



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

T E S I S

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO
MEDIANTE EL ÍNDICE DE REBOTE EN COLUMNAS
DE VIVIENDAS DEL CENTRO POBLADO DE
SAN ANTONIO - MOQUEGUA 2020**

PRESENTADA POR:

BACHILLER LENNIN GABRIEL VIZCARRA CONDORI

ASESOR:

MGR. RUTH MERCEDES JINES CABEZAS

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

MOQUEGUA – PERÚ

2021

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Contenido	iv
CONTENIDO DE TABLAS	viii
CONTENIDO DE FIGURAS	x
CONTENIDO DE APÉNDICES	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Definición del problema.....	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación.....	5
1.5 Alcances y limitaciones.....	5

1.5.1. Alcances	5
1.5.2. Limitaciones	6
1.6 Variables	6
1.6.1. Operacionalización de variables	6
1.7. Hipótesis de la investigación.....	7
1.7.1. Hipótesis general.....	7
1.7.2. Hipótesis específicas	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	10
2.2 Marco teórico	12
2.2.1. El concreto en la construcción	12
2.2.2. Evolución del concreto al paso del tiempo	12
2.2.3 Composición del concreto.....	15
2.2.4. Vida útil del concreto	20
2.2.5 Periodos de tiempo de vida del concreto según normativa.....	22
2.2.6 Método del índice de rebote del concreto endurecido ASTM C-805	24
2.2.7. Ensayo de la fenolftaleína	35

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de la investigación	38
3.2. Diseño de la investigación	38
3.3 Población y muestra	38
3.3.1. Población.....	38
3.3.2. Muestra.....	39
3.4 Descripción de instrumentos para recolección de datos	39
3.4.1. Búsqueda y recolección de la información	39
3.4.2. Experimentación	39
3.4.3. Procesamientos de datos	46

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados	47
4.2 Contrastación de hipótesis	70
4.3. Discusión de resultados.....	79

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	82
5.2. Recomendaciones.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

APÉNDICES	92
MATRIZ DE CONSISTENCIA	109
INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	110

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio.....	6
Tabla 2. Factores que hacen del concreto un material de construcción universal	16
Tabla 3. Características del cemento portland tipo IP.....	17
Tabla 4. Principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90-95% del cemento	18
Tabla 5. Clasificación de agregado según su tamaño	20
Tabla 6. Conceptos a tomar en cuenta con respecto a la durabilidad del concreto....	21
Tabla 7. Factores de corrección por carbonatación.....	34
Tabla 8. Humedad relativa y temperatura de columna	49
Tabla 9. Número de rebote de las columnas ensayadas por vivienda.....	50
Tabla 10. Tiempo de construcción y carbonatación en las muestras	56
Tabla 11. Índice de rebote en diamantinas extraídas	59
Tabla 12. Resistencia corregida en diamantinas extraídas.....	59
Tabla 13. Resistencia de diamantinas extraídas por compresión axial	59
Tabla 14. Comparativa de resultados mediante los dos métodos en diamantinas	60
Tabla 15. Índice de rebote en probetas de concreto	60
Tabla 16. Resistencia corregida por representatividad en probetas de concreto.....	60
Tabla 17. Resistencia de probetas por compresión axial	61
Tabla 18. Comparativa de resultados mediante los dos métodos en probetas	61
Tabla 19. Factores de corrección por profundidad de carbonatación y tiempo de construcción	64
Tabla 20. Comparativa de resultados mediante los dos métodos en probetas	64

Tabla 21. Prueba de kolmogorov-Smirnov para una muestra de diamantinas.....	71
Tabla 22. Prueba de t de student para una muestra de diamantinas	72
Tabla 23. Prueba de kolmogorov-Smirnov para una muestra de probetas	73
Tabla 24. Prueba de t de student para una muestra de probetas.....	74
Tabla 25. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra sobre la resistencia ...	75
Tabla 26. Estadísticos descriptivos para la variable resistencia de columnas de albañilería.....	76
Tabla 27. Prueba de t student para contraste de una muestra sobre la resistencia	77

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comparativo de resistencias cemento tipo I y IP.....	18
Figura 2. Concepto de vida útil de las estructuras de concreto.....	22
Figura 3. Vida útil del concreto.....	24
Figura 4. Partes del esclerómetro.....	27
Figura 5. Abaco de corrección para distintos tipos de orientación del esclerómetro.....	30
Figura 6. Variación del índice de rebote, respecto a la humedad del concreto.....	31
Figura 7. Ensayo de esclerómetro sobre la superficie del elemento de concreto.....	33
Figura 8. Profundidad de carbonatación del concreto vs tiempo.....	34
Figura 9. Tonalidades de la fenolftaleína.....	37
Figura 10. Esclerómetro HT-225.....	40
Figura 11. Ensayo de índice de rebote.....	40
Figura 12. Medición de humedad relativa con Termohigrometro.....	40
Figura 13. Medición de temperatura de la columna de concreto con termómetro digital.....	41
Figura 14. Medición de altura de columna con flexómetro.....	41
Figura 15. Trazo de 10 puntos de ensayo con plantilla.....	42
Figura 16. Limpieza de superficie de columna con brocha.....	42
Figura 17. Piedra abrasiva.....	43
Figura 18. Pulido de superficie de concreto.....	43
Figura 19. Taladro a batería.....	43
Figura 20. Ensayo de fenolftaleína.....	44
Figura 21. Extracción de diamantina en columna de concreto.....	44

Figura 22. Probetas de muestra P1, P2.....	45
Figura 23. Ensayo a compresión de P2	45
Figura 24. Ensayo a compresión D-1	46
Figura 25. Ensayo a compresión D-2.....	46
Figura 26. Esquema del proceso para el análisis e interpretación de resultados.....	47
Figura 27. Mapa de Moquegua, distrito de Moquegua	48
Figura 28. Centro poblado San Antonio	48
Figura 29. Reconocimiento y localización de la muestra	49
Figura 30. Humedad relativa vs temperatura de columnas	50
Figura 31. Tiempo de construcción de las muestras	50
Figura 32. Profundidad de carbonatación del concreto en 10 años.....	63
Figura 33. Dispersión de resistencia a compresión corregidas	70
Figura 34. Grafica de normalidad para variable diamantinas	72
Figura 35. Grafica de normalidad para variable probetas	73
Figura 36. Gráfica de normalidad para la variable resistencia de columna de albañilería.....	76
Figura 37. Grafica de diagrama de cajas para variable resistencia de columna de albañilería.....	78

CONTENIDO DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A. Panel fotográfico	
Fotografía A 1. Vivienda de 1 piso, albañilería	92
Fotografía A 2. Vivienda de 1 piso, albañilería	92
Fotografía A 3. Vivienda de 1 piso, albañilería	92
Fotografía A 4. Vivienda de 1 piso, albañilería	93
Fotografía A 5. Vivienda de 1 piso, albañilería	93
Fotografía A 6. Vivienda de 1 piso, albañilería	93
Fotografía A 7. Vivienda de 1 piso, albañilería	94
Fotografía A 8. Vivienda de 1 piso, albañilería	94
Fotografía A 9. Vivienda de 1 piso, albañilería	94
Fotografía A 10. Medición de humedad relativa temperatura de la columna.....	95
Fotografía A 11. Medición de la temperatura de la columna.....	95
Fotografía A 12. Medición de altura de la columna.....	95
Fotografía A 13. Trazo y colocación de molde para ensayo	95
Fotografía A 14. Ensayo en la parte inferior de la columna	96
Fotografía A 15. Ensayo en la parte superior de la columna	96
Fotografía A 16. Superficie de columna después de ser ensayada	96
Fotografía A 17. Lectura de número de rebote en esclerómetro HT-225	96
Fotografía A 18. Taladro para perforar concreto	97
Fotografía A 19. Perforando concreto.....	97
Fotografía A 20. Columna perforada para extraer concreto pulverizado.....	97
Fotografía A 21. Concreto pulverizado para realizar ensayo de fenolftaleína.....	97

Fotografía A 22. Ensayo de fenolftaleína	98
Fotografía A 23. Resultado de ensayo de fenolftaleína	98
Fotografía A 24. Extracción de diamantina D-1	98
Fotografía A 25. Diamantina D-1	98
Fotografía A 26. Ensayo a compresión axial D-1	99
Fotografía A 27. Ensayo a compresión axial P-1.....	99
Fotografía A 28. Ensayo del índice de rebote en P-1 y P-2	99
Apéndice B. Certificados	
Certificado B 1. Certificado de calibración de esclerómetro FM014-042-2020.....	100
Certificado B 2. Certificado de determinación del número de rebote en P-1	102
Certificado B 3. Certificado de determinación del número de rebote en P-2	103
Certificado B 4. Certificado de determinación del número de rebote en D-1.....	104
Certificado B 5. Certificado de determinación del número de rebote en D-2.....	105
Certificado B 6. Certificado de ensayo a compresión simple P-1 y P-2.....	106
Certificado B 7. Certificado de ensayo a compresión simple D-1 y D-2.....	107
Apéndice C. Planos	
Plano C 1. Plano catastro de centro poblado de San Antonio.....	108
Apéndice D. Registros de recolección de datos	
Registro D 1. Ábaco para calcular la resistencia en función al N° de rebote.....	110
Registro D 2. Registros de ensayos para determinar el número de rebote en 110 viviendas de albañilería	111

RESUMEN

En la presente investigación titulada “Evaluación de la resistencia del concreto mediante el índice de rebote en columnas de viviendas del centro poblado de San Antonio-Moquegua 2020”, se realizó una evaluación de la resistencia del concreto en estado endurecido en columnas de 110 viviendas del centro poblado de San Antonio, en 3 lugares del elemento, parte inferior, media y superior. Esto fue llevado a cabo mediante un método de ensayo no destructivo, que no afecta la arquitectura ni altera el cuerpo de la estructura, es un método conocido como Índice de Rebote o Esclerometría que comprende el uso del esclerómetro o martillo de Schmidt. Para la ejecución del método ya mencionado se utilizó como base principal la norma “NTP 339.181 Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerometría)”, también evaluamos el pH del concreto en las columnas mediante el uso de la fenolftaleína, para verificar si existe carbonatación o no en el concreto, este método es un complemento para la evaluación de la resistencia obtenida en campo, con la finalidad de darle un factor de corrección a la resistencia del concreto. Los resultados obtenidos indicaron que el 97 % de las columnas de viviendas ensayadas tienen resistencia a compresión del concreto por debajo de lo que menciona la norma E-070, y que el 3 % si cumplen con la resistencia requerida. Por lo que se afirma que tenemos un déficit actual crítico en el concreto de las columnas de viviendas de albañilería.

Palabras clave: Resistencia a compresión, índice de rebote, viviendas de albañilería.

ABSTRACT

In the present investigation entitled "Evaluation of the resistance of concrete by means of the rebound index in columns of houses of the town of San Antonio-Moquegua 2020", an evaluation of the resistance of concrete in hardened state was carried out in columns of 110 houses of the populated center of San Antonio, in 3 places of the element, lower, middle and upper part. This was carried out by means of a non-destructive test method, which does not affect the architecture or alter the body of the structure, it is a method known as Rebound Index or Sclerometry that includes the use of the Schmidt's sclerometer or hammer. For the execution of the aforementioned method, the standard "NTP 339.181 Test method to determine the rebound number of hardened concrete (sclerometry)" was used as the main basis. We also evaluated the pH of the concrete in the columns by using phenolphthalein, to verify if there is carbonation or not in the concrete, this method is a complement to the evaluation of the resistance obtained in the field, in order to give a correction factor to the resistance of the concrete. The results obtained indicated that 97% of the tested housing columns have concrete compressive strength below what is mentioned in the E-070 standard, and that 3% do meet the required strength. Therefore, it is stated that we have a critical current deficit in the concrete of the masonry housing columns.

Keywords: Compressive strength, rebound index, masonry houses.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el material de construcción más empleado a nivel mundial es el concreto, y se sabe que su composición la constituyen materias primas conocidas como rocas y arenas que son aproximadamente 65 al 75 % del volumen total, también agua, cemento y aditivos según sea el tipo de construcción. Generalmente se obvia la importancia del concreto, ya sea en los procesos de elaboración, colocación o curado, que en muchos casos no son los requeridos, afectando directamente el comportamiento, calidad y vida útil del concreto. Se considera también que existen factores que afectan principalmente la calidad de este material de construcción: mano de obra, materiales, métodos empíricos de preparación, medio ambiente.

Se tienen muchos métodos normados con los que se puede realizar el control del concreto endurecido ya sean: métodos destructivos y no destructivos, principalmente empleados para verificar la resistencia a la compresión que alcanzan los elementos estructurales, uno de los ensayos más comunes y fácil de ejecutar es el método del Índice de Rebote, conocido como: martillo de Schmidt o esclerómetro, se considera un sistema avanzado y automático que estima el valor de la resistencia a compresión del elemento al cual es sometido, se calcula la media y mediana en función al valor de rebote y por consiguiente el $f'c$ del concreto, la medición del esclerómetro se basa en la dureza superficial del elemento estructural, y estos son interpretados mediante ábacos.

En la presente investigación, se conocerán las patologías que se presentan en el concreto a lo largo del tiempo de construido, específicamente en columnas de viviendas, con la finalidad de obtener información confiable de los daños localizados y ocasionados por distintos agentes naturales y falta de mantenimiento.

Los ensayos que no son destructivos tienen como objetivo obtener valores en sitio, sin causar daños físicos ni arquitectónicos en los elementos estructurales es por ello que se optó por emplear el método del Índice de Rebote para la obtención de la resistencia representativa del concreto en las columnas de las viviendas del centro poblado de San Antonio. También se empleó la fenolftaleína que es un indicador de pH, el cual nos ayudó a conocer si el concreto tiene carbonatación. Y finalmente hemos evaluado los resultados obtenidos mediante el método y lo compararemos con lo establecido en la norma E-070 Albañilería.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática

Moquegua es un departamento que se encuentra en pleno crecimiento y desarrollo, la idea que tienen los habitantes de mejorar la calidad de vida de muchas veces comienza por tener un techo propio, sin embargo, la informalidad de las construcciones de viviendas es el problema más creciente que tiene nuestra realidad local. ¿Qué entendemos por construcción informal?, definimos a todas las actividades realizadas y ejercidas en una obra cuyo personal emplea métodos empíricos, que no cuentan con conocimientos técnicos para realizar un proyecto de calidad y ni mucho menos garantizar una correcta funcionalidad. En su gran mayoría se construyen viviendas sin la presencia y aprobación de un profesional.

Se ha visto que, en zonas periféricas de la ciudad de Moquegua, se autoconstruyen viviendas sin un mínimo control de calidad desde la elaboración de zapatas y cimientos, hasta la etapa de desencofrado y curado de los elementos que conforman la edificación, esto ocurre mayormente por falta de recursos, ahorrar un poco de inversión o por desconocimiento de la población.

En la ciudad de Moquegua existen cuatro centros poblados: Los Angeles, San Francisco, Chen-Chen y San Antonio, este último es el que mayor crecimiento poblacional tiene, en consecuencia, mayor cantidad de construcciones anualmente.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática hasta el año 2017, en la provincia Mariscal Nieto se tienen 85 349 habitantes, con un total de 40 734 viviendas particulares, donde, 37 213 son ocupadas y 3521 desocupadas. En cuanto al centro poblado de San Antonio habitan 24 414 personas, con 10 613 viviendas construidas, de las cuales, 9700 son habitadas y 913 abandonadas. Esto indica que el C.P. de San Antonio ocupa casi la 3,5 parte en población y viviendas particulares de la provincia Mariscal Nieto.

Según la Oficina de Gestión de Riesgos y Desastres de la Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto, el centro poblado de San Antonio no es una zona apta para un crecimiento urbano, debido a que, el suelo tiene presencia de humedad e infiltraciones. En la actualidad existe un reporte e indica que más del 60 % de las construcciones de material noble tienen problemas de fisuraciones.

Con toda esta información que se tiene, llegamos a la conclusión que los habitantes no toman las medidas correctas al edificar su propia vivienda, las pérdidas por desastres naturales o sismos pueden ascender al 100 % de la inversión inicial, pudiendo gastar un 3 % aproximadamente del total de la inversión en contar con la asesoría y supervisión de un profesional.

Las viviendas de material noble están principalmente conformadas por cimientos, muros de ladrillo, columnas, vigas y losas. Los elementos estructurales como muros de albañilería, placas, columnas y vigas son las partes más

fundamentales de una edificación ya que su función es darle rigidez y resistencia a toda la estructura, soportan todo el peso de la construcción y fuerzas externas como: sismos y vientos.

La gran parte de la composición de los elementos estructurales ya mencionados son de concreto, y es por eso que se debe realizar controles de calidad del concreto antes, durante y después de los vaciados, con la finalidad de asegurar la calidad y vida útil de la edificación. La norma E-070 Albañilería en viviendas nos dice que, a los 28 días, la resistencia mínima para concretos estructurales en albañilería, el $f'c$ no debe ser inferior a 175 kg/cm^2 , para concreto estructural simple el $f'c$ no debe ser menor a 140 kg/cm^2 . Finalmente nos dice que para elementos estructurales resistentes a fuerzas inducidas por sismo el $f'c$ no deberá ser inferior a 210 kg/cm^2 .

1.2. Definición del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cómo podremos evaluar la resistencia del concreto en las columnas de viviendas en el centro poblado San Antonio - Moquegua 2019?

1.2.2. Problemas específicos.

¿El método del índice de rebote se podrá aplicar en las columnas de viviendas en el centro poblado San Antonio?

¿Cómo sabremos si los resultados obtenidos en las columnas de viviendas del centro poblado San Antonio, mediante el Índice de Rebote cumplen con la resistencia mínima especificada en la norma E-070 Albañilería?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar la resistencia del concreto, mediante el índice de rebote, en las columnas de viviendas autoconstruidas del centro poblado San Antonio-Moquegua 2019.

1.3.2. Objetivos específicos.

Aplicar el método de índice de rebote en las columnas de viviendas del centro poblado San Antonio.

Comparar los resultados obtenidos en las columnas de viviendas del centro poblado San Antonio, mediante el ensayo del Índice de Rebote y la norma E-070 Albañilería.

1.4. Justificación

Mediante la presente investigación que se realizó en el centro poblado San Antonio, Moquegua 2019; se buscó evaluar la resistencia a la compresión del concreto que las columnas han alcanzado, específicamente en viviendas autoconstruidas, que visualmente denoten fallas en su proceso constructivo, pobre control de calidad de concreto en el elemento estructural.

Para lo cual, se optó por emplear un método no destructivo y fácil de usar llamado método del índice de rebote, martillo de Smicht o esclerómetro que se basa en calcular la dureza de la superficie a la cual está sometida, utilizando ábacos normalizados para su interpretación y cálculo de la resistencia a la compresión de la columna.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances.

Actualmente no se cuenta con estudios acerca de la situación actual de la resistencia a la compresión del concreto en las viviendas del departamento de Moquegua, en este caso se tomó al centro poblado San Antonio como estudio y únicamente como elemento estructural a las columnas, es por ello que mediante esta investigación evaluamos y analizamos el porqué de los resultados obtenidos en campo. Y conocer cómo es que se está tomando hoy en día la importancia al concreto como material de construcción en cuanto a la resistencia.

1.5.2. Limitaciones.

Debido a la gran cantidad de asociaciones de viviendas y urbanizaciones, que contemplan el centro poblado San Antonio, se optó por realizar el ensayo de índice de rebote esencialmente a viviendas precarias, autoconstruidas o distinguidas visualmente como edificación con un control de calidad pobre. Por consiguiente, se evaluarán 10 asociaciones de vivienda y una urbanización, 10 viviendas por cada una de ellas, dando un total de 110 viviendas en estudio.

Limitación social; los permisos que los dueños de las viviendas se nos puedan otorgar para poder tomar la lectura de los ensayos en sus columnas son limitados pese a ser un ensayo no destructivo, es por ello que se ensayará en tres tramos de la columna: parte inferior, media y superior.

El laboratorio de mecánica de suelos y concreto de la Universidad José Carlos Mariátegui no cuenta con el esclerómetro, ni cortadora para realizar la extracción de diamantinas de concreto en columnas, es por ello por lo que se optó por requerir servicios en laboratorios particulares. Cabe resaltar que la extracción de diamantinas se dio en una vivienda particular, específicamente con fines de buscar una contrastación y la confiabilidad del esclerómetro.

1.6. Variables

1.6.1. Operacionalización de variables.

Tabla 1

Operacionalización de las variables de estudio

Tipo de Variable	Variable	Dimensiones	Indicador	Unidad de Medida	Instrumento
Independiente	Método del índice de rebote	Tipo de superficie de la columna	Sin tarrajeo, y con tarrajeo	Kg/cm ²	Esclerómetro
Dependientes	Resistencia del concreto en columnas de viviendas	Propiedades del concreto endurecido	Número de ensayos de laboratorio	Global	Equipos y herramientas de laboratorio
		Aspectos de construcción de viviendas	Configuración estructural	Global	Norma E-070 Albañilería

1.7. Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

El método del índice de rebote permite obtener y evaluar valores semejantes a la realidad con respecto a la resistencia a compresión de las columnas de viviendas del centro poblado San Antonio, ciudad de Moquegua 2019.

1.7.2. Hipótesis específicas.

El ensayo del índice de rebote es aplicable en las columnas de las viviendas del centro poblado San Antonio.

La resistencia a compresión de las columnas ensayadas alcanza la resistencia requerida que especifica la norma E-070 en elementos estructurales de Albañilería.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Ortiz (2015), en su tesis titulada “Análisis y descripción de la producción de concretos en obra de cinco proyectos de vivienda en Colombia” afirma que; la utilización del concreto genera una problemática que relaciona la calidad en el manejo y la instalación del mismo, son factores importantes a la hora de definir la calidad y estabilidad de un proyecto, se sabe que es muy indispensable que los procesos constructivos de cualquier tipo de proyecto deberán cumplir las especificaciones indicadas por la norma vigente. Se ha evidenciado una divergencia entre especificaciones técnicas que se contemplan en los planos y la realidad de los concretos en la ejecución de obras menores como viviendas particulares, que generan una construcción deficiente.

Alcañiz (2011), en su tesis de doctorado titulada “Chequeo de estructuras de hormigón armado: análisis de la relación de resultados de probetas testigo y ultrasonidos” indica lo siguiente; para el cálculo y estimación de la resistencia a la compresión del concreto, existen investigaciones dónde se han desarrollado

distintas técnicas, el planteamiento de todas estas se diferencian en la correlación de sus resultados. Los métodos más usados en la industria del concreto en edificaciones son: ensayos a compresión simple, ultrasonidos, y el uso del esclerómetro; este último tiene una ligera limitación en estructuras antiguas, dónde el proceso de carbonatación superficial del concreto está muy avanzado, para ello existen factores de carbonatación FC para su corrección.

Velázquez (2018), en su tesis “Control de la calidad del concreto con métodos alternativos de Ingeniería” concluye que; los ensayos no destructivos aplicados en el concreto para conocer la resistencia a la compresión del concreto son materia de análisis para una parte de laboratorios especializados y están en constante desarrollo y perfeccionamiento. Específicamente hablando del uso de esclerómetros o martillo de Schmidt, los resultados obtenidos en campo suelen ser afectados por diversas variables, tales como: la posición de aplicación del martillo vertical, inclinada y horizontal; la concentración del agregado grueso en la superficie. La destreza de la persona que ensaya este método también influye a lecturas inexactas, si esta no tiene experiencia o capacitación en la correcta utilización.

Builes y Pardo (2016), en su tesis llamada “Correlación entre las resistencias obtenidas mediante ensayos de compresión y esclerometría en cilindros de concreto normal y modificados con fibra sintética y fibra de acero” nos afirman que; en procesos constructivos, es necesario tener un control de calidad del concreto, este control normalmente es realizado con probetas cilíndricas de concreto, que posteriormente son sometidas al ensayo de resistencia a la compresión.

Builes y Pardo (2016), también indican que existen otras alternativas para determinar el f_c del concreto como: Ensayos de esclerometría, ultrasonido, extracción de pernos, contenido de ph, etc. Estos ensayos estiman de manera directa o indirecta la resistencia a la compresión del concreto. El ensayo del esclerómetro nos ayuda a obtener resultados de manera indirecta, es un método no destructivo, que se toma por medio de un equipo conocido como martillo de Schmidt, dicho elemento mide la fuerza de rebote que ejerce el martillo sobre la superficie y así determina la dureza del elemento estructural y con la ayuda de ábacos obtiene la resistencia.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Aspilcueta (2015), en su tesis titulada “Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto estimada a partir de la utilización del método de madurez” nos dice que; la etapa de desarrollo y madurez de la resistencia a la compresión de elementos estructurales conformados por concreto son las variables principales, las cuales, nos dan a conocer si un concreto es lo suficientemente resistente para que puedan soportar cargas futuras.

Chunga y Chilcon (2016), en su tesis titulada “Evaluación de la calidad del concreto a usar en construcciones informales en la ciudad de Pimentel” nos definen que; las construcciones informales o autoconstruidas son aquellas actividades ligadas a la planificación y ejecución de una construcción han sido realizadas por maestros de obra y/o ayudantes empíricos que no cuentan con el conocimiento técnico para llevar a cabo un proyecto de calidad y es por ello que no se puede garantizar la correcta funcionalidad de la edificación.

En el país el área de la construcción casi en totalidad tiene carencia de profesionales de acuerdo al área que concierna, y pueda avalar los diseños de mezcla y procesos constructivos. Es por ello que existe un gran porcentaje de construcciones que han sido ejecutadas sin licencia.

Quiróz (2014), En su tesis titulada “Evaluación de los defectos en la construcción de viviendas informales de albañilería en el sector fila alta, provincia Jaén-Cajamarca” concluye que; la informalidad en las construcciones de viviendas en su mayoría de veces es debido a que no cuentan los recursos económicos para realizar una correcta construcción de su vivienda. Este caso es muy común en zonas alejadas del centro de la ciudad, tales como centros poblados y asentamientos, la carencia de un profesional que conozca el área llámese arquitecto o ingeniero. Finalmente indica que el 100 % de muestras de viviendas de su investigación presentan defectos, fallas, errores cometidos en etapa de ejecución, por no contar con planos y asesoramiento.

Quispe (2019), en su tesis titulada “Evaluación de la resistencia a compresión del concreto en edificaciones comunes de la ciudad de puno 2018” concluye que; el ensayo de índice de rebote es un método de fácil uso y mucha versatilidad por sus análisis de la resistencia del concreto, ya que es un ensayo no destructivo, su empleo no daña la estructura, es muy necesario la utilización de factores correctivos en los cálculos. Finalmente concluyó que la ciudad se encuentra en precariedad en el aspecto de viviendas de material noble, el 82,27 % del concreto vaciado en viviendas está por debajo de los 210 kg/cm².

2.2. Marco teórico

2.2.1. El concreto en la construcción.

El uso del concreto como elemento constructivo ha estado presente en multitud de estructuras y edificaciones, desde su origen en 1848 se ha venido empleando como un material indispensable para distintas obras civiles, simultáneamente han ido evolucionando con él los elementos básicos que lo componen y los distintos ensayos que se efectúan para poder garantizar la calidad del mismo. Siendo este reconocido como uno de los materiales más utilizados a nivel mundial. (Nistal, Retana, y Ruiz, 2012, p. 3).

Según Barreto y Ganzhi (2018), se sabe que las edificaciones de concreto armado están expuestas a diversos daños que son causados por los distintos cambios climatológicos que consigo traen lluvias, vientos, sismos. Es por eso que se debe efectuar estudios para conocer la existencia de patologías o lesiones en las construcciones y con ello tomar medidas de precaución o de reparación.

2.2.2. Evolución del concreto al paso del tiempo.

Robles (2018), el concreto empezó a utilizarse desde épocas primitivas, en búsqueda de un mejor espacio para vivir, el hombre desarrolla técnicas precarias de construcción. Desde 700 a.C civilizaciones como los babilonios, persas construyeron ciudades al borde de ríos, para la elaboración de estas cocían la piedra caliza para obtener la cal, después la mezclaban con derivados de animales.

Logrando adquirir los morteros, con este material se rellenaba las capas entre piedras cuya función era la de dividir las cargas de una forma más equitativa. (Davalos, 2017, p. 2).

Durante el Imperio Romano el hormigón tenía un uso como elemento constructivo importante tanto en grandes como en pequeñas estructuras tal que alcanzo un grado de satisfacción que no se logró volver a ver hasta el siglo XIX. Se sabe que esto se debió a que los romanos tenían una gran destreza constructiva, y a la facilidad de conseguir los elementos como arenas volcánicas y piedras naturales (guijarros y cal) con buenas propiedades cementicias, las cuales al mezclarlas obtenían el mortero. (Nistal, Retana, y Ruiz, 2012, p. 5).

Según Torres (2010), se sabe qué; desde épocas antiguas los Romanos emplearon como agregado ladrillos quebrados, los introducían en la mezcla que estaba hecha de polvo de ladrillo con cal o la ceniza volcánica. Las cuales conformaban el material constructivo para la amplia variedad de edificaciones como templos, palacios, acueductos.

Este mortero poseía propiedades físicas y mecánicas que son prácticamente similares a las que posee el hormigón que se emplea en las grandes construcciones actuales, y que en la antigüedad se utilizó para la construcción de grandes edificaciones que demostraron ser duraderas con el paso de los años como, por ejemplo: El Coliseo Romano. (Nistal, Retana, y Ruiz, 2012, p. 6).

Durante el imperio romano, se descubrió que la puzolana posee mejores características hidráulicas que las de la cal gris, esto se da por la combinación de cal u oxido de calcio y arcilla o silicato de aluminio. “El uso de este tipo de

mortero fue un gran descubrimiento en el ámbito de la ingeniería civil y el inicio de la era de lo que se podría denominar el hormigón moderno” (Astudillo, Astudillo y Jara, 2014, p. 8).

Una de las primeras construcciones de concreto armado tubo origen en Francia en los años 1875, fue un puente que tenía un largo de 16,5 m, dando inicio al uso constante del concreto armado en diferentes obras civiles. La primera producción del cemento Portland se daba en hornos verticales y estacionarios. En 1885, un ingeniero inglés desarrolló un horno más desarrollado que era horizontal, ligeramente inclinado y que podía girar. Este horno rotatorio dio un mejor manejo de la temperatura y realizo mejores trabajos en cuanto a la mezcla de los materiales. (Nistal, Retana, y Ruiz, 2012, p. 10).

Según Monjo (2009), las primeras patentes referidas en cuanto a técnicas de concreto armado obtenidas en los siglos XIX hasta los inicios del siglo XX, el cálculo, diseño, ejecución de obras, estuvieron siendo ejecutadas sin normas ni reglamentos que las orienten, es por ello que se empiezan a elaborar creando nuevas técnicas con bases reglamentadas a fin de asegurar la construcción de edificaciones. Los primeros conocimientos acerca del concreto armado fueron expuesto en la escuela de Ingenieros de Caminos en Madrid en 1910.

Desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, las investigaciones en los distintos ámbitos de utilización del concreto armado tanto en obras civiles como arquitectónicas han avanzado en gran velocidad, permitiendo potencializar el concreto conociendo mejor sus características y propiedades y poder mejorarlas con la aparición de nuevos aditivos (Loja, 2015, p. 15).

2.2.3. Composición del concreto.

Rodriguez (2017), es un material de uso común que resulta de la mezcla de tres principales componentes, cemento, agregados y agua, a los cuales en ocasiones necesarias se le agrega un cuarto componente que se designa como aditivo. Al unir estos componentes y elaborar el concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante conocido como aire.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser compactada y moldeada con facilidad; pero sucesivamente pierde esta particularidad hasta que al paso de las horas se torna rígida y empieza a adquirir un comportamiento, aspecto y características de un cuerpo sólido, para tener una transformación de un material mecánicamente resistente conocido como concreto endurecido. (Montalvo, 2015, p. 3).

Según Orellana (2009), las propiedades físicas y químicas de este material están definidas por las características de los elementos que los componen. En la actualidad el concreto es el material de mas importante en cuanto al rubro de la construcción, sin embargo, si bien en su calidad final depende en forma importante del conocimiento total del material, así como del profesional, el concreto en la actualidad tiene una amplia variedad de propósitos.

2.2.3.1. Características.

Tabla 2

Factores que hacen del concreto un material de construcción universal

Ventajas	Desventajas
La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aun manteniendo su consistencia plástica.	El concreto con frecuencia se prepara en el sitio en condiciones inadecuadas ya que no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es bueno.
Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos a compresión como arcos y columnas	Se sabe que este material es de escasa resistencia a la tracción. Esto dificulta su uso en elementos estructurales que están trabajando a tracción (como los tirantes) o en parte de sus secciones transversales (como vigas y otros elementos sometidos a flexión)

Fuente: Montalvo, 2015

2.2.3.2. Cemento.

El cemento es un material aglomerante que se caracteriza por tener propiedades cohesivas y adherentes esto le permite la unión de los materiales como los agregados de origen mineral, verificando las dosificaciones que garanticen las características deseables como son la durabilidad, resistencia , rapidez de fragua, resistencia a ámbitos químicos y ambientales, se sabe que para cada situación se ha generado variedad de cementos los cuales adicionalmente pueden ser complementados con aditivos para poder mejorar sus condiciones a cumplir. (Quispe, 2019, p. 26).

a. Cemento portland puzolánico tipo IP.

Es aquel cemento que contiene puzolana, debe comprender entre el 15 % al 40 % del peso total. Su obtención se da de la mezcla de clinker Portland y puzolana con adición de Sulfato de calcio. Entre las características más importantes del a la puzolana es que debe ser un material silico-aluminoso o arcilloso que al reaccionar químicamente pueda obtener propiedades hidráulicas, también le otorga una alta durabilidad que le permite al concreto mejorar su impermeabilidad y resistencia. Cumple las normas ASTM C-595 y la Norma Técnica Peruana 334.090 y su presentación es común en bolsas de 42,5 kg. o 1 pie³. (Yura S.A., 2014, p. 2).

b. Propiedades del cemento tipo IP.

Yura S.A. (2014) nos dice que; el concreto alcanza las siguientes propiedades:

- Alta resistencia a la compresión
- Buena resistencia al ataque de sulfatos a la de tipo I
- Resistencia alcanzada después de 28 días
- Mayor impermeabilidad

c. Características técnicas.

Tabla 3

Características del cemento portland tipo IP

Requisitos Físicos	Cemento Portland Puzolánico Yura Tipo IP	Norma NTP 334.090 ASTM C-595
Peso específico (gr/cm^3)	2,85	-

Fuente: Yura S.A., 2014

d. Componentes químicos.

Tabla 4

Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90-95% del cemento

Descripción	Porcentaje
Silicato Tricalcico (C_3S)	30 % a 50 %
Silicato Dicalcico (C_2S)	15 % a 30 %
Aluminato Tricalcico (C_3A)	4 % a 12 %
Ferro aluminato Tetracalcico (C_4AF)	8 % a 13 %

Fuente: Torres, 2010

e. Comparativa de cementos I y IP.

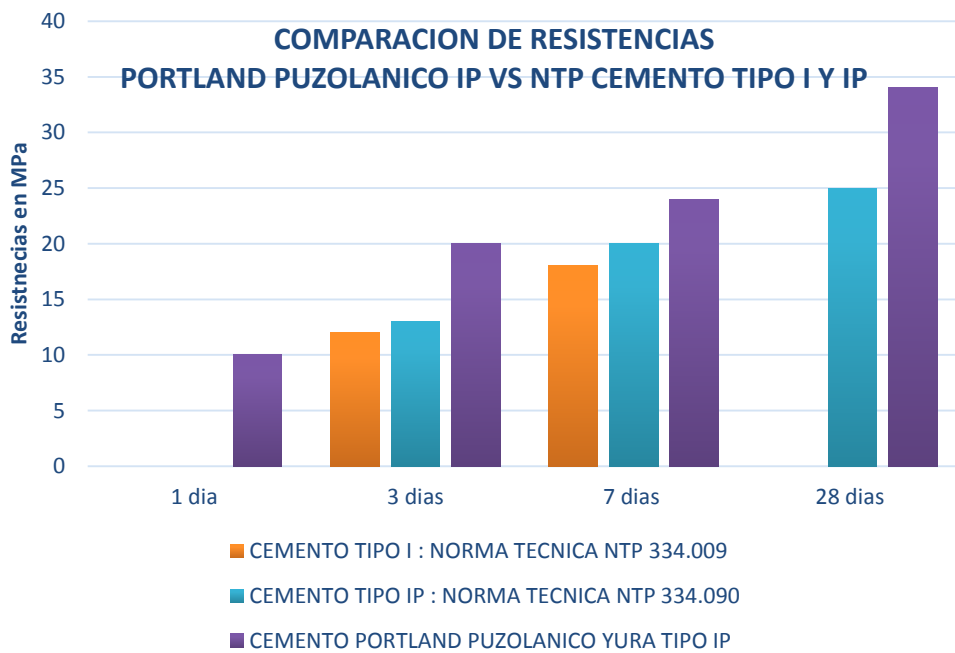


Figura 1. Comparativo de resistencias

Fuente: Torres, 2010

2.2.3.3. Agregados.

Los agregados constituyen un factor determinante en la durabilidad, económica y estabilidad en las obras civiles, pues ocupan allí un volumen muy importante, siendo las 3/4 partes del concreto aproximadamente, sabiendo con esto que su adecuada selección debe ser con un control estricto. Por lo anterior, es de suma importancia que los agregados posean buena resistencia, durabilidad, la superficie de estos elementos debe estar libre de impurezas como limo, barro, ya que proporcionarían una estabilidad volumétrica y durabilidad al concreto, generando elementos de formas adecuadas para las necesidades constructivas, cumpliendo los requisitos de la NTP 400.037 (Gutiérrez, 2013, p. 13).

a. Clasificación según su procedencia.

- Agregados naturales.

Se originan de la explotación de canteras o provienen del arrastre de los ríos, según la forma de obtenerse se los clasifica como material de río o cantera. Es conveniente hacer esta distinción ya que los dos tipos de materiales tienen características distintas que los diferencian, en ejemplo los que son extraídos de río al ser arrastrados adquieren una forma redonda con una textura lisa, y el de cantera al pasar el proceso de explotación tiene forma angular y superficie rugosa. Tanto la forma como textura le dan ciertas ventajas al utilizar como agregados para el concreto. (Montalvo, 2015, p. 18).

- *Agregados artificiales.*

Se obtiene a partir de procesos y productos industriales, como las escorias de altos hornos, arcillas expandidas, limaduras de hierro, etc. (Montalvo, 2015, p. 18).

b. Clasificación según su tamaño.

Tabla 5

Clasificación de agregados según su tamaño

Tamaño de la partícula en mm	Denominación	Clasificación
Pasante del tamiz N° 200 inferior a 0,002 mm, entre 0,002 -0,074 mm	Arcilla Limo	Fracción fina o finos
Pasante del tamiz N° 4 y retenido en el tamiz N° 200 es decir entre 4,76 mm y 0,074 mm	Arena	Agregado Fino
Retenido en el tamiz N°4		
Entre 4,76 mm y 19,1 mm (N° 4 Y ¼ “)	Gravilla	Agregado Grueso
Entre 19,1 y 50,8 mm (¾ “y 2”)	Grava	
Entre 50,8 mm y a 152,4 mm (2 “y 6”)	Piedra	
Superior a 152,4 mm (6”)	Rajón	

Fuente: Torres, 2010

2.2.4. Vida útil del concreto.

Según Ventura (2015), el concreto es el material a nivel mundial más utilizado en la construcción, de acuerdo a esto la mayor de las viviendas e infraestructura en una escala mundial están a base de este material, teniendo en cuenta la importancia del concreto las investigaciones y sus avances tecnológicos sobrepasan el campo de la ingeniería, teniendo un vínculo fuerte con la conservación del medio ambiente.

En la mayoría de casos este último parámetro es dejado del lado, teniendo resultados desfavorables, ya que se centran en acelerar su proceso y reducir costos. Sabiendo que se debe poner más atención en uno de los aspectos más importantes al momento de emplear este material, tratándose de su durabilidad.

Tabla 6

Conceptos a tomar en cuenta con respecto a la durabilidad del concreto

Descripción	Concepto
Vida prevista	Es el periodo para el que fue diseñada y construida una edificación para satisfacer las condiciones estructurales, funcionales, arquitectónicas.
Vida Útil	Es el tiempo pronosticado para que un agente de agresivo comience el deterioro del concreto, pasando esta la barrera de protección colocada, pero sin que haya empezado el daño de la edificación.
Vida útil de servicio	Se considera desde el término de la construcción proyectada hasta que alcance un nivel aceptable de daño.
Vida útil total	Periodo que comprende desde la ejecución hasta un colapso total de la edificación.
Vida útil residual	Se considera desde el tiempo en que parte la fecha de supervisión, donde la estructura aún puede desempeñar sus funciones. Teniendo en cuenta aspectos para garantizar las condiciones aptas de las edificaciones.

Fuente: Muñoz y Mendoza, 2013

2.2.5. Periodos de tiempo de vida del concreto según normativa.

2.2.5.1. Norma mexicana, NMX C-403 (2009).

Los valores mínimos de servicio, o llamados también estados límites de una estructura (o valores máximos aceptables de degradación), se denotan a continuación:

a. Estado Límite de Servicio (ELS).

Empieza desde el punto en el cual la estructura ha llegado a su tiempo de vida útil, es decir, “es el estado en el cual los requisitos de servicio de una edificación o construcción (seguridad, funcionalidad y estética) ya no se lleva acabo”.

b. Estado Limite Ultimo (ELU).

En este estado la edificación o elemento estructural se encuentra asociado con una falla o colapso estructural. El reporte DURAR indica que el ELU es el periodo en el cual la edificación ha llegado a un estado de degradación inamisible antes de que sufra un colapso total, cumpliéndose:

$$ELU < TIEMPO DE COLAPSO$$

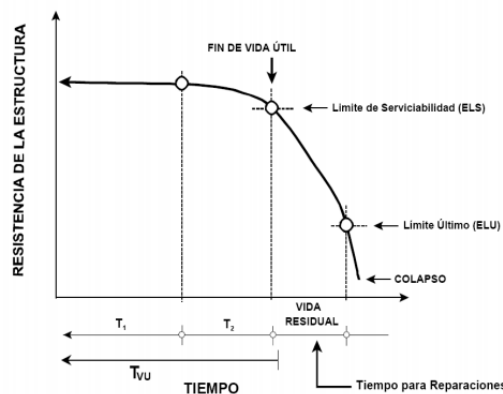


Figura 2. Concepto de vida útil de las estructuras de concreto

Fuente: Muñoz y Mendoza, 2013

2.2.5.2. Norma ACI – Colombia.

La norma colombiana nos explica el caso de deterioro de la estructura por corrosión de la armadura, que se distingue por lo menos tres situaciones:

Primera: Se denomina período de iniciación, en este caso se puede asociar la llamada vida útil de proyecto, casi siempre corresponde al tiempo necesario para que el frente de cloruros o frente de carbonatación alcance la varilla. Por frente de carbonatación se comprende el lugar de la interface entre una región carbonatada, que posee una baja alcalinidad que se da por la acción de gases carbónicos que actúan sobre los productos alcalinos de la hidratación del cemento y una zona no carbonatada que por consiguiente presente Ph elevado. (Muñoz y Mendoza, 2013).

Segunda: El otro periodo de tiempo se da en el momento en que ocurren fisuras en el concreto donde se observe el desprendimiento del recubrimiento o la aparición de manchas superficiales del concreto. En esa situación se conoce que el periodo es muy cambiante ya que depende de cada situación en que se presente. (Muñoz y Mendoza, 2013).

Tercera: Un período de tiempo que comprende desde el colapso parcial o total de la edificación o elemento estructural. A este período de tiempo se asocia la llamada vida útil última o total. Corresponde al tiempo en el que se da una significativa reducción de secciones o la total pérdida de adherencia de la relación concreto-refuerzo, que como resultado se daría el colapso total de la estructura (Muñoz y Mendoza, 2013).

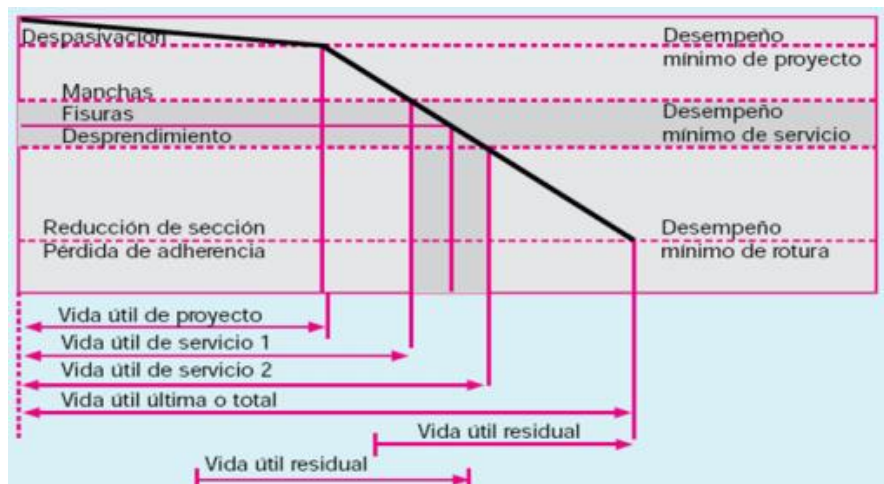


Figura 3. Vida útil del concreto
 Fuente: Muñoz y Mendoza, 2013

2.2.6. Método del Índice de Rebote del concreto endurecido ASTM C-805.

INDECOPI (2013), en la NTP 339.181 “Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerometría)” nos dice que; este ensayo se aplica con la finalidad de evaluar la uniformidad que tiene el concreto endurecido in-situ, a su vez, identificar zonas de concreto pobre o deteriorado en un elemento estructural y así estimar el desarrollo de la resistencia in-situ.

Gómez (2015), el principio de este método es simple; una masa de cierta magnitud golpea sobre un pivote situado sobre la superficie del concreto, al apoyar la varilla de percusión y generar una presión sobre el esclerómetro, el resorte se comprime. Cuando el resorte llega al final del recorrido, este se suelta y la masa se proyecta con cierta fuerza hacia la superficie del concreto y rebota hacia el tramo opuesto del esclerómetro, en ese momento se genera un indicador, que se desplaza en una escala graduada. El número que se marca se denomina “Índice esclerométrico”.

SanJuan (2013), este ensayo en líneas generales es un método de estimación de la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido, el cual en su aplicación no destruye o altera la estructura después del muestreo. Los ensayos con el esclerómetro tienen una variación de $\pm 15\%$ en cuanto al valor de la resistencia evaluada con otro método aplicado en la misma mezcla.

2.2.6.1. Ventajas del método.

Orellana (2009), nos indica las siguientes ventajas:

Facilidad en el manejo del dispositivo, rapidez del cálculo de las mediciones, es un método no destructivo, lo cual permite tener un gran número de determinaciones sin vulneran la resistencia y funcionalidad del elemento muestreado, en corto tiempo nos permite realizar muchos ensayos a diferentes elementos, complemento de ensayos de probetas de concreto en proyectos pequeños y grandes.

2.2.6.2. Desventajas del método.

SanJuan (2013), indica que este método tiene algunas desventajas: Se requiere que la estructura a ensayar tenga una superficie bien lisa, por consiguiente, no es útil en elementos que no han tenido un encofrado, solo lectura la resistencia del concreto a los dos o tres centímetros de profundidad del elemento, debido a la deformación elástica del concreto existe pérdida de energía en el interior del elemento estructural, las lecturas pueden variar según la destreza del operador.

2.2.6.3. Consideraciones para su aplicación.

Orellana (2009), nos dice que antes, durante y después de la aplicación de este método debemos: Llevar una calibración periódica del esclerómetro, corregir las curvas de los ábacos por cambios de posición con respecto a la vertical de la superficie de los elementos estructurales a ensayar, la superficie a evaluar debe representar la textura del concreto puro, esto quiere decir que se debe evitar ensayar en capas de tarrajeo o algún acabado que imposibilite la lectura correcta, la determinación debe realizarse en elementos que demuestren visualmente tener una buena rigidez.

Zambrano (2017), también nos da ciertas consideraciones; al momento de efectuar el método se coloca firmemente el instrumento con el émbolo perpendicular a la superficie del elemento en ensayo, aumentando de manera creciente la presión hasta que el martillo impacte y haga su lectura, los puntos o impactos deberán estar situados como mínimo a 2,5 cm de separación.

2.2.6.4. Martillo de Schmidt o esclerómetro.

Velázquez (2018), esta herramienta o aparato nos sirve para determinar la fuerza a compresión, luego de obtener la dureza superficial del concreto en una estructura, de una manera rápida y sin generar daño al elemento estructural. Cuando se presiona el botón de disparo del esclerómetro, se libera una masa que hace contacto con la superficie a muestrear, que al reaccionar provoca un rebote. El rebote se interpreta de manera que el desplazamiento en sentido contrario a la inicial arrastra consigo un indicador que se el equipo muestra en una determinada escala. Cabe destacar que mientras más duro sea el concreto, mayor será el rebote.

a. Partes del esclerómetro.

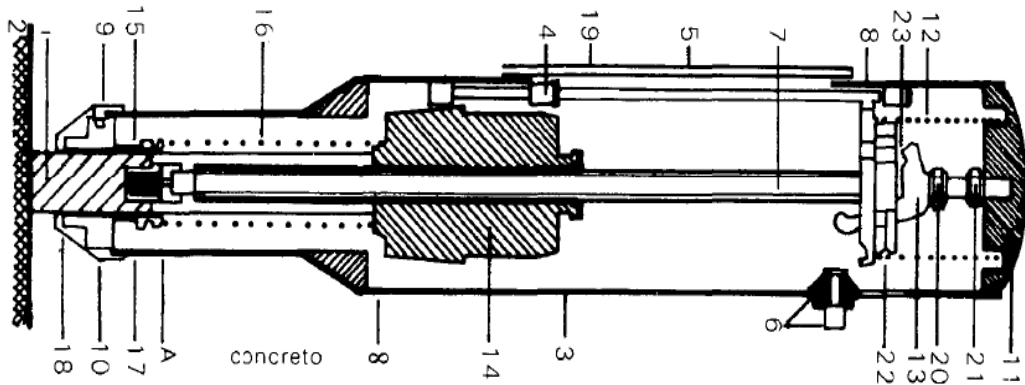


Figura 4. Partes del esclerómetro

Fuente: Gomez, 2015

Dónde:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. Embolo de impacto | 2. Superficie de cemento |
| 3. Alojamiento | 4. Guía con vástago guía |
| 5. Escala | 6. Retén |
| 7. Guía de martillo | 8. Disco |
| 9. Tapadera | 10. Aro en dos partes |
| 11. Cubierta posterior | 12. Muelle de compresión |
| 13. Trinque | 14. Masa de martillo |
| 15. Aro retén | 16. Muelle de impacto |
| 17. Mango de guía | 18. Arandela de fierro |
| 19. Ventanilla de plexiglás | 20. Tornillo de desplazamiento |
| 21. Contratuerca | 22. Pasador |
| 23. Muelle de trinquete | |

2.2.6.5. Factores que afectan la lectura del índice de rebote.

a. Tipo de cemento.

Gomez (2015), afirma que el tipo de cemento empleado en cualquier mezcla genera una dureza superficial en el concreto, esta dureza superficial o también llamada índice esclerómetro, son mayores en cuanto la resistencia a compresión del concreto aumenta. Esto genera importancia en las construcciones, ya que existen diferentes tipos de cementos al cemento Portland I.

SanJuan (2013), argumenta que la finura del cemento podría generar variaciones en un 10 % del total de resultados de los ensayos, se considera un factor de baja relevancia, no obstante, en tipos de concreto donde se emplea cementos con escoria, sulfato de calcio y cal o cementos de alúmina, las variaciones podrían estar entre 50 %.

b. Tipo de agregado.

SanJuan (2013), afirma que la resistencia del concreto se rige a las características de la mezcla como en la del agregado grueso. Un claro ejemplo es el uso de piedra caliza triturada versus la piedra de canto rodado (grava) la variación puede llegar a alcanzar 6-7 N/mm² o 70 kg/cm².

Guevara (2014), La importancia que se le da al tipo de agregado es porque la mezcla de concreto está compuesta desde un 60 a 80 % en volumen de piedra y arena. Y tiende a ser así por abaratar el costo total en función a concreto y se torna con características de las propiedades de los agregados dependiendo al tipo de obra que se quiera ejecutar.

c. Forma y tipo de superficie.

Gomez (2015), La superficie y la textura de la estructura donde se va ensayar genera muchas diferencias en sus lecturas de índice esclerométrico. Por ejemplo: las superficies que son planas emiten valores relativamente superiores a las superficies curvas.

SanJuan (2013), Este método no es recomendada en superficies abiertas o en elementos irregulares, es decir se recomienda buscar elementos a muestrear dónde la superficie haya tenido un buen encofrado, ya que sus resultados son más confiables. En algunos casos se puede emplear pulidos a las superficies, sin embargo, la experimentación indica que esto puede conllevar a sobre estimar valores.

d. Dirección y posición del aparato.

Badilla (2014), diversas investigaciones han llegado a la conclusión de que el ensayo realizado sobre superficies vertical, horizontal, hacia abajo o hacia arriba, así el concreto evaluado tengas las mismas condiciones en sus elementos estructurales verticales (columnas), horizontales (vigas) y se utilice el mismo martillo de Schmidt se tendrá resultados diferentes.

Esto ocurre porque se correlacionan la influencia que tendría en la energía recuperada y la acción de la fuerza de gravedad. Se recomienda realizar mediciones en una sola dirección para tener una comparativa exacta y real, o si no, utilizar curvas de conversión según sea la dirección de impacto.

Gomez (2015), está claro que; si dependemos del índice de la magnitud de rebote de la masa, el valor determinado in-situ será afectado y alterado por la posición del aparato de medición (esclerómetro); horizontal o vertical positivo o negativo, ya que la gravedad es un componente que actúa de manera favorable o desfavorable en el índice de rebote de dicha masa.

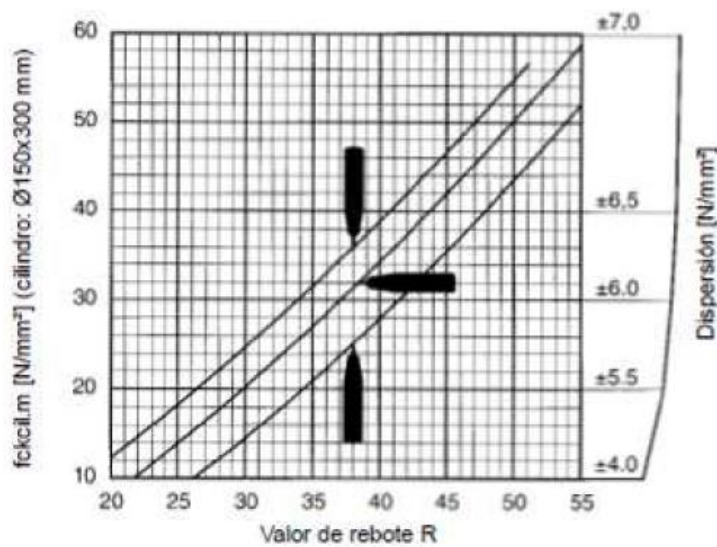


Figura 5. Abaco de corrección para distintos tipos de orientación del esclerómetro
Fuente: Proceq, 2016

e. Humedad y temperatura.

SanJuan (2013), investigaciones indican que un concreto húmedo reduce superficialmente su dureza, esto provoca una subestimación de la resistencia a compresión en hasta 20 %. Se recomienda realizar este ensayo entre 10 y 35 °C.

INDECOPI (2013), en la NTP 339.181 indica que; el concreto húmedo a 0 °C o menos podrían exhibir datos del índice de rebote relativamente dispersos a la realidad. El concreto solo deberá ensayarse después de que se haya descongelado.

Gomez (2015), la presencia de agua satura los poros de la superficie del concreto y este ejerce un fenómeno de amortiguamiento al golpe de la masa del esclerómetro, de esta manera se podría concluir que las superficies húmedas presentan valores menores de índice de rebote que las de concreto con superficie seca, como se representa a continuación.

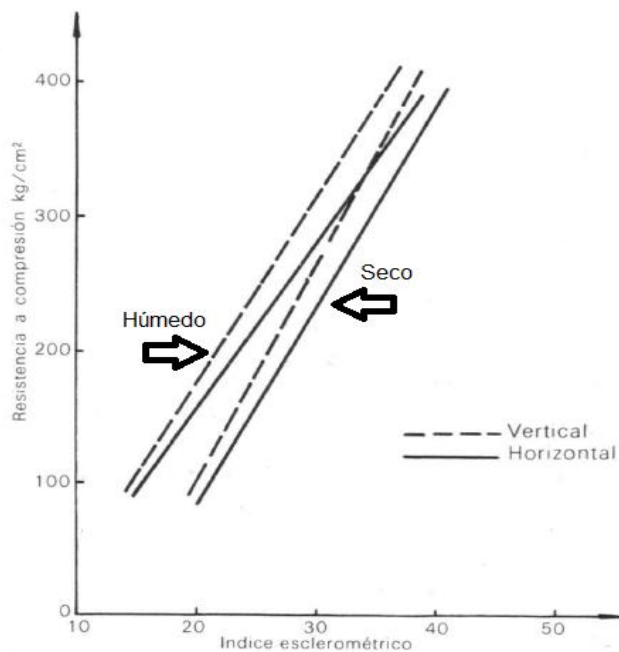


Figura 6. Variación del índice de rebote, respecto a la humedad del concreto
Fuente: Gomez, 2015

f. Edad del concreto.

SanJuan (2013), cuando el concreto aún no alcanza más de los 90 días no existe influencia externa en la superficie de la estructura que pueda vulnerar cambios en la lectura del esclerómetro, para ello se aplican factores de reducción.

Badilla (2014), es necesario saber si el concreto a muestrear presenta características de tener carbonatación, ya que al estar carbonatado la estructura tiene a endurecerse superficialmente, y esto genera resultados que se escapan de la

realidad, que no son fiables al momento de ensayar y calcular la resistencia a compresión. El proceso de carbonatación incrementa a manera que pasa el tiempo en las estructuras de concreto, por eso es importante conocer cuál es la edad del concreto.

g. Carbonatación en el concreto.

Licor (2016), nos dice que; uno de los principales agentes que determinan la vida útil en servicio de un elemento estructural de concreto armado es la carbonatación, este agente se podría denominar como la reducción o pérdida de alcalinidad del concreto por acción de elementos ácidos que tiene la atmosfera, dióxido de carbono (CO₂) y de azufre (SO₂).

Gomez (2015), el concreto al pasar de los años presenta un fenómeno en su superficie llamado carbonatación, que ocasiona incremento de la dureza superficial, sin embargo, esto no quiere decir que la aumente la resistencia mecánica.

El anhídrido carbónico contenido de aire penetra en el concreto por medio de su capilaridad y este se combina con el hidróxido de calcio (Portlandita) que se encuentra disuelta en los poros del concreto, formando carbonato de calcio neutro y agua: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. La carbonatación irá progresivamente incrementando al pasar del tiempo de manera natural desde el exterior (superficie), hasta el interior de la estructura.

SanJuan (2013), si en el concreto la carbonatación natural se encuentra como máximo 5 mm de profundidad, los ensayos que se realicen no mostrarán errores significativos en la lectura del índice de rebote. No obstante, en el caso de que haya una carbonatación profunda se podría sobrevalorar la resistencia hasta 50 %.

Badilla (2014), para disminuir el efecto o fenómeno de la carbonatación, se recomienda antes de realizar el ensayo del índice de rebote, realizar la limpieza de la superficie del elemento a muestrear mediante la eliminación de la capa carbonatada de concreto empleando una amoladora manual, sobre un área de 12 mm de diámetro como mínimo, de esta manera el rebote será efectuada en una capa de concreto más sana que su estado anterior. En concretos con una antigüedad de más de 12 meses, se debe realizar un desgaste o limpieza de capa superficial no menor de 5 mm para así eliminar los efectos de carbonatación.

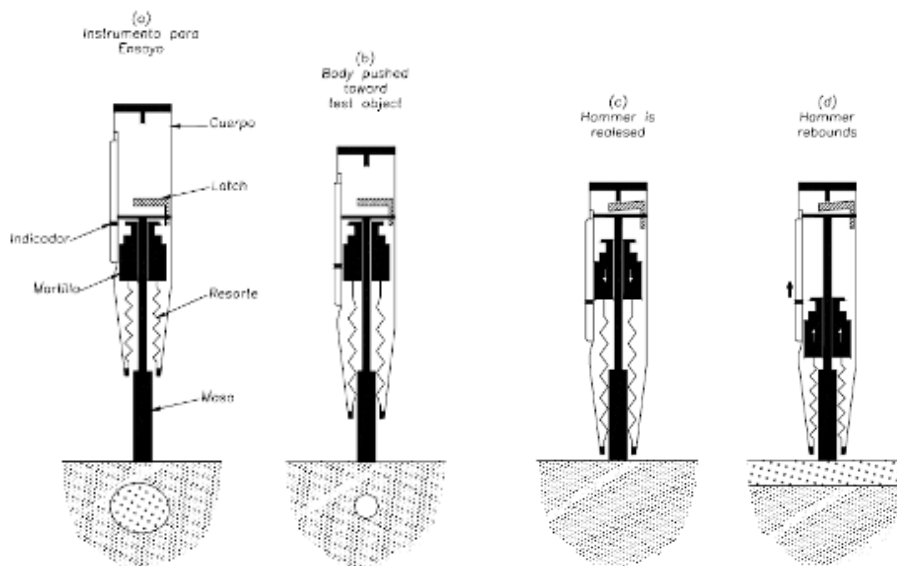


Figura 7. Ensayo de esclerómetro sobre la superficie del elemento de concreto

Fuente: Badilla, 2014

Badilla (2014), en el ejemplo de la figura 7, se interpreta que; la fuerza que emite el martillo será propagada no solo por la superficie del concreto, si no también, lo que se encuentre por debajo de esta capa superficial.

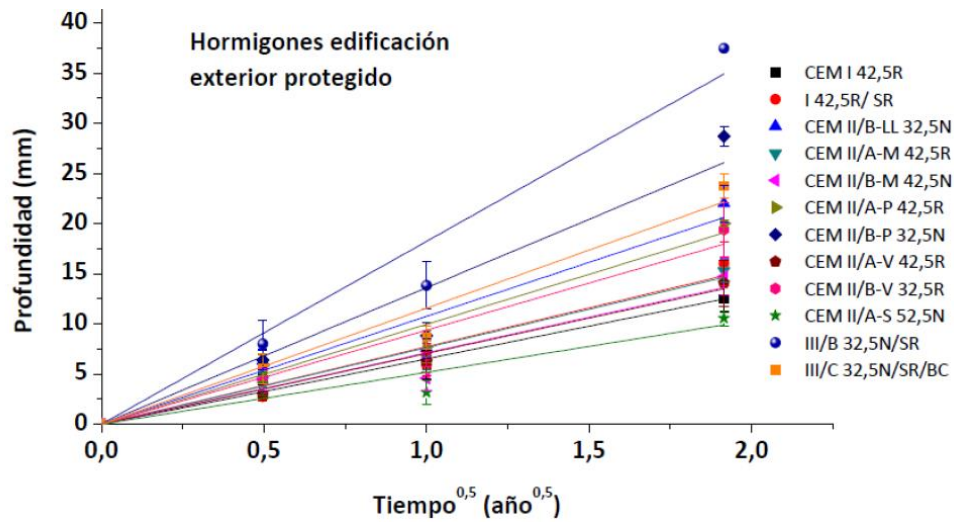


Figura 8. Profundidad de carbonatación del concreto vs tiempo

Fuente: Galán, 2011

Tabla 7

Factores de corrección por carbonatación

Profundidad de carbonatación (cm)	Factor de corrección
0,5	0,97
1	0,94
1,5	0,90
2	0,87
2,5	0,84
3	0,80
3,5	0,78
4	0,74
4,5	0,72
5	0,68
5,5	0,65
6 o más	0,62

Fuente: SanJuan, 2013

2.2.6.6. Procedimiento del ensayo.

INDECOPI (2013), en la NTP 339.181 nos dice que; se sostiene el instrumento de medición firmemente para que el émbolo esté de manera perpendicular a la superficie de la muestra (columna). De manera gradual empujar el esclerómetro hacia la superficie de ensayo, hasta lograr que el martillo impacte. Posterior al impacto, mantener el instrumento presionado, es recomendable también presionar el botón situado al costado del esclerómetro para trabar el émbolo en su posición contraída. Se lectura el número de rebote, se aproxima a su valor entero. Se debe tomar 10 lecturas de cada área de muestreo, cada impacto o punto debe estar separado como mínimo 25 mm uno del otro.

2.2.7. Ensayo de la Fenolftaleína.

Barreto y Ganzhi (2018), este ensayo nos ayuda a detectar si el concreto tiene carbonatación y se representa mediante colores, este método es un estimador de contenido de Ph y solo se limita a diferenciar que el concreto tenga un valor aproximado igual o mayor a 9,5 y menor o igual a dicho valor de contenido de pH.

2.2.7.1. Descripción del ensayo.

Vidaud (2012), para el uso de este método como indicador, la fenolftaleína tiene que estar disuelta con el alcohol isopropílico o también llamado isopropanol en una solución de 1 %.

Galán (2011), el ensayo consta de utilizar fenolftaleína disuelto con restos de muestras de concreto en estudio, con la finalidad de poder diferenciar 3 zonas de contenido de Ph:

Si la disolución se torna incolora quiere decir que el Ph está por debajo de 8, si la disolución se visualiza de color rosa suave indica esto indica que el Ph está entre 8 y 9,5; si la disolución adquiere un color purpura intenso esto resulta que el Ph es mayor a 9,5 y se concluye que no existe carbonatación en el concreto.

2.2.7.2. Procedimiento del ensayo.

Barreto y Ganzhi (2018) nos indican los siguientes pasos a seguir para este método de estimación de carbonatación en el concreto:

Paso 1. Preparación del indicador de Ph: Se disuelve al 1 % de fenolftaleína en alcohol etílico

Paso 2. Selección de muestra: Se identifican los elementos estructurales, en este caso columnas de viviendas que serán muestreadas con el indicador de Ph previamente preparado.

Paso 3. Perforación: Con la ayuda de un taladro pequeño se hace una perforación aproximadamente de 3 cm, esto se realiza para hallar la superficie de la columna. Luego de ello se taladra 8cm de profundidad para obtener material que se encuentra internamente. Todo esto ayuda a saber si existe carbonatación superficial e interna en el concreto.

Paso 4. Rociado: Seguidamente se añade la disolución en el material extraído previamente con el taladro.

Paso 5. Resultados: Si la combinación de disolución y el material extraído se vuelve purpura esto nos indica que no existe carbonatación, no obstante, si no se torna de ningún color que decir que existe carbonatación.



Figura 9. Tonalidades de la fenolftaleína

Fuente: Galán, 2011

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de la investigación

El presente plan de tesis se optó por una investigación del tipo aplicada, con un nivel de investigación explicativa, ya que, nos basamos en evaluar las causales de los resultados obtenidos mediante nuestro ensayo, para finalmente concluir si el “método del índice de rebote” es recomendable para determinar la resistencia a compresión de columnas de viviendas y cuáles son sus limitaciones de ser el caso.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación de nuestro proyecto fue experimental, debido a que, manipularemos la variable independiente, de manera controlada al momento de ensayar como nos indica la norma NTP 339.181 y esta será ejecutada en campo.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población.

La población de esta investigación fueron 11 asociaciones de vivienda del centro poblado san Antonio.

3.3.2. Muestra.

La muestra de la presente investigación fueron 330 ensayos del índice de rebote en las columnas de viviendas, tres ensayos por cada columna: parte inferior, parte media y parte superior respectivamente de la columna. Cada ensayo contempla 10 disparos o puntos con el esclerómetro, con separación de 2,5 cm de punto a punto y dichos puntos deberán estar dentro un área de radio 15 cm como nos indica la norma técnica peruana NTP 339.181.

3.4 Descripción de instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Búsqueda y recolección de la información.

En la presente investigación se realizó la búsqueda de viviendas sin acabados principalmente columnas que no tengan tarrajeos para la aplicación del método, para ello se tuvo que realizar un recorrido por todo el centro poblado de San Antonio. Y se emplearon los siguientes instrumentos de recolección:

- Plano catastro del centro poblado San Antonio.
- Formato de llenado para la identificación de viviendas.
- Cámara fotográfica.

3.4.2. Experimentación.

En este punto tan esencial estará compuesta por dos etapas:

Ejecución del método del índice de rebote en campo en las columnas de las viviendas y comprobación de la confiabilidad del esclerómetro en laboratorio.

3.4.2.1. Experimentación en campo.

A continuación, se detalla los instrumentos empleados en la fase de experimentación en campo del método del índice de rebote en las columnas de las viviendas del centro poblado san Antonio.

- Esclerómetro modelo HT 225: Instrumento fundamental para realizar el método del índice de rebote en las columnas de las viviendas.



Figura 10. Esclerómetro HT-225



Figura 11. Ensayo índice de rebote

- Termohigrometro: Instrumento que nos permitirá conocer la humedad relativa a la que está expuesta el elemento a ensayar.



Figura 12. Medición de humedad relativa con Termohigrometro

- Termómetro digital: Instrumento que mediante un láser nos indicará a cuanto de temperatura se encuentra la superficie de la columna, para ver si es conveniente emplear el ensayo, ya que se recomienda que la superficie esté entre 10 a 35 °C.



Figura 13. Medición de temperatura de la columna de concreto con termómetro digital

- Flexómetro: Instrumento utilizado para la medición de altura estimada para aplicar el ensayo, parte inferior, medio y superior de la columna.

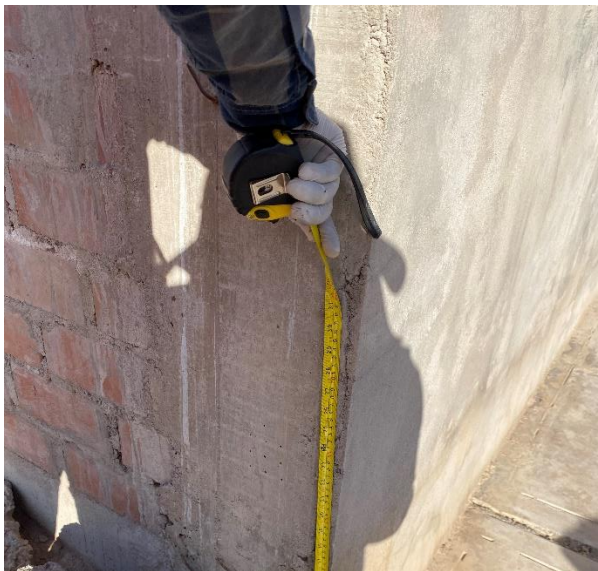


Figura 14. Medición de altura de columna con flexómetro

- Molde: se hizo la confección de un molde rectangular para realizar el trazo de los 10 puntos donde se realizó los disparos del esclerómetro, según norma NTP 339.181.



Figura 15. Trazo de 10 puntos de ensayo con plantilla

- Brocha: instrumento para realizar la limpieza superficial del elemento, quitar impurezas y material particulado.



Figura 16. Limpieza de superficie de columna con brocha

- Piedra abrasiva: este material se utilizó para remover una pequeña capa superficial de concreto de la estructura.



Figura 17. Piedra abrasiva



Figura 18. Pulido de superficie de concreto

- Taladro portátil: instrumento empleado para perforar el elemento y extraer concreto pulverizado en una pequeña proporción.



Figura 19. Taladro a batería

- Fenolftaleína: sustancia que nos permitirá saber si el concreto se encuentra carbonatado.



Figura 20. Ensayo de fenolftaleína

- Formato de ensayo para recolectar datos en campo: El formato se puede apreciar en el apéndice D.
- Extractor de diamantinas: Se empleó un extractor para obtener dos muestras de concreto para llevar al laboratorio y realizar el ensayo del índice de rebote y contrastación con la rotura en la prensa hidráulica para conocer su $f'c$.



Figura 21. Extracción de diamantina en columna de concreto

3.4.2.2. Experimentación en Laboratorio.

En el laboratorio realizaremos este conjunto de ensayos para hacer la comparativa de la confiabilidad de la lectura del esclerómetro calibrado previamente, con testigos de concreto vaciados y muestras de diamantina, se procederá a hacer la comparativa de la rotura a compresión de testigos a los 28 días y aplicaremos el esclerómetro en dichos testigos, para lo cual necesitaremos:

- Rotura de dos probetas de concreto a los 28 días.



Figura 22. Probetas de muestra P1, P2



Figura 23. Ensayo a compresión de P2

- Rotura de 02 diamantinas extraídas de una columna de una vivienda.



Figura 24. Ensayo a compresión D-1



Figura 25. Ensayo a compresión D-2

3.4.3. Procesamiento de datos.

Esta es la etapa final donde se procesan los datos obtenidos en campo y laboratorio, se realizan en gabinete, para lo cual se emplearán los siguientes instrumentos:

- Equipo de cómputo: Word, Excel, AutoCAD.
- Normas técnicas, reglamentos, manual de elaboración de ensayos.
- Referencias bibliográficas: revistas, libros, tesis.

CAPITULO IV

ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

En el presente capitulo se detallará los resultados obtenidos en la investigación realizada, la cual se detalla de manera secuencial en el siguiente esquema.

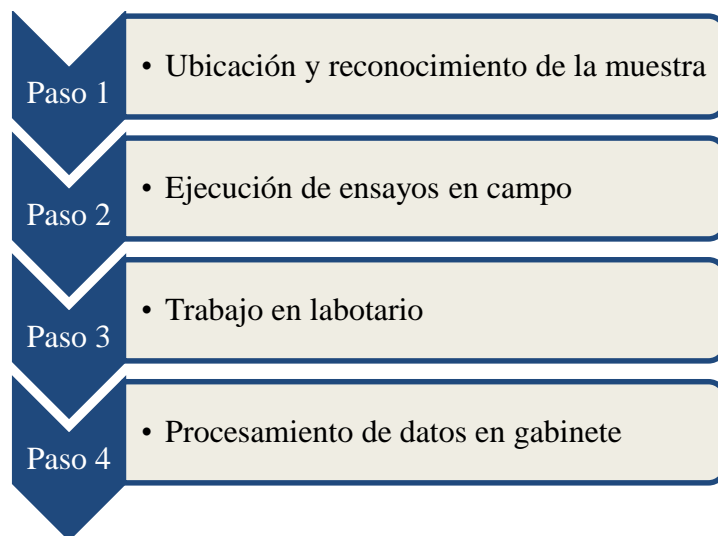


Figura 26. Esquema del proceso para el análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Ubicación y reconocimiento de la muestra.

Las muestras de la presente tesis están comprendidas en el departamento de Moquegua, provincia Mariscal Nieto, distrito Moquegua, C.P. San Antonio.



Figura 27. Mapa de Moquegua, distrito Moquegua

Fuente: Wikipedia, 2020



Figura 28. Centro poblado San Antonio

Fuente: Google, 2020

El estudio se inició con un reconocimiento en campo dónde se recorrió y abarcó la mayor parte de asociaciones de vivienda y urbanizaciones que comprenden al centro poblado en mención. El criterio empleado para la ubicación y selección de muestras fue mediante la visualización del elemento (columnas de las viviendas), de manera que, la superficie del elemento estructural no se

encuentre cubierta con algún tipo de acabado o tarrajeo para poder ejecutar el método del índice de rebote de manera correcta. Finalmente concluimos que la muestra en evaluación fueron un total de 110 columnas, una por cada vivienda reconocida.



Figura 29. Reconocimiento y localización de la muestra

4.1.2. Resultados de la ejecución de ensayos en campo.

Para la evaluación de la resistencia del concreto mediante el método del índice de rebote en las columnas, se llevó a cabo la ejecución del método y/o ensayo, tomando en cuenta varios parámetros como la obtención de la temperatura y humedad relativa.

Tabla 8

Humedad relativa y temperatura de columna

Fecha	Humedad relativa (%)	Temperatura de columna (°C)
16/11/2020	21	29
17/11/2020	20	34
18/11/2020	20	32
19/11/2020	21	30
20/11/2020	21	29
21/11/2020	21	30
Promedio	20,9	30,6

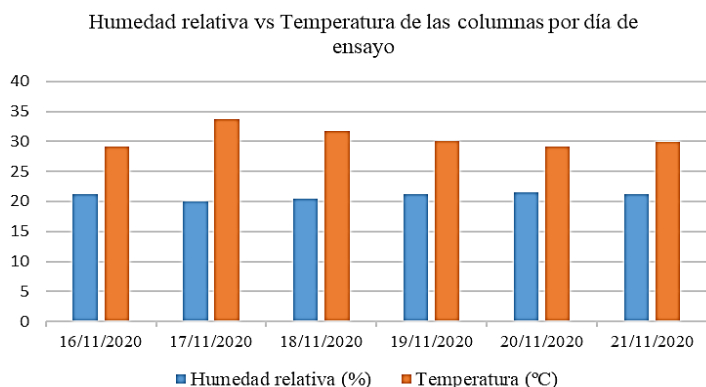


Figura 30. Humedad relativa vs Temperatura de columnas

A continuación, se ilustra la ejecución del ensayo realizado durante los seis días en campo, dando un total de 330 lecturas, en 110 columnas, una por vivienda.

Tabla 9

Número de rebote de las columnas ensayadas por vivienda

N° vivienda	Ubicación del elemento	Lecturas N° Rebote										Promedio	Mediana	Aceptación de N° Rebote
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Inferior	30	32	33	28	28	33	36	30	30	34	31.4	31	Aceptado
	Media	32	34	35	30	34	34	31	35	36	33	33.4	34	Aceptado
	Superior	31	32	32	32	35	30	32	33	33	34	32.4	32	Aceptado
2	Inferior	24	24	24	24	25	24	23	23	24	24	23.9	24	Aceptado
	Media	26	26	25	26	25	25	26	26	26	25	25.6	26	Aceptado
	Superior	27	27	24	23	25	26	26	26	24	25	25.3	25.5	Aceptado
3	Inferior	25	22	22	19	29	24	21	24	25	24	23.5	24	Aceptado
	Media	23	23	20	19	20	20	18	18	22	22	20.5	20	Aceptado
	Superior	22	23	25	24	26	20	19	25	24	23	23.1	23.5	Aceptado
4	Inferior	20	21	24	20	23	25	20	21	21	21	21.6	21	Aceptado
	Media	21	22	22	24	22	23	22	23	26	20	22.5	22	Aceptado
	Superior	24	20	24	24	23	21	22	21	20	22	22.1	22	Aceptado
5	Inferior	22	24	26	26	24	22	25	25	26	26	24.6	25	Aceptado
	Media	23	24	25	24	24	23	26	25	23	24	24.1	24	Aceptado
	Superior	25	25	21	26	24	25	24	24	23	22	23.9	24	Aceptado
6	Inferior	22	23	22	21	21	21	24	21	22	24	22.1	22	Aceptado
	Media	21	22	24	25	25	21	22	23	23	25	23.1	23	Aceptado
	Superior	24	21	23	22	22	23	21	21	21	22	22	22	Aceptado
7	Inferior	25	28	24	26	27	25	29	24	28	25	26.1	25.5	Aceptado
	Media	25	27	26	24	25	29	25	23	23	25	25.2	25	Aceptado
	Superior	25	26	28	28	27	24	26	28	29	30	27.1	27.5	Aceptado
8	Inferior	21	21	23	25	25	22	24	24	23	23	23.1	23	Aceptado
	Media	24	21	22	22	22	22	24	23	23	23	22.6	22.5	Aceptado
	Superior	21	23	23	22	24	24	21	21	21	22	22.2	22	Aceptado
9	Inferior	27	27	26	24	24	24	29	25	24	29	25.9	25.5	Aceptado
	Media	25	24	24	24	25	27	26	27	27	25	25.4	25	Aceptado
	Superior	26	25	25	20	24	27	25	29	28	25	25.4	25	Aceptado
10	Inferior	25	24	24	24	27	26	25	25	26	26	25.2	25	Aceptado
	Media	24	25	20	21	21	24	22	22	24	23	22.6	22.5	Aceptado
	Superior	21	25	22	26	24	24	24	24	27	28	24.5	24	Aceptado

11	Inferior	26	30	28	31	29	29	28	28	29	30	28,8	29	Aceptado
	Media	27	31	30	29	29	29	31	31	30	29	29,6	29,5	Aceptado
	Superior	32	30	29	29	30	26	28	28	29	27	28,8	29	Aceptado
12	Inferior	24	25	25	23	26	22	25	28	27	23	24,8	25	Aceptado
	Media	23	25	25	24	24	24	24	25	24	25	24,3	24	Aceptado
	Superior	25	25	24	26	26	25	27	23	24	25	25	25	Aceptado
13	Inferior	25	27	27	25	26	27	28	25	26	28	26,4	26,5	Aceptado
	Media	26	26	25	25	25	27	26	25	25	26	25,6	25,5	Aceptado
	Superior	23	23	26	26	25	24	24	24	24	23	24,2	24	Aceptado
14	Inferior	29	29	26	29	30	26	27	29	31	28	28,4	29	Aceptado
	Media	27	31	29	26	27	31	29	30	28	28	28,6	28,5	Aceptado
	Superior	28	29	27	27	27	29	30	30	28	31	28,6	28,5	Aceptado
15	Inferior	24	22	20	25	23	23	21	22	23	24	22,7	23	Aceptado
	Media	20	20	21	19	19	20	21	21	19	21	20,1	20	Aceptado
	Superior	21	24	24	21	26	23	22	23	22	20	22,6	22,5	Aceptado
16	Inferior	21	24	23	23	25	22	22	22	22	24	22,8	22,5	Aceptado
	Media	23	21	24	25	22	22	24	25	23	22	23,1	23	Aceptado
	Superior	23	21	22	22	25	23	26	20	21	21	22,4	22	Aceptado
17	Inferior	22	21	21	22	23	25	22	22	21	21	22	22	Aceptado
	Media	22	23	20	21	22	24	23	25	23	26	22,9	23	Aceptado
	Superior	25	23	22	20	21	19	22	22	25	24	22,3	22	Aceptado
18	Inferior	26	27	27	28	28	27	26	28	28	28	27,3	27,5	Aceptado
	Media	26	27	24	25	27	24	28	29	27	24	26,1	26,5	Aceptado
	Superior	26	28	26	27	24	29	25	25	25	27	26,2	26	Aceptado
19	Inferior	36	34	33	30	33	35	32	34	34	35	33,6	34	Aceptado
	Media	28	28	28	28	27	30	28	28	29	27	28,1	28	Aceptado
	Superior	29	30	31	31	28	28	29	30	31	31	29,8	30	Aceptado
20	Inferior	22	22	24	23	21	20	23	25	25	24	22,9	23	Aceptado
	Media	24	23	20	25	25	24	23	22	22	21	22,9	23	Aceptado
	Superior	23	23	20	20	22	21	23	20	25	26	22,3	22,5	Aceptado
21	Inferior	28	25	26	26	26	27	27	27	26	25	26,3	26	Aceptado
	Media	26	29	29	27	29	28	27	26	27	29	27,7	27,5	Aceptado
	Superior	28	28	26	28	26	27	27	28	26	28	27,2	27,5	Aceptado
22	Inferior	32	28	30	32	28	28	30	29	29	31	29,7	29,5	Aceptado
	Media	31	30	30	30	30	31	32	29	29	29	30,1	30	Aceptado
	Superior	29	31	28	28	29	30	30	30	30	32	29,7	30	Aceptado
23	Inferior	32	35	34	31	30	30	33	33	36	33	32,7	33	Aceptado
	Media	30	34	29	28	30	32	32	31	30	29	30,5	30	Aceptado
	Superior	31	28	27	27	30	32	26	29	30	32	29,2	29,5	Aceptado
24	Inferior	25	23	26	26	26	25	24	24	27	26	25,2	25,5	Aceptado
	Media	28	32	31	31	30	29	28	27	29	31	29,6	29,5	Aceptado
	Superior	27	28	28	26	22	26	26	29	29	30	27,1	27,5	Aceptado
25	Inferior	25	25	23	25	27	25	23	23	26	26	24,8	25	Aceptado
	Media	26	25	25	23	23	24	26	28	27	26	25,3	25,5	Aceptado
	Superior	24	26	24	26	25	24	24	21	26	26	24,6	24,5	Aceptado
26	Inferior	20	20	22	21	20	21	20	21	20	22	20,7	20,5	Aceptado
	Media	21	20	20	21	20	21	19	20	20	21	20,3	20	Aceptado
	Superior	22	19	19	20	21	21	19	18	20	21	20	20	Aceptado
27	Inferior	28	26	26	27	27	28	28	30	25	26	27,1	27	Aceptado
	Media	28	28	27	27	29	30	32	27	28	28	28,4	28	Aceptado
	Superior	29	30	30	30	30	29	27	29	31	28	29,3	29,5	Aceptado
28	Inferior	32	32	29	26	31	30	28	30	27	29	29,4	29,5	Aceptado
	Media	31	35	33	32	33	35	30	28	28	28	31,3	31,5	Aceptado
	Superior	32	29	29	28	30	32	36	31	33	33	31,3	31,5	Aceptado
29	Inferior	18	19	18	21	21	20	23	22	23	17	20,2	20,5	Aceptado
	Media	25	25	23	23	20	19	24	26	20	20	22,5	23	Aceptado
	Superior	23	20	26	19	24	20	19	21	22	22	21,6	21,5	Aceptado
30	Inferior	26	22	22	24	28	26	25	25	25	27	25	25	Aceptado
	Media	25	28	28	23	23	24	20	26	25	27	24,9	25	Aceptado
	Superior	27	27	23	20	26	21	21	27	25	25	24,2	25	Aceptado

31	Inferior	22	22	23	21	22	23	24	24	25	22	22,8	22,5	Aceptado
	Media	27	23	24	23	23	26	26	25	23	24	24,4	24	Aceptado
	Superior	25	25	26	21	25	24	24	22	22	21	23,5	24	Aceptado
32	Inferior	23	24	24	23	22	26	22	23	25	25	23,7	23,5	Aceptado
	Media	25	25	26	28	28	27	25	25	28	26	26,3	26	Aceptado
	Superior	25	25	25	24	26	29	29	27	27	25	26,2	25,5	Aceptado
33	Inferior	25	28	28	29	25	26	26	27	26	26	26,6	26	Aceptado
	Media	28	28	26	27	26	29	28	28	28	27	27,5	28	Aceptado
	Superior	29	27	31	27	27	28	27	28	26	28	27,8	27,5	Aceptado
34	Inferior	26	29	24	24	27	26	27	29	28	27	26,7	27	Aceptado
	Media	28	25	24	26	26	28	28	25	25	25	26	25,5	Aceptado
	Superior	27	28	27	26	30	25	27	27	25	29	27,1	27	Aceptado
35	Inferior	27	31	30	28	26	26	31	30	27	31	28,7	29	Aceptado
	Media	32	28	27	26	32	31	31	29	27	27	29	28,5	Aceptado
	Superior	30	30	29	30	27	28	28	31	32	30	29,5	30	Aceptado
36	Inferior	24	22	25	23	26	25	24	24	24	23	24	24	Aceptado
	Media	23	20	19	19	23	23	20	22	22	19	21	21	Aceptado
	Superior	21	22	22	25	23	24	24	21	21	19	22,2	22	Aceptado
37	Inferior	24	22	25	23	25	25	23	24	22	22	23,5	23,5	Aceptado
	Media	22	25	27	22	22	20	20	22	23	24	22,7	22	Aceptado
	Superior	23	23	23	25	24	25	24	26	22	21	23,6	23,5	Aceptado
38	Inferior	22	18	21	22	24	24	21	21	20	22	21,5	21,5	Aceptado
	Media	20	19	20	24	20	19	23	23	24	23	21,5	21,5	Aceptado
	Superior	22	22	23	24	24	21	24	20	20	23	22,3	22,5	Aceptado
39	Inferior	18	18	22	20	20	20	19	21	23	20	20,1	20	Aceptado
	Media	24	20	19	21	23	22	23	24	19	20	21,5	21,5	Aceptado
	Superior	20	20	22	24	20	21	24	22	23	22	21,8	22	Aceptado
40	Inferior	19	21	19	19	21	24	19	24	24	21	21,1	21	Aceptado
	Media	18	24	23	19	21	23	23	24	22	22	21,9	22,5	Aceptado
	Superior	22	20	19	24	24	22	23	23	23	19	21,9	22,5	Aceptado
41	Inferior	24	24	28	26	26	24	22	22	22	22	24	24	Aceptado
	Media	25	27	26	25	24	24	26	23	24	24	24,8	24,5	Aceptado
	Superior	22	25	25	24	26	23	25	25	24	26	24,5	25	Aceptado
42	Inferior	30	26	24	32	32	26	28	30	25	26	27,9	27	Aceptado
	Media	24	25	25	26	28	24	26	28	26	26	25,8	26	Aceptado
	Superior	29	30	27	27	26	28	26	26	25	29	27,3	27	Aceptado
43	Inferior	25	27	28	29	29	29	25	23	26	25	26,6	26,5	Aceptado
	Media	25	27	28	28	24	24	29	29	29	27	27	27,5	Aceptado
	Superior	27	27	27	30	28	28	29	25	25	28	27,4	27,5	Aceptado
44	Inferior	26	27	28	28	26	27	26	26	25	28	26,7	26,5	Aceptado
	Media	29	29	28	24	25	28	27	27	27	26	27	27	Aceptado
	Superior	28	27	28	28	29	27	25	25	27	28	27,2	27,5	Aceptado
45	Inferior	25	24	25	23	23	23	26	21	22	23	23,5	23	Aceptado
	Media	24	23	23	21	24	24	24	26	20	22	23,1	23,5	Aceptado
	Superior	28	22	25	25	23	26	24	23	20	20	23,6	23,5	Aceptado
46	Inferior	36	29	31	29	34	35	34	33	31	29	32,1	32	Aceptado
	Media	27	30	29	33	33	32	35	35	30	34	31,8	32,5	Aceptado
	Superior	36	32	33	31	34	35	30	29	31	31	32,2	31,5	Aceptado
47	Inferior	33	35	27	30	31	30	31	27	28	28	30	30	Aceptado
	Media	27	32	32	30	33	30	29	29	31	30	30,3	30	Aceptado
	Superior	34	31	31	29	28	32	30	31	29	29	30,4	30,5	Aceptado
48	Inferior	23	27	26	24	24	22	26	28	24	25	24,9	24,5	Aceptado
	Media	29	29	29	23	22	22	26	23	22	28	25,3	24,5	Aceptado
	Superior	27	27	24	26	20	23	26	25	25	25	24,8	25	Aceptado
49	Inferior	26	28	27	24	27	25	25	29	27	27	26,5	27	Aceptado
	Media	25	26	28	29	28	25	22	27	26	24	26	26	Aceptado
	Superior	26	25	24	24	26	27	27	27	28	27	26,1	26,5	Aceptado
50	Inferior	24	24	24	23	25	25	24	28	29	22	24,8	24	Aceptado
	Media	23	23	20	25	25	25	28	30	25	27	25,1	25	Aceptado
	Superior	22	27	27	24	25	25	25	24	26	26	25,1	25	Aceptado

51	Inferior	26	26	29	26	29	29	30	27	28	28	27,8	28	Aceptado
	Media	28	24	26	25	29	29	32	28	28	30	27,9	28	Aceptado
	Superior	30	30	32	25	30	28	29	29	25	25	28,3	29	Aceptado
52	Inferior	26	28	27	27	27	26	28	25	30	31	27,5	27	Aceptado
	Media	24	27	29	25	28	30	32	32	27	26	28	27,5	Aceptado
	Superior	31	30	27	27	28	26	29	28	30	27	28,3	28	Aceptado
53	Inferior	23	19	20	20	22	18	21	21	23	22	20,9	21	Aceptado
	Media	25	22	24	19	17	24	24	20	19	19	21,3	21	Aceptado
	Superior	22	22	20	20	20	18	21	21	19	25	20,8	20,5	Aceptado
54	Inferior	34	32	32	35	36	31	33	33	34	30	33	33	Aceptado
	Media	29	29	35	36	30	30	32	33	34	34	32,2	32,5	Aceptado
	Superior	33	35	28	33	32	32	30	34	34	32	32,3	32,5	Aceptado
55	Inferior	25	23	27	24	20	20	20	23	24	18	22,4	23	Aceptado
	Media	19	25	21	19	23	23	23	24	25	26	22,8	23	Aceptado
	Superior	24	24	24	22	21	20	21	23	22	24	22,5	22,5	Aceptado
56	Inferior	23	19	19	21	19	18	24	22	22	17	20,4	20	Aceptado
	Media	23	24	19	19	18	21	21	21	21	20	20,7	21	Aceptado
	Superior	22	22	20	18	18	19	20	23	23	24	20,9	21	Aceptado
57	Inferior	26	25	26	26	28	27	31	28	29	30	27,6	27,5	Aceptado
	Media	27	25	24	29	32	30	29	29	31	30	28,6	29	Aceptado
	Superior	30	30	30	27	28	26	30	29	28	26	28,4	28,5	Aceptado
58	Inferior	22	21	23	21	24	21	24	22	25	27	23	22,5	Aceptado
	Media	21	21	25	20	26	26	24	25	24	24	23,6	24	Aceptado
	Superior	25	21	22	22	24	24	25	20	26	24	23,3	24	Aceptado
59	Inferior	26	26	29	28	28	29	26	26	28	30	27,6	28	Aceptado
	Media	26	26	27	27	25	30	32	31	28	29	28,1	27,5	Aceptado
	Superior	31	31	27	27	29	30	28	27	26	28	28,4	28	Aceptado
60	Inferior	27	25	31	29	29	26	27	29	29	30	28,2	29	Aceptado
	Media	30	26	28	26	25	30	27	26	24	26	26,8	26	Aceptado
	Superior	29	29	30	28	27	29	29	25	30	30	28,6	29	Aceptado
61	Inferior	25	27	27	23	23	28	26	26	28	30	26,3	26,5	Aceptado
	Media	23	23	24	26	30	28	28	29	25	27	26,3	26,5	Aceptado
	Superior	26	25	25	24	25	25	26	28	26	31	26,1	25,5	Aceptado
62	Inferior	22	26	24	23	27	27	25	26	26	28	25,4	26	Aceptado
	Media	24	26	26	26	26	27	29	27	28	28	26,7	26,5	Aceptado
	Superior	28	28	24	26	27	25	25	25	24	26	25,8	25,5	Aceptado
63	Inferior	26	24	28	25	22	23	28	29	29	27	26,1	26,5	Aceptado
	Media	24	28	26	30	31	25	29	27	27	24	27,1	27	Aceptado
	Superior	23	25	25	25	30	25	27	28	28	24	26	25	Aceptado
64	Inferior	24	27	22	28	26	26	27	27	26	28	26,1	26,5	Aceptado
	Media	23	29	28	26	26	26	25	24	22	24	25,3	25,5	Aceptado
	Superior	28	28	27	28	25	28	24	24	26	22	26	26,5	Aceptado
65	Inferior	23	22	25	26	26	24	26	25	24	23	24,4	24,5	Aceptado
	Media	29	23	25	25	25	24	26	23	28	22	25	25	Aceptado
	Superior	25	28	30	23	26	24	24	27	26	23	25,6	25,5	Aceptado
66	Inferior	27	29	25	25	34	29	27	28	30	30	28,4	28,5	Aceptado
	Media	29	32	31	32	27	31	28	28	26	29	29,3	29	Aceptado
	Superior	27	27	28	28	29	27	32	30	32	31	29,1	28,5	Aceptado
67	Inferior	29	31	30	27	27	28	30	30	28	31	29,1	29,5	Aceptado
	Media	27	32	30	30	26	27	30	29	28	29	28,8	29	Aceptado
	Superior	29	29	30	28	30	30	27	28	28	27	28,6	28,5	Aceptado
68	Inferior	28	26	26	29	33	31	30	29	34	31	29,7	29,5	Aceptado
	Media	34	32	32	32	29	30	27	27	29	31	30,3	30,5	Aceptado
	Superior	30	30	30	32	29	28	32	31	29	27	29,8	30	Aceptado
69	Inferior	27	27	26	26	26	25	24	28	24	25	25,8	26	Aceptado
	Media	25	25	25	24	26	25	28	25	24	25	25,2	25	Aceptado
	Superior	26	26	25	28	28	25	26	27	28	24	26,3	26	Aceptado
70	Inferior	24	28	26	26	22	22	25	24	26	26	24,9	25,5	Aceptado
	Media	24	27	23	23	25	26	27	24	24	26	24,9	24,5	Aceptado
	Superior	25	24	25	26	25	25	24	28	29	24	25,5	25	Aceptado

71	Inferior	26	27	24	28	28	27	30	29	31	30	28	28	Aceptado
	Media	28	31	27	29	29	28	28	28	30	29	28,7	28,5	Aceptado
	Superior	30	30	30	30	29	29	28	27	25	28	28,6	29	Aceptado
72	Inferior	26	24	24	23	23	24	22	20	20	24	23	23,5	Aceptado
	Media	22	21	23	23	27	27	21	24	24	23	23,5	23	Aceptado
	Superior	25	21	22	22	24	24	23	21	24	24	23	23,5	Aceptado
73	Inferior	22	18	21	20	24	24	23	21	19	21	21,3	21	Aceptado
	Media	19	22	22	26	24	25	20	19	19	23	21,9	22	Aceptado
	Superior	21	21	25	26	20	22	22	23	24	23	22,7	22,5	Aceptado
74	Inferior	22	21	24	23	23	24	23	24	21	22	22,7	23	Aceptado
	Media	22	20	21	22	22	23	22	24	24	25	22,5	22	Aceptado
	Superior	19	24	24	22	24	23	19	22	22	23	22,2	22,5	Aceptado
75	Inferior	21	23	23	23	24	20	22	24	25	27	23,2	23	Aceptado
	Media	24	24	25	26	23	19	22	23	22	26	23,4	23,5	Aceptado
	Superior	24	24	19	25	23	23	25	22	20	24	22,9	23,5	Aceptado
76	Inferior	29	27	30	31	29	29	29	30	32	27	29,3	29	Aceptado
	Media	26	28	28	27	28	31	33	30	30	29	29	28,5	Aceptado
	Superior	31	32	29	27	31	32	33	33	31	28	30,7	31	Aceptado
77	Inferior	27	24	27	28	26	26	25	29	30	29	27,1	27	Aceptado
	Media	24	26	27	29	29	29	28	28	26	27	27,3	27,5	Aceptado
	Superior	27	25	27	32	29	29	28	31	28	27	28,3	28	Aceptado
78	Inferior	26	24	29	29	28	34	29	30	29	31	28,9	29	Aceptado
	Media	29	28	28	27	27	26	25	29	31	30	28	28	Aceptado
	Superior	30	30	29	27	28	29	27	26	26	30	28,2	28,5	Aceptado
79	Inferior	28	29	25	32	27	29	33	28	28	28	28,7	28	Aceptado
	Media	26	26	30	27	26	28	30	30	27	28	27,8	27,5	Aceptado
	Superior	29	30	26	31	30	29	29	27	28	31	29	29	Aceptado
80	Inferior	28	25	26	26	28	30	28	27	27	25	27	27	Aceptado
	Media	28	25	27	26	28	32	29	29	27	27	27,8	27,5	Aceptado
	Superior	30	32	27	26	28	25	32	28	26	26	28	27,5	Aceptado
81	Inferior	26	22	23	27	27	25	26	24	25	21	24,6	25	Aceptado
	Media	22	23	25	20	20	26	26	23	22	24	23,1	23	Aceptado
	Superior	26	26	23	25	26	21	21	22	25	20	23,5	24	Aceptado
82	Inferior	20	23	20	22	21	21	24	26	20	25	22,2	21,5	Aceptado
	Media	19	21	21	23	23	18	20	24	24	25	21,8	22	Aceptado
	Superior	22	22	21	22	24	23	23	19	21	21	21,8	22	Aceptado
83	Inferior	24	30	27	28	28	28	29	33	32	29	28,8	28,5	Aceptado
	Media	27	30	32	32	28	25	25	30	29	28	28,6	28,5	Aceptado
	Superior	33	28	28	29	27	29	27	25	25	31	28,2	28	Aceptado
84	Inferior	25	22	21	24	25	25	21	21	22	24	23	23	Aceptado
	Media	21	24	23	23	24	24	24	25	22	24	23,4	24	Aceptado
	Superior	19	23	23	22	25	25	25	20	24	26	23,2	23,5	Aceptado
85	Inferior	27	26	25	25	24	28	26	26	29	31	26,7	26	Aceptado
	Media	26	28	28	26	26	25	27	28	30	27	27,1	27	Aceptado
	Superior	31	27	27	30	29	29	27	29	29	28	28,6	29	Aceptado
86	Inferior	27	31	29	28	28	24	24	24	29	30	27,4	28	Aceptado
	Media	24	30	25	25	27	31	30	29	28	28	27,7	28	Aceptado
	Superior	30	30	26	25	26	27	24	29	28	30	27,5	27,5	Aceptado
87	Inferior	31	29	29	28	28	27	28	29	32	28	28,9	28,5	Aceptado
	Media	27	27	33	28	29	31	33	28	28	31	29,5	28,5	Aceptado
	Superior	29	28	28	28	29	31	32	29	29	31	29,4	29	Aceptado
88	Inferior	23	28	26	27	27	28	28	30	29	25	27,1	27,5	Aceptado
	Media	25	28	28	24	24	29	29	30	30	32	27,9	28,5	Aceptado
	Superior	30	30	31	27	27	27	26	29	30	25	28,2	28	Aceptado
89	Inferior	25	23	27	29	29	25	24	24	24	26	25,6	25	Aceptado
	Media	23	25	25	28	26	27	27	27	25	24	25,7	25,5	Aceptado
	Superior	24	23	24	29	25	26	26	24	25	26	25,2	25	Aceptado
90	Inferior	32	29	30	26	26	28	28	27	26	24	27,6	27,5	Aceptado
	Media	28	27	24	31	30	30	27	29	25	32	28,3	28,5	Aceptado
	Superior	30	29	30	28	27	31	27	27	27	30	28,6	28,5	Aceptado

91	Inferior	27	24	24	24	29	25	24	29	26	28	26	25,5	Aceptado
	Media	25	23	28	28	29	27	29	25	26	26	26,6	26,5	Aceptado
	Superior	29	24	24	25	30	30	28	28	28	23	26,9	28	Aceptado
92	Inferior	22	23	21	21	21	22	23	21	21	22	21,7	21,5	Aceptado
	Media	22	24	23	23	22	21	22	24	22	23	22,6	22,5	Aceptado
	Superior	21	23	23	27	25	24	25	25	26	25	24,4	25	Aceptado
93	Inferior	26	29	25	26	28	28	27	28	25	25	26,7	26,5	Aceptado
	Media	22	26	28	25	29	25	23	27	26	24	25,5	25,5	Aceptado
	Superior	27	27	25	26	27	28	24	24	25	29	26,2	26,5	Aceptado
94	Inferior	17	23	21	21	23	24	23	23	24	24	22,3	23	Aceptado
	Media	21	22	24	27	20	25	25	21	22	21	22,8	22	Aceptado
	Superior	19	19	22	22	22	21	24	21	22	23	21,5	22	Aceptado
95	Inferior	21	23	24	24	25	24	21	22	24	20	22,8	23,5	Aceptado
	Media	22	23	23	23	24	24	24	25	22	24	23,4	23,5	Aceptado
	Superior	22	23	18	24	19	25	24	23	23	22	22,3	23	Aceptado
96	Inferior	29	29	29	31	34	33	32	29	32	35	31,3	31,5	Aceptado
	Media	32	30	28	27	31	30	30	28	30	27	29,3	30	Aceptado
	Superior	31	31	31	29	30	30	28	30	30	30	30	30	Aceptado
97	Inferior	31	35	40	32	36	30	32	30	30	36	33,2	32	Aceptado
	Media	35	32	35	32	32	32	33	32	30	30	32,3	32	Aceptado
	Superior	33	31	32	32	30	34	35	35	33	33	32,8	33	Aceptado
98	Inferior	27	29	25	24	28	28	28	27	26	26	26,8	27	Aceptado
	Media	25	24	24	29	28	30	25	29	28	30	27,2	28	Aceptado
	Superior	25	29	27	27	25	26	26	30	30	32	27,7	27	Aceptado
99	Inferior	20	20	21	21	24	21	24	23	23	21	21,8	21	Aceptado
	Media	22	21	21	23	25	24	24	22	21	23	22,6	22,5	Aceptado
	Superior	22	21	21	24	22	23	21	22	24	24	22,4	22	Aceptado
100	Inferior	24	24	26	27	24	25	25	25	28	28	25,6	25	Aceptado
	Media	23	26	26	28	28	25	27	27	30	25	26,5	26,5	Aceptado
	Superior	28	28	27	27	27	25	26	28	27	24	26,7	27	Aceptado
101	Inferior	22	24	24	25	23	22	26	26	24	24	24	24	Aceptado
	Media	21	23	24	25	25	24	25	23	27	21	23,8	24	Aceptado
	Superior	22	25	27	29	26	26	28	22	22	21	24,8	25,5	Aceptado
102	Inferior	22	24	25	21	22	23	22	21	25	24	22,9	22,5	Aceptado
	Media	21	24	24	25	23	22	24	23	22	21	22,9	23	Aceptado
	Superior	25	25	21	27	25	24	25	23	24	22	24,1	24,5	Aceptado
103	Inferior	22	22	26	25	22	22	23	23	24	26	23,5	23	Aceptado
	Media	24	24	21	23	27	23	22	26	22	22	23,4	23	Aceptado
	Superior	24	26	20	22	26	24	24	26	25	24	24,1	24	Aceptado
104	Inferior	22	24	24	22	24	24	25	24	27	28	24,4	24	Aceptado
	Media	24	23	23	23	24	25	25	25	24	21	23,7	24	Aceptado
	Superior	26	21	23	23	23	23	24	24	26	26	23,9	23,5	Aceptado
105	Inferior	28	31	25	27	27	26	25	30	28	28	27,5	27,5	Aceptado
	Media	25	27	26	24	25	31	31	29	28	30	27,6	27,5	Aceptado
	Superior	29	29	28	27	29	33	28	26	26	27	28,2	28	Aceptado
106	Inferior	31	29	29	30	29	32	32	33	33	31	30,9	31	Aceptado
	Media	29	34	35	30	30	28	31	32	30	30	30,9	30	Aceptado
	Superior	32	31	32	28	28	28	30	29	29	29	29,6	29	Aceptado
107	Inferior	27	25	26	28	26	28	28	25	30	29	27,2	27,5	Aceptado
	Media	29	26	26	27	26	28	32	29	30	32	28,5	28,5	Aceptado
	Superior	31	30	29	30	27	27	29	32	28	25	28,8	29	Aceptado
108	Inferior	27	30	28	34	29	30	35	31	31	28	30,3	30	Aceptado
	Media	29	32	31	28	33	33	34	29	29	28	30,6	30	Aceptado
	Superior	30	33	29	29	27	26	28	28	34	30	29,4	29	Aceptado
109	Inferior	24	26	27	27	28	27	26	25	28	32	27	27	Aceptado
	Media	25	25	27	27	27	26	29	29	30	30	27,5	27	Aceptado
	Superior	24	24	24	26	24	30	31	27	27	28	26,5	26,5	Aceptado
110	Inferior	27	30	30	30	28	29	29	28	31	32	29,4	29,5	Aceptado
	Media	26	28	33	29	29	29	27	32	30	34	29,7	29	Aceptado
	Superior	33	31	31	31	27	32	30	30	29	32	30,6	31	Aceptado

El ensayo de la fenolftaleína realizado posterior al índice de rebote, no mantiene relevancia en la presente investigación, ya que, por tratarse viviendas con años de construcción se constató que todas poseen carbonatación en sus columnas, la corrección que se realizará a la resistencia será por un factor de corrección obtenido entre tiempo de construcción vs profundidad de carbonatación.

Tabla 10

Tiempo de construcción y carbonatación en las muestras

Nro de vivienda	Nro de pisos	Configuración estructural	Tiempo de construcción (años)	Presenta carbonatación
1	1	Albañilería	10	Si
2	1	Albañilería	5	Si
3	2	Albañilería	1	Si
4	1	Albañilería	6	Si
5	1	Albañilería	2	Si
6	1	Albañilería	6	Si
7	3	Albañilería	2	Si
8	1	Albañilería	5	Si
9	2	Albañilería	6	Si
10	1	Albañilería	8	Si
11	2	Albañilería	10	Si
12	1	Albañilería	6	Si
13	1	Albañilería	8	Si
14	2	Albañilería	8	Si
15	1	Albañilería	4	Si
16	1	Albañilería	6	Si
17	1	Albañilería	2	Si
18	2	Albañilería	2	Si
19	1	Albañilería	10	Si
20	1	Albañilería	6	Si
21	1	Albañilería	2	Si
22	1	Albañilería	7	Si
23	1	Albañilería	2	Si
24	2	Albañilería	8	Si
25	1	Albañilería	4	Si
26	1	Albañilería	3	Si
27	2	Albañilería	10	Si
28	1	Albañilería	10	Si
29	2	Albañilería	6	Si
30	1	Albañilería	7	Si

31	2	Albañilería	8	Si
32	2	Albañilería	7	Si
33	2	Albañilería	9	Si
34	2	Albañilería	7	Si
35	2	Albañilería	10	Si
36	1	Albañilería	2	Si
37	1	Albañilería	8	Si
38	1	Albañilería	10	Si
39	2	Albañilería	10	Si
40	1	Albañilería	10	Si
41	1	Albañilería	6	Si
42	1	Albañilería	8	Si
43	1	Albañilería	8	Si
44	1	Albañilería	2	Si
45	1	Albañilería	7	Si
46	1	Albañilería	10	Si
47	2	Albañilería	10	Si
48	2	Albañilería	8	Si
49	1	Albañilería	7	Si
50	1	Albañilería	6	Si
51	1	Albañilería	9	Si
52	1	Albañilería	10	Si
53	1	Albañilería	8	Si
54	1	Albañilería	10	Si
55	2	Albañilería	8	Si
56	1	Albañilería	7	Si
57	2	Albañilería	10	Si
58	1	Albañilería	8	Si
59	1	Albañilería	10	Si
60	2	Albañilería	9	Si
61	1	Albañilería	8	Si
62	2	Albañilería	6	Si
63	1	Albañilería	5	Si
64	2	Albañilería	6	Si
65	1	Albañilería	4	Si
66	1	Albañilería	3	Si
67	3	Albañilería	3	Si
68	2	Albañilería	5	Si
69	1	Albañilería	10	Si
70	1	Albañilería	6	Si
71	2	Albañilería	5	Si
72	1	Albañilería	4	Si
73	1	Albañilería	5	Si
74	1	Albañilería	6	Si
75	2	Albañilería	4	Si
76	1	Albañilería	3	Si
77	2	Albañilería	7	Si
78	1	Albañilería	2	Si
79	1	Albañilería	2	Si
80	2	Albañilería	2	Si

81	1	Albañilería	4	Si
82	2	Albañilería	6	Si
83	1	Albañilería	4	Si
84	1	Albañilería	4	Si
85	1	Albañilería	7	Si
86	1	Albañilería	7	Si
87	1	Albañilería	8	Si
88	2	Albañilería	4	Si
89	2	Albañilería	4	Si
90	1	Albañilería	6	Si
91	1	Albañilería	9	Si
92	1	Albañilería	4	Si
93	2	Albañilería	4	Si
94	1	Albañilería	4	Si
95	2	Albañilería	6	Si
96	1	Albañilería	7	Si
97	1	Albañilería	0,5	Si
98	1	Albañilería	4	Si
99	1	Albañilería	6	Si
100	2	Albañilería	7	Si
101	2	Albañilería	8	Si
102	1	Albañilería	10	Si
103	2	Albañilería	0,5	Si
104	1	Albañilería	6	Si
105	1	Albañilería	10	Si
106	2	Albañilería	10	Si
107	1	Albañilería	4	Si
108	1	Albañilería	10	Si
109	1	Albañilería	9	Si
110	1	Albañilería	10	Si

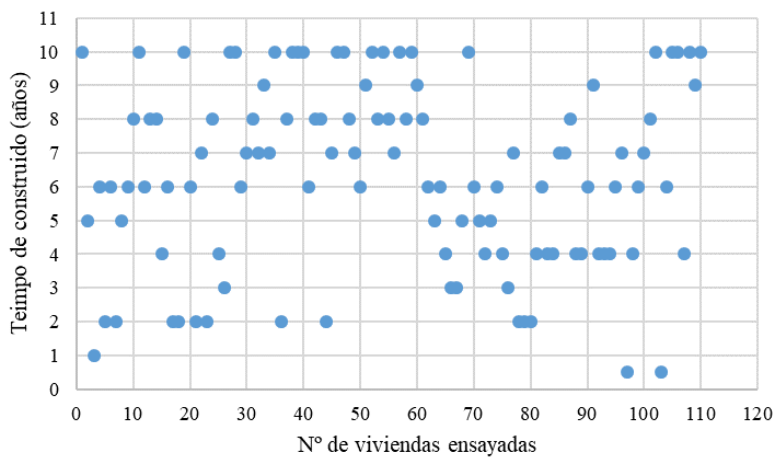


Figura 31. Tiempo de construcción de las muestras

4.1.3. Resultados del trabajo en laboratorio.

Para contrastar los resultados obtenidos en la recolección de datos de campo, por medio del esclerómetro HT-225, se realizó la extracción de dos muestras de diamantinas de concreto en la columna de una vivienda particular, el propósito de esto es comparar la lectura del esclerómetro sobre el cilindro de concreto extraído, y el ensayo de compresión axial sobre la misma.

A continuación, se detalla en las tablas los resultados obtenidos de la comparativa entre el ensayo del índice de rebote y la resistencia por compresión axial.

Tabla 11

Índice de rebote en diamantinas extraídas

Muestra	Lecturas N° Rebote										Promedio	F'c (kg/cm ²)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
D-1	25	26	24	27	26	25	25	26	27	24	25,5	190
D-2	26	26	27	25	27	24	28	25	26	26	26	197

Tabla 12

Resistencia corregida en diamantinas extraídas

Muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Factor de corrección por carbonatación	Resistencia final
D-1	190	0,7948	151,01
D-2	197	0,7948	156,58
Promedio			153,79

Tabla 13

Resistencia de diamantinas extraídas por compresión axial

Muestra	Carga (kg)	Area (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
D-1	10980	78,54	139,8
D-2	11240	78,54	143,1
Promedio			141,5

Tabla 14*Comparativa de resultados mediante los dos métodos en diamantinas*

Muestra	Resistencia por método de índice de rebote	Resistencia de diamantina por compresión axial	Variación (kg/cm ²)	Variación (%)
D-1	151,01	139,8	11,2	7,42
D-2	156,58	143,1	13,5	8,60
Promedio de variación de resistencia (%)				8,01

Posterior a la extracción de diamantinas, también se hizo la comprobación en dos probetas de concreto de dimensiones 15 x 30 cm proporcionadas por el laboratorio ABG Building SRL, provenientes de un proyecto de la localidad, la rotura se hizo a los 28 días, similar al proceso que antecedió, se hizo el ensayo del índice de rebote en las probetas y posterior se procedió a romper por compresión axial.

Tabla 15*Índice de rebote en probetas de concreto*

Muestra	Lecturas N° Rebote										Promedio	F'c (kg/cm ²)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
P-1	34	32	31	31	33	34	32	31	31	34	32,3	283
P-2	30	30	32	31	30	30	33	30	32	32	31	264

Se procede a realizar la corrección por representatividad, este valor de 0,81 es aplicado en testigos cilíndricos de concreto de 15 x 30 cm.

Tabla 16*Resistencia corregida por representatividad en probetas de concreto*

Muestra	Resistencia (kg/cm ²)	Factor de representatividad	Resistencia final
P-1	283	0,81	229,2
P-2	264	0,81	213,8
Promedio			221,5

Seguidamente detallamos los resultados obtenidos en función al ensayo de compresión axial de los testigos cilíndricos de concreto.

Tabla 17

Resistencia de probetas por compresión axial

Muestra	Carga (kg)	Area (cm²)	Resistencia (kg/cm²)
P-1	44609	176,24	253,1
P-2	42342	176,95	239,3
Promedio			246,2

Tabla 18

Comparativa de resultados mediante los dos métodos en probetas

Muestra	Resistencia por método de índice de rebote	Resistencia de probetas por compresión axial	Variación (kg/cm²)	Variación (%)
P-1	229,2	253,1	-23,9	-10,42
P-2	213,8	239,3	-25,4	-11,90
Promedio de variación de resistencia (%)				-11,16

Se puede deducir que la variación se encuentra en el rango máximo aceptable de 15 % que podría tener el ensayo del índice de rebote aplicado en elementos de concreto, teniendo como variación del 8,01 % en el caso de en núcleos diamantinos cilíndricos, y una variación de 11,16 % testigos de concreto muestreados a los 28 días. Los certificados de los ensayos realizados para contrastar el método se pueden apreciar en el apéndice B certificados.

4.1.4. Resultados del procesamiento de datos en gabinete.

Entre los factores que puedan afectar los resultados recolectados mediante el ensayo del índice de rebote, se tomó en consideración lo siguiente:

- Tipo de cemento: El tipo de cemento no adquirió relevancia en la etapa de ensayo, puesto que las construcciones realizadas en las viviendas se realizaron con cemento tipo IP, que es un cemento que no tiene escorias o sulfatos de calcio que aporten una dureza superficial exagerada.
- Tipo de agregado: El tipo de agregado no fue de gran acogimiento, las lecturas han sido homogéneas en su gran mayoría, lo que nos indica que el elemento estructural no tuvo vacíos y la mezcla fue relativamente homogénea, por ende, el método se pudo aplicar sin pasar a mayores.
- La forma y tipo de superficie: En este caso, si mantiene gran importancia en el análisis, por lo que se optó a realizar una limpieza de la superficie del elemento estructural con una piedra abrasiva y una brocha, para quitar la maleza y la superficie a ensayar sea concreto puro. Es válido destacar que en su totalidad los muestreos se realizaron a columnas cuadradas sin ningún tipo de acabado, estucado o tarrajeo.
- Dirección y posición: La dirección adoptada para realizar los disparos del esclerómetro fue horizontal, por tratarse de un elemento estructural vertical.
- Humedad y temperatura: En la tabla 8. Humedad relativa y temperatura de columna, se puede observar que la humedad relativa (%) mínima fue 20, y máxima 21. En caso de la temperatura de la columna, la temperatura mínima fue 29, y máxima de 34, estas medidas fueron tomadas en los 6 días de muestreo en campo, por lo que se deduce que estamos dentro de los parámetros recomendados para la ejecución del ensayo del índice de rebote.

- Edad del concreto: Este factor es indispensable para la corrección ya que va de la mano con la carbonatación, las edades del concreto de las muestras parten desde los 0,5 años hasta más de 10 años de construcción, esto indica que el concreto a medida que pasa el tiempo, este adquiere una profundidad de carbonatación de manera lenta pero progresiva.

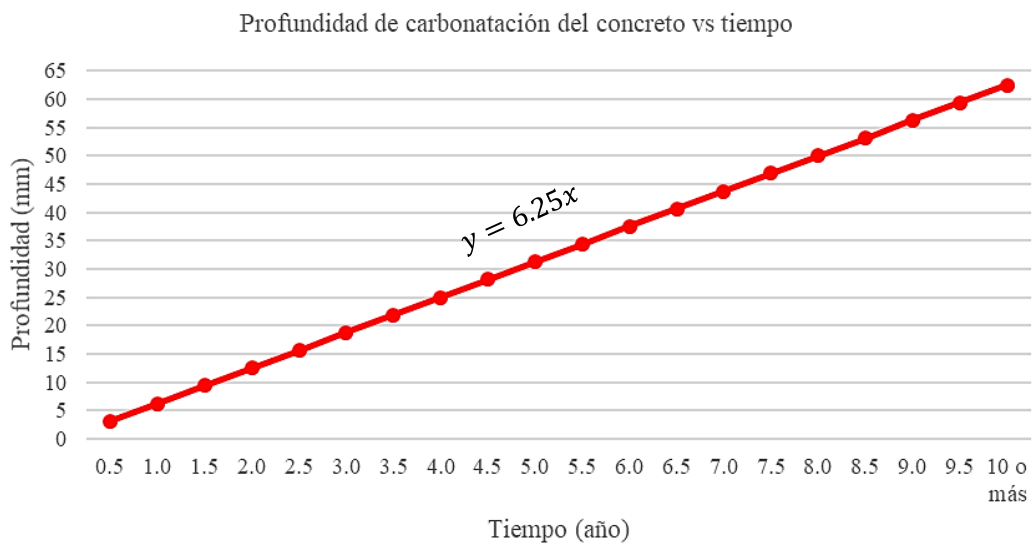


Figura 32. Profundidad de carbonatación del concreto en 10 años

Fuente: Galán, 2011

- Carbonatación en el concreto: Se presenció carbonatación en todas las muestras ensayas, por consiguiente, esto es un indicador de dureza superficial elevada por lo que se realizó su corrección, la profundidad de carbonatación se puede observar en la figura 31. Para poder corregir la carbonatación que se encontró en las estructuras de concreto ensayadas, hemos empleado una tabla de correcciones según el autor San Juan (2014).

Tabla 19*Factores de corrección por profundidad de carbonatación y tiempo de construcción*

Tiempo (años)	Profundidad (mm)	Profundidad (cm)	Factor de Corrección
0,5	3,13	0,31	0,9700
1,0	6,25	0,63	0,9622
2,0	12,50	1,25	0,9200
3,0	18,75	1,88	0,8772
4,0	25,00	2,50	0,8400
5,0	31,25	3,13	0,7948
6,0	37,50	3,75	0,7600
7,0	43,75	4,38	0,7248
8,0	50,00	5,00	0,6800
9,0	56,25	5,63	0,6422
10 o más	62,50	6,25	0,6200

Fuente: SanJuan, 2013

Tabla 20*Muestras de índice de rebote corregidas*

N° Muestra	Ubicación del elemento	Promedio Lecturas	F'c (kg/cm²)	F'c promedio	T.C. (años)	Factor de corrección por carbonatación	F'c corregida (kg/cm²)
1	Inferior	31,4	228	242,3	10,0	0,62	150,2
	Media	33,4	257				
	Superior	32,4	242				
2	Inferior	23,9	131	143,0	5,0	0,7948	113,7
	Media	25,6	151				
	Superior	25,3	147				
3	Inferior	23,5	126	116,0	1,0	0,9622	111,6
	Media	20,5	100				
	Superior	23,1	122				
4	Inferior	21,6	105	110,3	6,0	0,76	83,9
	Media	22,5	115				
	Superior	22,1	111				
5	Inferior	24,6	138	134,0	2,0	0,92	123,3
	Media	24,1	133				
	Superior	23,9	131				
6	Inferior	22,1	111	114,3	6,0	0,76	86,9
	Media	23,1	122				
	Superior	22,0	110				
7	Inferior	26,1	157	157,3	2,0	0,92	144,7
	Media	25,2	145				
	Superior	27,1	170				
8	Inferior	23,1	122	116,7	5,0	0,7948	92,7
	Media	22,6	116				
	Superior	22,2	112				
9	Inferior	25,9	154	150,0	6,0	0,76	114,0
	Media	25,4	148				
	Superior	25,4	148				
10	Inferior	25,2	145	132,7	8,0	0,68	90,2
	Media	22,6	116				
	Superior	24,5	137				

11	Inferior	28,8	192	195,3	10,0	0,62	121,1
	Media	29,6	202				
	Superior	28,8	192				
12	Inferior	24,8	141	139,7	6,0	0,76	106,1
	Media	24,3	135				
	Superior	25,0	143				
13	Inferior	26,4	161	148,7	8,0	0,68	101,1
	Media	25,6	151				
	Superior	24,2	134				
14	Inferior	28,4	186	188,0	8,0	0,68	127,8
	Media	28,6	189				
	Superior	28,6	189				
15	Inferior	22,7	117	111,0	4,0	0,84	93,2
	Media	20,1	100				
	Superior	22,6	116				
16	Inferior	22,8	119	118,3	6,0	0,76	89,9
	Media	23,1	122				
	Superior	22,4	114				
17	Inferior	22,0	110	114,3	2,0	0,92	105,2
	Media	22,9	120				
	Superior	22,3	113				
18	Inferior	27,3	172	162,3	2,0	0,92	149,3
	Media	26,1	157				
	Superior	26,2	158				
19	Inferior	33,6	260	215,7	10,0	0,62	133,7
	Media	28,1	183				
	Superior	29,8	204				
20	Inferior	22,9	120	117,7	6,0	0,76	89,4
	Media	22,9	120				
	Superior	22,3	113				
21	Inferior	26,3	160	169,7	2,0	0,92	156,1
	Media	27,7	178				
	Superior	27,2	171				
22	Inferior	29,7	203	205,0	7,0	0,7248	148,6
	Media	30,1	209				
	Superior	29,7	203				
23	Inferior	32,7	247	219,3	2,0	0,92	201,8
	Media	30,5	214				
	Superior	29,2	197				
24	Inferior	25,2	145	172,3	8,0	0,68	117,2
	Media	29,6	202				
	Superior	27,1	170				
25	Inferior	24,8	141	142,0	4,0	0,84	119,3
	Media	25,3	147				
	Superior	24,6	138				
26	Inferior	20,7	101	100,3	3,0	0,8772	88,0
	Media	20,3	100				
	Superior	20,0	100				
27	Inferior	27,1	170	184,7	10,0	0,62	114,5
	Media	28,4	186				
	Superior	29,3	198				
28	Inferior	29,4	199	217,0	10,0	0,62	134,5
	Media	31,3	226				
	Superior	31,3	226				
29	Inferior	20,2	100	106,7	6,0	0,76	81,1
	Media	22,5	115				
	Superior	21,6	105				
30	Inferior	25,0	143	139,7	7,0	0,7248	101,2
	Media	24,9	142				
	Superior	24,2	134				

31	Inferior	22,8	119	127,0	8,0	0,68	86,4
	Media	24,4	136				
	Superior	23,5	126				
32	Inferior	23,7	128	148,7	7,0	0,7248	107,8
	Media	26,3	160				
	Superior	26,2	158				
33	Inferior	26,6	163	172,3	9,0	0,6422	110,7
	Media	27,5	175				
	Superior	27,8	179				
34	Inferior	26,7	165	163,7	7,0	0,7248	118,6
	Media	26,0	156				
	Superior	27,1	170				
35	Inferior	28,7	190	195,0	10,0	0,62	120,9
	Media	29,0	194				
	Superior	29,5	201				
36	Inferior	24,0	132	115,7	2,0	0,92	106,4
	Media	21,0	103				
	Superior	22,2	112				
37	Inferior	23,5	126	123,3	8,0	0,68	83,9
	Media	22,7	117				
	Superior	23,6	127				
38	Inferior	21,5	104	107,0	10,0	0,62	66,3
	Media	21,5	104				
	Superior	22,3	113				
39	Inferior	20,1	100	102,7	10,0	0,62	63,7
	Media	21,5	104				
	Superior	21,8	104				
40	Inferior	21,1	102	106,7	10,0	0,62	66,1
	Media	21,9	109				
	Superior	21,9	109				
41	Inferior	24,0	132	136,7	6,0	0,76	103,9
	Media	24,8	141				
	Superior	24,5	137				
42	Inferior	27,9	180	168,3	8,0	0,68	114,5
	Media	25,8	153				
	Superior	27,3	172				
43	Inferior	26,6	163	168,7	8,0	0,68	114,7
	Media	27,0	169				
	Superior	27,4	174				
44	Inferior	26,7	165	168,3	2,0	0,92	154,9
	Media	27,0	169				
	Superior	27,2	171				
45	Inferior	23,5	126	125,0	7,0	0,7248	90,6
	Media	23,1	122				
	Superior	23,6	127				
46	Inferior	32,1	238	236,7	10,0	0,62	146,7
	Media	31,8	233				
	Superior	32,2	239				
47	Inferior	30,0	207	210,3	10,0	0,62	130,4
	Media	30,3	211				
	Superior	30,4	213				
48	Inferior	24,9	142	143,3	8,0	0,68	97,5
	Media	25,3	147				
	Superior	24,8	141				
49	Inferior	26,5	162	158,3	7,0	0,7248	114,8
	Media	26,0	156				
	Superior	26,1	157				
50	Inferior	24,8	141	143,0	6,0	0,76	108,7
	Media	25,1	144				
	Superior	25,1	144				

51	Inferior	27,8	179	181,3	9,0	0,6422	116,5
	Media	27,9	180				
	Superior	28,3	185				
52	Inferior	27,5	175	180,3	10,0	0,62	111,8
	Media	28,0	181				
	Superior	28,3	185				
53	Inferior	20,9	101	101,7	8,0	0,68	69,1
	Media	21,3	103				
	Superior	20,8	101				
54	Inferior	33,0	251	243,7	10,0	0,62	151,1
	Media	32,2	239				
	Superior	32,3	241				
55	Inferior	22,4	114	116,0	8,0	0,68	78,9
	Media	22,8	119				
	Superior	22,5	115				
56	Inferior	20,4	100	100,3	7,0	0,7248	72,7
	Media	20,7	100				
	Superior	20,9	101				
57	Inferior	27,6	176	183,7	10,0	0,62	113,9
	Media	28,6	189				
	Superior	28,4	186				
58	Inferior	23,0	121	124,0	8,0	0,68	84,3
	Media	23,6	127				
	Superior	23,3	124				
59	Inferior	27,6	176	181,7	10,0	0,62	112,6
	Media	28,1	183				
	Superior	28,4	186				
60	Inferior	28,2	184	179,7	9,0	0,6422	115,4
	Media	26,8	166				
	Superior	28,6	189				
61	Inferior	26,3	160	159,0	8,0	0,68	108,1
	Media	26,3	160				
	Superior	26,1	157				
62	Inferior	25,4	148	155,3	6,0	0,76	118,1
	Media	26,7	165				
	Superior	25,8	153				
63	Inferior	26,1	157	161,0	5,0	0,7948	128,0
	Media	27,1	170				
	Superior	26,0	156				
64	Inferior	26,1	157	153,3	6,0	0,76	116,5
	Media	25,3	147				
	Superior	26,0	156				
65	Inferior	24,4	136	143,3	4,0	0,84	120,4
	Media	25,0	143				
	Superior	25,6	151				
66	Inferior	28,4	186	193,0	3,0	0,8772	169,3
	Media	29,3	198				
	Superior	29,1	195				
67	Inferior	29,1	195	192,0	3,0	0,8772	168,4
	Media	28,8	192				
	Superior	28,6	189				
68	Inferior	29,7	203	206,0	5,0	0,7948	163,7
	Media	30,3	211				
	Superior	29,8	204				
69	Inferior	25,8	153	152,7	10,0	0,62	94,7
	Media	25,2	145				
	Superior	26,3	160				
70	Inferior	24,9	142	144,3	6,0	0,76	109,7
	Media	24,9	142				
	Superior	25,5	149				

71	Inferior	28,0	181	186,7	5,0	0,7948	148,4
	Media	28,7	190				
	Superior	28,6	189				
72	Inferior	23,0	121	122,7	4,0	0,84	103,0
	Media	23,5	126				
	Superior	23,0	121				
73	Inferior	21,3	102	109,3	5,0	0,7948	86,9
	Media	21,9	109				
	Superior	22,7	117				
74	Inferior	22,7	117	114,7	6,0	0,76	87,1
	Media	22,5	115				
	Superior	22,2	112				
75	Inferior	23,2	123	122,7	4,0	0,84	103,0
	Media	23,4	125				
	Superior	22,9	120				
76	Inferior	29,3	198	203,0	3,0	0,8772	178,1
	Media	29,0	194				
	Superior	30,7	217				
77	Inferior	27,1	170	176,0	7,0	0,7248	127,6
	Media	27,3	173				
	Superior	28,3	185				
78	Inferior	28,9	193	186,0	2,0	0,92	171,1
	Media	28,0	181				
	Superior	28,2	184				
79	Inferior	28,7	190	187,7	2,0	0,92	172,7
	Media	27,8	179				
	Superior	29,0	194				
80	Inferior	27,0	169	176,3	2,0	0,92	162,2
	Media	27,8	179				
	Superior	28,0	181				
81	Inferior	24,6	138	128,7	4,0	0,84	108,1
	Media	23,1	122				
	Superior	23,5	126				
82	Inferior	22,2	112	109,3	6,0	0,76	83,1
	Media	21,8	108				
	Superior	21,8	108				
83	Inferior	28,8	192	188,3	4,0	0,84	158,2
	Media	28,6	189				
	Superior	28,2	184				
84	Inferior	23,0	121	123,0	4,0	0,84	103,3
	Media	23,4	125				
	Superior	23,2	123				
85	Inferior	26,7	165	174,7	7,0	0,7248	126,6
	Media	27,1	170				
	Superior	28,6	189				
86	Inferior	27,4	174	175,7	7,0	0,7248	127,3
	Media	27,7	178				
	Superior	27,5	175				
87	Inferior	28,9	193	197,7	8,0	0,68	134,4
	Media	29,5	201				
	Superior	29,4	199				
88	Inferior	27,1	170	178,0	4,0	0,84	149,5
	Media	27,9	180				
	Superior	28,2	184				
89	Inferior	25,6	151	149,3	4,0	0,84	125,4
	Media	25,7	152				
	Superior	25,2	145				
90	Inferior	27,6	176	183,3	6,0	0,76	139,3
	Media	28,3	185				
	Superior	28,6	189				

91	Inferior	26,0	156	162,0	9,0	0,6422	104,0
	Media	26,6	163				
	Superior	26,9	167				
92	Inferior	21,7	106	119,3	4,0	0,84	100,2
	Media	22,6	116				
	Superior	24,4	136				
93	Inferior	26,7	165	157,3	4,0	0,84	132,2
	Media	25,5	149				
	Superior	26,2	158				
94	Inferior	22,3	113	112,0	4,0	0,84	94,1
	Media	22,8	119				
	Superior	21,5	104				
95	Inferior	22,8	119	119,0	6,0	0,76	90,4
	Media	23,4	125				
	Superior	22,3	113				
96	Inferior	31,3	226	210,3	7,0	0,7248	152,4
	Media	29,3	198				
	Superior	30,0	207				
97	Inferior	33,2	254	247,7	0,5	0,97	240,2
	Media	32,3	241				
	Superior	32,8	248				
98	Inferior	26,8	166	171,7	4,0	0,84	144,2
	Media	27,2	171				
	Superior	27,7	178				
99	Inferior	21,8	108	112,7	6,0	0,76	85,6
	Media	22,6	116				
	Superior	22,4	114				
100	Inferior	25,6	151	159,3	7,0	0,7248	115,5
	Media	26,5	162				
	Superior	26,7	165				
101	Inferior	24,0	132	134,3	8,0	0,68	91,3
	Media	23,8	130				
	Superior	24,8	141				
102	Inferior	22,9	120	124,3	10,0	0,62	77,1
	Media	22,9	120				
	Superior	24,1	133				
103	Inferior	23,5	126	128,0	0,5	0,97	124,2
	Media	23,4	125				
	Superior	24,1	133				
104	Inferior	24,4	137	132,0	6,0	0,76	100,3
	Media	23,7	128				
	Superior	23,9	131				
105	Inferior	27,5	175	178,3	10,0	0,62	110,6
	Media	27,6	176				
	Superior	28,2	184				
106	Inferior	30,9	220	214,0	10,0	0,62	132,7
	Media	30,9	220				
	Superior	29,6	202				
107	Inferior	27,2	171	183,7	4,0	0,84	154,3
	Media	28,5	188				
	Superior	28,8	192				
108	Inferior	30,3	211	208,7	10,0	0,62	129,4
	Media	30,6	216				
	Superior	29,4	199				
109	Inferior	27,0	169	168,7	9,0	0,6422	108,3
	Media	27,5	175				
	Superior	26,5	162				
110	Inferior	29,4	199	206,0	10,0	0,62	127,7
	Media	29,7	203				
	Superior	30,6	216				

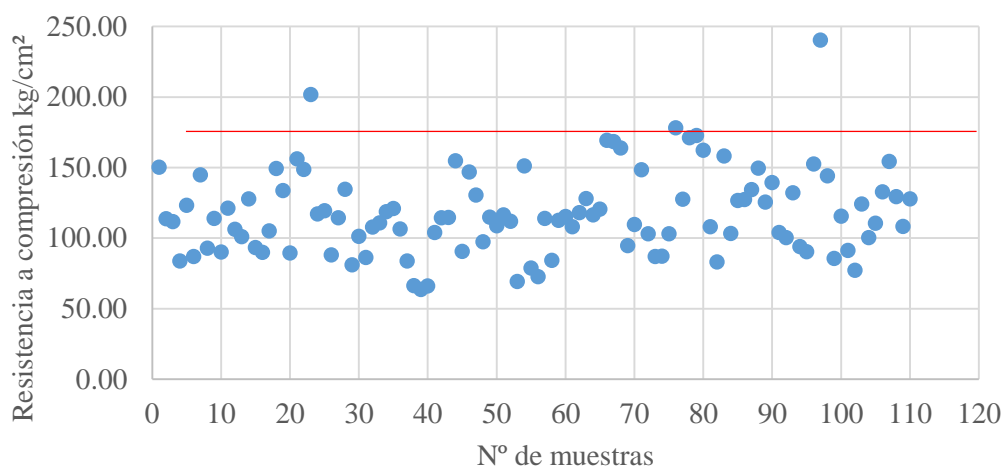


Figura 33. Dispersión de resistencias a compresión corregidas

La tabla 21 y la figura 31, nos ilustra que el promedio de resistencia realizadas por el índice de rebote es 117,6 kg/cm², dando el valor mínimo de resistencia corregida 63,7 kg/cm² y el valor máximo es 240,2 kg/cm².

4.2. Contrastación de la hipótesis

4.2.1. Hipótesis general.

- Ho. El método del índice de rebote permite obtener y evaluar valores semejantes a la realidad con respecto a la resistencia a compresión de las columnas de viviendas del centro poblado San Antonio, ciudad de Moquegua 2019.
- Ha. El método del índice de rebote no permite obtener y evaluar valores semejantes a la realidad con respecto a la resistencia a compresión de las columnas de viviendas del centro poblado San Antonio, ciudad de Moquegua 2019.

Para demostrar la hipótesis general requerimos de manera previa demostrar nuestras hipótesis derivadas.

4.2.1. Hipótesis derivadas.

4.2.1.1. Hipótesis específica 1.

El ensayo del índice de rebote es aplicable en las columnas de las viviendas del centro poblado San Antonio.

A continuación, se va a demostrar si las muestras de diamantinas tienen una distribución normal, empleando la prueba de Kolmogórov-Smirnov, Shapiro-Wilk.

Formulación de hipótesis estadística al 5%

- Ho. Las muestras en estudio (D-1, D-2), tienen normalidad.
- Ha. Las muestras en estudio (D-1, D-2), no tienen normalidad.

Regla de decisión:

- Si sig. $> 0,05$; entonces no rechazo la hipótesis nula.
- Si sig. $\leq 0,05$; entonces rechazo la hipótesis nula.

Tabla 21

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra de diamantinas D-1 y D-2

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rebote	0,188	20	0,061	0,925	20	0,121

Según la tabla 21, referida a la prueba Shapiro-Wilk, de muestra un valor sig. de 0,121, lo cual es mayor al 5% de error establecido, por tanto, la hipótesis nula queda confirmada y la hipótesis alterna queda rechazada, es decir que: Las muestras en estudio (D-1, D-2), tienen normalidad.

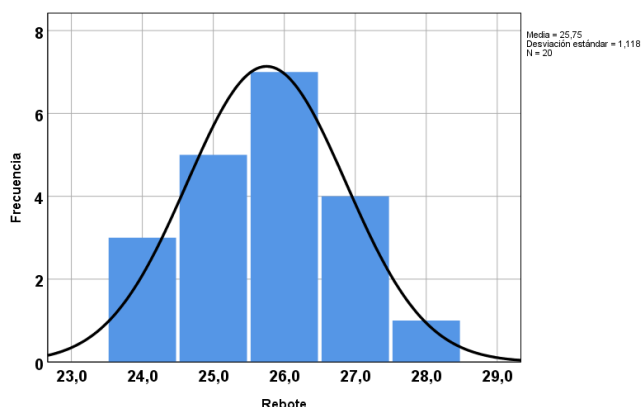


Figura 34. Grafica de normalidad para la variable D-1 y D-2

La figura 34 confirma los resultados obtenidos en la comprobación de hipótesis sobre la normalidad de datos.

Luego de demostrar la normalidad en los datos, es necesario contrastar si es que los datos de las diamantinas D-1 y D-2 tienen una variación menor del 15 % en función a la resistencia de compresión axial vs nuestro método del índice de rebote.

Formulación de hipótesis estadística al 5%

- Ho. Las muestras en estudio (D-1, D-2), no tienen una variación menor al 15 % de variación permitida.
- Ha. Las muestras en estudio (D-1, D-2), tienen una variación menor al 15 % de variación permitida.

Tabla 22

Prueba de t de student para una muestra de diamantinas D-1 y D-2

Rebote valor de prueba < 15 %					
T	Gl	Sig. (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
-13,000	19	0,000	-3,25000	-3,7733	-2,7267

Según la tabla 22, muestra un valor sig. de 0,000, lo cual muestra que son menores al 5 % o de 0,05, consecuentemente la hipótesis nula queda rechazada, es decir que las muestras en estudio (D-1, D-2), tienen una variación menor al 15 % de variación permitida.

Seguidamente procedemos a comprobar si las probetas P-1 y P-2, tienen una distribución normal, mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov, Shapiro-Wilk.

Formulación de hipótesis estadística al 5 %

- Ho. Las muestras en estudio (P-1, P-2), tienen normalidad.
- Ha. Las muestras en estudio (P-1, P-2), no tienen normalidad.

Tabla 23

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra de probetas P-1 y P-2

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rebote	0,180	20	0,087	0,888	20	0,055

Según la tabla 23, referida a la prueba Shapiro-Wilk, de muestra un valor sig. de 0,087 y de 0,055, lo cual ambos son mayores al 5 % de error establecido, por tanto, la hipótesis nula queda aceptada y la hipótesis alterna queda rechazada, es decir que: Las muestras en estudio (P-1 y P-2), si tienen normalidad.

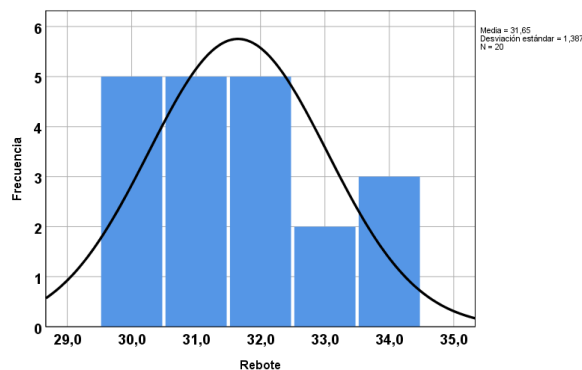


Figura 35. Grafica de normalidad para la variable P-1 y P-2

Luego de demostrar la normalidad en los datos, es necesario contrastar si es que los datos de las diamantinas P-1 y P-2 tienen una variación menor del 15 % en función a la resistencia de compresión axial vs nuestro método del índice de rebote.

Regla de decisión:

- Si $\text{sig.} > 0,05$; entonces no rechazo la hipótesis nula.
- Si $\text{sig.} \leq 0,05$; entonces rechazo la hipótesis nula.

Formulación de hipótesis estadística al 5 %

- H_0 . Las muestras en estudio (P-1, P-2), no tienen una variación menor al 15 % de variación permitida.
- H_a . Las muestras en estudio (P-1, P-2), tienen una variación menor al 15 % de variación permitida.

Tabla 24

Prueba de t de student para una muestra de probetas P-1 y P-2

Rebote valor de prueba < 15 %					
T	Gl	Sig. (Bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
-4,353	19	0,000	-1,35000	-1,9991	-0,7009

Según la tabla, muestra u valor sig. de 0,000, lo cual muestra que son menores al 5 % o de 0,05, consecuentemente la hipótesis nula queda rechazada y la hipótesis alterna queda confirmada, es decir que las muestras en estudio (P-1, P-2), tienen una variación menor al 15 % permitido.

4.2.1.2. Hipótesis específica 2.

La resistencia a compresión de las columnas ensayadas alcanza la resistencia requerida que especifica la norma E-070 en elementos estructurales de Albañilería.

- Ho. Los valores de resistencia de las columnas de albañilería tienen una distribución normal.
- Ha. Los valores de resistencia de las columnas de albañilería no tienen una distribución normal.

Regla de decisión:

- Si sig. $> 0,05$; entonces no rechazo la hipótesis nula.
- Si sig. $\leq 0,05$; entonces rechazo la hipótesis nula.

Tabla 25

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra sobre la resistencia

		Datos
N		110
Parámetros normales	Media	117,5561
	Desv. Desviación	29,85272
Máximas diferencias extremas	Absoluto	0,089
	Positivo	0,089
	Negativo	-0,051
Estadístico de prueba		0,089
Sig. asintótica(bilateral)		0,052

Según la tabla 25, muestra un valor sig. de 0,052, entonces (sig. $> 0,05$), consecuentemente no rechazamos a la hipótesis nula; es decir que los valores de resistencia de las columnas de albañilería tienen una distribución normal.

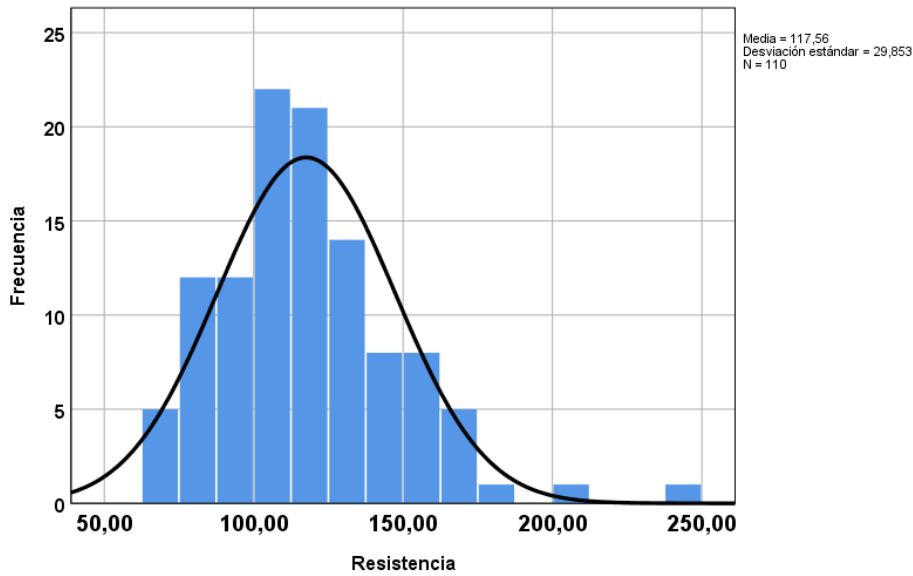


Figura 36. Grafica de normalidad para la variable resistencia de columna de albañilería

La figura 36 muestra que los datos tienen una distribución normal o gráfica campana para los datos de resistencia de albañilería.

Luego de demostrar el supuesto de normalidad, entonces se procede a realizar el contraste de hipótesis, en la cual los valores de resistencia de las columnas de albañilería tienen una resistencia menor a 175 kg/cm².

Tabla 26

Estadísticos descriptivos para la variable resistencia de albañilería

	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia	110	117,5561	29,85272	2,84635

La tabla 26 muestra los indicadores descriptivos para los 110 datos referidos a la resistencia de albañilería, en la cual muestra que existe un promedio de 117,5 que es un promedio que se encuentra por debajo del valor requerido, ya

que según la norma E-070 nos dice que las columnas de albañilería deben tener mínimo una resistencia de 175 kg/cm².

Así también la tabla 21 muestra una desviación estándar de 29,85, lo cual demuestra que la variabilidad en promedio respecto al promedio de 117,5, esta es de 2,84635.

Formulación de hipótesis estadística al 5 %

- Ho: ($U \geq 175$) Los valores de resistencia de las columnas de albañilería no tienen una resistencia menor a 175 kg/cm²
- Ha: ($U < 175$) Los valores de resistencia de las columnas de albañilería tienen una resistencia menor a 175 kg/cm²

Tabla 27

Prueba de t student para el contraste de una muestra sobre las resistencias de columnas

		Estadísticos
	T	-20,182
	Gl	109
Valor de prueba < 175	Sig. (bilateral)	0,000
	Diferencia de medias	-57,44391
	95% de intervalo de confianza de la diferencia	Inferior Superior
		-63,0853 -51,8025

Regla de decisión:

- Si sig. > 0,05; entonces no rechazo la hipótesis nula
- Si sig. ≤ 0,05; entonces rechazo la hipótesis nula

Según la tabla 27, muestra un valor sig. de 0,000 entonces (sig. < 0,05), consecuentemente rechazamos a la hipótesis nula; es decir que los valores de resistencia de las columnas de albañilería tienen una resistencia menor a 175 kg/cm².

Consecuentemente el 97 % de columnas ensayadas no cumplen la resistencia mínima según lo que indica el reglamento nacional de edificaciones en la norma E-070.

Luego de confirmar tal afirmación, pues un diagrama de cajas plasma el comportamiento de los datos en cuanto a la resistencia de las columnas de albañilería.

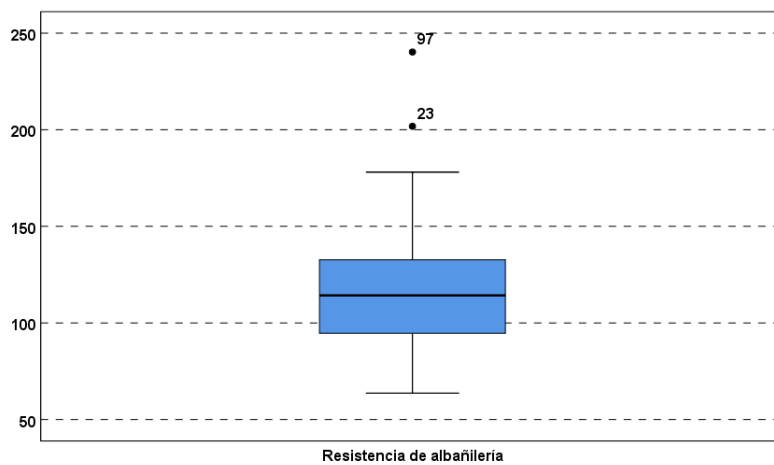


Figura 37. Gráfica de diagrama de cajas para la variable resistencia de columnas de albañilería

La figura 37 muestra el diagrama de cajas, en la cual muestra que del total de datos que es de 110, existen dos valores atípicos que se encuentra fuera del diagrama de cajas; además el diagrama muestra que los datos se encuentran un tanto concentrados alrededor del promedio o la línea negra, consecuentemente los datos se encuentran un concentrados y no dispersos.

4.3. Discusión de resultados

En este subcapítulo responderemos la interrogante de ¿Cómo podemos evaluar la resistencia del concreto en las columnas de viviendas en el centro poblado San Antonio – Moquegua 2019?, la metodología utilizada para resolver la pregunta fue optar por un ensayo no destructivo, que permite conocer la dureza de la superficie de la estructura, para poder calcular la resistencia y realizar sus correcciones, este ensayo fue efectuado en su total cumplimiento establecido en la NTP 339.181, el uso de este método fue analizado y evaluado comparando los resultados con lo que nos indica la Norma E-070 del reglamento nacional de edificaciones, finalmente afirmamos que se solventó la interrogante principal en el análisis de cada hipótesis específica.

En relación con la primera hipótesis específica tenemos:

- Ho: El ensayo del índice de rebote es aplicable en las columnas de las viviendas del centro poblado San Antonio.
- Ha: El ensayo del índice de rebote no es aplicable en las columnas de las viviendas del centro poblado San Antonio.

Se desea buscar el sustento de si el ensayo del índice de rebote se puede aplicar como método de ensayo para las columnas de viviendas de albañilería. Se ha realizado el análisis estadístico con el programa SPSS donde la contrastación de nuestro método aplicado en columnas fue realizada con dos métodos alternos, de acuerdo con la prueba de Kolmogorov-Smirnov para identificar la normalidad, donde podemos afirmar que los valores comparativos D-1 y D-2 tienen una distribución normal, y P-1 y P-2 también tienen una distribución normal.

Haciendo uso de t de Student con probabilidad del 95 % de confianza y margen de error de 5 %, se obtuvo un sig. < 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis nula planteada, las muestras en estudio (D-1, D-2 y P-1, P-2), no exceden al 15 % de resistencia con respecto a compresión axial contraste que se realizó en laboratorio, con esto podemos afirmar la hipótesis específica de nuestra investigación, que el ensayo del índice de rebote si es aplicable en las columnas de las viviendas del centro poblado San Antonio.

Según SanJuan (2013), al usar el método del índice de rebote puede obtenerse una variación de ± 15 % en función a la resistencia obtenida con otros métodos de ensayo en las mismas estructuras o muestra, entonces finalizamos que estamos si es aplicable el método del índice de rebote en columnas de viviendas de albañilería ya que en contraste con los dos métodos utilizados: de rotura de testigos obtuvimos una variación de 11,16 y rotura de núcleos diamantinos 8,01.

En función a la segunda hipótesis específica tenemos:

- Ho: La resistencia a compresión de las columnas ensayadas alcanzan la resistencia requerida que especifica la norma E-070 en elementos estructurales de Albañilería.
- Ha: La resistencia a compresión de las columnas ensayadas no alcanzan la resistencia requerida que especifica la norma E-070 en elementos estructurales de Albañilería.

Con este planteamiento buscamos que la variable resistencia a la compresión del concreto de columnas de viviendas de albañilería obtenidas en campo mediante este método de ensayo de numero de rebote nos denote una

distribución normal. Para lo cual haciendo uso del software SPSS se realizó un análisis de 110 valores como muestra de la investigación, en función a la prueba de Kolmogorov-Smirnov obteniendo un sig. $> 0,05$, determinando finalmente que la toma de muestras conseguidas en campo tiene una distribución normal.

Utilizando la t de Student de 109 grados de libertad y una media de 117,5 kg/cm² de resistencia en la columna, siendo un promedio muy inferior al requerido según norma de albañilería, una distribución estándar de 29,85 kg/cm², con probabilidad del 95 % de confianza y margen de error de 5 %, obtuvimos un sig. $\leq 0,05$, por lo que se rechaza la hipótesis nula, se agrega finalmente que el 97,3 % de columnas de albañilería de las viviendas no cumplen con la resistencia indicada en la normativa vigente peruana, y solo el 2,7 % si cumple con este parámetro establecido.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera. Se obtuvieron variaciones de 8,01 y 11,16 siendo valores que se encuentran dentro del margen de aceptación que es ± 15 . Se concluye que, el método del índice de rebote con un 95 % de confiabilidad, si es aplicable en columnas de viviendas del centro poblado de San Antonio, de esta manera podemos afirmar la primera hipótesis específica planteada.

Segunda. Tenemos como resultado que la resistencia que el promedio de todas las muestras es de 117,56 kg/cm² un número muy inferior a 175 kg/cm², siendo el valor máximo obtenido de 240,24 kg/cm² y el valor mínimo de 63,65 kg/cm², se concluye que el 97,3 % de viviendas evaluadas no cumplen la resistencia mínima requerida en la norma de albañilería E-070, y que solo el 2,3 % si alcanza esa resistencia.

Tercera. Evaluando la resistencia del concreto, podemos concluir que la población de san Antonio está expuesta a riesgos catastróficos ante

sismos de gran intensidad, cuando la resistencia es muy inferior a lo que estipula la norma, quiere decir que no hubo una correcta dosificación en la mezcla, que probablemente haya habido un mal vibrado y/o curado, o se emplearon agregados inapropiados por querer economizar en la etapa constructiva de una edificación.

5.2. Recomendaciones

Primera. El ensayo del esclerómetro es un método muy limitado ya que existen muchos factores que tienden a hacer variar los resultados si no se realizan los controles y correcciones debidas, en la presente tesis se han empleado factores de corrección en función al tiempo de construcción y la profundidad de carbonatación que adquiere al pasar de los años, cuyos datos fueron tomados de otras investigaciones, por eso, es se recomienda emplear este método no destructivo y compararlo con otros métodos para así tener resultados más exactos.

Segunda. Se recomienda realizar investigaciones futuras con este tipo de método no destructivos, ya que existen diversos ensayos que pueden dar a conocer la resistencia del concreto en elementos estructurales sin alterar la arquitectura o dañar la propiedad privada, de esta manera se podría abarcar más centros poblados o distritos para poder contribuir en las futuras construcciones de viviendas y tener así mayores consideraciones técnicas y de normatividad según el reglamento nacional de edificaciones y generar una conciencia social constructiva.

Tercera. Se recomienda tener un mayor control en la etapa de construcción, el concreto es el material más empleado a nivel global, que no solo aporta resistencia si no, rigidez en una vivienda, sin embargo, de no tener un buen control antes y después del vaciado, la resistencia del concreto no va a alcanzar lo planificado y se puede tener muchas fallas en la estructura ante movimientos telúricos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcañiz, J. (2011). *Chequeo de estructuras de hormigón armado: análisis de la relación de resultados de probetas testigo y ultrasonidos* (Tesis doctoral). Universidad de Alicante, Alicante, España. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/23579/1/Tesis_alca%C3%B1iz
- Aspilcueta, M. (2015). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto estimada a partir de la utilización del método de madurez* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4406/1/aspilcueta_am.pdf
- Astudillo, A., Astudillo, T. y Jara, B. (2014). Hormigón: ensayos de información complementaria. *Artículo Científico de Ciencia e Innovación en la Construcción – UA, 02(09)*, 8-24.
- Badilla, V. (2014). *Correlación de diferentes métodos de detección no destructivos de anomalías en el hormigón* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España. Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/Valeria Badilla TFM](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/Valeria%20Badilla%20TFM)
- Barreto, E. y Ganzhi, D. (2018). *Evaluación de Columnas de hormigón armado mediante métodos no destructivos*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30551/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>.

- Builes, R. y Pardo, M. (2016). *Correlación entre las resistencias obtenidas mediante ensayos de compresión y esclerometría en cilindros de concreto normal y modificados con fibra sintética y fibra de acero* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13979/4/PROYECTO%20INVESTIGATIVO.pdf>
- Cerna, M. y Galicia, W. (2010). *Vida útil en estructuras de concreto armado desde el punto de vista de comportamiento del material*. (Tesis Pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Recuperado de https://www.4shared.com/get/rEywO-8J/tesis_upao_2008.html.
- Chunga, A. y Chilcon, H. (2016). *Evaluación de la calidad del concreto a usar en construcciones informales en la ciudad de Pimentel-Chiclayo-Lambayeque* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. Recuperado de [https://repositorio.unprg.edu.pe › bitstream › handle › UNPRG › BC-TES-4322](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/BC-TES-4322)
- Dávalos, E. (2017). Historia del concreto en el Perú y Mundo. *Revista de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – UANL*, 02(06), 2-21.
- Galán, I. (2011). *Carbonatación del hormigón: combinación de CO₂ con las fases hidratadas del cemento y frente de cambio de PH* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/14424/>

- Google. (2020). [Centro poblado de San Antonio, Moquegua]. Recuperado el 21 mayo de 2020
- Gomez, J. (2015). *Determinación del índice esclerométrico en hormigones: factores que lo afectan*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingein/article/view/21576>
- Guevara, D. (2014). *Resistencia y costo del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra, en función al volumen de vaciado* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/661>
- Gutiérrez, L. (2013). El concreto y otros materiales para la construcción. *Revista Colombiana de Artículos y Materiales – UNC, 02(03)*, 13-60.
- INDECOPI (2013). *NTP 339.181 Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerometría)*. Recuperado de <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-directorales/files/2018-RD16.pdf>
- Licor, A. (2016). *Evaluación de la carbonatación en hormigones elaborados con cemento de bajo carbono LC3* (Tesis de pregrado). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba. Recuperado de <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/7393>
- Loja, D. (2015). *Formulación de un conglomerante alternativo con cementos que poseen un contenido de ceniza volante*. (Tesis Pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstre->

am/123456789/30673/1/tesis.pdf.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayos de materiales*. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Monjo, A. (2009). *Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas*. Recuperado de http://oa.upm.es/45423/1/2001_patologia_MC_opt.pdf.

Montalvo, A. (2015). Características que hacen del concreto un material de construcción0020Universal. *Revista de Tecnología y Desarrollo – UPC*, 01(02), 3-28.

Muñoz, F. y Mendoza, J. (2013). La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. *Concreto, Cemento. Investigación y Desarrollo – UNAM*, 04(01), 10-48.

Nistal, A., Retana, M. y Ruiz A.T (2012). El Hormigón: Historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia. *Revista de Ciencia, Tecnología - AUX*, 01(10), 3-16.

Orellana, I. (2009). *Determinación de la resistencia a compresión y el índice de rebote, por métodos de ensayos destructivo y no destructivo (ASTM C-39, C-805) y su correlación, a concretos autocompactantes para vivienda en*

serie (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3071_C.pdf

Ortíz, A. (2015). *Análisis y descripción de la producción de concretos en obra de cinco proyectos de vivienda en Colombia* (Tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6340/Tesis%20Alvaro%20Ortiz.pdf;jsessionid=BB6C68B1F525649BB6D87B8B0200B1F1?sequence=1>

Proceq (2016). *Manual de operación martillo de Smichdt*. Recuperado de https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/SilverSchmidt_Operating%20Instructions_Spanish_high.pdf

Quiróz, A. (2014). *Evaluación de los defectos en la construcción de viviendas informales de Albañilería en el sector fila alta, provincia de Jaén-Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Jaén, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC>

Quispe, D. (2019). *Evaluación de la resistencia a compresión del concreto en edificaciones comunes de la ciudad de Puno 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10434>

Robles, V. (2018). *Historia del concreto*. Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/41370859/historia-del-concretodocx/>

- Rodriguez, L. (2017). *Evaluación del estado actual de la superficie del pavimento rígido existente en el jirón de la amistad de la urbanización tepro del centro poblado de Salcedo – Puno 2016* (Tesis pregrado). Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez, Puno, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1476>
- SanJuan, C. (2013). *Resistencia del hormigón mediante esclerómetro o índice de rebote*. Recuperado de <https://www.patologiasconstruccion.net/2013/11/resistencia-del-hormigon-mediante-esclerometro-o-indice-de-rebote-1>
- Torres, A. (2010). Curso Básico de Tecnología del Concreto. *Artículo Científico para la Facultad de Ingeniería Civil y Laboratorio de Ensayo de Materiales – UNI, 01(01), 07-33*
- Velázquez, J. (2018). *Control de calidad del concreto con métodos alternativos de Ingeniería* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15084/tesis%20condensada%20%20PDF.pdf?sequence=1>
- Ventura, O. (2015). *La evolución de la industria del cemento con énfasis en Latinoamérica*. (Tesis Pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3377_C.pdf.
- Vidaud, E. (2012). *La carbonatación en el concreto reforzado*. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revistacyt/enero2013/pdfs/ingenieria.pdf>

Wikipedia. (23 de septiembre de 2020). *Departamento de Moquegua*. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Moquegua

Yura S.A. (2014). *Ficha Técnica del cemento Portland tipo IP*. Arequipa, Perú. Recuperado de http://www.yura.com.pe/info/ficha_tecnica_1p.pdf.

Zambrano, K. (2017). *Comparación de los ensayos de diamantina y esclerometría de la pavimentación de los jirones Japón, Portugal y Brasil-Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado por <https://es.scribd.com/document/Tesis-Zambrano-Rojas-Katherine>