.50	0.20%
29	12.43	12.50	0.60%
30	12.55	12.50	-0.40%
31	12.35	12.50	1.20%
32	12.48	12.50	0.20%
33	12.43	12.50	0.60%
34	12.50	12.50	0.00%
35	12.55	12.50	-0.40%
36	12.55	12.50	-0.40%
37	12.53	12.50	-0.20%
38	12.53	12.50	-0.20%
39	12.70	12.50	-1.60%

Espécimen	Base prom. Unidad (cm)	Base especificada (cm)	Variación dimensional (%)
40	12.73	12.50	-1.80%
41	12.73	12.50	-1.80%
42	12.58	12.50	-0.60%
43	12.63	12.50	-1.00%
44	12.68	12.50	-1.40%
45	12.45	12.50	0.40%
46	12.43	12.50	0.60%
47	12.55	12.50	-0.40%
48	12.58	12.50	-0.60%
49	12.48	12.50	0.20%
50	12.53	12.50	-0.20%
51	12.53	12.50	-0.20%
52	12.43	12.50	0.60%
53	12.53	12.50	-0.20%
54	12.35	12.50	1.20%
55	12.50	12.50	0.00%
56	12.63	12.50	-1.00%
57	12.53	12.50	-0.20%
58	12.45	12.50	0.40%
59	12.43	12.50	0.60%
60	12.55	12.50	-0.40%
Variación Dimensional Base Promedio =			-0.37%

Tabla 14. Variación dimensional del ancho de los especímenes.

Fuente. Elaboración propia

- Variación dimensional porcentual de la altura de ladrillo

$$V(H)\% = 100 \times \frac{(He - Hp)}{He}$$

Donde:

He = Altura especificada por el fabricante

Hp = Altura promedio de las muestras examinadas

Espécimen	Altura prom. Unidad (cm)	Altura especificada (cm)	Variación dimensional (%)
1	9.15	9.00	-1.67%
2	9.08	9.00	-0.83%
3	9.10	9.00	-1.11%
4	9.18	9.00	-1.94%
5	9.25	9.00	-2.78%
6	9.28	9.00	-3.06%
7	9.23	9.00	-2.50%
8	9.18	9.00	-1.94%
9	9.10	9.00	-1.11%
10	9.10	9.00	-1.11%
11	9.13	9.00	-1.39%
12	9.10	9.00	-1.11%
13	9.15	9.00	-1.67%
14	9.15	9.00	-1.67%
15	9.15	9.00	-1.67%
16	9.05	9.00	-0.56%
17	9.00	9.00	0.00%
18	9.18	9.00	-1.94%
19	9.23	9.00	-2.50%
20	9.18	9.00	-1.94%
21	9.25	9.00	-2.78%
22	9.28	9.00	-3.06%

Espécimen	Altura prom. Unidad (cm)	Altura especificada (cm)	Variación dimensional (%)
23	9.23	9.00	-2.50%
24	9.15	9.00	-1.67%
25	9.10	9.00	-1.11%
26	9.20	9.00	-2.22%
27	9.15	9.00	-1.67%
28	9.35	9.00	-3.89%
29	9.18	9.00	-1.94%
30	9.08	9.00	-0.83%
31	9.15	9.00	-1.67%
32	9.05	9.00	-0.56%
33	9.25	9.00	-2.78%
34	9.15	9.00	-1.67%
35	9.10	9.00	-1.11%
36	9.15	9.00	-1.67%
37	9.13	9.00	-1.39%
38	9.10	9.00	-1.11%
39	9.18	9.00	-1.94%
40	9.15	9.00	-1.67%
41	9.18	9.00	-1.94%
42	9.10	9.00	-1.11%
43	9.10	9.00	-1.11%
44	9.13	9.00	-1.39%
45	9.15	9.00	-1.67%
46	9.15	9.00	-1.67%
47	9.05	9.00	-0.56%

Espécimen	Altura prom. Unidad (cm)	Altura especificada (cm)	Variación dimensional (%)
48	9.05	9.00	-0.56%
49	9.03	9.00	-0.28%
50	9.13	9.00	-1.39%
51	9.00	9.00	0.00%
52	9.03	9.00	-0.28%
53	9.05	9.00	-0.56%
54	9.05	9.00	-0.56%
55	9.05	9.00	-0.56%
56	9.08	9.00	-0.83%
57	9.05	9.00	-0.56%
58	9.05	9.00	-0.56%
59	9.03	9.00	-0.28%
60	9.03	9.00	-0.28%
Variación Dimensional Altura Promedio =			-1.43%

Tabla 15. Variación dimensional de altura de los especímenes.
Fuente. Elaboración propia

Respecto a ello, la variación dimensional de las unidades de albañilería se resume en la siguiente tabla.

	Largo	Base	Altura
Dim. especificada (cm)	Le = 23.10	Be = 12.55	He = 9.13
Dim. promedio (cm)	Lp = 23.00	Bp = 12.50	Hp = 9.00
Variación dimensional porcentual (%)	-0.4 %	-0.4 %	-1.4 %

Tabla 16. Cálculo de la variación dimensional porcentual.
Fuente. Elaboración propia

5.2.1.5.4. Prueba de alabeo

La determinación del alabeo de los ladrillos se realizó en base a lo estipulado por la norma NTP 399.613.

- **Alabeo verificado en las unidades de albañilería**

El alabeo verificado de las 60 muestras de ladrillos seleccionadas se detalla en la siguiente tabla:

Espécimen	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
1	1.20	0.00
2	2.10	0.00
3	1.20	0.00
4	2.20	0.80
5	1.00	0.00
6	2.00	2.00
7	2.20	0.00
8	1.50	0.00
9	2.20	0.00
10	0.00	1.50
11	2.00	1.20
12	0.00	1.20
13	2.20	1.30
14	2.20	1.30
15	2.50	0.00
16	1.20	1.00
17	0.80	0.80
18	1.00	0.00
19	0.00	0.80
20	0.00	0.50
21	0.50	0.00
22	0.20	0.80

Espécimen	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
23	0.20	0.00
24	0.00	0.20
25	0.50	0.00
26	1.50	0.00
27	2.00	0.00
28	1.80	0.00
29	0.00	0.00
30	0.40	0.50
31	0.00	0.00
32	0.20	0.20
33	0.20	0.20
34	0.50	0.00
35	1.20	0.20
36	1.00	0.00
37	1.20	0.00
38	1.00	0.20
39	1.20	1.80
40	2.00	1.50
41	1.20	0.00
42	1.20	1.00
43	1.50	0.00
44	1.20	0.00
45	1.40	0.00
46	0.00	0.50
47	0.00	0.00
48	0.00	0.80

Espécimen	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
49	1.20	2.00
50	2.20	0.00
51	1.50	0.00
52	1.20	0.00
53	0.60	0.80
54	0.20	0.80
55	0.00	0.00
56	1.60	0.00
57	1.60	0.00
58	0.00	1.20
59	1.20	0.00
60	2.20	0.00
Promedio	1.05	0.42

Tabla 17. Cuadro de alabeo de ladrillos.
Fuente. Elaboración propia

5.2.2. Implementación de SVR para la clasificación de la calidad de la resistencia a la compresión de ladrillos

5.2.2.1. Modelamiento de SVR para predicción de la resistencia a la compresión de ladrillos

El modelamiento de SVR (Support Vector Regression) basado en el principio de las máquinas de soporte vectorial, nos permitirá predecir valores continuos, para este caso específico, la predicción del valor de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería.

Al respecto, la herramienta utilizada para el modelamiento, es el lenguaje de programación Python con la implementación de la biblioteca scikit-learn.

```
bash Copiar código  
  
pip install pandas scikit-learn
```

Figura 06. Instalación de biblioteca scikit-learn en Python
Fuente. Elaboración propia

```
python Copiar código  
  
import pandas as pd  
from sklearn.model_selection import train_test_split  
from sklearn.preprocessing import StandardScaler  
from sklearn.svm import SVR  
from sklearn.metrics import mean_squared_error  
import numpy as np
```

Figura 07. Importación de librería para Máquina de Soporte Vectorial para Regresión SVR en Python
Fuente. Elaboración propia

Con la instalación de la biblioteca scikit-learn, implementaremos la máquina de soporte vectorial para predecir el valor de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería del distrito de Sapallanga de la región Huancayo. El proceso para el modelamiento se realiza según lo siguiente:

```

python 📄 Copiar código

import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.svm import SVR
from sklearn.metrics import mean_squared_error
import numpy as np

# Cargar los datos (asegúrate de tener un archivo CSV con tus datos)
# El archivo CSV debe tener columnas como: 'densidad', 'color', 'resistencia'
data = pd.read_csv('datos_ladrillo.csv')

# Preprocesar el color (convertir a números si es necesario)
# Supongamos que el color es categórico (rojo, amarillo, etc.)
data['color'] = data['color'].astype('category').cat.codes

# Seleccionar características y variable objetivo
X = data[['densidad', 'color']]
y = data['resistencia']

# Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.1, random_state=42)

# Escalar las características
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)

# Crear y entrenar el modelo SVM
model = SVR(kernel='linear') # Puedes probar con otros kernels como 'rbf', 'poly', etc.
model.fit(X_train, y_train)

# Hacer predicciones
y_pred = model.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print(f'Root Mean Squared Error: {rmse:.2f}')

# Mostrar algunas predicciones
predicciones_df = pd.DataFrame({'Actual': y_test, 'Predicción': y_pred})
print(predicciones_df.head())

```

Figura 08. Modelamiento SVR (Python) – predicción de Resistencia a la Compresión
Fuente. Elaboración propia

El detalle y explicación del modelamiento de la máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) se describe a continuación:

i. Recolección de datos

El modelamiento para el desarrollo del algoritmo de la máquina de soporte vectorial para regresión a fin de predecir la resistencia a la compresión de los ladrillos (variable de salida), en base a las características de densidad aparente y color (variables de entrada), se efectuó para una muestra de 30 unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo; en ese aspecto, las variables correspondientes son:

- **Variables de Entrada:** Reúne los datos sobre las características de los ladrillos; para el presente estudio se consideró las características de densidad aparente y color de la muestra de 30 ladrillos seleccionados. Los cuales se detallan en las siguientes figuras.

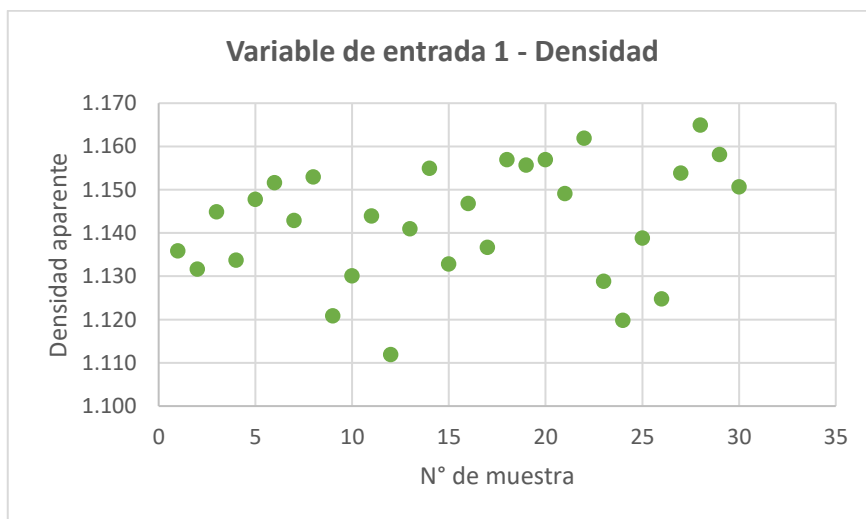


Figura 09. Dispersión de Datos (Densidad aparente) de muestra para predicción de resistencia a la compresión de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

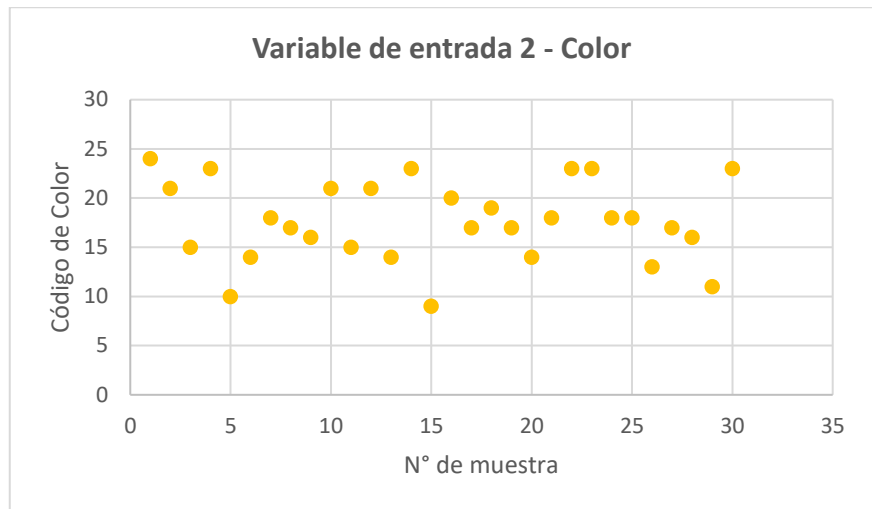


Figura 10. Dispersión de Datos (Color) de muestra para predicción de resistencia a la compresión de ladrillos.
Fuente. Elaboración propia

- **Variable de Salida:** La resistencia a la compresión de cada unidad de albañilería de la muestra de 30 ladrillos seleccionados, los cuales se muestran en la siguiente figura.

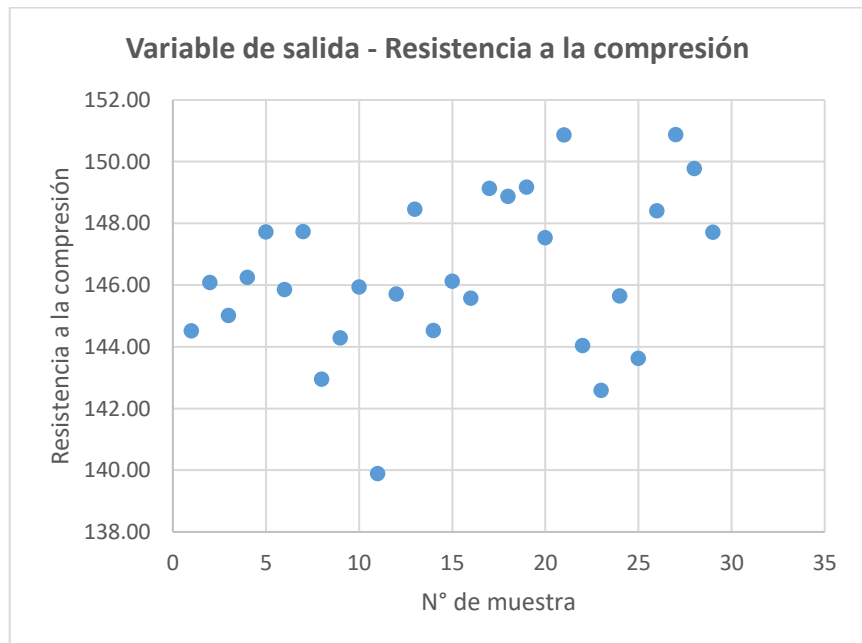


Figura 11. Dispersión de Datos (Resistencia a la compresión) de muestra para predicción de resistencia a la compresión de ladrillos.
Fuente. Elaboración propia

Sobre los datos obtenidos, estos deben de estar contenidos en un archivo de lectura (CSV), con las columnas de; “densidad”, “color”,

y “resistencia”, el cual posteriormente es cargado en el lenguaje de programación Python.

```
# Cargar los datos (asegúrate de tener un archivo CSV con tus datos)
# El archivo CSV debe tener columnas como: 'densidad', 'color', 'resistencia'
data = pd.read_csv('datos_ladrillo.csv')
```

Figura 12. Ingreso de datos de entrada y salida para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

ii. Preprocesamiento de Datos.

Convierte el dato de color de categórico a numérico usando códigos.

```
# Preprocesar el color (convertir a números si es necesario)
data['color'] = data['color'].astype('category').cat.codes
```

Figura 13. Preprocesamiento de los datos para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

iii. Selección de características.

Se selecciona la data de las variables de entrada (densidad, color) para “x”, y la data de la variable de salida (resistencia) para “y”.

```
# Seleccionar características y variable objetivo
X = data[['densidad', 'color']]
y = data['resistencia']
```

Figura 14. Selección de características para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

iv. División de datos.

Se dividen los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba (80/20).

```
# Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

Figura 15. División de datos para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

v. Escalado.

Las características se escalan para mejorar la precisión del modelo.

```
# Escalar las características
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
```

Figura 16. Escalado de características para modelamiento

Fuente. Elaboración propia

vi. Entrenamiento del modelo SVR

- **Seleccionar un Kernel:** Se escoge un tipo de kernel (lineal, polinómico, radial, etc) que se ajuste a la naturaleza de los datos. Respecto a la selección de kernel, se puede experimentar probando los diferentes tipos y observando el que mejor se adecua en la optimización del modelo.
- **Entrenar el modelo:** Se usa el conjunto de entrenamiento para ajustar el modelo SVR a los datos. Esto implica optimizar los parámetros del modelo para minimizar el error.

```
# Crear y entrenar el modelo SVM
model = SVR(kernel='linear') # Puedes probar con otros kernels como 'rbf', 'poly', etc.
model.fit(X_train, y_train)
```

Figura 17. Selección de kernel y entrenamiento de modelo

Fuente. Elaboración propia

vii. Predicción y Evaluación del modelo

Se realizan predicciones y se evalúa el modelo usando MSE

- **Predicción:** Se procede al uso del modelo entrenado para predecir la resistencia a la compresión del conjunto de prueba.
- **Métricas de evaluación:** Calcula métricas como el error cuadrático medio (MSE) o la correlación para evaluar el rendimiento del modelo.

```

# Hacer predicciones
y_pred = model.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print(f'Root Mean Squared Error: {rmse:.2f}')

```

Figura 18. Predicción y Evaluación de modelamiento SVR
Fuente. Elaboración propia

viii. Predicción final

Una vez satisfecho con el rendimiento del modelo, se utiliza el modelamiento SVR para predecir la resistencia a la compresión de nuevos ladrillos basándose en las características de densidad aparente y color. En este caso, utilizamos el modelamiento en una muestra de 30 unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo.

```

# Mostrar algunas predicciones
predicciones_df = pd.DataFrame({'Actual': y_test, 'Predicción': y_pred})
print(predicciones_df.head())

```

Figura 19. Lenguaje para mostrar predicciones del modelamiento SVR
Fuente. Elaboración propia

Del modelamiento SVR para la predicción de la resistencia a la compresión de ladrillos, se obtiene lo siguiente.

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
1	1.136	#eX9X8X	146.03
2	1.132	#dX9X8X	145.32
3	1.145	#cX8X8X	146.27
4	1.134	#eX9X7X	145.54
5	1.148	#bX8X8X	146.30
6	1.152	#cX8X7X	146.80

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
7	1.143	#dX8X7X	146.13
8	1.153	#dX8X6X	146.78
9	1.121	#dX8X5X	145.01
10	1.130	#dX9X8X	145.60
11	1.144	#cX8X8X	146.12
12	1.112	#dX9X8X	143.72
13	1.141	#cX8X7X	146.18
14	1.155	#eX9X7X	147.02
15	1.133	#bX8X7X	145.87
16	1.147	#dX9X7X	147.00
17	1.137	#dX8X6X	146.20
18	1.157	#dX9X6X	147.50
19	1.156	#dX8X6X	147.10
20	1.157	#cX8X7X	147.12
21	1.149	#dX8X7X	146.42
22	1.162	#eX9X7X	148.01
23	1.129	#eX9X7X	145.84
24	1.120	#dX8X7X	145.00
25	1.139	#dX8X7X	145.92
26	1.125	#cX8X6X	145.10
27	1.154	#dX8X6X	146.80
28	1.165	#dX8X5X	148.40
29	1.158	#cX7X5X	148.29
30	1.151	#eX9X7X	146.80

Tabla 18. Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto a la resistencia a la compresión del ladrillo.

Fuente. Elaboración propia

5.2.2.2. Evaluación comparativa entre resultados de SVR y resultados experimentales sobre la resistencia a la compresión de ladrillos

Teniendo en cuenta los resultados de la resistencia a la compresión predichos por el modelamiento SVR, efectuamos la comparación de dichos

resultados, con los valores obtenidos experimentalmente; los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Especimen	Resistencia a la compresión (f_b)	
	Experimental (Kg/cm ²)	SVR (Kg/cm ²)
01	145.44	146.03
02	144.51	145.32
03	146.09	146.27
04	145.02	145.54
05	146.25	146.30
06	147.72	146.80
07	145.86	146.13
08	147.73	146.78
09	142.95	145.01
10	144.28	145.60
11	145.94	146.12
12	139.89	143.72
13	145.71	146.18
14	148.46	147.02
15	144.53	145.87
16	146.13	147.00
17	145.57	146.20
18	149.13	147.50
19	148.87	147.10
20	149.18	147.12
21	147.53	146.42
22	150.86	148.01
23	144.04	145.84
24	142.58	145.00
25	145.65	145.92
26	143.62	145.10
27	148.41	146.80
28	150.88	148.40
29	149.78	148.29
30	147.71	146.80

Especimen	Resistencia a la compresión (f_b)	
	Experimental (Kg/cm ²)	SVR (Kg/cm ²)
Promedio	146.34	146.34
Desv. Estándar	2.535	1.020

Tabla 19. Cuadro comparativo de resultados experimentales y modelamiento SVR respecto a la resistencia a la compresión del ladrillo

Fuente. Elaboración propia

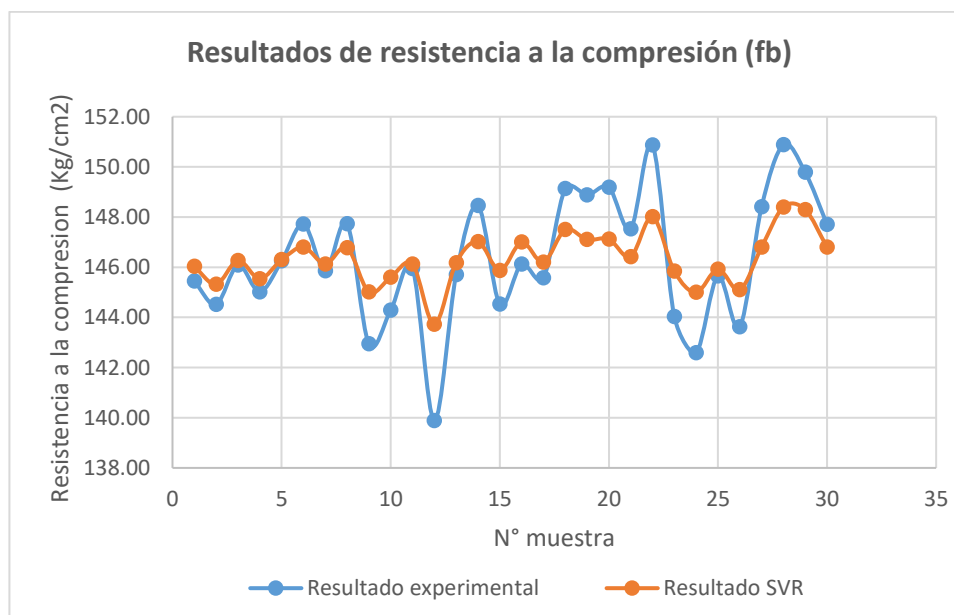


Figura 20. Gráfico comparativo de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos
Fuente. Elaboración propia

5.2.2.3. Análisis de correlación de parámetro de calidad de resistencia a la compresión de ladrillo.

Efectuamos el análisis estadístico mediante el software SPSS de los resultados de la máquina de soporte vectorial en relación a la resistencia a la compresión de los ladrillos. En ese aspecto evaluamos las variables que a continuación se detallan.

X: Resultado de Resistencia a la Compresión (implementación SVR)

Y: Resultado de Resistencia a la compresión (Método Experimental)

Previo a calcular la correlación, se necesita conocer si las variables, tienen una distribución normal.

Planteamos la prueba de hipótesis:

1) Planteamos las hipótesis:

Ho: Las variables tienen una distribución normal

H1: Las variables no tienen una distribución normal

2) Nivel de significancia: 5%

3) Estadístico de prueba:

Casos	Válidos		Perdidos		Total	
	N	%	N	%	N	%
SVR	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
Experimental	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%

Tabla 20. Resumen de procesamiento de casos: Resultados de resistencia a la compresión de ladrillos

Fuente. Software SPSS

Como $n < 50$, se utiliza la prueba de normalidad Shapiro Wilk

Pruebas de Normalidad	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SVR	,089	30	,200	,976	30	,000
Experimental	,115	30	,200	,978	30	,000

Tabla 21. Tabla de pruebas de normalidad

Fuente. Software SPSS

4) Establecer la regla de decisión:

Si $p < 0.05$, se rechaza la Ho

5) Tomar la decisión:

En ambas variables, el valor de p (sig) es menor a 0.05, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.

6) Conclusión:

A un nivel de significancia de 5%, existe evidencia estadística para afirmar que las variables tienen una distribución normal por lo tanto se puede aplicar una correlación de Pearson.

- **Correlación:**

Diagrama de Dispersión:

Se aplicó la correlación r de Pearson debido que las variables máquina de soporte vectorial y resistencia a la compresión se aproximan a la distribución normal (ver anexo 1).

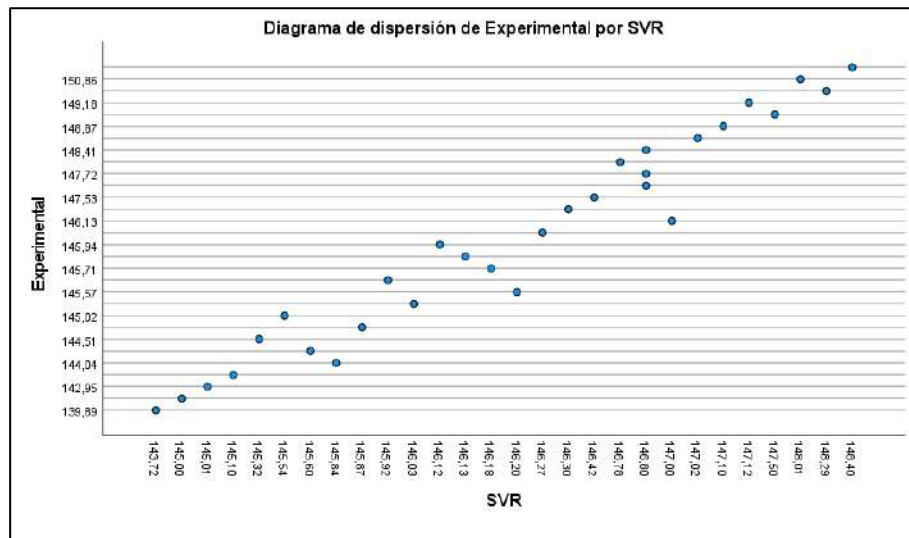


Figura 21. Gráfico de correlación de datos de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos (SVR vs Experimental)

Fuente. Elaboración propia

Los datos estadísticos descriptivos se detallan en la siguiente tabla.

	Media	Desviación Estándar	N
SVR	146,3397	1,02017	30
Experimental	146,3443	2,53530	30

Tabla 22. Datos estadísticos descriptivos: Resultados de resistencia a la compresión de ladrillos

Fuente. Software SPSS

Planteamiento de Hipótesis:

- 1) Se planteó las siguientes hipótesis:

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina consistentemente la clasificación de la resistencia a la compresión de ladrillos en la región Huancayo

H1: $\rho \neq 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial determina consistentemente la clasificación de la resistencia a la compresión de ladrillos en la región Huancayo

2) Nivel de significancia: 0,05

Correlaciones		SVR	Experimental
SVR	Correlación de Pearson	1	,966**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	30	30
Experimental	Correlación de Pearson	,966**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Tabla 23. Tabla de correlaciones de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos

Fuente. Software SPSS

3) Establecer la regla y tomar la decisión:

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que existe correlación directa significativa y ($r = 0.966$) fuerte entre los resultados de resistencia a la compresión predichos por la máquina de soporte vectorial y los resultados experimentales de la resistencia a la compresión (Valor $p = 0,0 < 0,05$, se rechaza H0).

Si p (Sig) < 0.05 , se rechaza la Ho

H1: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial determina la clasificación de la calidad de ladrillos en la región de Huancayo.

4) Conclusión:

Existe evidencia estadística a un nivel de significancia del 5% para afirmar: que existe correlación entre los resultados de la resistencia

a la compresión de ladrillos obtenidos por la máquina de soporte vectorial (basados en las características de la densidad aparente y color) y la resistencia a la compresión del ladrillo obtenidos en el laboratorio; por lo tanto, la máquina de soporte vectorial determina la resistencia a la compresión del ladrillo.

De los resultados obtenidos mediante la implementación de la máquina de soporte vectorial para la predicción de la resistencia a la compresión de los ladrillos del distrito de Sapallanga de la región Huancayo, se obtiene que el modelo SVR generó un coeficiente de correlación de 0.966, lo cual implica que existe una correlación positiva fuerte entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR.

5.2.3. Implementación de SVR para la clasificación de la calidad de la absorción de ladrillos.

5.2.3.1. Modelamiento de SVR para predicción de la absorción de ladrillos.

El modelamiento de SVR (Support Vector Regression) basado en el principio de las máquinas de soporte vectorial, nos permitirá predecir valores continuos, para este caso específico, la predicción del valor del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería.

Al respecto, la herramienta utilizada para el modelamiento, es el lenguaje de programación Python con la implementación de la biblioteca scikit-learn.

Con la instalación de la biblioteca scikit-learn, implementaremos la máquina de soporte vectorial para predecir el valor del porcentaje de absorción de las unidades de albañilería del distrito de Sapallanga de la región Huancayo. El proceso para el modelamiento se realiza según lo siguiente:

```

python
Copiar código

import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.svm import SVR
from sklearn.metrics import mean_squared_error
import numpy as np

# Cargar los datos desde un archivo CSV
# El archivo debe tener columnas como: 'donalidad', 'color', 'absorcion'
data = pd.read_csv('datos_ladrillo.csv')

# Preprocesar el color (convertir a números si es necesario)
data['color'] = data['color'].astype('category').cat.codes

# Seleccionar características y variable objetivo
X = data[['donalidad', 'color']]
y = data['absorcion']

# Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.3, random_state=43)

# Escalar las características
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)

# Crear y entrenar el modelo SVR
# Puedes probar con 'rbf', 'poly', etc.
modelo = SVR(kernel='linear')
modelo.fit(X_train, y_train)

# Hacer predicciones
y_pred = modelo.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print(f"Root Mean Squared Error: {rmse:.2f}")

# Mostrar algunas predicciones
predicciones_df = pd.DataFrame({'Actual': y_test, 'Predicción': y_pred})
print(predicciones_df.head())

```

Figura 22. Modelamiento SVR (Python) – predicción de porcentaje de Absorción

Fuente. Elaboración propia

El detalle y explicación del modelamiento de la máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) se describe a continuación:

i. Recolección de datos.

El modelamiento para el desarrollo del algoritmo de la máquina de soporte vectorial para regresión a fin de predecir la absorción de los ladrillos (variable de salida), teniendo como base a las características de densidad aparente y color (variables de entrada), se efectuó para una muestra de 30 unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo; en ese aspecto, las variables correspondientes son:

- **Variables de Entrada:** Reúne los datos sobre las características de los ladrillos; para el presente estudio se consideró las características de densidad aparente y color de la muestra de 30 ladrillos seleccionados. Los cuales se detallan en las siguientes tablas.

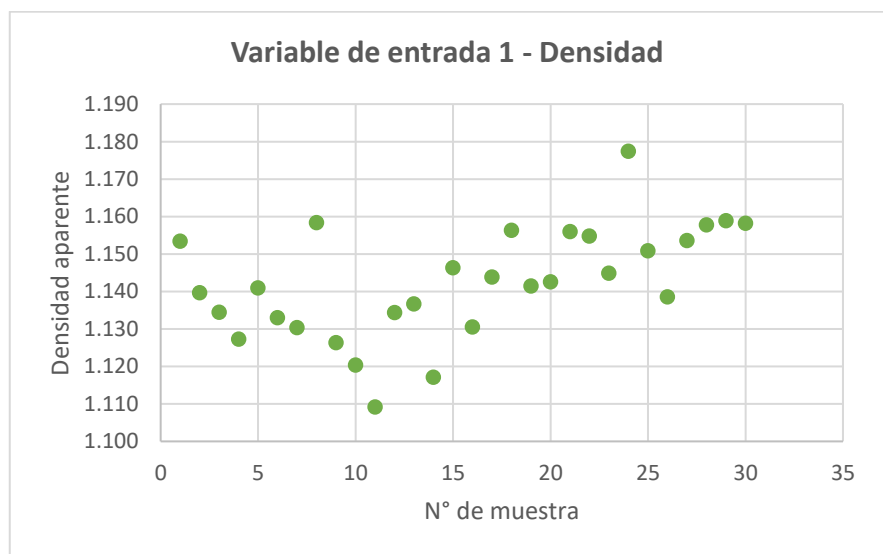


Figura 23. Dispersión de Datos (Densidad aparente) de muestra para predicción de porcentaje de absorción de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

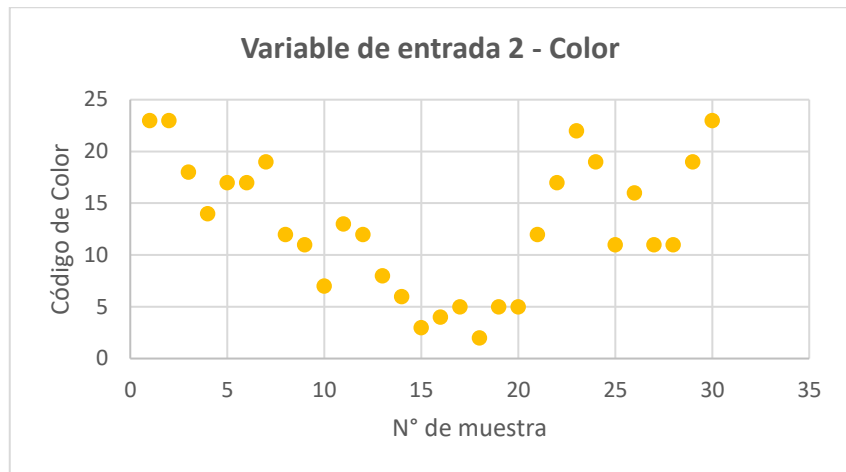


Figura 24. Dispersión de Datos (Color) de muestra para predicción de porcentaje de absorción de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

- **Variable de Salida:** El porcentaje de absorción de cada unidad de albañilería de la muestra de 30 ladrillos seleccionados, los cuales se muestran en la siguiente figura.

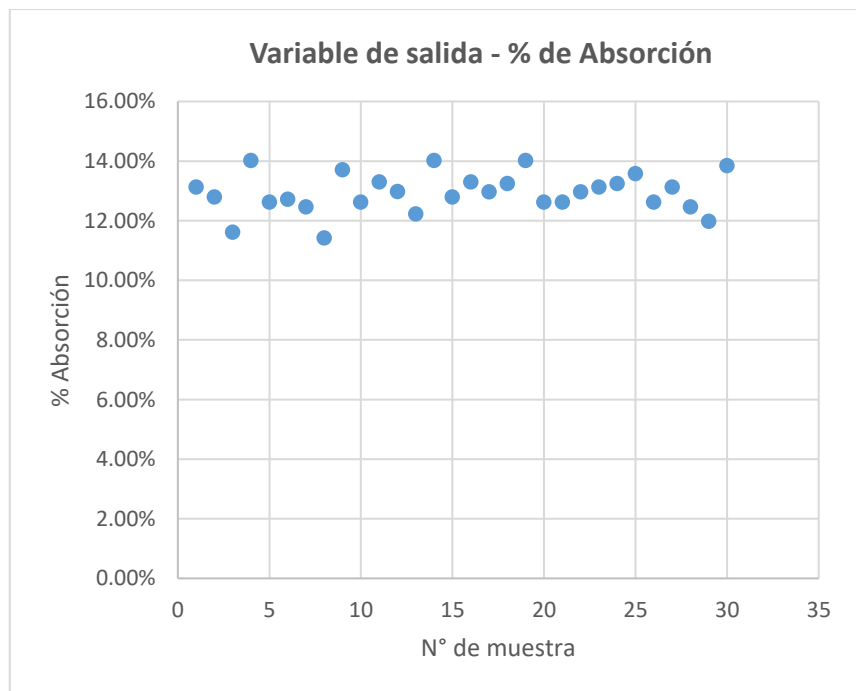


Figura 25. Dispersión de Datos (% de Absorción) de muestra para predicción de porcentaje de absorción de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

Sobre los datos obtenidos, estos deben de estar contenidos en un archivo de lectura (CSV), con las columnas de; “densidad”, “color”,

y “absorción”, el cual posteriormente es cargado en el lenguaje de programación Python.

```
# Cargar los datos desde un archivo CSV
# El archivo debe tener columnas como: 'densidad', 'color', 'absorcion'
data = pd.read_csv('datos_ladrillo.csv')
```

Figura 26. Ingreso de datos de entrada y salida para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

ii. Preprocesamiento de Datos.

Convierte el dato de color de categórico a numérico usando códigos.

```
# Preprocesar el color (convertir a números si es necesario)
data['color'] = data['color'].astype('category').cat.codes
```

Figura 27. Preprocesamiento de los datos para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

iii. Selección de características.

Se selecciona la data de las variables de entrada (densidad, color) para “x”, y la data de la variable de salida (absorción) para “y”.

```
# Seleccionar características y variable objetivo
X = data[['densidad', 'color']]
y = data['absorcion']
```

Figura 28. Selección de características para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

iv. División de datos.

Se dividen los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba (80/20).

```
# Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

Figura 29. División de datos para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

v. Escalado.

Las características se escalan para mejorar la precisión del modelo.


```
# Escalar las características
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
```

Figura 30. Escalado de características para modelamiento

Fuente. Elaboración propia

vi. Entrenamiento del modelo SVR

- **Seleccionar un Kernel:** Se escoge un tipo de kernel (lineal, polinómico, radial, etc) que se ajuste a la naturaleza de los datos. Respecto a la selección de kernel, se puede experimentar probando los diferentes tipos y observando el que mejor se adecua en la optimización del modelo.
- **Entrenar el modelo:** Se usa el conjunto de entrenamiento para ajustar el modelo SVR a los datos. Esto implica optimizar los parámetros del modelo para minimizar el error.

```
# Crear y entrenar el modelo SVM
model = SVR(kernel='linear') # Puedes probar con otros kernels como 'rbf', 'poly', etc.
model.fit(X_train, y_train)
```

Figura 31. Selección de kernel y entrenamiento de modelo

Fuente. Elaboración propia

vii. Predicción y Evaluación del modelo

Se realizan predicciones y se evalúa el modelo usando MSE.

- **Predicción:** Se procede al uso del modelo entrenado para predecir la resistencia a la compresión del conjunto de prueba.
- **Métricas de evaluación:** Calcula métricas como el error cuadrático medio (MSE) o la correlación para evaluar el rendimiento del modelo.

```

# Hacer predicciones
y_pred = model.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print(f'Root Mean Squared Error: {rmse:.2f}')

```

Figura 32. Predicción y Evaluación de modelamiento SVR

Fuente. Elaboración propia

viii. Predicción final

Una vez satisfecho con el rendimiento del modelo, se utiliza el modelamiento SVR para predecir la absorción de nuevos ladrillos basándose en las características de densidad aparente y color. En este caso, utilizamos el modelamiento en una muestra de 30 unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo.

```

# Mostrar algunas predicciones
predicciones_df = pd.DataFrame({'Actual': y_test, 'Predicción': y_pred})
print(predicciones_df.head())

```

Figura 33. Lenguaje para mostrar predicciones del modelamiento SVR

Fuente. Elaboración propia

Del modelamiento SVR para la predicción del porcentaje de absorción de los ladrillos, se obtiene lo siguiente.

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Absorción (%)
1	1.153	#eX9X7X	13.08%
2	1.140	#eX9X7X	12.84%
3	1.134	#dX8X7X	12.62%
4	1.127	#cX8X7X	13.21%
5	1.141	#dX8X6X	13.02%
6	1.133	#dX8X6X	13.14%

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Absorción (%)
7	1.130	#dX9X6X	13.12%
8	1.158	#cX7X6X	12.80%
9	1.126	#cX7X5X	13.05%
10	1.120	#bX6X4X	12.82%
11	1.109	#cX8X6X	13.06%
12	1.134	#cX7X6X	13.06%
13	1.137	#bX7X6X	12.85%
14	1.117	#aX6X6X	13.15%
15	1.146	#9X6X6X	12.99%
16	1.130	#9X7X6X	12.80%
17	1.144	#aX6X5X	12.75%
18	1.156	#9X6X5X	12.84%
19	1.141	#aX6X5X	13.08%
20	1.143	#aX6X5X	12.82%
21	1.156	#cX7X6X	12.98%
22	1.155	#dX8X6X	12.92%
23	1.145	#eX9X6X	13.07%
24	1.177	#dX9X6X	13.01%
25	1.151	#cX7X5X	13.10%
26	1.139	#dX8X5X	12.66%
27	1.154	#cX7X5X	12.92%
28	1.158	#cX7X5X	12.99%
29	1.159	#dX9X6X	12.63%
30	1.158	#eX9X7X	12.85%

Tabla 24. Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto al porcentaje de absorción del ladrillo.

Fuente. Elaboración propia

5.2.3.2. Evaluación comparativa entre resultados de SVR y resultados experimentales respecto a la absorción de ladrillos

Teniendo en cuenta los resultados del porcentaje de absorción predichos por el modelamiento SVR, efectuamos la comparación de dichos

resultados, con los valores obtenidos experimentalmente; los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Espécimen	Absorción (%)	
	Experimental	SVR
01	13.13%	13.08%
02	12.80%	12.84%
03	11.61%	12.62%
04	14.01%	13.21%
05	12.62%	13.02%
06	12.72%	13.14%
07	12.46%	13.12%
08	11.42%	12.80%
09	13.71%	13.05%
10	12.62%	12.82%
11	13.30%	13.06%
12	12.98%	13.06%
13	12.23%	12.85%
14	14.01%	13.15%
15	12.79%	12.99%
16	13.30%	12.80%
17	12.96%	12.75%
18	13.25%	12.84%
19	14.01%	13.08%
20	12.62%	12.82%
21	12.62%	12.98%
22	12.96%	12.92%
23	13.13%	13.07%
24	13.25%	13.01%
25	13.58%	13.10%
26	12.62%	12.66%
27	13.13%	12.92%
28	12.46%	12.99%
29	11.98%	12.63%
30	13.85%	12.85%

Especimen	Absorción (%)	
	Experimental	SVR
Promedio	12.94%	12.94%
Desv. Estándar	0.0065	0.0016

Figura 25. Cuadro comparativo de resultados experimentales y modelamiento SVR respecto a la absorción del ladrillo
Fuente. Elaboración propia

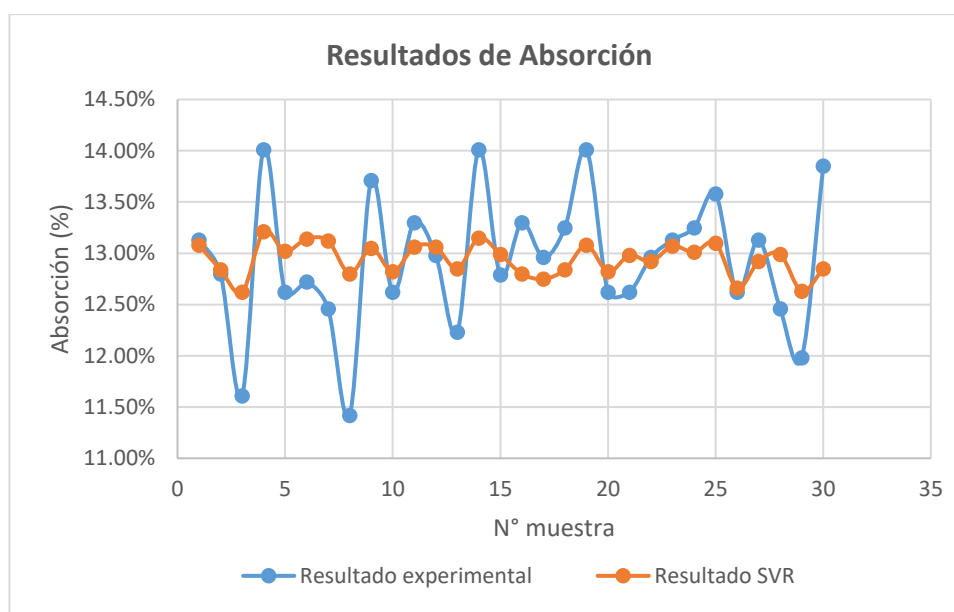


Figura 34. Gráfico comparativo de resultados de absorción de ladrillos
Fuente. Elaboración propia

5.2.3.3. Análisis de correlación de parámetro de calidad de absorción de agua del ladrillo.

Efectuamos el análisis estadístico mediante el software SPSS de los resultados de la máquina de soporte vectorial en relación a la absorción de agua de los ladrillos. En ese aspecto evaluamos las variables que a continuación se detallan.

X: Resultado de Absorción (implementación SVR)

Y: Resultado de Absorción (Método Experimental)

Previo a calcular la correlación, se necesita conocer si las variables, tienen una distribución normal.

Planteamos la prueba de hipótesis:

1) Planteamos las hipótesis:

Ho: Las variables tienen una distribución normal

H1: Las variables no tienen una distribución normal

2) Nivel de significancia: 5%

3) Estadístico de prueba:

Casos	Válidos		Perdidos		Total	
	N	%	N	%	N	%
SVR	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%
Experimental	30	100.0%	0	0.0%	30	100.0%

Tabla 26. Resumen de procesamiento de casos: Resultados de absorción de ladrillos

Fuente. Software SPSS

Como $n < 50$, se utiliza la prueba de normalidad Shapiro Wilk

Pruebas de Normalidad	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SVR	,129	30	,200*	,951	30	,181
Experimental	,114	30	,200*	,963	30	,379

Tabla 27. Tabla de pruebas de normalidad

Fuente. Software SPSS

4) Establecer la regla de decisión:

Si $p < 0.05$, se rechaza la Ho

5) Tomar la decisión:

En ambas variables, el valor de p (sig) es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula.

6) Conclusión:

A un nivel de significancia de 5%, existe evidencia estadística para afirmar que las variables tienen una distribución normal por lo tanto se puede aplicar una correlación de Pearson.

- **Correlación:**

Diagrama de Dispersión:

Se aplicó la correlación r de Pearson debido que las variables máquina de soporte vectorial y resistencia a la compresión se aproximan a la distribución normal (ver anexo 1).

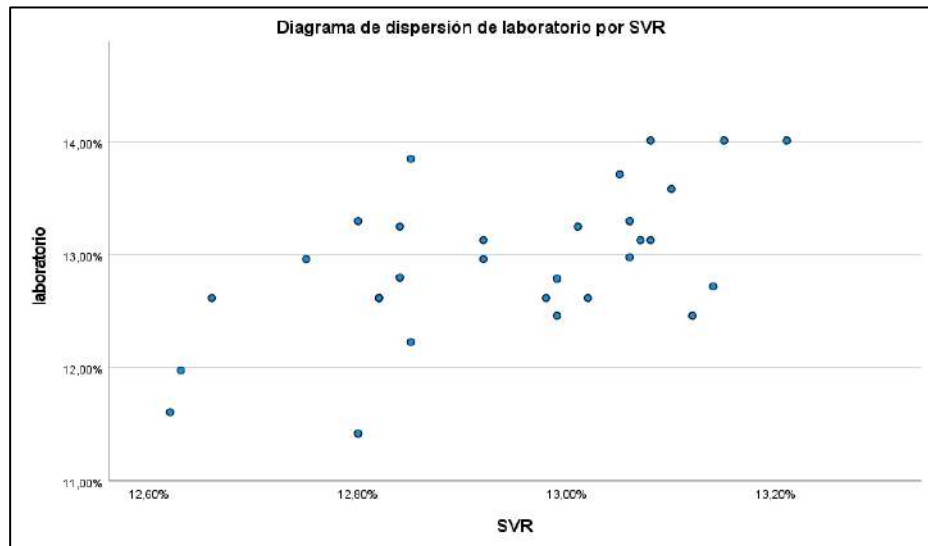


Figura 35. Gráfico de correlación de datos de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos (SVR vs Experimental)

Fuente. Elaboración propia

Los datos estadísticos descriptivos se detallan en la siguiente tabla.

	Media	Desviación Estándar	N
SVR	12,9410%	0,16059%	30
Experimental	12,9377%	0,65378%	30

Tabla 28. Datos estadísticos descriptivos: Resultados de resistencia a la compresión de ladrillos

Fuente. Software SPSS

Planteamiento de Hipótesis:

1) Se planteó las siguientes hipótesis:

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la absorción de ladrillos en la región Huancayo

H1: $\rho \neq 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial determina la absorción de ladrillos en la región Huancayo

2) Nivel de significancia: 0,05

	Correlaciones	SVR	Experimental
SVR	Correlación de Pearson	1	,585**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	30	30
Experimental	Correlación de Pearson	,585**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Tabla 29. Tabla de correlaciones de resultados de absorción de ladrillos
Fuente. Software SPSS

3) Establecer la regla y tomar la decisión:

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que no existe correlación directa significativa y ($r = 0.585$) entre la máquina de soporte vectorial y la absorción (Valor $p = 0,0 > 0,05$, no se rechaza H0).

Si p (Sig) > 0.05 , no se rechaza la Ho

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la absorción de ladrillos en la región Huancayo.

4) Conclusión:

Existe evidencia estadística a un nivel de significancia del 5% para afirmar: que no existe correlación entre los resultados de absorción de ladrillos obtenidos por la máquina de soporte vectorial; por lo tanto, la máquina de soporte vectorial no determina la absorción.

De los resultados obtenidos mediante la implementación de la máquina de soporte vectorial para la predicción del porcentaje de absorción de los ladrillos del distrito de Sapallanga de la región Huancayo, se obtiene que el modelo SVR generó un coeficiente de correlación de 0.584, lo cual implica que existe una correlación positiva moderada entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR.

5.2.4. Implementación de SVR para la clasificación de la calidad de la variación dimensional de ladrillos.

5.2.4.1. Modelamiento de SVR para predicción de la variación dimensional de ladrillos.

El modelamiento de SVR (Support Vector Regression) basado en el principio de las máquinas de soporte vectorial, nos permitirá predecir valores continuos, para este caso específico, la predicción del valor del porcentaje de la variación dimensional de las unidades de albañilería.

Al respecto, la herramienta utilizada para el modelamiento, es el lenguaje de programación Python con la implementación de la biblioteca scikit-learn.

Con la instalación de la biblioteca scikit-learn, implementaremos la máquina de soporte vectorial para predecir el valor de la variación dimensional de las unidades de albañilería del distrito de Sapallanga de la región Huancayo. El proceso para el modelamiento se realiza según lo siguiente:

```
python

import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.svm import SVM
from sklearn.metrics import mean_squared_error
import numpy as np

# Cargar los datos desde un archivo CSV
# El archivo debe tener columnas como: 'densidad', 'color', 'variacion_dimensional'
data = pd.read_csv('datos_ladrillo.csv')

# Preprocesar el color (convertir a números si es necesario)
data[ 'color' ] = data[ 'color' ].astype( 'category' ).cat.codes

# Seleccionar características y variable objetivo
X = data[[ 'densidad', 'color' ]]
y = data[ 'variacion_dimensional' ]

# Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Escalar las características
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)

# Crear y entrenar el modelo SVM
modelo = SVM(kernel='linear') # Puedes experimentar con otros kernels como 'rbf', 'poly'
modelo.fit(X_train, y_train)

# Hacer predicciones
y_pred = modelo.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print(f"Root Mean Squared Error: {rmse:.2f}")

# Mostrar algunas predicciones
predicciones_df = pd.DataFrame({'Actual': y_test, 'Predicción': y_pred})
print(predicciones_df.head())
```

Figura 36. Modelamiento SVR (Python) – predicción de Variación Dimensional
Fuente. Elaboración propia

En este caso específico, se requerirá tres modelamientos individuales referidos para la predicción de la variación dimensional del largo, variación

dimensional del ancho, y variación dimensional de la altura, de las unidades de albañilería.

El detalle y explicación del modelamiento de la máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) se describe a continuación:

i. Recolección de datos.

El modelamiento para el desarrollo del algoritmo de la máquina de soporte vectorial para regresión a fin de predecir la variación dimensional del largo, ancho y altura de los ladrillos (variable de salida), teniendo como base a las características de densidad aparente y color (variables de entrada), se efectuó para una muestra de 60 unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo; en ese aspecto, las variables correspondientes son:

- **Variables de Entrada:** Reúne los datos sobre las características de los ladrillos; para el presente estudio se consideró las características de densidad aparente y color de la muestra de 60 ladrillos seleccionados. Los cuales se detallan en las siguientes figuras.

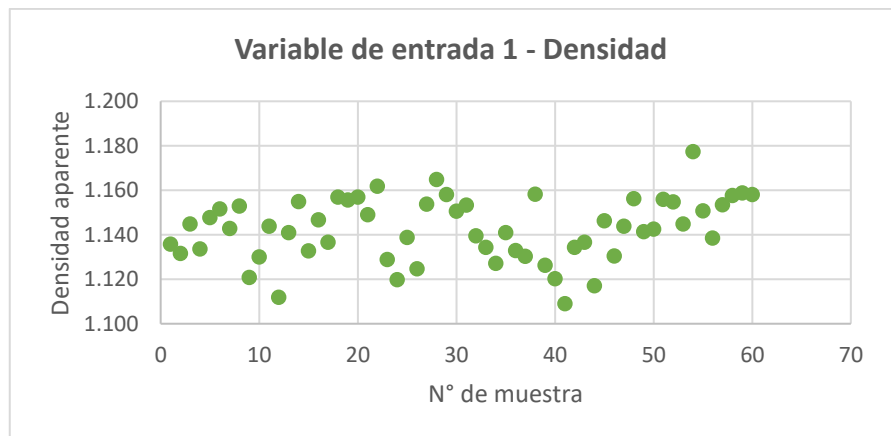


Figura 37. Dispersión de Datos (Densidad aparente) de muestra para predicción de variación dimensional de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

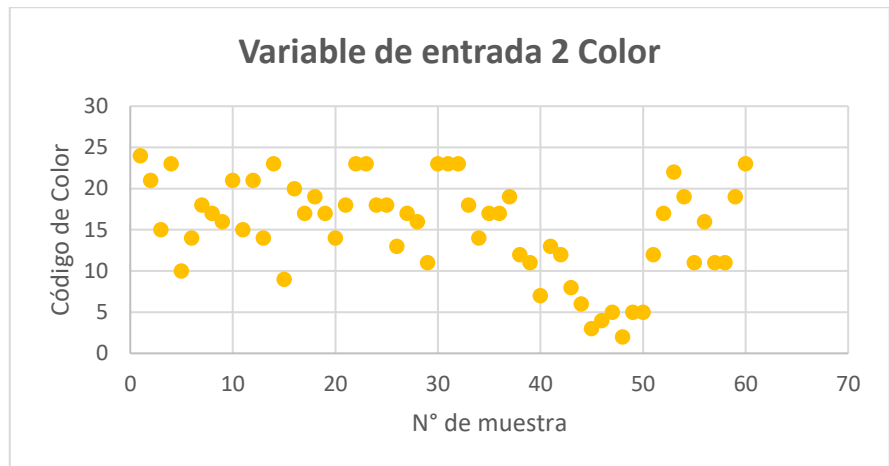


Figura 38. Dispersión de Datos (Color) de muestra para predicción de variación dimensional de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

- Variable de Salida:** la variación dimensional de cada unidad de albañilería de la muestra de 60 ladrillos seleccionados; al respecto al presentar las unidades variaciones dimensionales tanto en el largo, ancho y altura; tenemos tres variables de salida, para los cuales se efectuarán los modelamientos SVR independientemente, considerando los mismos datos de entrada en los tres modelamientos. La data de las variables de salida se detalla en las siguientes figuras.



Figura 39. Dispersión de Datos (Variación dimensional - Largo) de muestra para predicción de variación dimensional del Largo de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia



Figura 40. Dispersión de Datos (Variación dimensional - Ancho) de muestra para predicción de variación dimensional del Ancho de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia



Figura 41. Dispersión de Datos (Variación dimensional - Altura) de muestra para predicción de variación dimensional del Altura de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

Para el primer modelamiento, los datos deben de estar contenidos en un archivo de lectura (CSV), con las columnas de; “densidad”, “color”, y “variación dimensional-largo”; Para el segundo modelamiento, los datos deben de estar contenidos en un archivo de lectura (CSV), con las columnas de; “densidad”, “color”, y “variación dimensional-ancho”; y para el tercer modelamiento, los datos deben de estar contenidos en un archivo de lectura (CSV), con las columnas de; “densidad”, “color”, y “variación dimensional-altura”, los cuales

posteriormente son cargado en el lenguaje de programación Python respectivamente para cada modelamiento.

```
# Cargar los datos desde un archivo CSV
# El archivo debe tener columnas como: 'densidad', 'color', 'variacion_dimensional'
data = pd.read_csv('datos_ladrillo.csv')
```

Figura 42. Ingreso de datos de entrada y salida para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

ii. Preprocesamiento de Datos.

Convierte el dato de color de categórico a numérico usando códigos.

```
# Preprocesar el color (convertir a números si es necesario)
data['color'] = data['color'].astype('category').cat.codes
```

Figura 43. Preprocesamiento de los datos para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

iii. Selección de características.

Se selecciona la data de las variables de entrada (densidad, color) para “x”, y la data de la variable de salida (variación dimensional) para “y”.

```
# Seleccionar características y variable objetivo
x = data[['densidad', 'color']]
y = data['variacion_dimensional']
```

Figura 44. Selección de características para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

iv. División de datos.

Se dividen los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba (80/20).

```
# Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

Figura 45. División de datos para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

v. Escalado.

Las características se escalan para mejorar la precisión del modelo.

```
# Escalar las características
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
```

Figura 46. Escalado de características para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

vi. Entrenamiento del modelo SVR

- **Seleccionar un Kernel:** Se escoge un tipo de kernel (lineal, polinómico, radial, etc) que se ajuste a la naturaleza de los datos. Respecto a la selección de kernel, se puede experimentar probando los diferentes tipos y observando el que mejor se adecua en la optimización del modelo.
- **Entrenar el modelo:** Se usa el conjunto de entrenamiento para ajustar el modelo SVR a los datos. Esto implica optimizar los parámetros del modelo para minimizar el error.

```
# Crear y entrenar el modelo SVM
model = SVR(kernel='linear') # Puedes probar con otros kernels como 'rbf', 'poly', etc.
model.fit(X_train, y_train)
```

Figura 47. Selección de kernel y entrenamiento de modelo SVR
Fuente. Elaboración propia

vii. Predicción y Evaluación del modelo

Se realizan predicciones y se evalúa el modelo usando MSE.

- **Predicción:** Se procede al uso del modelo entrenado para predecir la resistencia a la compresión del conjunto de prueba.
- **Métricas de evaluación:** Calcula métricas como el error cuadrático medio (MSE) o la correlación para evaluar el rendimiento del modelo.

```

# Hacer predicciones
y_pred = model.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print(f'Root Mean Squared Error: {rmse:.2f}')

```

Figura 48. Predicción y Evaluación del modelamiento SVR

Fuente. Elaboración propia

viii. Predicción final

Una vez satisfecho con el rendimiento del modelo, se utiliza el modelamiento SVR para predecir la variación dimensional de nuevos ladrillos basándose en las características de densidad aparente y color. En este caso, utilizamos el modelamiento en una muestra de 60 unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo.

```

# Mostrar algunas predicciones
predicciones_df = pd.DataFrame({'Actual': y_test, 'Predicción': y_pred})
print(predicciones_df.head())

```

Figura 49. Predicción final del modelamiento SVR

Fuente. Elaboración propia

Del modelamiento SVR para la predicción de la variación dimensional del largo de los ladrillos, se obtiene lo siguiente.

Espécimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Var. Dimens. Largo (%)
1	1.136	#eX9X8X	-0.54%
2	1.132	#dX9X8X	-0.38%
3	1.145	#cX8X8X	-0.28%
4	1.134	#eX9X7X	-0.48%
5	1.148	#bX8X8X	-0.56%
6	1.152	#cX8X7X	-0.72%
7	1.143	#dX8X7X	-0.65%
8	1.153	#dX8X6X	-0.42%

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Var. Dimens. Largo (%)
9	1.121	#dX8X5X	-0.49%
10	1.130	#dX9X8X	-0.43%
11	1.144	#cX8X8X	-0.51%
12	1.112	#dX9X8X	-0.51%
13	1.141	#cX8X7X	-0.47%
14	1.155	#eX9X7X	-0.49%
15	1.133	#bX8X7X	-0.52%
16	1.147	#dX9X7X	-0.30%
17	1.137	#dX8X6X	-0.22%
18	1.157	#dX9X6X	-0.35%
19	1.156	#dX8X6X	-0.55%
20	1.157	#cX8X7X	-0.42%
21	1.149	#dX8X7X	-0.50%
22	1.162	#eX9X7X	-0.48%
23	1.129	#eX9X7X	-0.67%
24	1.120	#dX8X7X	-0.51%
25	1.139	#dX8X7X	-0.57%
26	1.125	#cX8X6X	-0.78%
27	1.154	#dX8X6X	-0.38%
28	1.165	#dX8X5X	-0.53%
29	1.158	#cX7X5X	-0.31%
30	1.151	#eX9X7X	-0.46%
31	1.153	#eX9X7X	-0.22%
32	1.140	#eX9X7X	-0.40%
33	1.134	#dX8X7X	-0.47%
34	1.127	#cX8X7X	-0.52%
35	1.141	#dX8X6X	-0.39%
36	1.133	#dX8X6X	-0.47%
37	1.130	#dX9X6X	-0.50%
38	1.158	#cX7X6X	-0.21%
39	1.126	#cX7X5X	-0.53%
40	1.120	#bX6X4X	-0.60%
41	1.109	#cX8X6X	-0.75%

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Var. Dimens. Largo (%)
42	1.134	#cX7X6X	-0.47%
43	1.137	#bX7X6X	-0.44%
44	1.117	#aX6X6X	-0.68%
45	1.146	#9X6X6X	-0.30%
46	1.130	#9X7X6X	-0.50%
47	1.144	#aX6X5X	-0.32%
48	1.156	#9X6X5X	-0.22%
49	1.141	#aX6X5X	-0.39%
50	1.143	#aX6X5X	-0.35%
51	1.156	#cX7X6X	-0.24%
52	1.155	#dX8X6X	-0.22%
53	1.145	#eX9X6X	-0.31%
54	1.177	#dX9X6X	0.12%
55	1.151	#cX7X5X	-0.25%
56	1.139	#dX8X5X	-0.40%
57	1.154	#cX7X5X	-0.22%
58	1.158	#cX7X5X	-0.22%
59	1.159	#dX9X6X	-0.18%
60	1.158	#eX9X7X	-0.21%

Tabla 30. Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto a la variación dimensional (largo) del ladrillo.

Fuente. Elaboración propia

Así también, del modelamiento SVR para la predicción de la variación dimensional del ancho de los ladrillos, se obtiene lo siguiente.

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Var. Dimens. Ancho (%)
1	1.136	#eX9X8X	-0.74%
2	1.132	#dX9X8X	-0.23%

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Var. Dimens. Ancho (%)
3	1.145	#cX8X8X	0.00%
4	1.134	#eX9X7X	-0.55%
5	1.148	#bX8X8X	-0.75%
6	1.152	#cX8X7X	-1.25%
7	1.143	#dX8X7X	-0.98%
8	1.153	#dX8X6X	-0.40%
9	1.121	#dX8X5X	-0.55%
10	1.130	#dX9X8X	-0.40%
11	1.144	#cX8X8X	-0.57%
12	1.112	#dX9X8X	-0.58%
13	1.141	#cX8X7X	-0.42%
14	1.155	#eX9X7X	-0.55%
15	1.133	#bX8X7X	-0.65%
16	1.147	#dX9X7X	-0.05%
17	1.137	#dX8X6X	0.28%
18	1.157	#dX9X6X	-0.21%
19	1.156	#dX8X6X	-0.75%
20	1.157	#cX8X7X	-0.28%
21	1.149	#dX8X7X	-0.56%
22	1.162	#eX9X7X	-0.48%
23	1.129	#eX9X7X	-1.00%
24	1.120	#dX8X7X	-0.62%
25	1.139	#dX8X7X	-0.82%
26	1.125	#cX8X6X	-1.50%
27	1.154	#dX8X6X	-0.23%
28	1.165	#dX8X5X	-0.72%
29	1.158	#cX7X5X	-0.08%
30	1.151	#eX9X7X	-0.42%
31	1.153	#eX9X7X	0.18%
32	1.140	#eX9X7X	-0.25%
33	1.134	#dX8X7X	-0.42%
34	1.127	#cX8X7X	-0.70%
35	1.141	#dX8X6X	-0.25%

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Var. Dimens. Ancho (%)
36	1.133	#dX8X6X	-0.43%
37	1.130	#dX9X6X	-0.56%
38	1.158	#cX7X6X	0.20%
39	1.126	#cX7X5X	-0.72%
40	1.120	#bX6X4X	-0.98%
41	1.109	#cX8X6X	-1.48%
42	1.134	#cX7X6X	-0.42%
43	1.137	#bX7X6X	-0.40%
44	1.117	#aX6X6X	-1.00%
45	1.146	#9X6X6X	-0.05%
46	1.130	#9X7X6X	-0.55%
47	1.144	#aX6X5X	-0.20%
48	1.156	#9X6X5X	0.24%
49	1.141	#aX6X5X	-0.25%
50	1.143	#aX6X5X	-0.21%
51	1.156	#cX7X6X	0.26%
52	1.155	#dX8X6X	0.25%
53	1.145	#eX9X6X	-0.10%
54	1.177	#dX9X6X	0.55%
55	1.151	#cX7X5X	0.12%
56	1.139	#dX8X5X	-0.25%
57	1.154	#cX7X5X	0.24%
58	1.158	#cX7X5X	0.41%
59	1.159	#dX9X6X	0.45%
60	1.158	#eX9X7X	0.42%

Tabla 31. Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto a la variación dimensional (ancho) del ladrillo.

Fuente. Elaboración propia

Luego, del modelamiento SVR para la predicción de la variación dimensional de la altura de los ladrillos, se obtiene lo siguiente.

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Var. Dimens. Altura (%)
1	1.136	#eX9X8X	-1.45%
2	1.132	#dX9X8X	-1.47%
3	1.145	#cX8X8X	-1.43%
4	1.134	#eX9X7X	-1.46%
5	1.148	#bX8X8X	-1.42%
6	1.152	#cX8X7X	-1.41%
7	1.143	#dX8X7X	-1.43%
8	1.153	#dX8X6X	-1.40%
9	1.121	#dX8X5X	-1.50%
10	1.130	#dX9X8X	-1.47%
11	1.144	#cX8X8X	-1.43%
12	1.112	#dX9X8X	-1.52%
13	1.141	#cX8X7X	-1.44%
14	1.155	#eX9X7X	-1.40%
15	1.133	#bX8X7X	-1.46%
16	1.147	#dX9X7X	-1.42%
17	1.137	#dX8X6X	-1.45%
18	1.157	#dX9X6X	-1.39%
19	1.156	#dX8X6X	-1.39%
20	1.157	#cX8X7X	-1.39%
21	1.149	#dX8X7X	-1.41%
22	1.162	#eX9X7X	-1.37%
23	1.129	#eX9X7X	-1.47%
24	1.120	#dX8X7X	-1.50%
25	1.139	#dX8X7X	-1.44%
26	1.125	#cX8X6X	-1.49%
27	1.154	#dX8X6X	-1.40%
28	1.165	#dX8X5X	-1.37%
29	1.158	#cX7X5X	-1.39%
30	1.151	#eX9X7X	-1.41%
31	1.153	#eX9X7X	-1.40%
32	1.140	#eX9X7X	-1.44%
33	1.134	#dX8X7X	-1.46%

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Var. Dimens. Altura (%)
34	1.127	#cX8X7X	-1.48%
35	1.141	#dX8X6X	-1.44%
36	1.133	#dX8X6X	-1.46%
37	1.130	#dX9X6X	-1.47%
38	1.158	#cX7X6X	-1.39%
39	1.126	#cX7X5X	-1.48%
40	1.120	#bX6X4X	-1.50%
41	1.109	#cX8X6X	-1.53%
42	1.134	#cX7X6X	-1.46%
43	1.137	#bX7X6X	-1.45%
44	1.117	#aX6X6X	-1.51%
45	1.146	#9X6X6X	-1.42%
46	1.130	#9X7X6X	-1.47%
47	1.144	#aX6X5X	-1.43%
48	1.156	#9X6X5X	-1.39%
49	1.141	#aX6X5X	-1.44%
50	1.143	#aX6X5X	-1.43%
51	1.156	#cX7X6X	-1.39%
52	1.155	#dX8X6X	-1.40%
53	1.145	#eX9X6X	-1.43%
54	1.177	#dX9X6X	-1.33%
55	1.151	#cX7X5X	-1.41%
56	1.139	#dX8X5X	-1.44%
57	1.154	#cX7X5X	-1.40%
58	1.158	#cX7X5X	-1.39%
59	1.159	#dX9X6X	-1.38%
60	1.158	#eX9X7X	-1.39%

Tabla 32. Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto a la variación dimensional (altura) del ladrillo.

Fuente. Elaboración propia

5.2.4.2. Evaluación comparativa entre resultados de SVR y resultados experimentales sobre la variación dimensional de ladrillos

Teniendo en cuenta los resultados de variación dimensional predichos por el modelamiento SVR, efectuamos la comparación de dichos resultados, con los valores obtenidos experimentalmente. Ante ello, apreciamos la siguiente tabla.

Especímen	Variación Dimensional (%)					
	Largo		Ancho		Altura	
	Experim.	SVR	Experim.	SVR	Experim.	SVR
01	-0.43%	-0.54%	-1.20%	-0.74%	-1.67%	-1.45%
02	-0.33%	-0.38%	-0.40%	-0.23%	-0.83%	-1.47%
03	-0.76%	-0.28%	0.40%	0.00%	-1.11%	-1.43%
04	-0.22%	-0.48%	-0.40%	-0.55%	-1.94%	-1.46%
05	-0.11%	-0.56%	-0.40%	-0.75%	-2.78%	-1.42%
06	0.00%	-0.72%	-1.60%	-1.25%	-3.06%	-1.41%
07	-0.54%	-0.65%	-0.80%	-0.98%	-2.50%	-1.43%
08	-0.22%	-0.42%	-0.20%	-0.40%	-1.94%	-1.40%
09	-1.52%	-0.49%	-0.40%	-0.55%	-1.11%	-1.50%
10	-0.33%	-0.43%	-0.80%	-0.40%	-1.11%	-1.47%
11	-0.33%	-0.51%	-1.20%	-0.57%	-1.39%	-1.43%
12	-0.22%	-0.51%	-1.60%	-0.58%	-1.11%	-1.52%
13	-0.22%	-0.47%	-0.40%	-0.42%	-1.67%	-1.44%
14	0.22%	-0.49%	-1.20%	-0.55%	-1.67%	-1.40%
15	-0.43%	-0.52%	-1.00%	-0.65%	-1.67%	-1.46%
16	-0.11%	-0.30%	-0.60%	-0.05%	-0.56%	-1.42%
17	-0.43%	-0.22%	0.20%	0.28%	0.00%	-1.45%
18	-0.54%	-0.35%	0.60%	-0.21%	-1.94%	-1.39%
19	-0.54%	-0.55%	-0.20%	-0.75%	-2.50%	-1.39%
20	-0.11%	-0.42%	0.20%	-0.28%	-1.94%	-1.39%
21	0.00%	-0.50%	-0.20%	-0.56%	-2.78%	-1.41%
22	0.00%	-0.48%	0.40%	-0.48%	-3.06%	-1.37%
23	-1.30%	-0.67%	0.00%	-1.00%	-2.50%	-1.47%
24	-0.33%	-0.51%	-1.20%	-0.62%	-1.67%	-1.50%
25	-0.33%	-0.57%	-2.00%	-0.82%	-1.11%	-1.44%
26	-1.30%	-0.78%	-1.60%	-1.50%	-2.22%	-1.49%

Especímen	Variación Dimensional (%)					
	Largo		Ancho		Altura	
	Experim.	SVR	Experim.	SVR	Experim.	SVR
27	0.54%	-0.38%	-0.60%	-0.23%	-1.67%	-1.40%
28	0.33%	-0.53%	0.20%	-0.72%	-3.89%	-1.37%
29	-0.11%	-0.31%	0.60%	-0.08%	-1.94%	-1.39%
30	-1.09%	-0.46%	-0.40%	-0.42%	-0.83%	-1.41%
31	-0.11%	-0.22%	1.20%	0.18%	-1.67%	-1.40%
32	-1.41%	-0.40%	0.20%	-0.25%	-0.56%	-1.44%
33	-0.54%	-0.47%	0.60%	-0.42%	-2.78%	-1.46%
34	-1.30%	-0.52%	0.00%	-0.70%	-1.67%	-1.48%
35	-0.43%	-0.39%	-0.40%	-0.25%	-1.11%	-1.44%
36	-0.65%	-0.47%	-0.40%	-0.43%	-1.67%	-1.46%
37	-1.30%	-0.50%	-0.20%	-0.56%	-1.39%	-1.47%
38	0.54%	-0.21%	-0.20%	0.20%	-1.11%	-1.39%
39	0.22%	-0.53%	-1.60%	-0.72%	-1.94%	-1.48%
40	-0.33%	-0.60%	-1.80%	-0.98%	-1.67%	-1.50%
41	-0.76%	-0.75%	-1.80%	-1.48%	-1.94%	-1.53%
42	-0.65%	-0.47%	-0.60%	-0.42%	-1.11%	-1.46%
43	-0.22%	-0.44%	-1.00%	-0.40%	-1.11%	-1.45%
44	-1.09%	-0.68%	-1.40%	-1.00%	-1.39%	-1.51%
45	-0.22%	-0.30%	0.40%	-0.05%	-1.67%	-1.42%
46	-1.52%	-0.50%	0.60%	-0.55%	-1.67%	-1.47%
47	-0.43%	-0.32%	-0.40%	-0.20%	-0.56%	-1.43%
48	0.22%	-0.22%	-0.60%	0.24%	-0.56%	-1.39%
49	-1.63%	-0.39%	0.20%	-0.25%	-0.28%	-1.44%
50	-0.22%	-0.35%	-0.20%	-0.21%	-1.39%	-1.43%
51	-0.43%	-0.24%	-0.20%	0.26%	0.00%	-1.39%
52	-0.76%	-0.22%	0.60%	0.25%	-0.28%	-1.40%
53	-0.54%	-0.31%	-0.20%	-0.10%	-0.56%	-1.43%
54	0.22%	0.12%	1.20%	0.55%	-0.56%	-1.33%
55	-0.33%	-0.25%	0.00%	0.12%	-0.56%	-1.41%
56	-0.33%	-0.40%	-1.00%	-0.25%	-0.83%	-1.44%
57	0.22%	-0.22%	-0.20%	0.24%	-0.56%	-1.40%

Especímen	Variación Dimensional (%)					
	Largo		Ancho		Altura	
	Experim.	SVR	Experim.	SVR	Experim.	SVR
58	-0.33%	-0.22%	0.40%	0.41%	-0.56%	-1.39%
59	-0.54%	-0.18%	0.60%	0.45%	-0.28%	-1.38%
60	0.43%	-0.21%	-0.40%	0.42%	-0.28%	-1.39%
Promedio	-0.42%	-0.42%	-0.37%	-0.37%	-1.43%	-1.43%
Desv. Est.	0.0052	0.0016	0.0076	0.0046	0.0084	0.0004

Tabla 33. Cuadro comparativo de resultados experimentales y modelamiento SVR respecto a la variación dimensional (largo, ancho y altura) del ladrillo
Fuente. Elaboración propia

En relación a la variación dimensional del largo de las unidades de albañilería, tenemos:

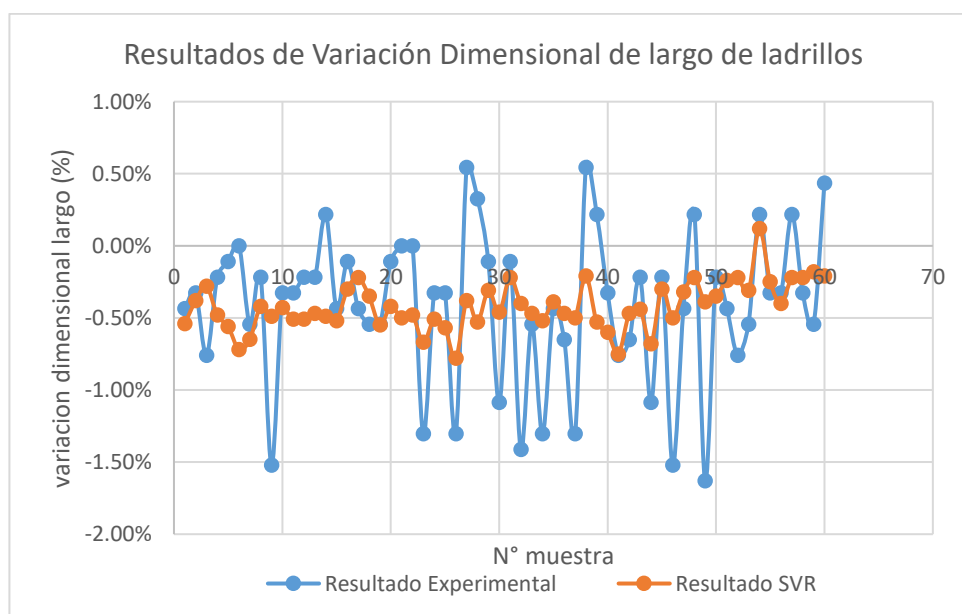


Figura 50. Resultado de variación dimensional de largo de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

Así también, en relación a la variación dimensional del ancho de las unidades de albañilería, tenemos:

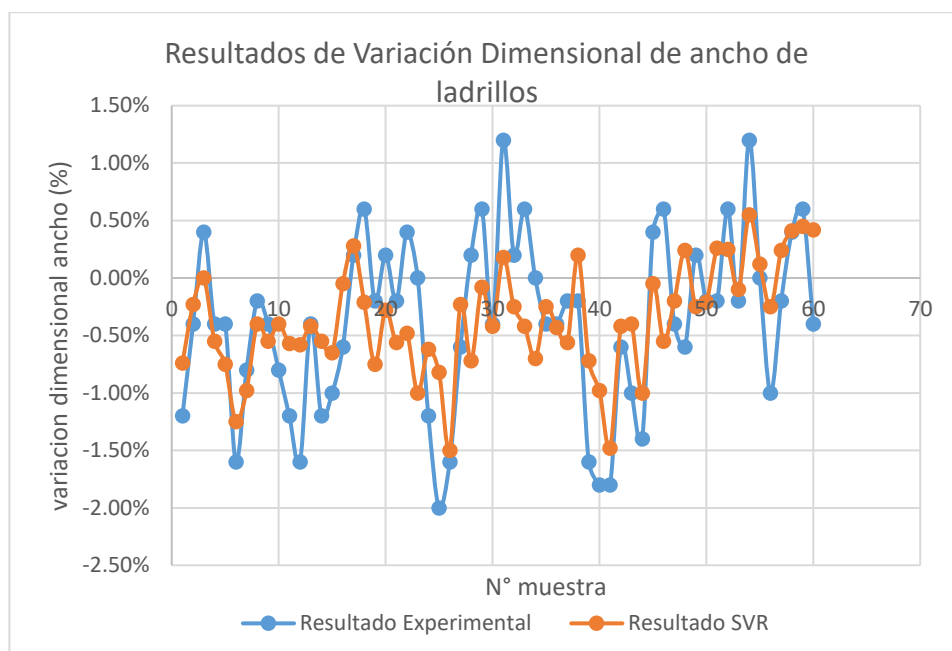


Figura 51. Resultado de variación dimensional de ancho de ladrillo

Fuente: Elaboración propia

Luego, en relación a la variación dimensional de la altura de las unidades de albañilería, tenemos:

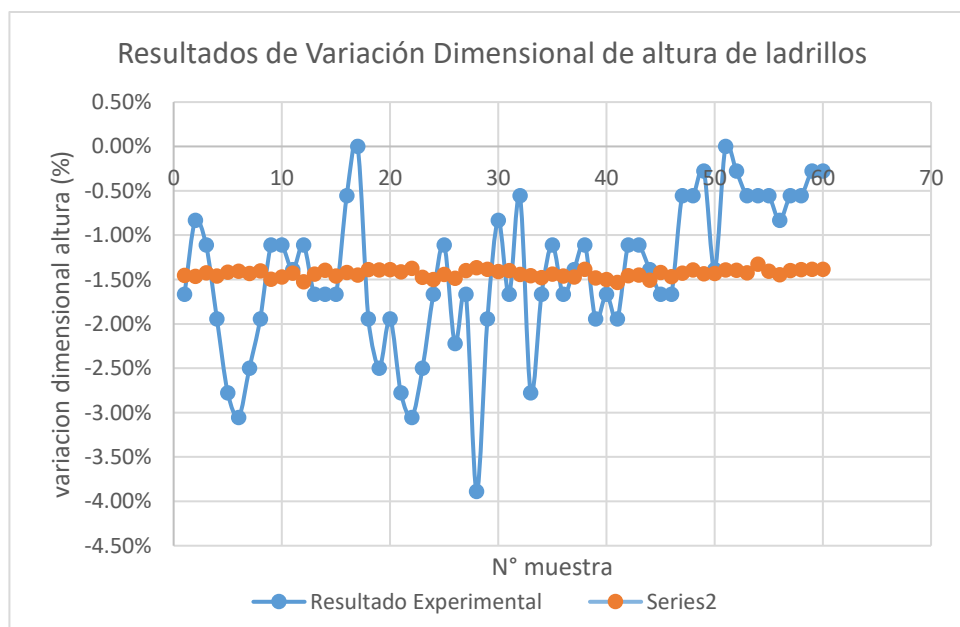


Figura 52. Resultado de variación dimensional de altura de ladrillo

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3. Análisis de correlación de parámetro de calidad de variación dimensional (largo) de ladrillo.

Efectuamos el análisis estadístico mediante el software SPSS de los resultados de la máquina de soporte vectorial en relación a la variación dimensional del largo de los ladrillos. En ese aspecto evaluamos las variables que a continuación se detallan.

X : Resultado de variación Dimensional - Largo
(Implementación SVR)

Y : Resultado de Variación Dimensional - Largo
(Método Experimental)

Previo a calcular la correlación, se necesita conocer si las variables, tienen una distribución normal.

Planteamos la prueba de hipótesis:

1) Planteamos las hipótesis:

Ho: Las variables tienen una distribución normal

H1: Las variables no tienen una distribución normal

2) Nivel de significancia: 5%

3) Estadístico de prueba:

Casos	Válidos		Perdidos		Total	
	N	%	N	%	N	%
SVR	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%
Experimental	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%

Tabla 34. Resumen de procesamiento de casos: Resultados de variación dimensional (largo) de ladrillos

Fuente. Software SPSS

Como $n > 50$, se utiliza la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de Normalidad	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SVR	,129	60	,200	,951	60	,181
Experimental	,114	60	,200	,963	60	,379

Tabla 35. Tabla de pruebas de normalidad
Fuente. Software SPSS

4) Establecer la regla de decisión:

Si $p > 0.05$, no se rechaza la H_0

5) Tomar la decisión:

En ambas variables, el valor de p (sig) es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula.

6) Conclusión:

A un nivel de significancia de 5%, existe evidencia estadística para afirmar que las variables tienen una distribución normal por lo tanto se puede aplicar una correlación de Pearson.

- **Correlación:**

Diagrama de Dispersión:

Se aplicó la correlación r de Pearson debido que las variables resultado SVR y resultado Experimental se aproximan a la distribución normal (ver anexo 1).

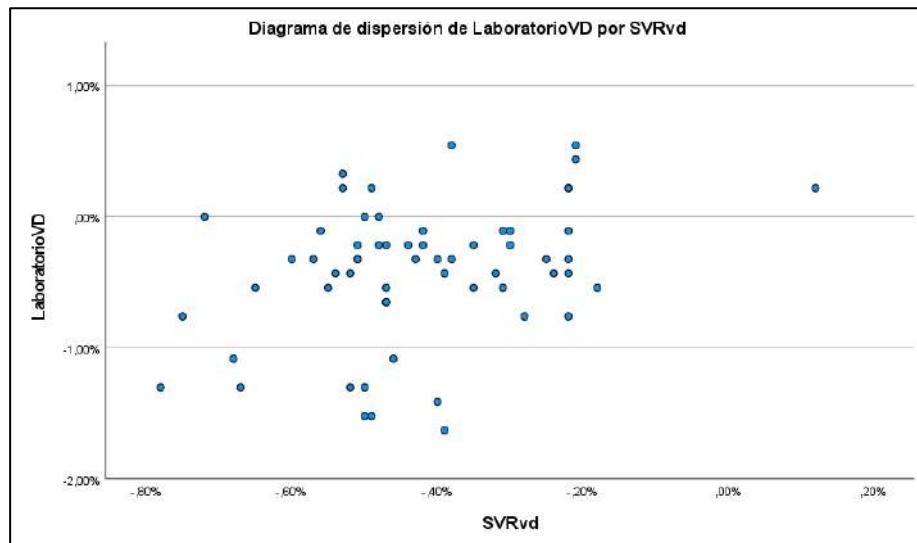


Figura 53. Gráfico de correlación de datos de resultados de variación dimensional – Ancho (SVR vs Experimental)

Fuente. Elaboración propia

Los datos estadísticos descriptivos se detallan en la siguiente tabla.

	Media	Desviación Estándar	N
SVR	-0,4223%	0,16316%	60
Experimental	-0,4167%	0,52077%	60

Tabla 36. Datos estadísticos descriptivos: Resultados de variación dimensional - largo de ladrillos

Fuente. Software SPSS

Planteamiento de Hipótesis:

1) Se planteó las siguientes hipótesis:

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional (largo) de ladrillos en la región Huancayo

H1: $\rho \neq 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial determina la variación dimensional (largo) de ladrillos en la región Huancayo

2) Nivel de significancia: 0,05

	Correlaciones	SVR	Experimental
SVR	Correlación de Pearson	1	,346**
	Sig. (bilateral)		,007
	N	60	60
Experimental	Correlación de Pearson	,346**	1
	Sig. (bilateral)	,007	
	N	60	60

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Tabla 37. Tabla de correlaciones de resultados de variación dimensional de largo de ladrillos

Fuente. Software SPSS

3) Establecer la regla y tomar la decisión:

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que no existe correlación directa significativa y ($r = 0.346$) entre la máquina de soporte vectorial y la variación dimensional - largo (Valor $p = 0,0 > 0,05$, no se rechaza H_0).

Si p (Sig) > 0.05 , no se rechaza la H_0

$H_0: \rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional (largo) de ladrillos en la región Huancayo.

4) Conclusión:

Existe evidencia estadística a un nivel de significancia del 5% para afirmar: que no existe correlación entre los resultados de variación dimensional de ladrillos obtenidos por la máquina de soporte vectorial; por lo tanto, la máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional.

5.2.2.3. Análisis de correlación de parámetro de calidad de variación dimensional (ancho) de ladrillo.

Efectuamos el análisis estadístico mediante el software SPSS de los resultados de la máquina de soporte vectorial en relación a la variación

dimensional del ancho de los ladrillos. En ese aspecto evaluamos las variables que a continuación se detallan.

- X : Resultado de variación Dimensional - Ancho
(Implementación SVR)
- Y : Resultado de Variación Dimensional - Ancho
(Método Experimental)

Previo a calcular la correlación, se necesita conocer si las variables, tienen una distribución normal.

Planteamos la prueba de hipótesis:

- 1) Planteamos las hipótesis:

Ho: Las variables tienen una distribución normal

H1: Las variables no tienen una distribución normal

- 2) Nivel de significancia: 5%

- 3) Estadístico de prueba:

Casos	Válidos		Perdidos		Total	
	N	%	N	%	N	%
SVR	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%
Experimental	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%

Tabla 38. Resumen de procesamiento de casos: Resultados de variación dimensional (ancho) de ladrillos

Fuente. Software SPSS

Como $n > 50$, se utiliza la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de Normalidad	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SVR	,079	60	,200	,978	60	,352
Experimental	,136	60	,008	,970	60	,140

Tabla 39. Tabla de pruebas de normalidad

Fuente. Software SPSS

4) Establecer la regla de decisión:

Si $p > 0.05$, no se rechaza la H_0

5) Tomar la decisión:

En ambas variables, el valor de p (sig) es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula.

6) Conclusión:

A un nivel de significancia de 5%, existe evidencia estadística para afirmar que las variables tienen una distribución normal por lo tanto se puede aplicar una correlación de Pearson.

- **Correlación:**

Diagrama de Dispersión:

Se aplicó la correlación r de Pearson debido que las variables resultado SVR y resultado Experimental se aproximan a la distribución normal (ver anexo 1).

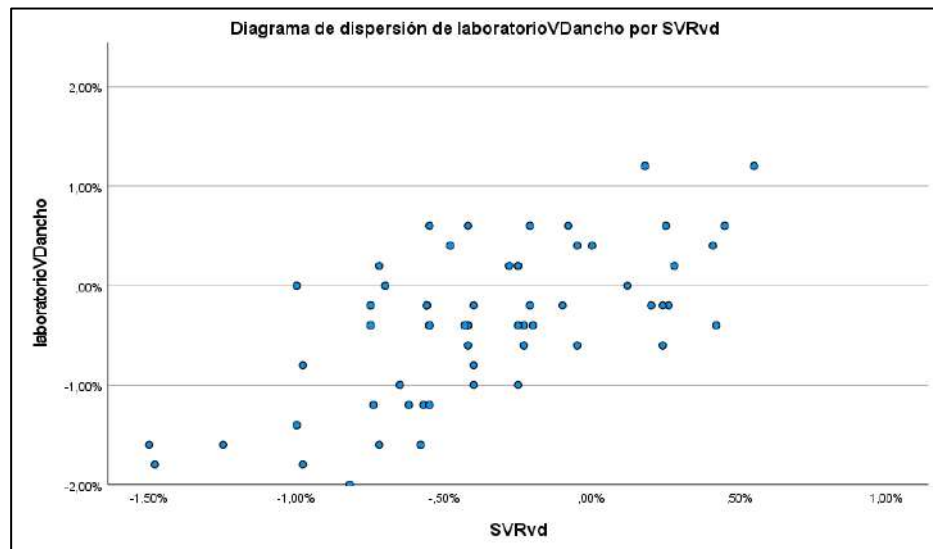


Figura 54. Gráfico de correlación de datos de resultados de variación dimensional – Ancho (SVR vs Experimental)
Fuente. Elaboración propia

Los datos estadísticos descriptivos se detallan en la siguiente tabla.

	Media	Desviación Estándar	N
SVR	-0,3660%	0,46044%	60
Experimental	-0,3733%	0,75507%	60

Tabla 40. Datos estadísticos descriptivos: Resultados de variación dimensional - ancho de ladrillos
Fuente. Software SPSS

Planteamiento de Hipótesis:

1) Se planteó las siguientes hipótesis:

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional (ancho) de ladrillos en la región Huancayo

H1: $\rho \neq 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial determina la variación dimensional (ancho) de ladrillos en la región Huancayo

2) Nivel de significancia: 0,05

Correlaciones		SVR	Experimental
SVR	Correlación de Pearson	1	,652**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	60	60
Experimental	Correlación de Pearson	,652**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	60	60

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral)

Tabla 41. Tabla de correlaciones de resultados de variación dimensional de ancho de ladrillos
Fuente. Software SPSS

3) Establecer la regla y tomar la decisión:

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que no existe correlación directa significativa y ($r = 0.0652$) entre la máquina de

soporte vectorial y la variación dimensional del ancho (Valor $p = 0,0 > 0,05$, no se rechaza H_0).

Si p (Sig) > 0.05 , no se rechaza la H_0

$H_0: \rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional (ancho) de ladrillos en la región Huancayo.

4) Conclusión:

Existe evidencia estadística a un nivel de significancia del 5% para afirmar: que no existe correlación entre los resultados de variación dimensional de ladrillos obtenidos por la máquina de soporte vectorial; por lo tanto, la máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional.

5.2.2.3. Análisis de correlación de parámetro de calidad de variación dimensional (altura) de ladrillo.

Efectuamos el análisis estadístico mediante el software SPSS de los resultados de la máquina de soporte vectorial en relación a la variación dimensional de la altura de los ladrillos. En ese aspecto evaluamos las variables que a continuación se detallan.

X : Resultado de variación Dimensional - Altura
(Implementación SVR)

Y : Resultado de Variación Dimensional - Altura
(Método Experimental)

Previo a calcular la correlación, se necesita conocer si las variables, tienen una distribución normal.

Planteamos la prueba de hipótesis:

1) Planteamos las hipótesis:

H_0 : Las variables tienen una distribución normal

H_1 : Las variables no tienen una distribución normal

2) Nivel de significancia: 5%

3) Estadístico de prueba:

Casos	Válidos		Perdidos		Total	
	N	%	N	%	N	%
SVR	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%
Experimental	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%

Tabla 42. Resumen de procesamiento de casos: Resultados de variación dimensional (altura) de ladrillos
Fuente. Software SPSS

Como $n > 50$, se utiliza la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de Normalidad	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SVR	,087	60	,200	,980	60	,442
Experimental	,106	60	,091	,961	60	,051

Tabla 43. Tabla de pruebas de normalidad
Fuente. Software SPSS

4) Establecer la regla de decisión:

Si $p > 0.05$, no se rechaza la H_0

5) Tomar la decisión:

En ambas variables, el valor de p (sig) es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula.

6) Conclusión:

A un nivel de significancia de 5%, existe evidencia estadística para afirmar que las variables tienen una distribución normal por lo tanto se puede aplicar una correlación de Pearson.

- **Correlación:**

Diagrama de Dispersión:

Se aplicó la correlación r de Pearson debido que las variables resultado SVR y resultado Experimental se aproximan a la distribución normal (ver anexo 1).

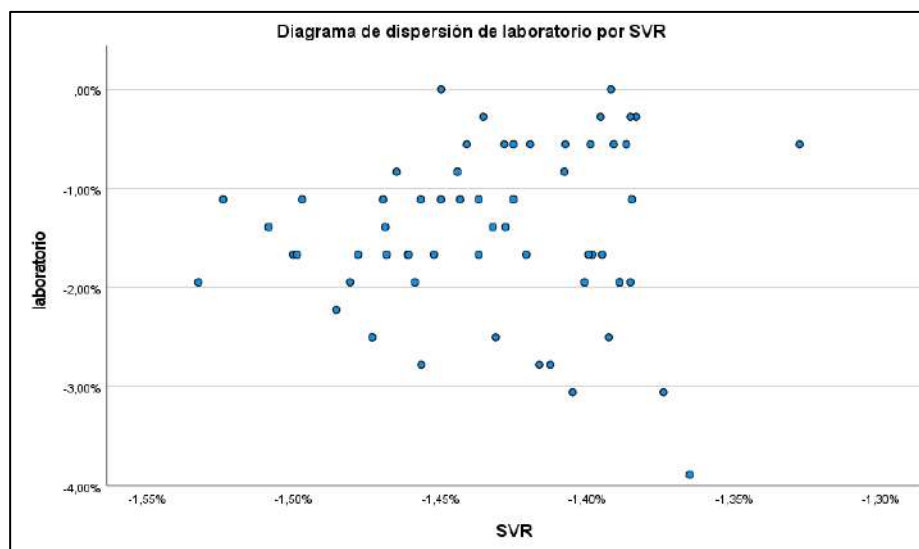


Figura 55. Gráfico de correlación de datos de resultados de variación dimensional – Altura (SVR vs Experimental)
Fuente. Elaboración propia

Los datos estadísticos descriptivos se detallan en la siguiente tabla.

	Media	Desviación Estándar	N
SVR	-1,4323%	0,04224%	60
Experimental	-1,4306%	0,84009%	60

Tabla 44. Datos estadísticos descriptivos: Resultados de variación dimensional - Altura de ladrillos
Fuente. Software SPSS

Planteamiento de Hipótesis:

1) Se planteó las siguientes hipótesis:

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional (altura) de ladrillos en la región Huancayo

H1: $\rho \neq 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial determina la variación dimensional (altura) de ladrillos en la región Huancayo

2) Nivel de significancia: 0,05

	Correlaciones	SVR	Experimental
SVR	Correlación de Pearson	1	,0,50
	Sig. (bilateral)		,702
	N	60	60
Experimental	Correlación de Pearson	,050	1
	Sig. (bilateral)	,702	
	N	60	60

Tabla 45. Tabla de correlaciones de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos

Fuente. Software SPSS

3) Establecer la regla y tomar la decisión:

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que no existe correlación directa significativa y ($r = 0.050$) entre la máquina de soporte vectorial y la variación dimensional – alto (Valor $p = 0,0 > 0,05$, no se rechaza H_0).

Si p (Sig) > 0.05 , no se rechaza la H_0

$H_0: \rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional (altura) de ladrillos en la región Huancayo.

4) Conclusión:

Existe evidencia estadística a un nivel de significancia del 5% para afirmar: que no existe correlación entre los resultados de variación dimensional de ladrillos obtenidos por la máquina de soporte vectorial; por lo tanto, la máquina de soporte vectorial no determina la variación dimensional.

De los resultados obtenidos mediante la implementación de la máquina de soporte vectorial para la predicción de la variación dimensional del largo de los ladrillos del distrito de Sapallanga de la región Huancayo, se obtiene que el modelo SVR generó un coeficiente de correlación de 0.346, lo cual

implica que existe una correlación positiva débil entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR.

De los resultados obtenidos mediante la implementación de la máquina de soporte vectorial para la predicción de la variación dimensional del ancho de los ladrillos del distrito de Sapallanga de la región Huancayo, se obtiene que el modelo SVR generó un coeficiente de correlación de 0.652, lo cual implica que existe una correlación positiva moderada entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR.

De los resultados obtenidos mediante la implementación de la máquina de soporte vectorial para la predicción de la variación dimensional de la altura de los ladrillos del distrito de Sapallanga de la región Huancayo, se obtiene que el modelo SVR generó un coeficiente de correlación de 0.050, lo cual implica que existe una correlación positiva muy débil entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR.

5.2.5. Implementación de SVR para la clasificación de la calidad del alabeo de ladrillos.

5.2.5.1. Modelamiento de SVR para predicción del alabeo de ladrillos.

El modelamiento de SVR (Support Vector Regression) basado en el principio de las máquinas de soporte vectorial, nos permitirá predecir valores continuos, para este caso específico, la predicción del alabeo de las unidades de albañilería.

Al respecto, la herramienta utilizada para el modelamiento, es el lenguaje de programación Python con la implementación de la biblioteca scikit-learn.

Con la instalación de la biblioteca scikit-learn, implementaremos la máquina de soporte vectorial para predecir el valor del alabeo de las unidades de albañilería del distrito de Sapallanga de la región Huancayo. El proceso para el modelamiento se realiza según lo siguiente:

```

python
Copiar código

import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.svm import SVR
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Cargar datos desde un archivo CSV
data = pd.read_csv('datos_ladrillo.csv') # Asegúrate de que el archivo esté en la misma c

# Supongamos que el archivo tiene las columnas 'densidad', 'color' y 'alabeo'
# Separar características y etiqueta
X = data[['densidad', 'color']]
y = data['alabeo']

# Dividir en conjunto de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.25, random_state=42)

# Escalar los datos
scaler_X = StandardScaler()
scaler_y = StandardScaler()

X_train = scaler_X.fit_transform(X_train)
X_test = scaler_X.transform(X_test)
y_train = scaler_y.fit_transform(y_train.values.reshape(-1, 1)).flatten()
y_test = scaler_y.transform(y_test.values.reshape(-1, 1)).flatten()

# Crear y entrenar el modelo SVR
modelo = SVR(kernel='linear')
modelo.fit(X_train, y_train)

# Hacer predicciones
predicciones = modelo.predict(X_test)

# Invertir la escala para obtener las predicciones originales
predicciones_originales = scaler_y.inverse_transform(predicciones.reshape(-1, 1)).flatten()

# Evaluar el modelo
mse = mean_squared_error(y_test, scaler_y.inverse_transform(y_test.reshape(-1, 1)).flatten())
r2 = r2_score(y_test, scaler_y.inverse_transform(predicciones.reshape(-1, 1)).flatten())

print("Predicciones (medida del alabeo):", predicciones_originales)
print("Error cuadrático medio:", mse)
print("R²:", r2)

```

Figura 56. Modelamiento SVR (Python) – predicción de Alabeo
Fuente. Elaboración propia

En este caso específico, se requerirá dos modelamientos individuales referidos para la predicción de la variación del alabeo cóncavo y el alabeo convexo, de las unidades de albañilería.

El detalle y explicación del modelamiento de la máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) se describe a continuación:

i. Recolección de datos.

El modelamiento para el desarrollo del algoritmo de la máquina de soporte vectorial para regresión a fin de predecir el alabeo cóncavo y convexo de los ladrillos (variable de salida), teniendo como base a las características de densidad aparente y color (variables de entrada), se efectuó para una muestra de 60 unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo; en ese aspecto, las variables correspondientes son:

- **Variables de Entrada:** Reúne los datos sobre las características de los ladrillos; para el presente estudio se consideró las características de densidad aparente y color de la muestra de 60 ladrillos seleccionados. Los cuales se detallan en las siguientes figuras.

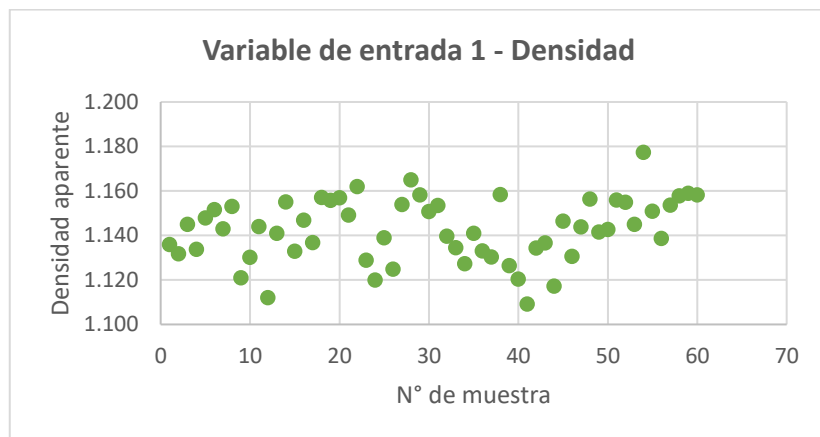


Figura 57. Dispersión de Datos (Densidad aparente) de muestra para predicción de alabeo de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

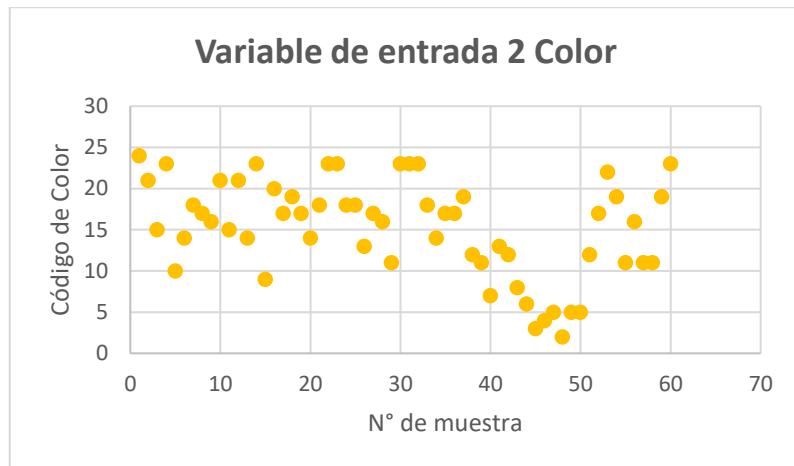


Figura 58. Dispersión de Datos (Color) de muestra para predicción de alabeo de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

- Variable de Salida:** el alabeo de cada unidad de albañilería de la muestra de 60 ladrillos seleccionados; al respecto al presentar las unidades alabeo cóncavo y alabeo convexo; tenemos dos variables de salida, para los cuales se efectuarán los modelamientos SVR independientemente, considerando los mismos datos de entrada en los tres modelamientos. La data de las variables de salida se detalla en las siguientes figuras.



Figura 59. Dispersión de Datos (Alabeo - Concavidad) de muestra para predicción del alabeo cóncavo de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

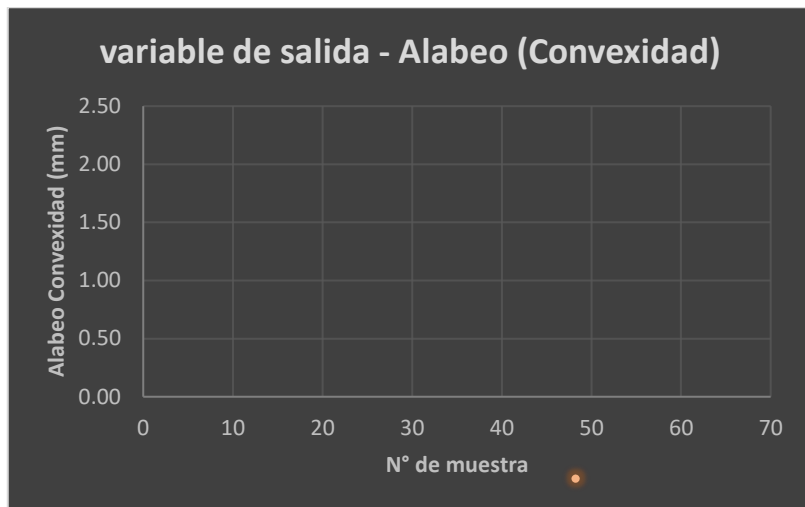


Figura 60. Dispersión de Datos (Alabeo - Convexidad) de muestra para predicción del alabeo convexo de ladrillos.

Fuente. Elaboración propia

Para el primer modelamiento, los datos deben de estar contenidos en un archivo de lectura (CSV), con las columnas de; “densidad”, “color”, y “alabeo-concavidad”; para el segundo modelamiento, los datos deben de estar contenidos en un archivo de lectura (CSV), con las columnas de; “densidad”, “color”, y “alabeo-convexidad”; los cuales posteriormente son cargado en el lenguaje de programación Python respectivamente para cada modelamiento.

```
# Cargar datos desde un archivo CSV
data = pd.read_csv('datos_ladrillo.csv') # Asegúrate de que el archivo esté en la misma c
```

Figura 61. Ingreso de datos de entrada y salida para modelamiento

Fuente. Elaboración propia

ii. Preprocesamiento de Datos.

Convierte el dato de color de categórico a numérico usando códigos.

```
# Preprocesar el color (convertir a números si es necesario)
data['color'] = data['color'].astype('category').cat.codes
```

Figura 62. Preprocesamiento de los datos para modelamiento

Fuente. Elaboración propia

iii. Selección de características.

Se selecciona la data de las variables de entrada (densidad, color) para “x”, y la data de la variable de salida (alabeo) para “y”.

```
# Separar características y etiqueta
x = data[['densidad', 'color']]
y = data['alabeo']
```

Figura 63. Selección de características para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

iv. División de datos.

Se dividen los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba (80/20).

```
# Dividir los datos en conjuntos de entrenamiento y prueba
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
```

Figura 64. División de datos para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

v. Escalado.

Las características se escalan para mejorar la precisión del modelo.

```
# Escalar las características
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
```

Figura 65. Escalado de características para modelamiento
Fuente. Elaboración propia

vi. Entrenamiento del modelo SVR

- **Seleccionar un Kernel:** Se escoge un tipo de kernel (lineal, polinómico, radial, etc) que se ajuste a la naturaleza de los datos. Respecto a la selección de kernel, se puede experimentar probando los diferentes tipos y observando el que mejor se adecua en la optimización del modelo.
- **Entrenar el modelo:** Se usa el conjunto de entrenamiento para ajustar el modelo SVR a los datos. Esto implica optimizar los parámetros del modelo para minimizar el error.

```
# Crear y entrenar el modelo SVM
model = SVR(kernel='linear') # Puedes probar con otros kernels como 'rbf', 'poly', etc.
model.fit(X_train, y_train)
```

Figura 66. Selección de kernel y entrenamiento de modelo SVR
Fuente. Elaboración propia

vii. Predicción y Evaluación del modelo

Se realizan predicciones y se evalúa el modelo usando MSE.

- **Predicción:** Se procede al uso del modelo entrenado para predecir la resistencia a la compresión del conjunto de prueba.
- **Métricas de evaluación:** Calcula métricas como el error cuadrático medio (MSE) o la correlación para evaluar el rendimiento del modelo.

```
# Hacer predicciones
y_pred = model.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)

print(f'Root Mean Squared Error: {rmse:.2f}')
```

Figura 67. Predicción y Evaluación del modelamiento SVR
Fuente. Elaboración propia

viii. Predicción final

Una vez satisfecho con el rendimiento del modelo, se utiliza el modelamiento SVR para predecir el alabeo de nuevos ladrillos basándose en las características de densidad aparente y color. En este caso, utilizamos el modelamiento en una muestra de 60 unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo.

```
# Mostrar algunas predicciones
predicciones_df = pd.DataFrame({'Actual': y_test, 'Predicción': y_pred})
print(predicciones_df.head())
```

Figura 68. Predicción final del modelamiento SVR
Fuente. Elaboración propia

Del modelamiento SVR para la predicción del alabeo cóncavo de los ladrillos, se obtiene lo siguiente.

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Alabeo cóncavo (mm)
1	1.136	#eX9X8X	1.09
2	1.132	#dX9X8X	1.11
3	1.145	#cX8X8X	1.04
4	1.134	#eX9X7X	1.10
5	1.148	#bX8X8X	1.03
6	1.152	#cX8X7X	1.01
7	1.143	#dX8X7X	1.05
8	1.153	#dX8X6X	1.00
9	1.121	#dX8X5X	1.16
10	1.130	#dX9X8X	1.11
11	1.144	#cX8X8X	1.04
12	1.112	#dX9X8X	1.20
13	1.141	#cX8X7X	1.06
14	1.155	#eX9X7X	0.99
15	1.133	#bX8X7X	1.10
16	1.147	#dX9X7X	1.03
17	1.137	#dX8X6X	1.08
18	1.157	#dX9X6X	0.98
19	1.156	#dX8X6X	0.99
20	1.157	#cX8X7X	0.98
21	1.149	#dX8X7X	1.02
22	1.162	#eX9X7X	0.96
23	1.129	#eX9X7X	1.12
24	1.120	#dX8X7X	1.16
25	1.139	#dX8X7X	1.07
26	1.125	#cX8X6X	1.14
27	1.154	#dX8X6X	1.00
28	1.165	#dX8X5X	0.94
29	1.158	#cX7X5X	0.97
30	1.151	#eX9X7X	1.01
31	1.153	#eX9X7X	1.00
32	1.140	#eX9X7X	1.07
33	1.134	#dX8X7X	1.09

Especímen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Alabeo cóncavo (mm)
34	1.127	#cX8X7X	1.13
35	1.141	#dX8X6X	1.06
36	1.133	#dX8X6X	1.10
37	1.130	#dX9X6X	1.11
38	1.158	#cX7X6X	0.97
39	1.126	#cX7X5X	1.13
40	1.120	#bX6X4X	1.16
41	1.109	#cX8X6X	1.22
42	1.134	#cX7X6X	1.09
43	1.137	#bX7X6X	1.08
44	1.117	#aX6X6X	1.18
45	1.146	#9X6X6X	1.03
46	1.130	#9X7X6X	1.11
47	1.144	#aX6X5X	1.05
48	1.156	#9X6X5X	0.98
49	1.141	#aX6X5X	1.06
50	1.143	#aX6X5X	1.05
51	1.156	#cX7X6X	0.99
52	1.155	#dX8X6X	0.99
53	1.145	#eX9X6X	1.04
54	1.177	#dX9X6X	0.88
55	1.151	#cX7X5X	1.01
56	1.139	#dX8X5X	1.07
57	1.154	#cX7X5X	1.00
58	1.158	#cX7X5X	0.98
59	1.159	#dX9X6X	0.97
60	1.158	#eX9X7X	0.97

Tabla 46. Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto al alabeo cóncavo del ladrillo.

Fuente. Elaboración propia

Así también, del modelamiento SVR para la predicción del alabeo convexo de los ladrillos, se obtiene lo siguiente.

Especímen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Alabeo convexo (mm)
1	1.136	#eX9X8X	0.47
2	1.132	#dX9X8X	0.42
3	1.145	#cX8X8X	0.40
4	1.134	#eX9X7X	0.46
5	1.148	#bX8X8X	0.46
6	1.152	#cX8X7X	0.50
7	1.143	#dX8X7X	0.48
8	1.153	#dX8X6X	0.45
9	1.121	#dX8X5X	0.46
10	1.130	#dX9X8X	0.45
11	1.144	#cX8X8X	0.48
12	1.112	#dX9X8X	0.48
13	1.141	#cX8X7X	0.46
14	1.155	#eX9X7X	0.46
15	1.133	#bX8X7X	0.47
16	1.147	#dX9X7X	0.38
17	1.137	#dX8X6X	0.36
18	1.157	#dX9X6X	0.35
19	1.156	#dX8X6X	0.49
20	1.157	#cX8X7X	0.45
21	1.149	#dX8X7X	0.48
22	1.162	#eX9X7X	0.48
23	1.129	#eX9X7X	0.49
24	1.120	#dX8X7X	0.44
25	1.139	#dX8X7X	0.45
26	1.125	#cX8X6X	0.51
27	1.154	#dX8X6X	0.38
28	1.165	#dX8X5X	0.42
29	1.158	#cX7X5X	0.39
30	1.151	#eX9X7X	0.43
31	1.153	#eX9X7X	0.40
32	1.140	#eX9X7X	0.38
33	1.134	#dX8X7X	0.39

Especimen	ENTRADA SVR		SALIDA SVR
	Densidad aparente (Kg/cm ³)	Color (Código HEX)	Alabeo convexo (mm)
34	1.127	#cX8X7X	0.42
35	1.141	#dX8X6X	0.48
36	1.133	#dX8X6X	0.49
37	1.130	#dX9X6X	0.39
38	1.158	#cX7X6X	0.35
39	1.126	#cX7X5X	0.37
40	1.120	#bX6X4X	0.42
41	1.109	#cX8X6X	0.44
42	1.134	#cX7X6X	0.38
43	1.137	#bX7X6X	0.42
44	1.117	#aX6X6X	0.44
45	1.146	#9X6X6X	0.43
46	1.130	#9X7X6X	0.46
47	1.144	#aX6X5X	0.38
48	1.156	#9X6X5X	0.35
49	1.141	#aX6X5X	0.38
50	1.143	#aX6X5X	0.37
51	1.156	#cX7X6X	0.35
52	1.155	#dX8X6X	0.36
53	1.145	#eX9X6X	0.37
54	1.177	#dX9X6X	0.31
55	1.151	#cX7X5X	0.34
56	1.139	#dX8X5X	0.37
57	1.154	#cX7X5X	0.35
58	1.158	#cX7X5X	0.35
59	1.159	#dX9X6X	0.34
60	1.158	#eX9X7X	0.35

Tabla 47. Resultados predictivos del modelamiento SVR respecto al alabeo convexo del ladrillo.

Fuente. Elaboración propia

5.2.4.2. Evaluación comparativa entre resultados de SVR y resultados experimentales sobre el alabeo de ladrillos

Teniendo en cuenta los resultados del alabeo predichos por el modelamiento SVR, efectuamos la comparación de dichos resultados, con los valores obtenidos experimentalmente. Ante ello, apreciamos la siguiente tabla.

Especimen	Alabeo (mm)			
	Concavidad		Convexidad	
	Experimental	SVR	Experimental	SVR
01	1.20	1.09	0.00	0.47
02	2.10	1.11	0.00	0.42
03	1.20	1.04	0.00	0.40
04	2.20	1.10	0.80	0.46
05	1.00	1.03	0.00	0.46
06	2.00	1.01	2.00	0.50
07	2.20	1.05	0.00	0.48
08	1.50	1.00	0.00	0.45
09	2.20	1.16	0.00	0.46
10	0.00	1.11	1.50	0.45
11	2.00	1.04	1.20	0.48
12	0.00	1.20	1.20	0.48
13	2.20	1.06	1.30	0.46
14	2.20	0.99	1.30	0.46
15	2.50	1.10	0.00	0.47
16	1.20	1.03	1.00	0.38
17	0.80	1.08	0.80	0.36
18	1.00	0.98	0.00	0.35
19	0.00	0.99	0.80	0.49
20	0.00	0.98	0.50	0.45
21	0.50	1.02	0.00	0.48
22	0.20	0.96	0.80	0.48
23	0.20	1.12	0.00	0.49

Especimen	Alabeo (mm)			
	Concavidad		Convexidad	
	Experimental	SVR	Experimental	SVR
24	0.00	1.16	0.20	0.44
25	0.50	1.07	0.00	0.45
26	1.50	1.14	0.00	0.51
27	2.00	1.00	0.00	0.38
28	1.80	0.94	0.00	0.42
29	0.00	0.97	0.00	0.39
30	0.40	1.01	0.50	0.43
31	0.00	1.00	0.00	0.40
32	0.20	1.07	0.20	0.38
33	0.20	1.09	0.20	0.39
34	0.50	1.13	0.00	0.42
35	1.20	1.06	0.20	0.48
36	1.00	1.10	0.00	0.49
37	1.20	1.11	0.00	0.39
38	1.00	0.97	0.20	0.35
39	1.20	1.13	1.80	0.37
40	2.00	1.16	1.50	0.42
41	1.20	1.22	0.00	0.44
42	1.20	1.09	1.00	0.38
43	1.50	1.08	0.00	0.42
44	1.20	1.18	0.00	0.44
45	1.40	1.03	0.00	0.43
46	0.00	1.11	0.50	0.46
47	0.00	1.05	0.00	0.38
48	0.00	0.98	0.80	0.35
49	1.20	1.06	2.00	0.38
50	2.20	1.05	0.00	0.37
51	1.50	0.99	0.00	0.35
52	1.20	0.99	0.00	0.36
53	0.60	1.04	0.80	0.37
54	0.20	0.88	0.80	0.31

Espécimen	Alabeo (mm)			
	Concavidad		Convexidad	
	Experimental	SVR	Experimental	SVR
55	0.00	1.01	0.00	0.34
56	1.60	1.07	0.00	0.37
57	1.60	1.00	0.00	0.35
58	0.00	0.98	1.20	0.35
59	1.20	0.97	0.00	0.34
60	2.20	0.97	0.00	0.35
Promedio	1.05	1.05	0.42	0.42
Desv. Est.	0.79	0.07	0.59	0.05

Tabla 48. Cuadro comparativo de resultados experimentales y modelamiento SVR respecto al alabeo cóncavo del ladrillo
Fuente. Elaboración propia

En relación, a los resultados sobre el alabeo cóncavo de los ladrillos, tenemos:

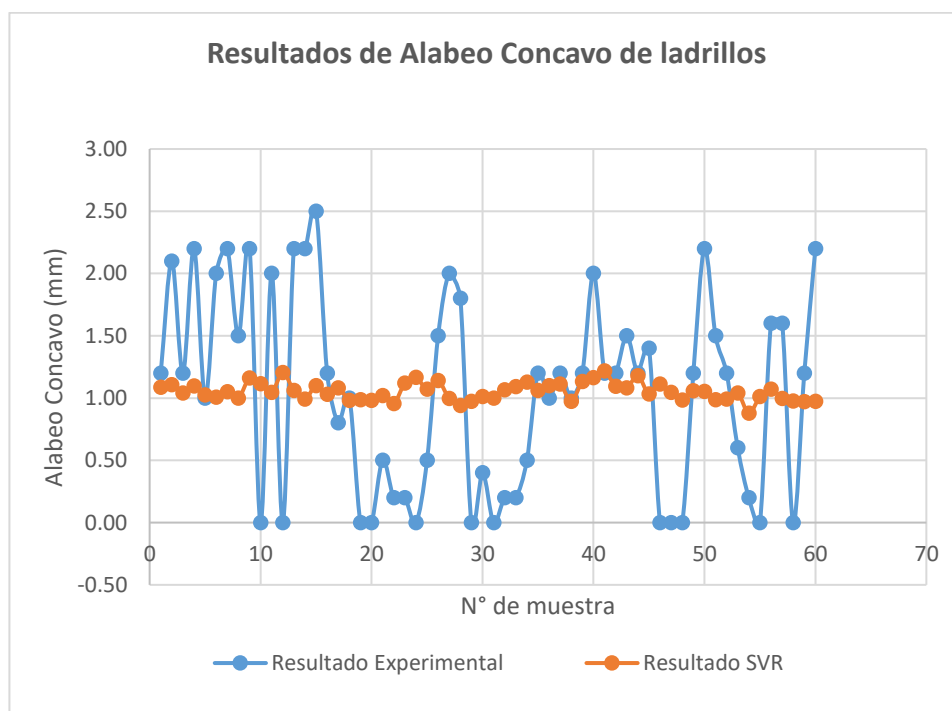


Figura 69. Resultados de alabeo cóncavo de ladrillo

Fuente: elaboración propia

Ahora, en relación, a los resultados sobre el alabeo convexo de los ladrillos, tenemos:

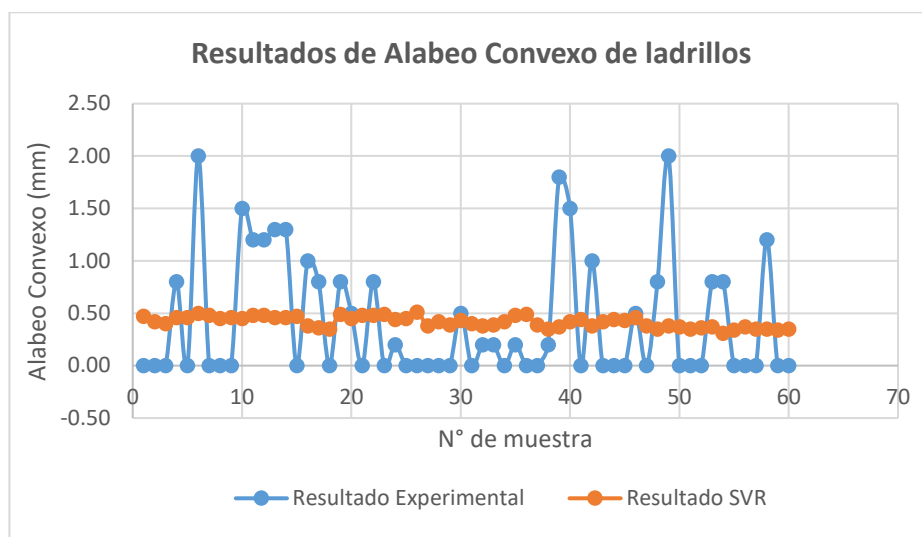


Figura 70. Resultados de alabeo convexo de ladrillo

Fuente: elaboración propia

5.2.2.3. Análisis de correlación de parámetro de calidad de alabeo (cóncavo) de ladrillo.

Efectuamos el análisis estadístico mediante el software SPSS de los resultados de la máquina de soporte vectorial en relación al alabeo cóncavo de los ladrillos. En ese aspecto evaluamos las variables que a continuación se detallan.

- X : Resultado de alabeo cóncavo
(Implementación SVR)
- Y : Resultado de alabeo cóncavo
(Método Experimental)

Previo a calcular la correlación, se necesita conocer si las variables, tienen una distribución normal.

Planteamos la prueba de hipótesis:

1) Planteamos las hipótesis:

Ho: Las variables tienen una distribución normal

H1: Las variables no tienen una distribución normal

2) Nivel de significancia: 5%

3) Estadístico de prueba:

Casos	Válidos		Perdidos		Total	
	N	%	N	%	N	%
SVR	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%
Experimental	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%

Tabla 49. Resumen de procesamiento de casos: Resultados de alabeo cóncavo de ladrillos

Fuente. Software SPSS

Como $n > 50$, se utiliza la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de Normalidad	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SVR	,087	60	,200	,980	60	,442
Experimental	,143	60	,004	,908	60	,000

Tabla 50. Tabla de pruebas de normalidad

Fuente. Software SPSS

4) Establecer la regla de decisión:

Si $p > 0.05$, no se rechaza la H_0

5) Tomar la decisión:

En ambas variables, el valor de p (sig) es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula.

6) Conclusión:

A un nivel de significancia de 5%, existe evidencia estadística para afirmar que las variables tienen una distribución normal por lo tanto se puede aplicar una correlación de Pearson.

- **Correlación:**

Diagrama de Dispersión:

Se aplicó la correlación r de Pearson debido que las variables resultado SVR y resultado Experimental se aproximan a la distribución normal (ver anexo 1).

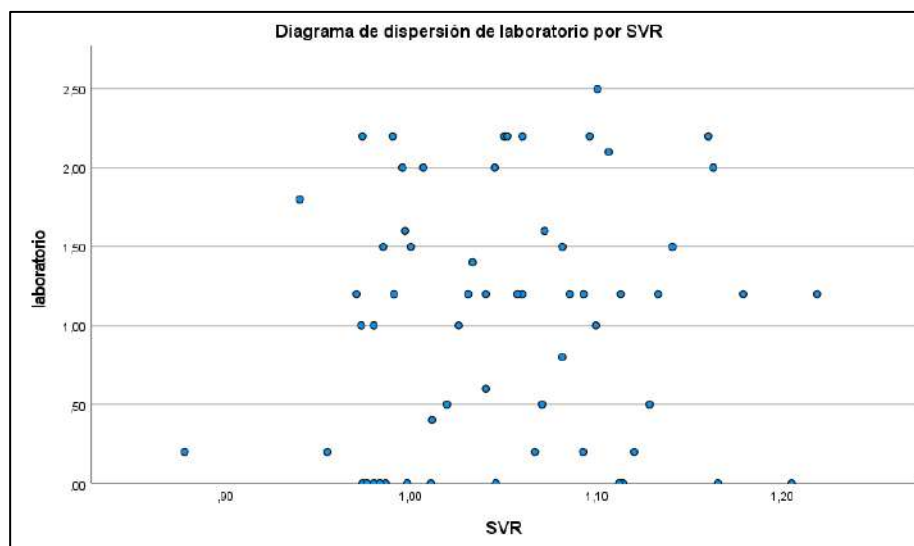


Figura 71. Gráfico de correlación de datos de resultados de alabeo cóncavo (SVR vs Experimental)

Fuente. Elaboración propia

Los datos estadísticos descriptivos se detallan en la siguiente tabla.

	Media	Desviación Estándar	N
SVR	1,0517	,07023	60
Experimental	1,0517	.79073	60

Tabla 51. Datos estadísticos descriptivos: Resultados de alabeo cóncavo de ladrillos
Fuente. Software SPSS

Planteamiento de Hipótesis:

1) Se planteó las siguientes hipótesis:

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina el alabeo (cóncavo) de ladrillos en la región Huancayo

H1: $\rho \neq 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial determina el alabeo (cóncavo) de ladrillos en la región Huancayo

2) Nivel de significancia: 0,05

Correlaciones		SVR	Experimental
SVR	Correlación de Pearson	1	,089
	Sig. (bilateral)		,500
	N	60	60
Experimental	Correlación de Pearson	,089	1
	Sig. (bilateral)	,500	
	N	60	60

Tabla 52. Tabla de correlaciones de Resultados de alabeo cóncavo de ladrillos
Fuente. Software SPSS

3) Establecer la regla y tomar la decisión:

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que no existe correlación directa significativa y ($r = 0.089$) entre la máquina de soporte vectorial y alabeo cóncavo (Valor $p = 0,0 > 0,05$, no se rechaza H_0).

Si p (Sig) > 0.05 , no se rechaza la H_0

$H_0: \rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina el alabeo (cóncavo) de ladrillos en la región Huancayo.

4) Conclusión:

Existe evidencia estadística a un nivel de significancia del 5% para afirmar: que no existe correlación entre los resultados de alabeo cóncavo de ladrillos obtenidos por la máquina de soporte vectorial; por lo tanto, la máquina de soporte vectorial no determina el alabeo cóncavo

5.2.2.3. Análisis de correlación de parámetro de calidad de alabeo (convexo) de ladrillo.

Efectuamos el análisis estadístico mediante el software SPSS de los resultados de la máquina de soporte vectorial en relación al alabeo convexo

de los ladrillos. En ese aspecto evaluamos las variables que a continuación se detallan.

- X : Resultado de alabeo convexo
(Implementación SVR)
- Y : Resultado de alabeo convexo
(Método Experimental)

Previo a calcular la correlación, se necesita conocer si las variables, tienen una distribución normal.

Planteamos la prueba de hipótesis:

1) Planteamos las hipótesis:

Ho: Las variables tienen una distribución normal

H1: Las variables no tienen una distribución normal

2) Nivel de significancia: 5%

3) Estadístico de prueba:

Casos	Válidos		Perdidos		Total	
	N	%	N	%	N	%
SVR	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%
Experimental	60	100.0%	0	0.0%	60	100.0%

Tabla 53. Resumen de procesamiento de casos: Resultados de variación dimensional (largo) de ladrillos
Fuente. Software SPSS

Como $n > 50$, se utiliza la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

Pruebas de Normalidad	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SVR	,129	60	,014	,944	60	,008
Experimental	,312	60	,000	,741	60	,000

Tabla 54. Tabla de pruebas de normalidad

Fuente. Software SPSS

4) Establecer la regla de decisión:

Si $p > 0.05$, no se rechaza la H_0

5) Tomar la decisión:

En ambas variables, el valor de p (sig) es mayor a 0.05, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula.

6) Conclusión:

A un nivel de significancia de 5%, existe evidencia estadística para afirmar que las variables tienen una distribución normal por lo tanto se puede aplicar una correlación de Pearson.

- **Correlación:**

Diagrama de Dispersión:

Se aplicó la correlación r de Pearson debido que las variables resultado SVR y resultado Experimental se aproximan a la distribución normal (ver anexo 1).

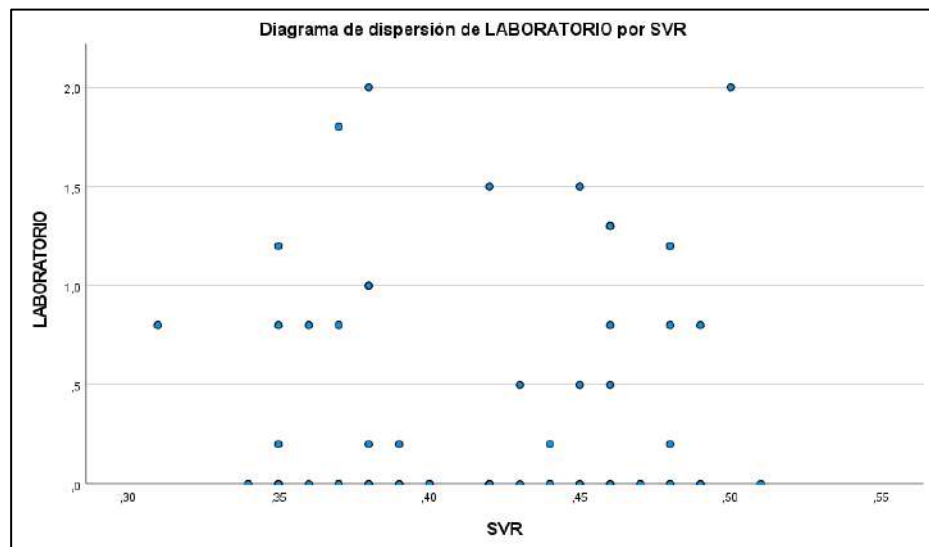


Figura 72. Gráfico de correlación de datos de resultados de labeo convexo (SVR vs Experimental)

Fuente. Elaboración propia

Los datos estadísticos descriptivos se detallan en la siguiente tabla.

	Media	Desviación Estándar	N
SVR	0,4172	0,5198	60
Experimental	0,418	0,5876	60

Tabla 55. Datos estadísticos descriptivos: Resultados de alabeo convexo de ladrillos
Fuente. Software SPSS

Planteamiento de Hipótesis:

1) Se planteó las siguientes hipótesis:

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina el alabeo (convexo) de ladrillos en la región Huancayo

H1: $\rho \neq 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial determina el alabeo (convexo) de ladrillos en la región Huancayo

2) Nivel de significancia: 0,05

Correlaciones		SVR	Experimental
SVR	Correlación de Pearson	1	,068
	Sig. (bilateral)		,607
	N	60	60
Experimental	Correlación de Pearson	,068	1
	Sig. (bilateral)	,607	
	N	60	60

Tabla 56. Tabla de correlaciones de resultados de resistencia a la compresión de ladrillos

Fuente. Software SPSS

3) Establecer la regla y tomar la decisión:

Los resultados de la prueba de hipótesis indican que no existe correlación directa significativa y ($r = 0.068$) entre la máquina de soporte vectorial y el alabeo convexo (Valor $p = 0,0 > 0,05$, no se rechaza H0).

Si p (Sig) > 0.05 , no se rechaza la Ho

H0: $\rho = 0$ La implementación de una máquina de soporte vectorial no determina el alabeo (convexo) de ladrillos en la región Huancayo.

4) Conclusión:

Existe evidencia estadística a un nivel de significancia del 5% para afirmar: que no existe correlación entre los resultados de alabeo convexo de ladrillos obtenidos por la máquina de soporte vectorial; por lo tanto, la máquina de soporte vectorial no determina el alabeo convexo.

De los resultados obtenidos mediante la implementación de la máquina de soporte vectorial para la predicción del alabeo cóncavo de los ladrillos del distrito de Sapallanga de la región Huancayo, se obtiene que el modelo SVR generó un coeficiente de correlación de 0.088, lo cual implica que existe una correlación positiva muy débil entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR.

En tanto, respecto de los resultados obtenidos mediante la implementación de la máquina de soporte vectorial para la predicción del alabeo convexo de los ladrillos del distrito de Sapallanga de la región Huancayo, se obtiene que el modelo SVR generó un coeficiente de correlación de 0.068, lo cual implica que existe una correlación positiva muy débil entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR.

CAPITULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **OG:** Concerniente al objetivo general, se aprecia como resultado, la evaluación de la determinación de la clasificación de la calidad de ladrillos en la región de Huancayo mediante la implementación de una máquina de soporte vectorial; para lo cual se implementaron modelos SVR para la predicción de los parámetros de calidad del ladrillo, de resistencia a la compresión, absorción, variación dimensional y alabeo; basados en las características de densidad aparente y color de los ladrillos; en relación a ello, se observó que en consideración a los datos de entrada de densidad aparente y color de los ladrillos, se logró obtener resultados predictivos consistentes de resistencia a la compresión, asimismo se logró obtener resultados predictivos moderadamente consistentes de absorción, por otro lado, se logró obtener resultados no consistentes de variación dimensional y alabeo; ante ello, al no contar con resultados consistentes en todos los parámetros de calidad de ladrillos acorde con la normativa vigente aplicable, no se puede determinar la clasificación de calidad de ladrillos de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo mediante la implementación de una máquina de soporte vectorial. Al respecto, Ortiz de Zárate et al (2021), en su artículo de investigación titulado “Análisis y clasificación de ladrillos de hormigón celular a través de imágenes” desarrollaron un instrumento de clasificación de calidad de los ladrillos de hormigón a través de imágenes, en donde establecieron las propiedades de los ladrillos como aislamiento térmico, alta resistencia a la penetración de agua líquida; mayor aislamiento acústico, resistencia al fuego, menor peso y mayor duración. Sobre ello, en la presente investigación, se incentiva la clasificación de la calidad de los

ladrillos a través de la implementación de un instrumento específico en torno al aprendizaje automático específicamente al modelamiento de la máquina de soporte vectorial, cuya evaluación nos permite conocer la eficiencia de la implementación de dicho modelo para la clasificación de la calidad de ladrillos en la región de Huancayo.

- **OE1:** En relación con el primer objetivo específico, observamos como resultado; la determinación de los valores predictivos del parámetro de calidad de resistencia a la compresión de los ladrillos del distrito de Sapallanga en la región Huancayo mediante la implementación de modelo SVR, máquina de soporte vectorial; apreciándose que el modelo SVR presenta un error cuadrático medio de 2.388 y un coeficiente de correlación de 0.966; denotando que los resultados obtenidos con la implementación de la máquina de soporte vectorial son considerablemente consistentes con los valores experimentales obtenidos, en ese aspecto, se afirma que el modelo es satisfactorio para la predicción de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga. Al respecto, Mayank Mishra et al (2019), en su artículo de investigación “Máquina de vectores de soporte para determinar la resistencia a la compresión de mampostería de ladrillo y mortero mediante la fusión de datos de END (estudio de caso: Kharagpur, India)”, desarrollaron un modelo de simulación de esfuerzo a fin de poder estimar la resistencia a la compresión de la mampostería de ladrillo en la localidad de Kharagpur – India; tal modelo se desarrolla mediante un modelo de simulación de esfuerzos, HR y velocidad ultrasónica como entradas para 44 muestras de laboratorio, con una salida de valores de resistencia a la compresión; en donde se observó que la máquina de soporte vectorial (SVM) generó un coeficiente de correlación de 0.980 y un error cuadrático de 0.589, resaltando que los resultados obtenidos mediante el modelo SVM llegan a ser considerablemente consistentes, y que se validan con las pruebas experimentales de las muestras extraídas; concluyendo que los resultados de los valores obtenidos mediante el modelo SVM y los resultados obtenidos de manera experimental, llegan a ser similares. Acorde con ello, en la presente investigación, la predicción de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de las ladrilleras del

distrito de Sapallanga, se efectuó mediante un modelo SVR, modelo que resultó consistente en relación con los resultados experimentales.

- **OE2:** Así también, respecto al segundo objetivo específico, observamos como resultado; la determinación de los valores predictivos del parámetro de calidad de la absorción de los ladrillos del distrito de Sapallanga en la región Huancayo mediante la implementación de modelo SVR, máquina de soporte vectorial; apreciándose que el modelo SVR presenta un error cuadrático medio de 0.319 y un coeficiente de correlación de 0.585; denotando que los resultados obtenidos con la implementación de la máquina de soporte vectorial son moderadamente consistentes con los valores experimentales obtenidos, en ese aspecto, se afirma que el modelo es moderadamente satisfactorio para la predicción de la absorción de las unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga. Al respecto, Blanco Aguilar (2018), en su tesis “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal producido en el sector Cruz Verde, distrito Bambamarca, Cajamarca - 2018” determinó que la absorción de las unidades de las cuatro ladrilleras objeto de estudio es aceptable por estar por debajo del 22% estipulado por la NTP E070, con lo cual se acepta la calidad de las unidades. De igual manera, en la presente investigación, a fin de determinar la calidad de las unidades de albañilería, se modeló la máquina de soporte vectorial SVR para la predicción de la absorción de las unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga, en donde el modelo que resultó moderadamente consistente en relación con los resultados experimentales.
- **OE3:** Luego, en lo que respecta al tercer objetivo específico, observamos como resultado; la determinación de los valores predictivos del parámetro de calidad de la variación dimensional y alabeo de los ladrillos del distrito de Sapallanga en la región Huancayo mediante la implementación de modelo SVR, máquina de soporte vectorial; apreciándose que el modelo SVR presenta errores cuadráticos medios de 0.002, 0.003, 0.007, 0.610, 0.338 y coeficientes de correlación de 0.346, 0.652, 0.050, 0.088, y 0.068 para la variación dimensional del largo, variación dimensional del ancho, variación dimensional de altura, alabeo cóncavo, y alabeo convexo, respectivamente; denotando que los resultados

obtenidos con la implementación de la máquina de soporte vectorial para la variación dimensional del largo y ancho son moderadamente consistentes con los valores experimentales obtenidos, no obstante, para la variación dimensional de la altura no tiene consistencia con los resultados experimentales; por otro lado, para el alabeo cóncavo y convexo también se observa que no tienen consistencia con los resultados experimentales; ante ello, se afirma que los modelos no resultan satisfactorios satisfactorio tanto para la predicción de la variación dimensional, como para la predicción del alabeo de las unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga. Al respecto, Blanco Aguilar (2018), en su tesis “Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal producido en el sector Cruz Verde, distrito Bambamarca, Cajamarca - 2018” determinó la variación dimensional las unidades de albañilería compuestos de arcilla están clasificados en el tipo IV en función de los resultados de laboratorio, asimismo en los ensayos realizados del alabeo de las unidades de albañilería también se clasifican como de tipo IV encontrándose dentro de los límites establecidos en la NTP E070. De igual manera, en la presente investigación, a fin de determinar la calidad de las unidades de albañilería, se modeló la maquina de soporte vectorial SVR para la predicción de la variación dimensional y alabeo de las unidades de albañilería de las ladrilleras del distrito de Sapallanga, no obstante de acuerdo a los modelos entrenados se observa que estos resultan inconsistentes con los resultados experimentales.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó de la determinación de la clasificación de la calidad de ladrillos en la región de Huancayo mediante la implementación de modelos de máquina de soporte vectorial SVR para la predicción de los parámetros de calidad del ladrillo, de resistencia a la compresión, absorción, variación dimensional y alabeo; basados en las características de densidad aparente y color de los ladrillos; en donde los valores predictivos de resistencia a la compresión resultaron consistentes, sin embargo, los valores predictivos de absorción, variación dimensional y alabeo no resultaron consistentes; ante ello, al no contar con resultados consistentes en todos los parámetros de calidad de ladrillos acorde con la normativa vigente aplicable, no se puede determinar la clasificación de calidad de ladrillos de las ladrilleras del distrito de Sapallanga de la región Huancayo mediante la implementación de una máquina de soporte vectorial. En ese aspecto, se aprecia que la implementación de una máquina de soporte vectorial no determina consistentemente la clasificación de todos los parámetros de calidad de ladrillos en la región Huancayo; por lo que se rechaza la hipótesis general.
2. El modelo SVR implementado para la predicción de la resistencia a la compresión generó un coeficiente de correlación 0.966 y un error cuadrático medio de 2.388, existiendo una correlación positiva fuerte entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR; mostrando resultados consistentes de valores predictivos de resistencia a la compresión; con lo que se logró determinar la clasificación de la calidad de la resistencia a la compresión de ladrillos de las ladrilleras del distrito de Sapallanga en la región Huancayo, conforme la normativa vigente aplicable, la cual corresponde al tipo IV. De la evaluación realizada, se aprecia que la implementación de una máquina de soporte vectorial determina consistentemente la clasificación de la calidad de la resistencia a la compresión de ladrillos en la región Huancayo; por lo que se acepta la primera hipótesis específica.
3. El modelo SVR implementado para la predicción de la absorción generó un coeficiente de correlación 0.585 y un error cuadrático medio de 0.319, existiendo una correlación positiva moderada entre los resultados experimentales y los

resultados predichos por el modelo SVR; mostrando resultados moderadamente consistentes de valores predictivos de absorción; con lo que se logra determinar la clasificación de la calidad de la absorción de ladrillos de las ladrilleras del distrito de Sapallanga en la región Huancayo, conforme la normativa vigente aplicable. De la evaluación realizada, se aprecia que la implementación de una máquina de soporte vectorial no determina consistentemente la clasificación de la calidad de la absorción de ladrillos en la región Huancayo; por lo que no se acepta la segunda hipótesis específica.

4. Los modelos SVR implementados para la predicción de la variación dimensional del largo, ancho, y altura; así como el alabeo cóncavo y alabeo convexo generó coeficientes de correlación de 0.346, 0.652, 0.050, 0.088, 0.068, y valores de error cuadrático medio de 0.002, 0.003, 0.007, 0.610, y 0.338 respectivamente, existiendo una correlación positiva débil entre los resultados experimentales y los resultados predichos por el modelo SVR para variación dimensional y alabeo; mostrando resultados no consistentes; con lo que no se puede determinar la clasificación de la calidad de la variación dimensional de ladrillos de las ladrilleras del distrito de Sapallanga en la región Huancayo, conforme la normativa vigente aplicable. De la evaluación realizada, se aprecia que la implementación de una máquina de soporte vectorial no determina consistentemente la clasificación de la calidad de la variación dimensional y alabeo de ladrillos en la región Huancayo; por lo que no se acepta la tercera hipótesis específica.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear la máquina de soporte vectorial (SVR) para la predicción de la resistencia a la compresión de ladrillos, basados en las características de densidad aparente y color de las unidades de albañilería, asimismo se recomienda incorporar más variables de entrada con el objeto de mejorar la predicción del modelamiento.
2. Se recomienda, incorporar más variables de entrada en el modelamiento de la máquina de soporte vectorial (SVR) para la predicción de absorción de ladrillos expuesto en la presente investigación, con el objeto de acercar los valores de predicción a los valores experimentales.
3. Se recomienda no emplear la máquina de soporte vectorial (SVR) para la predicción de variación dimensional y alabeo, basados en las características de densidad aparente y color de las unidades de albañilería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arquiñigo Trujillo, Wilson Néstor.** Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú – Escuela de Posgrado, 2011.
- Aydin S. & Korkmaz M.** Prediction of durability of bricks using machine learning techniques. *Journal of Building Performance*, 2019.
- Bishop C. M.** *Pattern Recognition and Machine Learning.*, New York, 2006.
- Blanco Aguilar Segundo Román.** Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal producido en el Sector Cruz Verde, distrito Bambamarca, Cajamarca – 2018. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2018.
- Campo León, Elena.** Introducción a las máquinas de vector soporte (SVM) en aprendizaje supervisado. Facultad de Ciencias – Universidad Zaragoza, 2016.
- Cao Y. et al.** Support vector regression with multi-kernel for the prediction of materials properties. *Material Research Bulletin*, 2013.
- Cárdenas Ruiz & Panduro Noriega.** Estudio de la Calidad y resistencia del ladrillo tubular de arcilla en las ladrilleras Icaro, Murrieta, sagitario, R Y G Y en Buenavista San Juan 2018. Maynas: Universidad Científica del Perú, 2020.
- Cervantes Canales, Jair.** Clasificación de grandes conjuntos de datos vía Máquinas de vectores Soporte y aplicaciones en sistemas biológicos. México D.F.: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Departamento de Computación, 2009.
- Chen, Y., & Wang, J.** Support vector regression for prediction os surface roughness in turning operations. *International Journal of advanced manufacturing technology*, 2010.
- Cortes C. & Vapnik V.** Support – vector networks. *Machine Learning*. New York, 1995. Pgs 273-297.
- Condori Chino, Silverio Fischer.** Análisis comparativo de la calidad de los ladrillos artesanales en el sector Cuinchaca, distrito de Cabana provincia de San Román – Puno. Juliaca: Universidad Alas peruanas, 2016.
- Cruz Huacac, Raúl Donato.** Uso de Máquina de Soporte Vectorial para Predicción de Resistencia a la Compresión de Concreto. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019.

- Cuevas Alfaro, Eduardo Alberto.** Máquinas de Soporte Vectorial con algoritmos basados en poblaciones para el pronóstico del precio de acciones Lan Chile. Valparaíso: Pontificia Universidad católica de Valparaíso – Facultad de Ingeniería – Escuela de Ingeniería Informática, 2010.
- Duan K. et al.** An improved support vector regression algorithm for predicting thermal conductivity of polymer composites. *Materials Science and Engineering*, 2008.
- Falcón Cisneros, Sergio Daniel.** Aprendizaje Estadístico Supervisado con Máquina de Soporte Vectorial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú – Escuela de Posgrado, 2024.
- G. Cano et al.** Predicción de solubilidad de fármacos usando máquinas de soporte vectorial sobre unidades de procesamiento gráfico. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya Barcelonatech, 2017.
- Guan Y. et al.** Application of support vector regression in predicting the mechanical properties of clay bricks. *Construction and Building Materials*, 2018.
- Hsu C. W. & Lin C. J.** A comparison of Methods for Multi-Class Support Vector Machines. Tesis de maestría: National Taiwan University, 2002.
- Jara Estupiñan et al.** Implementación de algoritmos basados en máquinas de soporte vectorial (SVM) para sistemas eléctricos: revisión de tema. Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- Jefferson Jara et al.** Implementación de algoritmos basados en máquinas de soporte vectorial (SVM) para sistemas eléctricos: revisión de tema. Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- Juan D. Velásquez et al.** Predicción de series temporales usando máquinas de vectores de soporte. Chile: Ingeniare – Revista chilena de ingeniería, 2010.
- Licona Chiquillo, Steve.** Evaluación técnica de la calidad del ladrillo producido en la ladrillera La Clay S.A. ubicada en el Corregimiento de Pascaballo según la Norma Técnica Colombiana NTC 4205 y 4017. Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2009.
- Martínez Notario, Álvaro.** Modelado y predicción de sistemas dinámicos mediante el uso de Máquinas de Soporte vectorial (SVM). Madrid: E.T.S.I. Diseño Industrial (UPM), 2021.

- Marzouk M., & El-Razek M.** Using support vector machines to predict the quality of masonry bricks. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2015.
- Mayank Mishra et al.** Support vector machine for determining the compressive strength of brick-mortar masonry using NDT data fusion (case study: Kharagpur, India). India: Department of Civil Engineering – Indian Institute of Technology, 2019.
- Moreno Torres, Marlo Diego.** Control de calidad de los tipos de ladrillos King Kong 18 huecos sobre sus propiedades mecánica, físicas y químicas, Trujillo 2018. Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2021.
- Norma E.070.** Albañilería: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.
- Olivera Mayorca, Francis Dante.** Redes neuronales artificiales en la estimación de la resistencia a la compresión del concreto para la Provincia de Huancayo. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020.
- Ortega López, David Esteban.** Actualización del sistema de gestión de la calidad en la empresa ladrilleras El Rubí S.A.S., en el proceso de elaboración de bloque para construcción, bajo la norma ISO 9001:2015. Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja, 2023.
- Riera Bravo, Diana Alexandra.** Estandarización del proceso productivo y control de calidad en la industria ladrillera. Caso: Ladrillera y Comercializadora Alfredo. Cuenca – Ecuador: Universidad del Azuay, 2018.
- Rodolfo Mosquera et al.** Máquinas de Soporte Vectorial, Clasificador Naïve Bayes y Algoritmos Genéticos para la Predicción de Riesgos Psicosociales en Docentes de Colegios Públicos Colombianos. Bogotá – Colombia: Universidad Nacional de Colombia – Universidad Libre, 2018.
- Rodrigo Ortiz et al.** Análisis y clasificación de ladrillos de hormigón celular a través de imágenes. Santa Fé: Facultad de Ingeniería y Ciencia Hidricas – Universidad Nacional del Litoral, 2021.
- Sanchez Anzola, Nicolás.** Máquinas de soporte vectorial y redes neuronales artificiales en la predicción del movimiento USD/COP spot intradiario. Colombia: Universidad Externado de Colombia, 2015.
- Sandoval Gil, Angie Jesús.** Aplicación de redes neuronales artificiales en el ensayo de la resistencia a la compresión del concreto, utilizando agregados de la cantera Tres

- Tomas, distrito Mesones Muro – provincia Ferreñafe – región Lambayeque. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2021.
- Smola A. J., & Schölkopf B.** A tutorial on support vector regression. Statistics and Computing. Cambridge, 2004.
- Suquilanda Gamboa, Florita Alexandra.** Clasificación estructural de los ladrillos de arcilla cocida artesanal y semindustrial según Reglamento E-070 de Albañilería – Lima 2018. Lima: Universidad César Vallejo, 2019.
- Torres Celadita, Linder Percy.** Evaluación de la calidad del ladrillo y albañilería fabricados en las ciudades de Kimbiri y Pichari, 2017. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2019.
- Uang Y. et al.** Support vector regression for forecasting the performance of pavement materials- Construction and Building Materials, 2014.
- Valdivia Vera, José Carlos.** Clasificación de los tipos de ladrillos de sillar blanco y rosado para fines estructurales a la norma E.070, Arequipa, 2023. Arequipa: Universidad tecnológica del Perú, 2023.
- Vapnik, V.** The Nature of Statistical Learning Theor. New York, 1995.
- Vesga Mahecha, Andrés.** Predicción de Series de Tiempo utilizando Support Vector Machine. Bogotá: Departamento de Ingeniería Electrónica – Universidad de Los Andes, 2006.
- Zhang H. et al.** Application of support vector regression for the prediction of oil reservoir properties. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2011.
- Zhao L.** Assessment of brick quality using machine learning techniques. Tesis de maestría, University of Technology, 2020.
- Zhang Y. & Li Z.** Prediction of compressive strength of fired clay bricks using support vector machines. Materials Science and Engineering: A, 2017
- Zhang Z.** Support vector machine-based prediction of the performance of reinforced concrete beams. Tesis doctoral, University of Science and Technology, 2015.

ANEXOS

ANEXO N° 01
Matriz de consistencia

ANEXO N° 02
MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL EN LA CLASIFICACIÓN DE CALIDAD DE LADRILLOS EN LA REGIÓN DE HUANCAYO”

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<p align="center">(VI) MÁQUINA DE SOPORTE VECTORIAL</p>	<p>Cortes & Vapnik (1995). describen que la máquina de soporte vectorial (SVM) es un método de aprendizaje supervisado que se utiliza para clasificación y regresión, el cual consiste en la búsqueda del hiperplano ideal que maximice el margen entre las clases al dividir diferentes clases en un espacio de características. Una extensión de las máquinas de soporte vectorial (SVM) que se utiliza para problemas de regresión es la Máquina de Soporte Vectorial para Regresión (SVR).</p> <p>Vapnik et al (1997), menciona que; la Regresión por Máquinas de Soporte Vectorial (SVR) es una variante de las máquinas de soporte vectorial que se utiliza para problemas de regresión. En lugar de encontrar un hiperplano que separe las clases, SVR busca ajustar una función que prediga valores continuos, permitiendo un margen de error definido y buscando minimizar la complejidad del modelo</p> <p>Smola & Schölkopf (2004), enfatizan que el modelo SVR es un método que extiende las máquinas de soporte vectorial al problema de regresión utilizando el concepto de margen para definir un error aceptable.</p> <p>Drucker et al. (1997), menciona que las máquinas de soporte vectorial para regresión encuentran un hiperplano que controla la complejidad del modelo y minimiza el error de predicción.</p> <p>La máquina de soporte vectorial es un método de aprendizaje estadístico transformando un espacio de datos a uno lineal. (Cisneros, p32)</p>	<p>La máquina de soporte vectorial para regresión (SVR) es definida como un modelo de aprendizaje supervisado con el propósito de predecir valores continuos; con lo cual opera mediante sus dimensiones, que se caracterizan por: Entrenamiento, Función de regresión, Hiperplano, Vectores de Soporte, Parámetros de regularización, y Predicción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento de modelo - Función de Regresión - Hiperplano - Vectores de Soporte - Parámetros de Regularización - Predicción 	<p>MSE (Error cuadrático medio)</p> <p>Coficiente de Pearson</p>

(VD) CALIDAD DE LADRILLO	<p>Martínez (2020), precisa que, la calidad del ladrillo, que se determina a partir de sus propiedades físicas, mecánicas y su comportamiento ante condiciones ambientales, es esencial para la seguridad de las edificaciones.</p> <p>López (2012), describe que, la calidad del ladrillo se determina por su resistencia mecánica, absorción de agua y uniformidad en las dimensiones, lo que garantiza su idoneidad para la construcción.</p> <p>Gonzales (2016), enfatiza que, el término calidad se refiere a las características físicas y mecánicas que debe cumplir el ladrillo para que pueda utilizarse adecuadamente en las obras de construcción.</p> <p>NTP 400.020:2013 (2013), estipula que, los ladrillos deben cumplir con especificaciones que garantizan su adecuación para la construcción, incluyendo características como la uniformidad en dimensiones y la resistencia.</p> <p>IS 1077 Instituto de Normas India (1992), especifica que Los ladrillos deben cumplir con ciertos estándares de calidad que incluyen resistencia, durabilidad y ausencia de defectos visibles para ser considerados aptos para la construcción.</p>	<p>La calidad del ladrillo es definida como un conjunto de características físicas y mecánicas que son medidas a fin de evaluar su idoneidad en el área de la construcción; para lo cual opera mediante sus dimensiones, que se corresponde a la Resistencia a la compresión, porcentaje de absorción de agua, variación dimensional y alabeo.</p>	Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión mínima: f ^b mínimo en MPa (Kg/cm ²) sobre área bruta
			Absorción	Porcentaje de absorción máxima permitida
			Variación dimensional Alabeo	Variación máxima en %, Alabeo máximo en mm.

ANEXO N° 03
PANEL FOTOGRAFICO

Fotografía 01:



Fotografía 02:



Ensayo de absorción y dimensionamiento

Fotografía 03:



Fotografía 04:



Ensayo de resistencia a la compresión

Fotografía 05:



Fotografía 06:



Fotografía 07:



Fotografía 08:



Fotografía 09:



Fotografía 10:



Fotografía 11:



Fotografía 12:



Fotografía 13:



Fotografía 14:



Fotografía 15:



Fotografía 16:



Fotografía 17:



Fotografía 18:



Fotografía 19:



Fotografía 20:



ANEXO 4:
ENSAYOS DE LABORATORIO



SANTA CRUZ
Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

SOLICITA / TESISTAS : PORRAS MARCOS WILBER IVAN - YACHI LEIVA NICKOLAS ADRIAN
PROYECTO / TESIS : IMPLEMENTACION DE UNA MAQUINA DE SOPORTE VERTICAL EN LA
CLASIFICACION DE CALIDAD DE LADRILLOS EN LA REGION JUNIN
MATERIAL / UBICACION: LADRILLO KING KONG - 18 HUECOS - SAPALLANGA
Distrito SAPALLANGA
Provincia HUANCAYO
Departamento JUNIN

TECNICO: J.S.C.V.
FECHA : 13/09/2024

LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS - SAPALLANGA VARIACION DIMENSIONAL DE LADRILLOS DE ARCILLA

VARIACION DIMENSIONAL - LARGO							
Espécimen N°	Largo 1 (cm)	Largo 2 (cm)	Largo 3 (cm)	Largo 4 (cm)	Promedio (cm)	Estándar (cm)	Variación Dimensional
1	23.20	23.00	23.20	23.00	23.10	23.00	-0.43%
2	23.10	23.10	23.10	23.00	23.08	23.00	-0.33%
3	23.20	23.10	23.30	23.10	23.18	23.00	-0.76%
4	23.00	23.00	23.10	23.10	23.05	23.00	-0.22%
5	22.90	23.00	23.10	23.10	23.03	23.00	-0.11%
6	23.00	23.00	22.90	23.10	23.00	23.00	0.00%
7	23.10	23.10	23.20	23.10	23.13	23.00	-0.54%
8	23.10	23.10	23.00	23.00	23.05	23.00	-0.22%
9	23.20	23.50	23.30	23.40	23.35	23.00	-1.52%
10	23.20	23.10	23.00	23.00	23.08	23.00	-0.33%
11	23.00	23.00	23.10	23.20	23.08	23.00	-0.33%
12	23.10	23.00	23.00	23.10	23.05	23.00	-0.22%
13	23.10	23.00	23.10	23.00	23.05	23.00	-0.22%
14	23.10	22.90	23.00	22.80	22.95	23.00	0.22%
15	23.20	23.00	23.10	23.10	23.10	23.00	-0.43%
16	23.00	23.00	23.10	23.00	23.03	23.00	-0.11%
17	23.00	23.20	23.00	23.20	23.10	23.00	-0.43%
18	23.00	23.10	23.10	23.30	23.13	23.00	-0.54%
19	23.10	23.10	23.20	23.10	23.13	23.00	-0.54%
20	22.90	23.00	23.10	23.10	23.03	23.00	-0.11%
21	23.00	22.90	23.00	23.10	23.00	23.00	0.00%
22	23.00	23.10	22.90	23.00	23.00	23.00	0.00%
23	23.30	23.20	23.40	23.30	23.30	23.00	-1.30%
24	23.10	23.00	23.20	23.00	23.08	23.00	-0.33%
25	23.20	23.00	23.10	23.00	23.08	23.00	-0.33%
26	23.40	23.20	23.20	23.40	23.30	23.00	-1.30%
27	22.80	22.80	22.90	23.00	22.88	23.00	0.54%
28	22.90	22.90	23.00	23.00	22.93	23.00	0.33%

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO ASALTADO

PAVIER SANTA CRUZ VELIZ



SANTA CRUZ VELIZ PAOLO
INGENIERO CIVIL
CIP Nº 263429



SANTA CRUZ
Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

29	23.10	23.00	22.90	23.10	23.03	23.00	-0.11%
30	23.40	23.20	23.30	23.10	23.25	23.00	-1.09%
31	23.00	23.00	23.10	23.00	23.03	23.00	-0.11%
32	23.40	23.30	23.20	23.40	23.33	23.00	-1.41%
33	23.20	23.10	23.20	23.00	23.13	23.00	-0.54%
34	23.30	23.40	23.40	23.10	23.30	23.00	-1.30%
35	23.20	23.10	23.00	23.10	23.10	23.00	-0.43%
36	23.10	23.00	23.30	23.20	23.15	23.00	-0.65%
37	23.30	23.20	23.40	23.30	23.30	23.00	-1.30%
38	23.00	22.90	22.80	22.80	22.88	23.00	0.54%
39	23.00	23.10	22.90	22.80	22.95	23.00	0.22%
40	23.00	23.10	23.20	23.00	23.08	23.00	-0.33%
41	23.30	23.10	23.30	23.00	23.18	23.00	-0.76%
42	23.10	23.20	23.30	23.00	23.15	23.00	-0.65%
43	23.10	23.00	23.00	23.10	23.05	23.00	-0.22%
44	23.30	23.30	23.20	23.20	23.25	23.00	-1.09%
45	23.10	23.00	23.10	23.00	23.05	23.00	-0.22%
46	23.30	23.30	23.40	23.40	23.35	23.00	-1.52%
47	23.00	23.20	23.10	23.10	23.10	23.00	-0.43%
48	22.80	23.00	23.10	22.90	22.95	23.00	0.22%
49	23.30	23.40	23.40	23.40	23.38	23.00	-1.63%
50	23.20	23.00	23.20	22.80	23.05	23.00	-0.22%
51	23.10	23.00	23.30	23.00	23.10	23.00	-0.43%
52	23.30	23.10	23.20	23.10	23.18	23.00	-0.76%
53	23.40	23.00	23.00	23.10	23.13	23.00	-0.54%
54	22.80	23.00	22.90	23.10	22.95	23.00	0.22%
55	23.00	23.00	23.10	23.20	23.08	23.00	-0.33%
56	23.00	23.00	23.10	23.20	23.08	23.00	-0.33%
57	22.80	22.70	23.20	23.10	22.95	23.00	0.22%
58	23.10	23.10	23.00	23.10	23.08	23.00	-0.33%
59	23.20	23.10	23.20	23.00	23.13	23.00	-0.54%
60	23.00	22.80	23.00	22.80	22.90	23.00	0.43%
Promedio (cm)					23.10		-0.42%
Desviación estándar (σ)					0.120		
Coefficiente de variación (%)					0.519%		

VARIACIÓN DIMENSIONAL - ANCHO							
Espécimen N°	Ancho 1 (cm)	Ancho 2 (cm)	Ancho 3 (cm)	Ancho 4 (cm)	Promedio (cm)	Estándar (cm)	Variación Dimensional
1	12.70	12.80	12.50	12.60	12.65	12.50	-1.20%
2	12.50	12.50	12.60	12.60	12.55	12.50	-0.40%
3	12.40	12.50	12.50	12.40	12.45	12.50	0.40%
4	12.50	12.60	12.50	12.60	12.55	12.50	-0.40%
5	12.50	12.60	12.50	12.60	12.55	12.50	-0.40%

CIAA SANTA CRUZ SRI
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ



SANTA CRUZ VELIZ PAOLO LUIS
INGENIERO CIVIL
CIP N° 26311



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

6	12.60	12.70	12.80	12.70	12.70	12.50	-1.60%
7	12.70	12.60	12.50	12.60	12.60	12.50	-0.80%
8	12.50	12.50	12.50	12.60	12.53	12.50	-0.20%
9	12.50	12.60	12.60	12.50	12.55	12.50	-0.40%
10	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.50	-0.80%
11	12.60	12.70	12.70	12.60	12.65	12.50	-1.20%
12	12.70	12.80	12.70	12.60	12.70	12.50	-1.60%
13	12.50	12.50	12.60	12.60	12.55	12.50	-0.40%
14	12.60	12.60	12.70	12.70	12.65	12.50	-1.20%
15	12.50	12.70	12.70	12.60	12.63	12.50	-1.00%
16	12.50	12.50	12.60	12.70	12.58	12.50	-0.60%
17	12.50	12.40	12.50	12.50	12.48	12.50	0.20%
18	12.40	12.50	12.40	12.40	12.43	12.50	0.60%
19	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53	12.50	-0.20%
20	12.40	12.40	12.50	12.60	12.48	12.50	0.20%
21	12.50	12.50	12.60	12.50	12.53	12.50	-0.20%
22	12.50	12.50	12.40	12.40	12.45	12.50	0.40%
23	12.50	12.60	12.40	12.50	12.50	12.50	0.00%
24	12.60	12.70	12.70	12.60	12.65	12.50	-1.20%
25	12.70	12.80	12.80	12.70	12.75	12.50	-2.00%
26	12.60	12.80	12.70	12.70	12.70	12.50	-1.60%
27	12.60	12.50	12.60	12.60	12.58	12.50	-0.60%
28	12.50	12.40	12.50	12.50	12.48	12.50	0.20%
29	12.50	12.40	12.40	12.40	12.43	12.50	0.60%
30	12.60	12.60	12.50	12.50	12.55	12.50	-0.40%
31	12.40	12.30	12.40	12.30	12.35	12.50	1.20%
32	12.50	12.50	12.40	12.50	12.48	12.50	0.20%
33	12.50	12.40	12.40	12.40	12.43	12.50	0.60%
34	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	0.00%
35	12.50	12.50	12.60	12.60	12.55	12.50	-0.40%
36	12.50	12.60	12.60	12.50	12.55	12.50	-0.40%
37	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53	12.50	-0.20%
38	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53	12.50	-0.20%
39	12.60	12.70	12.80	12.70	12.70	12.50	-1.60%
40	12.60	12.80	12.80	12.70	12.73	12.50	-1.80%
41	12.70	12.80	12.70	12.70	12.73	12.50	-1.80%
42	12.60	12.50	12.60	12.60	12.58	12.50	-0.60%
43	12.60	12.60	12.60	12.70	12.63	12.50	-1.00%
44	12.60	12.60	12.70	12.80	12.68	12.50	-1.40%
45	12.50	12.50	12.40	12.40	12.45	12.50	0.40%
46	12.50	12.40	12.40	12.40	12.43	12.50	0.60%
47	12.60	12.50	12.50	12.60	12.55	12.50	-0.40%
48	12.60	12.60	12.50	12.60	12.58	12.50	-0.60%
49	12.40	12.50	12.50	12.50	12.48	12.50	0.20%
50	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53	12.50	-0.20%

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO ASFALTADO

JAVIER SANTA CRUZ VELLIZ
C/O LABORATORIO



SANTA CRUZ VELLIZ PAOLO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 263425



CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

Especialistas en suelos y pavimentos

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

51	12.50	12.50	12.60	12.50	12.53	12.50	-0.20%
52	12.40	12.40	12.50	12.40	12.43	12.50	0.60%
53	12.50	12.50	12.60	12.50	12.53	12.50	-0.20%
54	12.30	12.40	12.40	12.30	12.35	12.50	1.20%
55	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	12.50	0.00%
56	12.70	12.60	12.60	12.60	12.63	12.50	-1.00%
57	12.50	12.60	12.50	12.50	12.53	12.50	-0.20%
58	12.40	12.50	12.40	12.50	12.45	12.50	0.40%
59	12.40	12.50	12.40	12.40	12.43	12.50	0.60%
60	12.50	12.60	12.50	12.60	12.55	12.50	-0.40%
Promedio (cm)					12.53		-0.37%
Desviación estándar (σ)					0.094		
Coeficiente de variación (%)					0.752%		

VARIACIÓN DIMENSIONAL - ALTURA							
Espécimen N°	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)	Altura 3 (cm)	Altura 4 (cm)	Promedio (cm)	Estándar (cm)	Variación Dimensional
1	9.10	9.20	9.20	9.10	9.15	9.00	-1.67%
2	9.00	9.10	9.10	9.10	9.08	9.00	-0.83%
3	9.00	9.10	9.10	9.20	9.10	9.00	-1.11%
4	9.10	9.10	9.20	9.30	9.18	9.00	-1.94%
5	9.20	9.30	9.30	9.20	9.25	9.00	-2.78%
6	9.30	9.30	9.30	9.20	9.28	9.00	-3.06%
7	9.20	9.30	9.20	9.20	9.23	9.00	-2.50%
8	9.30	9.10	9.10	9.20	9.18	9.00	-1.94%
9	9.20	9.10	9.10	9.00	9.10	9.00	-1.11%
10	9.00	9.10	9.10	9.20	9.10	9.00	-1.11%
11	9.00	9.10	9.20	9.20	9.13	9.00	-1.39%
12	9.10	9.10	9.10	9.10	9.10	9.00	-1.11%
13	9.20	9.20	9.10	9.10	9.15	9.00	-1.67%
14	9.20	9.20	9.10	9.10	9.15	9.00	-1.67%
15	9.30	9.20	9.10	9.00	9.15	9.00	-1.67%
16	9.00	9.10	9.10	9.00	9.05	9.00	-0.56%
17	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00%
18	9.20	9.20	9.20	9.10	9.18	9.00	-1.94%
19	9.20	9.20	9.30	9.20	9.23	9.00	-2.50%
20	9.20	9.20	9.10	9.20	9.18	9.00	-1.94%
21	9.20	9.30	9.20	9.30	9.25	9.00	-2.78%
22	9.20	9.30	9.30	9.30	9.28	9.00	-3.06%
23	9.20	9.20	9.30	9.20	9.23	9.00	-2.50%
24	9.10	9.10	9.20	9.20	9.15	9.00	-1.67%
25	9.10	9.10	9.10	9.10	9.10	9.00	-1.11%
26	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.00	-2.22%
27	9.20	9.10	9.10	9.20	9.15	9.00	-1.67%
28	9.30	9.40	9.30	9.40	9.35	9.00	-3.89%

CIAA SANTA CRUZ S.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS

CONCRETO ASFALTOS

JAVIER SANTA CRUZ VELLZ



SANTA CRUZ VELLZ PABLO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 26342



SANTA CRUZ
Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

29	9.20	9.20	9.10	9.20	9.18	9.00	-1.94%
30	9.10	9.10	9.00	9.10	9.08	9.00	-0.83%
31	9.20	9.10	9.10	9.20	9.15	9.00	-1.67%
32	9.10	9.00	9.00	9.10	9.05	9.00	-0.56%
33	9.20	9.20	9.30	9.30	9.25	9.00	-2.78%
34	9.20	9.10	9.10	9.20	9.15	9.00	-1.67%
35	9.20	9.10	9.00	9.10	9.10	9.00	-1.11%
36	9.10	9.20	9.10	9.20	9.15	9.00	-1.67%
37	9.00	9.20	9.20	9.10	9.13	9.00	-1.39%
38	9.00	9.10	9.20	9.10	9.10	9.00	-1.11%
39	9.10	9.20	9.20	9.20	9.18	9.00	-1.94%
40	9.10	9.10	9.20	9.20	9.15	9.00	-1.67%
41	9.00	9.20	9.20	9.30	9.18	9.00	-1.94%
42	9.00	9.20	9.10	9.10	9.10	9.00	-1.11%
43	9.00	9.10	9.20	9.10	9.10	9.00	-1.11%
44	9.00	9.10	9.20	9.20	9.13	9.00	-1.39%
45	9.10	9.20	9.10	9.20	9.15	9.00	-1.67%
46	9.10	9.20	9.20	9.10	9.15	9.00	-1.67%
47	9.00	9.10	9.10	9.00	9.05	9.00	-0.56%
48	9.00	9.10	9.10	9.00	9.05	9.00	-0.56%
49	9.00	9.10	9.00	9.00	9.03	9.00	-0.28%
50	9.20	9.10	9.10	9.10	9.13	9.00	-1.39%
51	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	0.00%
52	9.00	9.00	9.10	9.00	9.03	9.00	-0.28%
53	9.10	9.10	9.00	9.00	9.05	9.00	-0.56%
54	9.00	9.00	9.10	9.10	9.05	9.00	-0.56%
55	9.00	9.00	9.10	9.10	9.05	9.00	-0.56%
56	9.00	9.10	9.10	9.10	9.08	9.00	-0.83%
57	9.10	9.10	9.00	9.00	9.05	9.00	-0.56%
58	9.00	9.10	9.10	9.00	9.05	9.00	-0.56%
59	9.10	9.00	9.00	9.00	9.03	9.00	-0.28%
60	9.00	9.00	9.10	9.00	9.03	9.00	-0.28%
Promedio (cm)					9.13	9.00	-1.43%
Desviación estándar (σ)					0.076	9.00	
Coeficiente de variación (%)					0.828%	9.00	

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO ASFALTADO

PAUL SANTA CRUZ VELIZ
LABORATORISTA



SANTA CRUZ VELIZ PAOLO L.
INGENIERO CIVIL
CIP N° 953426



ESPECIALISTAS EN SUELOS Y PAVIMENTOS

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SRL

975151128 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

SOLICITA / TESISTAS : PORRAS MARCOS WILBER IVAN - YACHI LEIVA NICKOLAS ADRIAN
PROYECTO / TESIS : IMPLEMENTACION DE UNA MAQUINA DE SOPORTE VERTICAL EN LA CLASIFICACION DE CALIDAD DE LADRILLOS EN LA REGION JUNIN
MATERIAL / UBICACION: LADRILLO KING KONG - 18 HUECOS - SAPALLANGA
Distrito SAPALLANGA
Provincia HUANCAYO
Departamento JUNIN

TECNICO: J.S.C.V.
FECHA : 13/09/2024

LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS - SAPALLANGA
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
DE LADRILLOS DE ARCILLA

Especimen N°	Cara Superior			Cara Inferior			Área promedio (cm ²)	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm ²)
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)			
1	23.20	12.60	292.32	23.00	12.70	292.10	292.21	42500.00	145.44
2	23.10	12.55	289.91	23.05	12.55	289.28	289.59	41850.00	144.51
3	23.25	12.45	289.46	23.10	12.45	287.60	288.53	42150.00	146.09
4	23.05	12.50	288.13	23.05	12.60	290.43	289.28	41950.00	145.02
5	23.00	12.50	287.50	23.05	12.60	290.43	288.97	42260.00	146.25
6	22.95	12.70	291.47	23.05	12.70	292.74	292.10	43150.00	147.72
7	23.15	12.60	291.69	23.10	12.60	291.06	291.38	42500.00	145.86
8	23.05	12.50	288.13	23.05	12.55	289.28	288.70	42650.00	147.73
9	23.25	12.55	291.79	23.45	12.55	294.30	293.04	41890.00	142.95
10	23.10	12.60	291.06	23.05	12.60	290.43	290.75	41950.00	144.28
11	23.05	12.65	291.58	23.10	12.65	292.22	291.90	42600.00	145.94
12	23.05	12.70	292.74	23.05	12.70	292.74	292.74	40950.00	139.89
13	23.10	12.55	289.91	23.00	12.55	288.65	289.28	42150.00	145.71
14	23.05	12.65	291.58	22.85	12.65	289.05	290.32	43100.00	148.46
15	23.15	12.60	291.69	23.05	12.65	291.58	291.64	42150.00	144.53
16	23.05	12.55	289.28	23.00	12.60	289.80	289.54	42310.00	146.13
17	23.00	12.50	287.50	23.20	12.45	288.84	288.17	41950.00	145.57
18	23.05	12.40	285.82	23.20	12.45	288.84	287.33	42850.00	149.13
19	23.15	12.50	289.38	23.10	12.55	289.91	289.64	43120.00	148.87
20	23.00	12.45	286.35	23.05	12.50	288.13	287.24	42850.00	149.18
21	23.00	12.55	288.65	23.00	12.50	287.50	288.08	42500.00	147.53
22	22.95	12.45	285.73	23.05	12.45	286.97	286.85	43200.00	150.86
23	23.35	12.45	290.71	23.25	12.55	291.79	291.25	41950.00	144.04
24	23.15	12.65	292.85	23.00	12.65	290.95	291.90	41620.00	142.58
25	23.15	12.75	295.16	23.00	12.75	293.25	294.21	42850.00	145.65
26	23.30	12.65	294.75	23.30	12.75	297.08	295.91	42500.00	143.62
27	22.85	12.60	287.91	22.90	12.55	287.40	287.65	42690.00	148.41

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO SPALLADO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
FC LABORATORIO 2/4



SANTA CRUZ VELLE PACO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 26347



SANTA CRUZ
Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

28	22.90	12.50	286.25	22.95	12.45	285.79	285.99	43150.00	150.88
29	23.00	12.45	286.35	23.05	12.40	285.92	286.09	42250.00	149.78
30	23.35	12.55	293.04	23.15	12.55	290.53	291.79	43100.00	147.71
Resistencia Promedio (f_b prom)									146.34
Desviación estándar (σ)									2.54
Resistencia característica (f_b, en Kg/cm²)									143.81
Resistencia característica (f_b, en Mpa)									14.10

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO ASFALTO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
ING. LABORATORISTA



Javier Santa Cruz Veliz
SANTA CRUZ VELIZ PAOLINI
INGENIERO CIVIL
CIP N° 253426



**CIAA
SANTA
CRUZ
SANTA CRUZ**
Especialistas en suelos y pavimentos

**CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA**

**CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL**

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

SOLICITA / TESISTAS : PORRAS MARCOS WILBER IVAN - YACHI LEIVA NICKOLAS ADRIAN
PROYECTO / TESIS : IMPLEMENTACION DE UNA MAQUINA DE SOPORTE VERTICAL EN LA
CLASIFICACION DE CALIDAD DE LADRILLOS EN LA REGION JUNIN
MATERIAL / UBICACIÓN: LADRILLO KING KONG - 18 HUECOS - SAPALLANGA
Distrito SAPALLANGA
Provincia HUANCAYO
Departamento JUNIN
TECNICO: J.S.C.V.
FECHA : 13/08/2024

**LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS - SAPALLANGA
ENSAYO DE ALABEO DE LADRILLOS DE ARCILLA**

Especimen N°	cara superior (mm)		cara inferior (mm)		Alabeo (mm)	
	concavidad	convexidad	concavidad	convexidad	concavidad	convexidad
1	1.20	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00
2	2.10	0.00	1.50	0.00	2.10	0.00
3	0.80	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00
4	0.00	0.80	2.20	0.00	2.20	0.80
5	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
6	0.00	2.00	2.00	0.00	2.00	2.00
7	1.20	0.00	2.20	0.00	2.20	0.00
8	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00
9	2.00	0.00	2.20	0.00	2.20	0.00
10	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50
11	2.00	0.00	0.00	1.20	2.00	1.20
12	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00	1.20
13	2.20	0.00	0.00	1.30	2.20	1.30
14	2.20	0.00	0.00	1.30	2.20	1.30
15	2.50	0.00	1.50	0.00	2.50	0.00
16	0.00	1.00	1.20	0.00	1.20	1.00
17	0.00	0.80	0.80	0.00	0.80	0.80
18	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
19	0.00	0.80	0.00	0.80	0.00	0.80
20	0.00	0.50	0.00	0.50	0.00	0.50
21	0.50	0.00	0.20	0.00	0.50	0.00
22	0.00	0.80	0.20	0.00	0.20	0.80
23	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20
25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
26	0.00	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00
27	0.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00
28	0.00	0.00	1.80	0.00	1.80	0.00

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO / ASFALTO

JANIER SANTA CRUZ VELIZ
EC LABORATORIO



SANTA CRUZ VELIZ PAOLO
INGENIERO CIVIL
CIP N° 253426



SANTA CRUZ
Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

SOLICITA / TESISTAS : PORRAS MARCOS WILBER IVAN - YACHI LEIVA NICKOLAS ADRIAN
PROYECTO / TESIS : IMPLEMENTACION DE UNA MAQUINA DE SOPORTE VERTICAL EN LA CLASIFICACION DE CALIDAD DE LADRILLOS EN LA REGION JUNIN
MATERIAL / UBICACIÓN: LADRILLO KING KONG - 18 HUECOS - SAPALLANGA
Distrito SAPALLANGA
Provincia HUANCAYO
Departamento JUNIN

TECNICO: J.S.C.V.
FECHA : 13/09/2024

LADRILLOS KING KONG 18 HUECOS - SAPALLANGA ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LADRILLOS DE ARCILLA

Espécimen N°	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Absorción (%)
1	3001.00	3395.00	13.13%
2	3001.00	3385.00	12.80%
3	3015.00	3365.00	11.61%
4	3004.00	3425.00	14.01%
5	3010.00	3390.00	12.62%
6	3012.00	3395.00	12.72%
7	3010.00	3385.00	12.46%
8	3020.00	3365.00	11.42%
9	3012.00	3425.00	13.71%
10	3010.00	3390.00	12.62%
11	3001.00	3400.00	13.30%
12	3005.00	3395.00	12.98%
13	3010.00	3378.00	12.23%
14	3004.00	3425.00	14.01%
15	3010.00	3395.00	12.79%
16	3001.00	3400.00	13.30%
17	3001.00	3390.00	12.96%
18	3020.00	3420.00	13.25%
19	3004.00	3425.00	14.01%
20	3010.00	3390.00	12.62%
21	3010.00	3390.00	12.62%
22	3001.00	3390.00	12.96%
23	3001.00	3395.00	13.13%
24	3020.00	3420.00	13.25%
25	3004.00	3412.00	13.58%
26	3010.00	3390.00	12.62%

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO ASFALTADO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
CC LABORATORISTA





SANTA CRUZ
Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SCRL

975151126 / 912880976 / (064)
581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciaasantacruz@gmail.com

29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.40	0.00	0.00	0.50	0.40	0.50
31	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
32	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20
33	0.20	0.00	0.00	0.20	0.20	0.20
34	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
35	0.00	0.20	1.20	0.00	1.20	0.20
36	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
37	1.20	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00
38	1.00	0.00	0.00	0.20	1.00	0.20
39	1.20	0.00	0.00	1.80	1.20	1.80
40	0.00	1.50	2.00	0.00	2.00	1.50
41	1.20	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00
42	1.20	0.00	0.00	1.00	1.20	1.00
43	1.00	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00
44	1.20	0.00	0.80	0.00	1.20	0.00
45	1.40	0.00	0.60	0.00	1.40	0.00
46	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.50
47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
48	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.80
49	1.20	0.00	0.00	2.00	1.20	2.00
50	2.20	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00
51	1.50	0.00	1.50	0.00	1.50	0.00
52	1.20	0.00	0.80	0.00	1.20	0.00
53	0.00	0.80	0.60	0.00	0.60	0.80
54	0.00	0.80	0.20	0.00	0.20	0.80
55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
56	0.00	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00
57	0.00	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00
58	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	1.20
59	0.80	0.00	1.20	0.00	1.20	0.00
60	2.20	0.00	2.20	0.00	2.20	0.00
Promedio (cm)					1.05	0.47
Desviación estándar (σ)					0.79	0.59

CIAA SANTA CRUZ SRL
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO ASFALTO

JAVIER SANTA CRUZ VELIZ
LABORATORISTA



JAVIER SANTA CRUZ VELIZ P.O.C.
INGENIERO CIVIL
CIP N° 263426



SANTA CRUZ
Especialistas en suelos y pavimentos

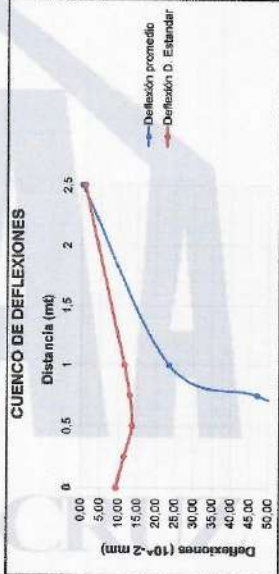
CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

OBRA	MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1032)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
ACTIVIDAD	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA ACCOBAMBA - PALCAMAYO Y TARMATAMBO - HUACOCOLA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
TIPO DE PAVIMENTO	MEDICIÓN DE DEFLEXIONES Y RADIO DE CURVATURA (ESTUDIO DE DEFLECTOMETRÍA)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
CARGA DE EJECUCIÓN	CARRETA ASFALTADA TIPO: ACCOBAMBA - PALCAMAYO, (MTC E - 1032) LADO DERECHO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
PRENSIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS	6.374																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES	VIGA BENKELMAN - RELACIÓN DE BRAZOS 1x (DEFLECTOMETRO MARCA BAKER)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
TEMPERATURA	24 °C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
FECHA	14 de mayo de 2014																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
SOLICITADO POR	BACHA MAZA CORREA - ERICK JERUS - IMHC - INGENIEROS ZOBRES - BRUNDA VALERIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
REALIZADO POR	CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ S.R.L. (LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
PROYECTO	PRO-3	PRO-4	PRO-5	PRO-6	PRO-7	PRO-8	PRO-9	PRO-10	PRO-11	PRO-12	PRO-13	PRO-14	PRO-15	PRO-16	PRO-17	PRO-18	PRO-19	PRO-20	PRO-21	PRO-22	PRO-23	PRO-24	PRO-25	PRO-26	PRO-27	PRO-28	PRO-29	PRO-30	PRO-31	PRO-32	PRO-33	PRO-34	PRO-35	PRO-36	PRO-37	PRO-38	PRO-39	PRO-40	PRO-41	PRO-42	PRO-43	PRO-44	PRO-45	PRO-46	PRO-47	PRO-48	PRO-49	PRO-50	PRO-51	PRO-52	PRO-53	PRO-54	PRO-55	PRO-56	PRO-57	PRO-58	PRO-59	PRO-60	PRO-61	PRO-62	PRO-63	PRO-64	PRO-65	PRO-66	PRO-67	PRO-68	PRO-69	PRO-70	PRO-71	PRO-72	PRO-73	PRO-74	PRO-75	PRO-76	PRO-77	PRO-78	PRO-79	PRO-80	PRO-81	PRO-82	PRO-83	PRO-84	PRO-85	PRO-86	PRO-87	PRO-88	PRO-89	PRO-90	PRO-91	PRO-92	PRO-93	PRO-94	PRO-95	PRO-96	PRO-97	PRO-98	PRO-99	PRO-100	PRO-101	PRO-102	PRO-103	PRO-104	PRO-105	PRO-106	PRO-107	PRO-108	PRO-109	PRO-110	PRO-111	PRO-112	PRO-113	PRO-114	PRO-115	PRO-116	PRO-117	PRO-118	PRO-119	PRO-120	PRO-121	PRO-122	PRO-123	PRO-124	PRO-125	PRO-126	PRO-127	PRO-128	PRO-129	PRO-130	PRO-131	PRO-132	PRO-133	PRO-134	PRO-135	PRO-136	PRO-137	PRO-138	PRO-139	PRO-140	PRO-141	PRO-142	PRO-143	PRO-144	PRO-145	PRO-146	PRO-147	PRO-148	PRO-149	PRO-150	PRO-151	PRO-152	PRO-153	PRO-154	PRO-155	PRO-156	PRO-157	PRO-158	PRO-159	PRO-160	PRO-161	PRO-162	PRO-163	PRO-164	PRO-165	PRO-166	PRO-167	PRO-168	PRO-169	PRO-170	PRO-171	PRO-172	PRO-173	PRO-174	PRO-175	PRO-176	PRO-177	PRO-178	PRO-179	PRO-180	PRO-181	PRO-182	PRO-183	PRO-184	PRO-185	PRO-186	PRO-187	PRO-188	PRO-189	PRO-190	PRO-191	PRO-192	PRO-193	PRO-194	PRO-195	PRO-196	PRO-197	PRO-198	PRO-199	PRO-200	PRO-201	PRO-202	PRO-203	PRO-204	PRO-205	PRO-206	PRO-207	PRO-208	PRO-209	PRO-210	PRO-211	PRO-212	PRO-213	PRO-214	PRO-215	PRO-216	PRO-217	PRO-218	PRO-219	PRO-220	PRO-221	PRO-222	PRO-223	PRO-224	PRO-225	PRO-226	PRO-227	PRO-228	PRO-229	PRO-230	PRO-231	PRO-232	PRO-233	PRO-234	PRO-235	PRO-236	PRO-237	PRO-238	PRO-239	PRO-240	PRO-241	PRO-242	PRO-243	PRO-244	PRO-245	PRO-246	PRO-247	PRO-248	PRO-249	PRO-250	PRO-251	PRO-252	PRO-253	PRO-254	PRO-255	PRO-256	PRO-257	PRO-258	PRO-259	PRO-260	PRO-261	PRO-262	PRO-263	PRO-264	PRO-265	PRO-266	PRO-267	PRO-268	PRO-269	PRO-270	PRO-271	PRO-272	PRO-273	PRO-274	PRO-275	PRO-276	PRO-277	PRO-278	PRO-279	PRO-280	PRO-281	PRO-282	PRO-283	PRO-284	PRO-285	PRO-286	PRO-287	PRO-288	PRO-289	PRO-290	PRO-291	PRO-292	PRO-293	PRO-294	PRO-295	PRO-296	PRO-297	PRO-298	PRO-299	PRO-300	PRO-301	PRO-302	PRO-303	PRO-304	PRO-305	PRO-306	PRO-307	PRO-308	PRO-309	PRO-310	PRO-311	PRO-312	PRO-313	PRO-314	PRO-315	PRO-316	PRO-317	PRO-318	PRO-319	PRO-320	PRO-321	PRO-322	PRO-323	PRO-324	PRO-325	PRO-326	PRO-327	PRO-328	PRO-329	PRO-330	PRO-331	PRO-332	PRO-333	PRO-334	PRO-335	PRO-336	PRO-337	PRO-338	PRO-339	PRO-340	PRO-341	PRO-342	PRO-343	PRO-344	PRO-345	PRO-346	PRO-347	PRO-348	PRO-349	PRO-350	PRO-351	PRO-352	PRO-353	PRO-354	PRO-355	PRO-356	PRO-357	PRO-358	PRO-359	PRO-360	PRO-361	PRO-362	PRO-363	PRO-364	PRO-365	PRO-366	PRO-367	PRO-368	PRO-369	PRO-370	PRO-371	PRO-372	PRO-373	PRO-374	PRO-375	PRO-376	PRO-377	PRO-378	PRO-379	PRO-380	PRO-381	PRO-382	PRO-383	PRO-384	PRO-385	PRO-386	PRO-387	PRO-388	PRO-389	PRO-390	PRO-391	PRO-392	PRO-393	PRO-394	PRO-395	PRO-396	PRO-397	PRO-398	PRO-399	PRO-400	PRO-401	PRO-402	PRO-403	PRO-404	PRO-405	PRO-406	PRO-407	PRO-408	PRO-409	PRO-410	PRO-411	PRO-412	PRO-413	PRO-414	PRO-415	PRO-416	PRO-417	PRO-418	PRO-419	PRO-420	PRO-421	PRO-422	PRO-423	PRO-424	PRO-425	PRO-426	PRO-427	PRO-428	PRO-429	PRO-430	PRO-431	PRO-432	PRO-433	PRO-434	PRO-435	PRO-436	PRO-437	PRO-438	PRO-439	PRO-440	PRO-441	PRO-442	PRO-443	PRO-444	PRO-445	PRO-446	PRO-447	PRO-448	PRO-449	PRO-450	PRO-451	PRO-452	PRO-453	PRO-454	PRO-455	PRO-456	PRO-457	PRO-458	PRO-459	PRO-460	PRO-461	PRO-462	PRO-463	PRO-464	PRO-465	PRO-466	PRO-467	PRO-468	PRO-469	PRO-470	PRO-471	PRO-472	PRO-473	PRO-474	PRO-475	PRO-476	PRO-477	PRO-478	PRO-479	PRO-480	PRO-481	PRO-482	PRO-483	PRO-484	PRO-485	PRO-486	PRO-487	PRO-488	PRO-489	PRO-490	PRO-491	PRO-492	PRO-493	PRO-494	PRO-495	PRO-496	PRO-497	PRO-498	PRO-499	PRO-500	PRO-501	PRO-502	PRO-503	PRO-504	PRO-505	PRO-506	PRO-507	PRO-508	PRO-509	PRO-510	PRO-511	PRO-512	PRO-513	PRO-514	PRO-515	PRO-516	PRO-517	PRO-518	PRO-519	PRO-520	PRO-521	PRO-522	PRO-523	PRO-524	PRO-525	PRO-526	PRO-527	PRO-528	PRO-529	PRO-530	PRO-531	PRO-532	PRO-533	PRO-534	PRO-535	PRO-536	PRO-537	PRO-538	PRO-539	PRO-540	PRO-541	PRO-542	PRO-543	PRO-544	PRO-545	PRO-546	PRO-547	PRO-548	PRO-549	PRO-550	PRO-551	PRO-552	PRO-553	PRO-554	PRO-555	PRO-556	PRO-557	PRO-558	PRO-559	PRO-560	PRO-561	PRO-562	PRO-563	PRO-564	PRO-565	PRO-566	PRO-567	PRO-568	PRO-569	PRO-570	PRO-571	PRO-572	PRO-573	PRO-574	PRO-575	PRO-576	PRO-577	PRO-578	PRO-579	PRO-580	PRO-581	PRO-582	PRO-583	PRO-584	PRO-585	PRO-586	PRO-587	PRO-588	PRO-589	PRO-590	PRO-591	PRO-592	PRO-593	PRO-594	PRO-595	PRO-596	PRO-597	PRO-598	PRO-599	PRO-600	PRO-601	PRO-602	PRO-603	PRO-604	PRO-605	PRO-606	PRO-607	PRO-608	PRO-609	PRO-610	PRO-611	PRO-612	PRO-613	PRO-614	PRO-615	PRO-616	PRO-617	PRO-618	PRO-619	PRO-620	PRO-621	PRO-622	PRO-623	PRO-624	PRO-625	PRO-626	PRO-627	PRO-628	PRO-629	PRO-630	PRO-631	PRO-632	PRO-633	PRO-634	PRO-635	PRO-636	PRO-637	PRO-638	PRO-639	PRO-640	PRO-641	PRO-642	PRO-643	PRO-644	PRO-645	PRO-646	PRO-647	PRO-648	PRO-649	PRO-650	PRO-651	PRO-652	PRO-653	PRO-654	PRO-655	PRO-656	PRO-657	PRO-658	PRO-659	PRO-660	PRO-661	PRO-662	PRO-663	PRO-664	PRO-665	PRO-666	PRO-667	PRO-668	PRO-669	PRO-670	PRO-671	PRO-672	PRO-673	PRO-674	PRO-675	PRO-676	PRO-677	PRO-678	PRO-679	PRO-680	PRO-681	PRO-682	PRO-683	PRO-684	PRO-685	PRO-686	PRO-687	PRO-688	PRO-689	PRO-690	PRO-691	PRO-692	PRO-693	PRO-694	PRO-695	PRO-696	PRO-697	PRO-698	PRO-699	PRO-700	PRO-701	PRO-702	PRO-703	PRO-704	PRO-705	PRO-706	PRO-707	PRO-708	PRO-709	PRO-710	PRO-711	PRO-712	PRO-713	PRO-714	PRO-715	PRO-716	PRO-717	PRO-718	PRO-719	PRO-720	PRO-721	PRO-722	PRO-723	PRO-724	PRO-725	PRO-726	PRO-727	PRO-728	PRO-729	PRO-730	PRO-731	PRO-732	PRO-733	PRO-734	PRO-735	PRO-736	PRO-737	PRO-738	PRO-739	PRO-740	PRO-741	PRO-742	PRO-743	PRO-744	PRO-745	PRO-746	PRO-747	PRO-748	PRO-749	PRO-750	PRO-751	PRO-752	PRO-753	PRO-754	PRO-755	PRO-756	PRO-757	PRO-758	PRO-759	PRO-760	PRO-761	PRO-762	PRO-763	PRO-764	PRO-765	PRO-766	PRO-767	PRO-768	PRO-769	PRO-770	PRO-771	PRO-772	PRO-773	PRO-774	PRO-775	PRO-776	PRO-777	PRO-778	PRO-779	PRO-780	PRO-781	PRO-782	PRO-783	PRO-784	PRO-785	PRO-786	PRO-787	PRO-788	PRO-789	PRO-790	PRO-791	PRO-792	PRO-793	PRO-794	PRO-795	PRO-796	PRO-797	PRO-798	PRO-799	PRO-800	PRO-801	PRO-802	PRO-803	PRO-804	PRO-805	PRO-806	PRO-807	PRO-808	PRO-809	PRO-810	PRO-811	PRO-812	PRO-813	PRO-814	PRO-815	PRO-816	PRO-817	PRO-818	PRO-819	PRO-820	PRO-821	PRO-822	PRO-823	PRO-824	PRO-825	PRO-826	PRO-827	PRO-828	PRO-829	PRO-830	PRO-831	PRO-832	PRO-833	PRO-834	PRO-835	PRO-836	PRO-837	PRO-838	PRO-839	PRO-840	PRO-841	PRO-842	PRO-843	PRO-844	PRO-845	PRO-846	PRO-847	PRO-848	PRO-849	PRO-850	PRO-851	PRO-852	PRO-853	PRO-854	PRO-855	PRO-856	PRO-857	PRO-858	PRO-859	PRO-860	PRO-861	PRO-862	PRO-863	PRO-864	PRO-865	PRO-866	PRO-867	PRO-868	PRO-869	PRO-870	PRO-871	PRO-872	PRO-873	PRO-874	PRO-875	PRO-876	PRO-877	PRO-878	PRO-879	PRO-880	PRO-881	PRO-882	PRO-883	PRO-884	PRO-885	PRO-886	PRO-887	PRO-888	PRO-889	PRO-890	PRO-891	PRO-892	PRO-893	PRO-894	PRO-895	PRO-896	PRO-897	PRO-898	PRO-899	PRO-900	PRO-901	PRO-902	PRO-903	PRO-904	PRO-905	PRO-906	PRO-907	PRO-908	PRO-909	PRO-910	PRO-911	PRO-912	PRO-913	PRO-914	PRO-915	PRO-916	PRO-917	PRO-918	PRO-919	PRO-920	PRO-921	PRO-922	PRO-923	PRO-924	PRO-925	PRO-926	PRO-927	PRO-928	PRO-929	PRO-930	PRO-931	PRO-932	PRO-933	PRO-934	PRO-935	PRO-936	PRO-937	PRO-938	PRO-939	PRO-940	PRO-941	PRO-942	PRO-943	PRO-944	PRO-945	PRO-946	PRO-947	PRO-948	PRO-949	PRO-950	PRO-951	PRO-952	PRO-953	PRO-954	PRO-955	PRO-956	PRO-957	PRO-958	PRO-959	PRO-960	PRO-961	PRO-962	PRO-963	PRO-964	PRO-965	PRO-966	PRO-967	PRO-968	PRO-969	PRO-970	PRO-971	PRO-972	PRO-973	PRO-974	PRO-975	PRO-976	PRO-977	PRO-978	PRO-979	PRO-980	PRO-981	PRO-982	PRO-983	PRO-984	PRO-985	PRO-986	PRO-987	PRO-988	PRO-989	PRO-990	PRO-991	PRO-992	PRO-993	PRO-994	PRO-995	PRO-996	PRO-997	PRO-998	PRO-999	PRO-1000

CUENCO DE DEFLEXIONES Y ANÁLISIS DE LA DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA Y ADMISIBLE



Deflexión Característica

Dm = 100.24 (10^-2 mm)
 d0 = 9.32 (10^-2 mm)
 Dc = 118.87 (10^-2 mm)

Deflexión admisible

R = 1.26 millones de ejes equivalentes
 Dadm = 95.37 (10^-2 mm)

Análisis de la Deflexión Característica y Admisible

Dc = 118.87 (10^-2 mm)
 Dadm = 95.37 (10^-2 mm)
 Verificar Estado = **disminuido**



Especialistas en suelos y pavimentos

CIAA
SANTA
CRUZ
GEOTECNIA

CONSTRUCTORA INGENIEROS & ARQUITECTOS
ASESORES SANTA CRUZ SRL

975151126 / 912880976 / (064) 581405
Av. Oriente N° 772 Concepción
Concepción - Junín
ciasantacruz@gmail.com

OBRA		MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENDELIMAN (MTC E - 1002)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
ACTIVIDAD		ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO FÍSICOMECÁNICO Y ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA ACOCAMBARA - PALCAMAÑO Y TARNATAMBO - HUARICOLCA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TIPO DE PAVIMENTO		MEDICIÓN DEL DEFLEXIONES Y RADIO DE CURVATURA DE CARRETERA ACOCAMBARA - PALCAMAÑO Y TARNATAMBO - HUARICOLCA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
CARGA DE EJEC DEL CAMIÓN		CARRETA ASFÁLTICA TONAJE ACOCAMBARA - PALCAMAÑO (MTC 04000 - KM 0+000 - KM 0+400) LAJO REQUERIDO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS		8.2 TM																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TIEMPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES		VIGA BENDELIMAN - RELACIÓN DE BRAZOS 1:4 (DEFLECTÓMETRO MARCA BAKER)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TEMPERATURA		25 °C																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
FECHA		Viernes, 08 de Julio de 2014																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
SOLICITADO POR		BANK MASA COBRILS, ERICK JESUS, BANC MUELLEN DIONIS, BRENDA VALERIA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
REALIZADO POR		CONSTRUCTORA INGENIEROS Y ARQUITECTOS ASESORES SANTA CRUZ S.C.S.L (LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
PROB. LABO		LECTURAS DEL DEFLECTÓMETRO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
BRASO		R1 = 24mm	R2 = 30 mm	R3 = 36 mm	R4 = 42 mm	R5 = 48 mm	R6 = 54 mm	R7 = 60 mm	R8 = 66 mm	R9 = 72 mm	R10 = 78 mm	R11 = 84 mm	R12 = 90 mm	R13 = 96 mm	R14 = 102 mm	R15 = 108 mm	R16 = 114 mm	R17 = 120 mm	R18 = 126 mm	R19 = 132 mm	R20 = 138 mm	R21 = 144 mm	R22 = 150 mm	R23 = 156 mm	R24 = 162 mm	R25 = 168 mm	R26 = 174 mm	R27 = 180 mm	R28 = 186 mm	R29 = 192 mm	R30 = 198 mm	R31 = 204 mm	R32 = 210 mm	R33 = 216 mm	R34 = 222 mm	R35 = 228 mm	R36 = 234 mm	R37 = 240 mm	R38 = 246 mm	R39 = 252 mm	R40 = 258 mm	R41 = 264 mm	R42 = 270 mm	R43 = 276 mm	R44 = 282 mm	R45 = 288 mm	R46 = 294 mm	R47 = 300 mm	R48 = 306 mm	R49 = 312 mm	R50 = 318 mm	R51 = 324 mm	R52 = 330 mm	R53 = 336 mm	R54 = 342 mm	R55 = 348 mm	R56 = 354 mm	R57 = 360 mm	R58 = 366 mm	R59 = 372 mm	R60 = 378 mm	R61 = 384 mm	R62 = 390 mm	R63 = 396 mm	R64 = 402 mm	R65 = 408 mm	R66 = 414 mm	R67 = 420 mm	R68 = 426 mm	R69 = 432 mm	R70 = 438 mm	R71 = 444 mm	R72 = 450 mm	R73 = 456 mm	R74 = 462 mm	R75 = 468 mm	R76 = 474 mm	R77 = 480 mm	R78 = 486 mm	R79 = 492 mm	R80 = 498 mm	R81 = 504 mm	R82 = 510 mm	R83 = 516 mm	R84 = 522 mm	R85 = 528 mm	R86 = 534 mm	R87 = 540 mm	R88 = 546 mm	R89 = 552 mm	R90 = 558 mm	R91 = 564 mm	R92 = 570 mm	R93 = 576 mm	R94 = 582 mm	R95 = 588 mm	R96 = 594 mm	R97 = 600 mm	R98 = 606 mm	R99 = 612 mm	R100 = 618 mm	R101 = 624 mm	R102 = 630 mm	R103 = 636 mm	R104 = 642 mm	R105 = 648 mm	R106 = 654 mm	R107 = 660 mm	R108 = 666 mm	R109 = 672 mm	R110 = 678 mm	R111 = 684 mm	R112 = 690 mm	R113 = 696 mm	R114 = 702 mm	R115 = 708 mm	R116 = 714 mm	R117 = 720 mm	R118 = 726 mm	R119 = 732 mm	R120 = 738 mm	R121 = 744 mm	R122 = 750 mm	R123 = 756 mm	R124 = 762 mm	R125 = 768 mm	R126 = 774 mm	R127 = 780 mm	R128 = 786 mm	R129 = 792 mm	R130 = 798 mm	R131 = 804 mm	R132 = 810 mm	R133 = 816 mm	R134 = 822 mm	R135 = 828 mm	R136 = 834 mm	R137 = 840 mm	R138 = 846 mm	R139 = 852 mm	R140 = 858 mm	R141 = 864 mm	R142 = 870 mm	R143 = 876 mm	R144 = 882 mm	R145 = 888 mm	R146 = 894 mm	R147 = 900 mm	R148 = 906 mm	R149 = 912 mm	R150 = 918 mm	R151 = 924 mm	R152 = 930 mm	R153 = 936 mm	R154 = 942 mm	R155 = 948 mm	R156 = 954 mm	R157 = 960 mm	R158 = 966 mm	R159 = 972 mm	R160 = 978 mm	R161 = 984 mm	R162 = 990 mm	R163 = 996 mm	R164 = 1002 mm	R165 = 1008 mm	R166 = 1014 mm	R167 = 1020 mm	R168 = 1026 mm	R169 = 1032 mm	R170 = 1038 mm	R171 = 1044 mm	R172 = 1050 mm	R173 = 1056 mm	R174 = 1062 mm	R175 = 1068 mm	R176 = 1074 mm	R177 = 1080 mm	R178 = 1086 mm	R179 = 1092 mm	R180 = 1098 mm	R181 = 1104 mm	R182 = 1110 mm	R183 = 1116 mm	R184 = 1122 mm	R185 = 1128 mm	R186 = 1134 mm	R187 = 1140 mm	R188 = 1146 mm	R189 = 1152 mm	R190 = 1158 mm	R191 = 1164 mm	R192 = 1170 mm	R193 = 1176 mm	R194 = 1182 mm	R195 = 1188 mm	R196 = 1194 mm	R197 = 1200 mm	R198 = 1206 mm	R199 = 1212 mm	R200 = 1218 mm	R201 = 1224 mm	R202 = 1230 mm	R203 = 1236 mm	R204 = 1242 mm	R205 = 1248 mm	R206 = 1254 mm	R207 = 1260 mm	R208 = 1266 mm	R209 = 1272 mm	R210 = 1278 mm	R211 = 1284 mm	R212 = 1290 mm	R213 = 1296 mm	R214 = 1302 mm	R215 = 1308 mm	R216 = 1314 mm	R217 = 1320 mm	R218 = 1326 mm	R219 = 1332 mm	R220 = 1338 mm	R221 = 1344 mm	R222 = 1350 mm	R223 = 1356 mm	R224 = 1362 mm	R225 = 1368 mm	R226 = 1374 mm	R227 = 1380 mm	R228 = 1386 mm	R229 = 1392 mm	R230 = 1398 mm	R231 = 1404 mm	R232 = 1410 mm	R233 = 1416 mm	R234 = 1422 mm	R235 = 1428 mm	R236 = 1434 mm	R237 = 1440 mm	R238 = 1446 mm	R239 = 1452 mm	R240 = 1458 mm	R241 = 1464 mm	R242 = 1470 mm	R243 = 1476 mm	R244 = 1482 mm	R245 = 1488 mm	R246 = 1494 mm	R247 = 1500 mm	R248 = 1506 mm	R249 = 1512 mm	R250 = 1518 mm	R251 = 1524 mm	R252 = 1530 mm	R253 = 1536 mm	R254 = 1542 mm	R255 = 1548 mm	R256 = 1554 mm	R257 = 1560 mm	R258 = 1566 mm	R259 = 1572 mm	R260 = 1578 mm	R261 = 1584 mm	R262 = 1590 mm	R263 = 1596 mm	R264 = 1602 mm	R265 = 1608 mm	R266 = 1614 mm	R267 = 1620 mm	R268 = 1626 mm	R269 = 1632 mm	R270 = 1638 mm	R271 = 1644 mm	R272 = 1650 mm	R273 = 1656 mm	R274 = 1662 mm	R275 = 1668 mm	R276 = 1674 mm	R277 = 1680 mm	R278 = 1686 mm	R279 = 1692 mm	R280 = 1698 mm	R281 = 1704 mm	R282 = 1710 mm	R283 = 1716 mm	R284 = 1722 mm	R285 = 1728 mm	R286 = 1734 mm	R287 = 1740 mm	R288 = 1746 mm	R289 = 1752 mm	R290 = 1758 mm	R291 = 1764 mm	R292 = 1770 mm	R293 = 1776 mm	R294 = 1782 mm	R295 = 1788 mm	R296 = 1794 mm	R297 = 1800 mm	R298 = 1806 mm	R299 = 1812 mm	R300 = 1818 mm	R301 = 1824 mm	R302 = 1830 mm	R303 = 1836 mm	R304 = 1842 mm	R305 = 1848 mm	R306 = 1854 mm	R307 = 1860 mm	R308 = 1866 mm	R309 = 1872 mm	R310 = 1878 mm	R311 = 1884 mm	R312 = 1890 mm	R313 = 1896 mm	R314 = 1902 mm	R315 = 1908 mm	R316 = 1914 mm	R317 = 1920 mm	R318 = 1926 mm	R319 = 1932 mm	R320 = 1938 mm	R321 = 1944 mm	R322 = 1950 mm	R323 = 1956 mm	R324 = 1962 mm	R325 = 1968 mm	R326 = 1974 mm	R327 = 1980 mm	R328 = 1986 mm	R329 = 1992 mm	R330 = 1998 mm	R331 = 2004 mm	R332 = 2010 mm	R333 = 2016 mm	R334 = 2022 mm	R335 = 2028 mm	R336 = 2034 mm	R337 = 2040 mm	R338 = 2046 mm	R339 = 2052 mm	R340 = 2058 mm	R341 = 2064 mm	R342 = 2070 mm	R343 = 2076 mm	R344 = 2082 mm	R345 = 2088 mm	R346 = 2094 mm	R347 = 2100 mm	R348 = 2106 mm	R349 = 2112 mm	R350 = 2118 mm	R351 = 2124 mm	R352 = 2130 mm	R353 = 2136 mm	R354 = 2142 mm	R355 = 2148 mm	R356 = 2154 mm	R357 = 2160 mm	R358 = 2166 mm	R359 = 2172 mm	R360 = 2178 mm	R361 = 2184 mm	R362 = 2190 mm	R363 = 2196 mm	R364 = 2202 mm	R365 = 2208 mm	R366 = 2214 mm	R367 = 2220 mm	R368 = 2226 mm	R369 = 2232 mm	R370 = 2238 mm	R371 = 2244 mm	R372 = 2250 mm	R373 = 2256 mm	R374 = 2262 mm	R375 = 2268 mm	R376 = 2274 mm	R377 = 2280 mm	R378 = 2286 mm	R379 = 2292 mm	R380 = 2298 mm	R381 = 2304 mm	R382 = 2310 mm	R383 = 2316 mm	R384 = 2322 mm	R385 = 2328 mm	R386 = 2334 mm	R387 = 2340 mm	R388 = 2346 mm	R389 = 2352 mm	R390 = 2358 mm	R391 = 2364 mm	R392 = 2370 mm	R393 = 2376 mm	R394 = 2382 mm	R395 = 2388 mm	R396 = 2394 mm	R397 = 2400 mm	R398 = 2406 mm	R399 = 2412 mm	R400 = 2418 mm	R401 = 2424 mm	R402 = 2430 mm	R403 = 2436 mm	R404 = 2442 mm	R405 = 2448 mm	R406 = 2454 mm	R407 = 2460 mm	R408 = 2466 mm	R409 = 2472 mm	R410 = 2478 mm	R411 = 2484 mm	R412 = 2490 mm	R413 = 2496 mm	R414 = 2502 mm	R415 = 2508 mm	R416 = 2514 mm	R417 = 2520 mm	R418 = 2526 mm	R419 = 2532 mm	R420 = 2538 mm	R421 = 2544 mm	R422 = 2550 mm	R423 = 2556 mm	R424 = 2562 mm	R425 = 2568 mm	R426 = 2574 mm	R427 = 2580 mm	R428 = 2586 mm	R429 = 2592 mm	R430 = 2598 mm	R431 = 2604 mm	R432 = 2610 mm	R433 = 2616 mm	R434 = 2622 mm	R435 = 2628 mm	R436 = 2634 mm	R437 = 2640 mm	R438 = 2646 mm	R439 = 2652 mm	R440 = 2658 mm	R441 = 2664 mm	R442 = 2670 mm	R443 = 2676 mm	R444 = 2682 mm	R445 = 2688 mm	R446 = 2694 mm	R447 = 2700 mm	R448 = 2706 mm	R449 = 2712 mm	R450 = 2718 mm	R451 = 2724 mm	R452 = 2730 mm	R453 = 2736 mm	R454 = 2742 mm	R455 = 2748 mm	R456 = 2754 mm	R457 = 2760 mm	R458 = 2766 mm	R459 = 2772 mm	R460 = 2778 mm	R461 = 2784 mm	R462 = 2790 mm	R463 = 2796 mm	R464 = 2802 mm	R465 = 2808 mm	R466 = 2814 mm	R467 = 2820 mm	R468 = 2826 mm	R469 = 2832 mm	R470 = 2838 mm	R471 = 2844 mm	R472 = 2850 mm	R473 = 2856 mm	R474 = 2862 mm	R475 = 2868 mm	R476 = 2874 mm	R477 = 2880 mm	R478 = 2886 mm	R479 = 2892 mm	R480 = 2898 mm	R481 = 2904 mm	R482 = 2910 mm	R483 = 2916 mm	R484 = 2922 mm	R485 = 2928 mm	R486 = 2934 mm	R487 = 2940 mm	R488 = 2946 mm	R489 = 2952 mm	R490 = 2958 mm	R491 = 2964 mm	R492 = 2970 mm	R493 = 2976 mm	R494 = 2982 mm	R495 = 2988 mm	R496 = 2994 mm	R497 = 3000 mm	R498 = 3006 mm	R499 = 3012 mm	R500 = 3018 mm	R501 = 3024 mm	R502 = 3030 mm	R503 = 3036 mm	R504 = 3042 mm	R505 = 3048 mm	R506 = 3054 mm	R507 = 3060 mm	R508 = 3066 mm	R509 = 3072 mm	R510 = 3078 mm	R511 = 3084 mm	R512 = 3090 mm	R513 = 3096 mm	R514 = 3102 mm	R515 = 3108 mm	R516 = 3114 mm	R517 = 3120 mm	R518 = 3126 mm	R519 = 3132 mm	R520 = 3138 mm	R521 = 3144 mm	R522 = 3150 mm	R523 = 3156 mm	R524 = 3162 mm	R525 = 3168 mm	R526 = 3174 mm	R527 = 3180 mm	R528 = 3186 mm	R529 = 3192 mm	R530 = 3198 mm	R531 = 3204 mm	R532 = 3210 mm	R533 = 3216 mm	R534 = 3222 mm	R535 = 3228 mm	R536 = 3234 mm	R537 = 3240 mm	R538 = 3246 mm	R539 = 3252 mm	R540 = 3258 mm	R541 = 3264 mm	R542 = 3270 mm	R543 = 3276 mm	R544 = 3282 mm	R545 = 3288 mm	R546 = 3294 mm	R547 = 3300 mm	R548 = 3306 mm	R549 = 3312 mm	R550 = 3318 mm	R551 = 3324 mm	R552 = 3330 mm	R553 = 3336 mm	R554 = 3342 mm	R555 = 3348 mm	R556 = 3354 mm	R557 = 3360 mm	R558 = 3366 mm	R559 = 3372 mm	R560 = 3378 mm	R561 = 3384 mm	R562 = 3390 mm	R563 = 3396 mm	R564 = 3402 mm	R565 = 3408 mm	R566 = 3414 mm	R567 = 3420 mm	R568 = 3426 mm	R569 = 3432 mm	R570 = 3438 mm	R571 = 3444 mm	R572 = 3450 mm	R573 = 3456 mm	R574 = 3462 mm	R575 = 3468 mm	R576 = 3474 mm	R577 = 3480 mm	R578 = 3486 mm	R579 = 3492 mm	R580 = 3498 mm	R581 = 3504 mm	R582 = 3510 mm	R583 = 3516 mm	R584 = 3522 mm	R585 = 3528 mm	R586 = 3534 mm	R587 = 3540 mm	R588 = 3546 mm	R589 = 3552 mm	R590 = 3558 mm	R591 = 3564 mm	R592 = 3570 mm	R593 = 3576 mm	R594 = 3582 mm	R595 = 3588 mm	R596 = 3594 mm	R597 = 3600 mm	R598 = 3606 mm	R599 = 3612 mm	R600 = 3618 mm	R601 = 3624 mm	R602 = 3630 mm	R603 = 3636 mm	R604 = 3642 mm	R605 = 3648 mm	R606 = 3654 mm	R607 = 3660 mm	R608 = 3666 mm	R609 = 3672 mm	R610 = 3678 mm	R611 = 3684 mm	R612 = 3690 mm	R613 = 3696 mm	R614 = 3702 mm	R615 = 3708 mm	R616 = 3714 mm	R617 = 3720 mm	R618 = 3726 mm	R619 = 3732 mm	R620 = 3738 mm	R621 = 3744 mm	R622 = 3750 mm	R623 = 3756 mm	R624 = 3762 mm	R625 = 3768 mm	R626 = 3774 mm	R627 = 3780 mm	R628 = 3786 mm	R629 = 3792 mm	R630 = 3798 mm	R631 = 3804 mm	R632 = 3810 mm	R633 = 3816 mm	R634 = 3822 mm	R635 = 3828 mm	R636 = 3834 mm	R637 = 3840 mm	R638 = 3846 mm	R639 = 3852 mm	R640 = 3858 mm	R641 = 3864 mm	R642 = 3870 mm	R643 = 3876 mm	R644 = 3882 mm	R645 = 3888 mm	R646 = 3894 mm	R647 = 3900 mm	R648 = 3906 mm	R649 = 3912 mm	R650 = 3918 mm	R651 = 3924 mm	R652 = 3930 mm	R653 = 3936 mm	R654 = 3942 mm	R655 = 3948 mm	R656 = 3954 mm	R657 = 3960 mm	R658 = 3966 mm	R659 = 3972 mm	R660 = 3978 mm	R661 = 3984 mm	R662 = 3990 mm	R663 = 3996 mm	R664 = 4002 mm	R665 = 4008 mm	R666 = 4014 mm	R667 = 4020 mm	R668 = 4026 mm	R669 = 4032 mm	R670 = 4038 mm	R671 = 4044 mm	R672 = 4050 mm	R673 = 4056 mm	R674 = 4062 mm	R675 = 4068 mm	R676 = 4074 mm	R677 = 4080 mm	R678 = 4086 mm	R679 = 4092 mm	R680 = 4098 mm	R681 = 4104 mm	R682 = 4110 mm	R683 = 4116 mm	R684 = 4122 mm	R685 = 4128 mm	R686 = 4134 mm	R687 = 4140 mm	R688 = 4146 mm	R689 = 4152 mm	R690 = 4158 mm	R691 = 4164 mm	R692 = 4170 mm	R693 = 4176 mm	R694 = 4182 mm	R695 = 4188 mm	R696 = 4194 mm	R697 = 4200 mm	R698 = 4206 mm	R699 = 4212 mm	R700 = 4218 mm	R701 = 4224 mm	R702 = 4230 mm	R703 = 4236 mm	R704 = 4242 mm	R705 = 4248 mm	R706 = 4254 mm	R707 = 4260 mm	R708 = 4266 mm	R709 = 4272 mm	R710 = 4278 mm	R711 = 4284 mm	R712 = 4290 mm	R713 = 4296 mm	R714 = 4302 mm	R715 = 4308 mm	R716 = 4314 mm	R717 = 4320 mm	R718 = 4326 mm	R719 = 4332 mm	R720 = 4338 mm	R721 = 4344 mm	R722 = 4350 mm	R723 = 4356 mm	R724 = 4362 mm	R725 = 4368 mm	R726 = 4374 mm	R727 = 4380 mm	R728 = 4386 mm	R729 = 4392 mm	R730 = 4

