



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

TESIS

**ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA
RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y
LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN
EL CONCRETO CONVENCIONAL**

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

AUTORES

Bach. Gonzales Rentería, Miguel Eduardo

Bach. Muñoz Castañeda, Victor Humberto

ASESOR:

M. Sc. Zuloaga Cachay José Fortunato

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Ingeniería de Procesos

Pimentel - Perú

2017

**ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA
CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO
ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL**

Aprobación de la Tesis

M. Sc. Zuloaga Cachay José
Fortunato

Asesor Metodólogo

Ing. Ruiz Saavedra, Nepton David

Asesor Especialista

M. Sc. Coronado Zuloeta Omar
Presidente del Jurado de Tesis

Ing. Marín Bardales Noé Humberto
Secretario del Jurado de Tesis

Ing. Ruiz Saavedra, Nepton David
Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

A **DIOS y SANTA VIRGEN MARÍA**, que gracias a su voluntad logre ingresar y darme la sabiduría para culminar mis estudios.

A **MI MADRE, Luz Rentería Alvarado**, la cual es mi orgullo y mi razón de ser, ya que me ha guiado por el camino correcto y me ha dado la oportunidad de formarme como persona.

A **MI PADRE, Federico Gonzales Odar**, el cual me enseñado que las oportunidades de la vida hay que aprovecharlas y el cual ha dedicado su esfuerzo en que sus hijos estemos bien.

A **MIS HERMANOS**, Jorge, Luis y Carlos Gonzales, por brindarme su apoyo y su amor incondicional.

Por último a cada una de las personas que creen en mí y en mis capacidades.

Miguel Eduardo

A **DIOS Y SANTA VIRGEN MARIA**, Por sus bendiciones, darnos vida, salud y mantener unida toda mi familia.

A **MIS ABUELOS**, Leoncio Muñoz Santillán y Rosa Mercedes Huamán Ventura - Leónidas Castañeda Malqui y Mexima Gallác Vallejos, por enseñarme y dejarme los valores morales de la vida.

A **MIS PADRES**, Victor Humberto Muñoz Huamán y Isabel Castañeda Gallác, por brindarme buenos cimientos para poder educarme.

A **MIS HERMANAS Y HERMANOS**, Sheyla Milagritos, Mary Hessel, Jendher Leónidas y Kenlly Alessander, por todo el cariño y apoyo brindado.

Por último a cada una de las personas que creen en mí y en mis capacidades.

Victor Humberto

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Señor de Sipán, por brindarnos todos los elementos necesarios para desarrollar nuestras capacidades en nuestra profesión y hacer posible realizar esta tesis.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por inculcar el amor a nuestra carrera y la responsabilidad que conlleva ejercer esta.

A nuestro asesor, el Ing. Nepton Ruiz Saavedra, por guiarnos con paciencia para mejorar en la innovación de nuestra tesis.

A nuestro metodólogo, el Ing. Zuloaga Cachay José Fortunato, por procurar que nuestra tesis en marque de forma ordenada y precisa los objetivos que persigue.

A nuestros compañeros y amigos quienes colaboración con nosotros de una u otra forma para hacer posible esta investigación.

Los Autores

INDICE

Hoja de Aprobación de la Tesis	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación Problemática	17
1.2. Formulación del Problema	20
1.3. Delimitación de la Investigación.....	20
1.4. Justificación e Importancia de la investigación.....	21
1.5. Limitaciones de la investigación.....	22
1.6. Objetivos	22

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación	25
2.2. Estado del Arte	30
2.3. Bases teórico científicas	33
2.4. Base Científica	65
2.5. Definición de términos básicos	66

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la Investigación	71
3.2. Población y Muestra	71
3.3. Hipótesis.....	72
3.4. Variables	72
3.5. Operacionalización	74
3.6. Método, técnicas e instrumentos de recolección de datos	75
3.7. Procedimiento para la recolección de datos	77
3.8. Análisis estadístico e interpretación de datos	119
3.9. Principios éticos.....	120
3.10. Criterios de rigor científico	122

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados en tablas y figuras	125
4.1.1.Descripción de los Ensayos en el Concreto Fresco.....	125
4.1.2.Descripción del Ensayo de Velocidad de Pulso.....	128
4.1.3.Descripción del Ensayo de resistencia a la Compresión	129
4.1.4.Descripción del ensayo de Esclerómetro (Adicional).....	130

4.1.5.Descripción correlación de Velocidad de Pulso y Resistencia a la compresión	140
4.1.6.Descripción del análisis económico de los dos ensayos.....	150
4.1.7.Descripción del análisis ambiental de los dos ensayos	150
4.2. Discusión de resultados.....	151
4.2.1.Discusión de resultados en el concreto Fresco	151
4.2.2.Discusión de resultados en el ensayo de velocidad de pulso ultrasónico.....	152
4.2.3.Discusión de resultados en la resistencia a la compresión.....	153
4.2.4.Discusión de resultados de la correlación de velocidad de pulso y esclerómetro	154
4.2.5.Discusión correlación de Velocidad de Pulso y Resistencia a la compresión	154
4.2.6.Discusión de análisis económico.....	155
4.2.7.Discusión de análisis Ambiental	155
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. CONCLUSIONES.....	157
5.2. RECOMENDACIONES.....	159
REFERENCIAS	161
ANEXOS.....	165
PANEL FOTOGRÁFICO.....	242

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Máquina de compresión (ensayo Destructivo).	18
Figura 2: Máquina de velocidad de pulso para realizar ensayo no destructivo	19
Figura 3: Presa P/rotura prueba concreto.	20
Figura 4: Cemento Portland Pacasmayo Tipo I	37
Figura 5: Agregado Fino	40
Figura 6: Agregado Grueso.	40
Figura 7: Representación esquemática de la granulometría de los agregados en un ensamble de partículas de agregados.	42
Figura 8: Agua Potable	48
Figura 9: Z Aditivo (RRPLAST)	50
Figura 10: Diagrama esquemático de los patrones de fractura –Tipo de Fallas.	59
Figura 11: Técnicas de medición para aplicar el ensayo ultrasónico.	62
Figura 12: Equipo no destructivo - Esclerómetro	64
Figura 13: Diagrama de Procesos	77
Figura 14: Máquina de velocidad de pulso ultrasónico accesorios	97
Figura 15: Transductores Estándar 54 kHz	98
Figura 16: Pantalla táctil del equipo	98
Figura 17: Barra calibradora	99
Figura 18: Cables de conexión largos	99
Figura 19: Gel soluble en agua	100
Figura 20: Técnicas de medición directa sobre probeta cilíndrica	101
Figura 21: Datos Técnicos del equipo ultrasónico	102
Figura 22: Consistencia de las resistencias de la investigación.	127
Figura 23: Contenido de Aire en Concreto Convencional de la investigación.	127
Figura 24: Desarrollo de la Velocidad de Pulso Ultrasónico	128
Figura 25: Desarrollo de la Resistencia a Compresión	129
Figura 26: Desarrollo del Número de Rebotes-Esclerómetro	130
Figura 27: Numero de rebote vs Velocidad De Pulso	131
Figura 28: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos Y' de laboratorio ($f'c=175\text{kg/cm}^2$).	138
Figura 29: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos Z' de laboratorio. ($f'c=210\text{kg/cm}^2$).	138
Figura 30: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos AA' de laboratorio. ($f'c=280\text{kg/cm}^2$).	139
Figura 31: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos AB' de laboratorio. ($f'c=350\text{kg/cm}^2$).	139
Figura 32: Resistencia a compresión vs Velocidad de pulso Ultrasónico.	140
Figura 33: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos Y de Laboratorio ($f'c=175\text{kg/cm}^2$).	148
Figura 34: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos Z de Laboratorio. ($f'c=210\text{kg/cm}^2$).	149
Figura 35: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos AA de Laboratorio. ($f'c=280\text{kg/cm}^2$).	149
Figura 36: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos AB de Laboratorio. ($f'c=350\text{kg/cm}^2$).	150

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de tipos de Hormigones	30
Tabla 2: Representación de acontecimientos de la utilización del concreto	31
Tabla 3: Tipo de Energía-Métodos destructivos	33
Tabla 4: Análisis Químico del cemento	38
Tabla 5: Características del cemento	38
Tabla 6: Tamaños de tamices ASTM económicamente utilizados por análisis de agregados	44
Tabla 7: Tolerancia Permisible para tiempo de curado y hora de ensayo	57
Tabla 8: Porcentaje de dispersión máxima	58
Tabla 9: Fuentes de Variación a la resistencia a Compresión.	58
Tabla 10: Clasificación de la calidad del concreto según Leslie y Cheesman.	63
Tabla 11: Clasificación de la calidad del concreto según Agraval	63
Tabla 12: Cuadro de diseño de mezclas	72
Tabla 13: Esquema de proyecto cuantitativo de investigación de la USS	74
Tabla 14: Elaboración propia para los diferentes diseños de mezcla	79
Tabla 15: Resistencia a la Compresión Promedio	86
Tabla 16: Asentamiento recomendado para varios tipos de consistencia.	86
Tabla 17: Relación Agua-Cemento y Resistencia a la Compresión del Concreto	86
Tabla 18: Volumen Unitario de Agua.	87
Tabla 19: Contenido de Aire atrapado	87
Tabla 20: Volumen de Agregado grueso por unidad de volumen de concreto	87
Tabla 21: Unidades dimensionales	89
Tabla 22: Ensayos Para los Agregados	105
Tabla 23: Ensayos Probetas elaboradas en laboratorio - Maquinas e instrumentos	106
Tabla 24: Máquinas e instrumentos para la elaboración de concreto fresco.	107
Tabla 25: Máquinas e instrumentos para la elaboración de concreto endurecido	108
Tabla 26: Costos generales investigación	113
Tabla 27: Resultados obtenidos de los ensayos en el concreto fresco, para diferentes diseños de resistencias	125
Tabla 28: Parámetros de control en estado fresco del concreto	126
Tabla 29: Consistencia del concreto fresco	126
Tabla 30: Valores de confiabilidad en base a datos de Laboratorio Ensayos "B"	133
Tabla 31: Para la selección de datos Y' (Diseño 175 - 7, 14, 21 y 28 días)	135
Tabla 32: Para la selección de datos Z' (Diseño 210 - 7, 14, 21 y 28 días)	135
Tabla 33: Para la selección de datos AA' (Diseño 280 - 7, 14, 21 y 28 días)	136
Tabla 34: Para la selección de datos AB' (Diseño 280 - 7, 14, 21 y 28 días)	136
Tabla 35: Porcentajes Residuales máximos de Sobrevaloración y Subvaloración para selección de datos Y', Z', AA' y AB' con aproximación Lineal	137
Tabla 36: Porcentaje residual máximo para la Aproximación Lineal	137
Tabla 37: Valores de confiabilidad en base a datos de Laboratorio Ensayos "A"	143
Tabla 38: Selección de datos Y (Diseño 175 - 7, 14, 21 y 28 días)	145
Tabla 39: Selección de datos Z (Diseño 210 - 7, 14, 21 y 28 días)	145
Tabla 40: Selección de datos AA (Diseño 280 - 7, 14, 21 y 28 días)	146
Tabla 41: Selección de datos AB (Diseño 350 - 7, 14, 21 y 28 días)	146
Tabla 42: Porcentajes Residuales máximos de Sobrevaloración y Subvaloración para selección de datos Y, Z, AA y AB con aproximación Lineal	147
Tabla 43: Porcentaje residual máximo para la Aproximación Lineal	147

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1:</i> Velocidad de pulso - Ensayo no destructivo.	101
<i>Ecuación 2:</i> Módulo de Finura.	109
<i>Ecuación 3:</i> Peso específico de masa.	109
<i>Ecuación 4:</i> Peso específico saturada superficie seca.	110
<i>Ecuación 5:</i> Peso específico aparente.	110
<i>Ecuación 6:</i> Absorción	110
<i>Ecuación 7:</i> Peso Específico de masa.	110
<i>Ecuación 8:</i> Peso específico aparente.	110
<i>Ecuación 9:</i> Absorción Agregado Fino.	110
<i>Ecuación 10:</i> Peso unitario.	111
<i>Ecuación 11:</i> Contenido de Aire.	111
<i>Ecuación 12:</i> Peso unitario.	111
<i>Ecuación 13:</i> Rendimiento.	112
<i>Ecuación 14:</i> Corrección por húmeda	112
<i>Ecuación 15:</i> Aporte de humedad en agregados.	112
<i>Ecuación 16:</i> Calculo del agua efectiva.	112
<i>Ecuación 17:</i> Modelo Exponencial – (Adicional).	132
<i>Ecuación 18:</i> Modelo Lineal - (Adicional).	132
<i>Ecuación 19:</i> Modelo Logarítmico - (Adicional).	132
<i>Ecuación 20:</i> Modelo Potencial - (Adicional).	132
<i>Ecuación 21:</i> Modelo de tendencia Exponencial – (Adicional).	134
<i>Ecuación 22:</i> Modelo de tendencia Lineal- (Adicional).	134
<i>Ecuación 23:</i> Porcentaje Residual.	134
<i>Ecuación 24:</i> Modelo Exponencial.	142
<i>Ecuación 25:</i> Modelo Lineal.	142
<i>Ecuación 26:</i> Modelo Logarítmico.	142
<i>Ecuación 27:</i> Modelo Potencial.	142
<i>Ecuación 28:</i> Modelo de tendencia Exponencial	144
<i>Ecuación 29:</i> Modelo de tendencia Lineal	144
<i>Ecuación 30:</i> Porcentaje Residual.	144

RESUMEN

La presente investigación está enfocada en la estimación de correlación del ensayo destructivo (velocidad de Pulso) y no destructivo (Prensa de Rotura), que la mayoría de ensayos destructivos modifican la forma del concreto convencional.

Partiendo de la formulación del problema, la correlación de la mezcla del concreto convencional haciendo el uso respectivo de los dos ensayos (destructivo y no destructivo), es por esta razón que esta investigación se realizó en base a la comparación de resultados obtenidos de equipos como: la prensa de rotura y la velocidad de pulso ultrasónico.

Se realizaron 4 dosificaciones de resistencia de concreto $f'c = 175, 210, 280, 350 \text{ kg/cm}^2$, a la última dosificación se le agrego un aditivo plastificante para que alcance una resistencia de una forma más rápida y así se puedan analizar las comparaciones entre ambos equipos que se hizo en esta investigación. Los ensayos elaborados en laboratorio fueron principalmente muestras de concreto convencional, que pasaron por un procedimiento adecuado teniendo en cuenta los métodos y materiales a usarse. Se compararon los resultados de ambos equipos y se obtuvieron datos confiables, llegando a tener una correlación, la ecuación más cercana que se escogió es la ecuación lineal, ya que presento un porcentaje de error menor que las demás ecuaciones, y la que más se aproximó a (r^2).

Palabras claves: Concreto Convencional, Prensa de Rotura, Velocidad de Pulso Ultrasónico, Coeficiente de correlación de Pearson (r^2).

ABSTRACT

The present investigation is focused on the correlation estimate of the destructive test (Pulse velocity) and nondestructive (Break Press), that most destructive tests modify the shape of conventional concrete.

Based on the formulation of the problem, the correlation of the mixture of conventional concrete making the respective use of the two tests (destructive and non-destructive), is for this reason that this investigation was made based on the comparison of results obtained from equipment as: the breaking press and the ultrasonic pulse rate.

Four concrete strength dosages $f'c = 175, 210, 280, 350 \text{ kg / cm}^2$ were made, to the last dosage was added a plasticizer additive to achieve a resistance in a faster way and thus to analyze the comparisons between both teams that was made in this investigation. Laboratory tests were mainly samples of conventional concrete, which underwent a suitable procedure taking into account the methods and materials to be used. We compared the results of both teams and obtained reliable data, arriving to have a correlation, the closest equation that was chosen is the linear equation, since it presented a percentage of error smaller than the other equations, and the one that approached to (r^2).

Key Words: Conventional concrete, breaking news, ultrasonic pulse velocity, Pearson correlation coefficient (r^2).

INTRODUCCIÓN

“El principal parámetro de control de calidad del concreto será en estado endurecido es su resistencia a compresión, evaluará por medio del ensayo de probetas cilíndricas, ensayo de testigos extraídos de los elementos fundidos en situ o con ensayos no destructivos”. (Contreras, 2010, p.28).

“Para control de calidad de concreto, los resultados se ven afectados por una serie de factores entre los que se pueden mencionar el carácter heterogéneo del concreto, destacando las resistencias a compresión $f'c$ de 175, 210, 280, 350 kg/cm² para cada caso”. (Contreras, 2010, p.28).

La presente investigación se realizó un estudio de la dosificación de concreto convencional, partiendo de diferentes dosificaciones de resistencias y edades, Estipulado en la norma ASTM C-597 (Método de ensayo para la velocidad de pulso en el concreto), contando con el apoyo del laboratorio de la universidad.

El capítulo I se presentó aspectos sobre la problemática a nivel internacional, nacional y local, incluyendo el problema de la investigación, se limitó y se mencionó la justificación e importancia, con objetivos a alcanzar.

El capítulo II incluye antecedentes de estudio, bases teóricas científicas definiciones de palabras más resaltantes.

El capítulo III se elaboró el contenido del desarrollo experimental, utilización de los materiales y concretos dosificados, haciendo uso de los métodos estadísticos y un análisis de estimación de correlación aplicados en la presente investigación.

El capítulo IV incluye el análisis de datos que se obtuvo al realizar en laboratorio de muestras cilíndricas en ensayos (destructivo y no destructivo) y discusión de resultados de diferentes investigaciones.

El Capítulo V se elaboró conclusiones y recomendaciones de la dicha investigación estudiada, también se le agrego referencias y anexos.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación Problemática

1.1.1. A nivel internacional

En Guatemala:

“Generalmente, el principal parámetro de control de calidad del concreto en estado endurecido es su resistencia a compresión, evaluada por medio del ensayo de probetas cilíndricas o bien el ensayo de testigos extraídos de los elementos fundido en situ, teniendo poca aplicación de los métodos de ensayos no destructivos, debido principalmente a la poca información que sobre estos tienen los responsables de los proyectos” (Contreras, 2010, p.28). “Las pruebas no destructivas son algunas de las primeras pruebas que no dañaban al concreto. Sin embargo al pasar los años, los nuevos métodos han establecido ese resultado como un daño local superficial. Por eso en otros países como Francia, Chile y Venezuela tiene la terminología (pruebas in situ) que se utiliza como categoría general la cual incluye los métodos que no alteran al concreto y los que dan lugar a daño menor de la superficie” (Contreras, 2010, p.28).

En Venezuela:

Realizaron estudios entre el contenido de agua del concreto, la resistencia a la compresión y la velocidad de pulso ultrasónico(VPU).Se estudiaron probetas cilíndricas de concreto de 200mm de largo y 100mm de diámetro, donde se quería elaborar una mezcla de cemento Portland tipo I y una relación de agua/cemento (a/c). Comentó: “El curado de las muestras se realizó en condiciones estándar y condiciones bajo techo, donde se quiso determinar el contenido de agua en cada probeta por diferencia de pesos y sometidos a muestras a ensayos ultrasónicos y de resistencia a la compresión durante los 28 primeros días después del fraguado. Y ver qué relación tiene en los tiempos de curados estándar con las máquinas que utilizaron para esta investigación” (Ariza, 2010, p.21).

En España:

En la actualidad usan la mayoría de ensayos de métodos no destructivos, y que una de las principales razones que la utilizan es medir la resistencia a compresión de una estructura sea edificio, puente, que son elementos elaborados con mezcla de cemento, que no dañan la superficie del concreto. Comentó: “Dentro de los ensayos se encuentra la evaluación de la velocidad de impulso que ha venido siendo utilizado hace más de 50 años (desarrollada por Leslie y Cheesman), mide el tiempo que se tarde un impulso ultrasónico en atravesar la masa del concreto evaluada, en cierto modo, se está midiendo el valor del módulo de elasticidad dinámico del concreto, que parcialmente se relaciona con su resistencia mecánica” (V. Gonzales, E. Vargas, S. Toral & R. Gregor, 2009, p.12).

Máquina de compresión (ensayo Destructivo)



Figura 1: Máquina de compresión (ensayo Destructivo).

Fuente: Máquina de ensayos propias de la universidad de España.

1.1.2. A Nivel Nacional:

En Lima:

“Desde hace más de una década la construcción en el Perú resulta ser uno de los sectores productivos que impulsa considerablemente la economía nacional, es uno de los principales aportantes al Producto Bruto Interno (PBI). En las estadísticas se observa un crecimiento sostenido, los indicadores de control lo expresan claramente, tal como: El Consumo Interno de Cemento, este incrementó 298% en los últimos 15 años (en referencia a la Gráfica), es por eso que al hacer estos ensayos según la investigación, hicieron para comprobar que tan acertado es usar este ensayo usando la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple” (G. Valencia & M. Ángel, 2013, p.13).

En Piura:

Se quiso realizar una investigación para ver que resistencia tomaría el concreto, tomando dosificaciones diferentes con relaciones de agua distintas, y diferentes tipos de agregados, entonces: “Tomó la decisión de que después del fraguado del concreto se vendría los ensayos en probetas estándares, y que pasen por un proceso de pasos para verificar cuando se utiliza un ensayo destructivo y un ensayo no destructivo” (Céspedes, 2003, p.36).

Máquina de velocidad de pulso para realizar el ensayo no destructivo



Figura 2: Máquina de velocidad de pulso para realizar ensayo no destructivo

Fuente: Laboratorio de la Universidad de Piura.

1.1.3. A Nivel Local:

En Chiclayo:

En la actualidad no se muestra en obras locales, como ensayos realizados de cada una de las estructuras, pero por qué no usar un equipo, en la cual no perjudique la superficie del concreto en las pruebas cilíndricas; no hay corroboración sobre qué grado de aceptabilidad puede dar el uso de un ensayo con equipo no destructible, por medio de la observación se corroboro que al tener probetas cilíndricas para medir la resistencia a compresión, la mayoría de laboratorios locales hace pruebas pero por medio de equipos destructibles.



Fuente: Propia tomada en la Universidad Señor de Sipán.

1.2. Formulación del Problema

¿Qué correlación tiene la mezcla del concreto convencional haciendo el uso del ensayo de velocidad de pulso ultrasónico entre la resistencia cilíndrica a compresión?

1.3. Delimitación de la Investigación

La presente investigación tuvo lugar en el campus universitario de la universidad Señor de Sipan, Carretera Pimentel.

Los autores, en este caso (GONZALES RENTERÍA, Miguel y MUÑOZ CASTAÑEDA, Víctor), se hizo el uso de los respectivos instrumentos, para la recolección de información válida para la investigación. La investigación se realizó en el lapso de tiempo Enero –Julio del año 2016.

1.4. Justificación e Importancia de la investigación

1.4.1. Aspecto Tecnológico

En este sentido la investigación pretendió efectuar una contribución práctica a la comunidad, relacionada con la tecnología del concreto, atendiendo la necesidad de optimizar un ensayo poco conocido y definir su grado de confiabilidad: el ensayo ultrasónico; a fin de lograr aplicaciones de control de calidad in situ en correlación al ensayo de resistencia a compresión lo cual permita estimar rápidamente las características más importantes de este material. Se propuso el ensayo ultrasonido para el control de calidad en obra, en complemento al clásico ensayo destructivo de resistencia a compresión efectuado bajo un proceso estándar.

1.4.2. Aspecto Ambiental

Al encontrar el efecto de contacto en los ensayos la relación entre el ensayo destructivo y el no destructivo; se podrá minimizar el uso de materiales empleados en el uso de probetas para los ensayos, dentro de ellos tenemos los agregados, el agua, y en el proceso de fabricación del cemento y aditivo, su disminución significativa podrías traer grandes mejoras al medio ambiente.

1.4.3. Aspecto Económico

El fin de este estudio comparativo es cuantificar cual sería el costo de realizar ensayos con la máquina presa de compresión convencional, y compararlas con la máquina de velocidad de pulso ultrasónico.

1.5. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones presentes en esta investigación fueron:

Dificultad de conseguir el equipo ultrasónico, es muy importante, por lo que en la región no se contó con este equipo, siendo está fundamental para realizar la investigación, se tuvo que buscar y cotizar el alquiler del equipo en la capital (Lima-Perú).

La disposición de los equipos y herramientas en el Laboratorio de la Facultad no fueron lo más óptimo debido a la cantidad de alumnos, así como para realizar las pruebas de la misma índole; Se tuvieron que tomar turnos e incluso coordinar honorarios para hacer uso de los equipos e instrumentos.

1.6. Objetivos

Objetivo General

Estimar patrones de comportamiento con un cierto de grado de confiabilidad entre los resultados del ensayo ultrasónico (ensayo no destructivo) y del ensayo de resistencia cilíndricas a compresión (ensayo destructivo) en el concreto convencional más usados en nuestro medio, realizando un comparativo adicional con el uso del equipo esclerómetro (ensayo no destructivo).

Objetivos Específicos

Evaluar el concreto convencional por medio de procedimientos y especificaciones, destacando las resistencia a la compresión de $f'c = 175, 210, 280$ y 350 kg/cm^2 que puedan dar lugar a obtener resultados diferentes en cada caso. Para la resistencia de 350 kg/cm^2 se le utilizará 1% de aditivo RRPLAST.

Estimar la velocidad de pulso ultrasónico por medio del método de ensayo no destructivo.

Evaluar la resistencia a compresión de concreto por medio del método de ensayo destructivo.

Adicionalmente se evaluará la resistencia superficial de dureza en el concreto por medio del método del ensayo no destructivo.

Comparar los resultados obtenido en laboratorio por medio de los dos ensayos (gráficos y /o herramientas estadísticas).

Valuar económicamente los dos ensayos destructivo (ED) y no destructivo (END).

Analizar entre los ensayos realizados, para determinar que no provoquen residuos o químicos que alteren el ambiente.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Internacional:

Argentina:

“M.B. Rosales”, “V.H. Cortinéz” & “D.V.Bambil”. (Noviembre 2003)...
En **SIMULACIÓN NUMÉRICA DE LA PROPAGACIÓN DE UNA ONDA ULTRASÓNICA A TRAVÉS DE UN SÓLIDO ELASTOPLÁSTICO - EVALUACIÓN DE DAÑO**. En Bahía Blanca, Argentina:

“Se han presentado simulaciones numéricas de la propagación de ondas ultrasónicas a través del hormigón utilizando descripciones materiales elásticas y elastoplásticas y analizando situaciones previas y posteriores a la carga máxima. En esta investigación se compararon valuaciones ultrasónicas y mecánicas del daño producido en probetas de hormigón sometidas a cargas axiales de compresión cíclica y monotónico. El daño fue evaluado mecánicamente relacionando valores del módulo de Young en la condición elástica inicial y después de producirse la fisuración. Esta misma evaluación se realiza ultrasónicamente confrontando las velocidades de onda en las probetas antes de la carga y después de la fisuración. También se presentó una correlación entre las velocidades de onda y las resistencias registradas”. (Rosales, Cortinéz & Bambil, 2003, p.156).

Guatemala:

"N. Contreras". (Mayo 2010)... En **ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO, UTILIZANDO EL ENSAYO NO DESTRUCTIVO RECOMENDADO POR LA NORMA ASTM C-597-02(MÉTODO DE ENSAYO PARA LA VELOCIDAD DE PULSO EN EL CONCRETO)** (p107). Guatemala:

Mencionó: “Principal parámetro de control de calidad del concreto en estado endurecido es su resistencia a compresión, evaluada por el medio del ensayo de probetas cilíndricas, ensayo de testigos extraídos de los elementos fundidos en situ o con ensayos no destructivo. La evolución de

la velocidad de pulso ultrasónico ha sido utilizada para el control de calidad del concreto, los resultados se ven afectados por una serie de factores entre los que se pueden mencionar el carácter heterogéneo del concreto, destacando los agregados y la relación a/c utilizados, que pueden dar lugar a obtener resultados diferentes en cada caso". (Contreras, 2010, p.107).

México:

"R. Solís", "E. Iván" & "W. Castillo." (2004)... En **PREDICCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON BASE EN LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO Y UN ÍNDICE DE CALIDAD DE AGREGADOS** (p12). México:

"La velocidad ultrasónica se empezó a desarrollar como técnica para probar materiales desde hace medio siglo. En la actualidad, se utilizó para evaluar estructuras de concreto debido a su simplicidad, versatilidad y versatilidad. El carácter heterogéneo del concreto y el hecho de que las estructuras con este material sean, la mayoría de las veces, construidas sin estricto control industrial, provocan gran variabilidad en sus propiedades físicas; lo anterior da lugar a que no exista un único valor de la velocidad para cada valor de la resistencia a la compresión de este material. El objetivo del estudio fue identificar variables adicionales a la velocidad que expliquen la varianza independiente en la resistencia. Experimentalmente se manipularon tres variables: la fuente de origen de los agregados, la relación agua/cemento (A/C) y la relación entre la grava y la arena. Se encontró que la A/C fue la principal fuente de varianza, tanto en la velocidad como en la resistencia, y por lo tanto a ella se puede atribuir la correlación entre estas variables. Por otro lado, las principales fuentes de dispersión en esta correlación fueron el índice de calidad de los agregados, variable que fue definida en base a las principales propiedades de los agregados mismos, y la cantidad de agua de mezclado". (R. Solís, E. Iván & W. Castillo, 2004, p.12).

Bucaramanga:

D. Ariza. (2010)... En **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO, TAMAÑO DE AGREGADO Y TIEMPO DE CURADO SOBRE LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN CONCRETO SIN REFUERZO** (p116). Bucaramanga:

“Los resultados obtenidos altamente confiables al utilizar la técnica de VPU como alternativa para evaluar la calidad del concreto, en el presente trabajo se determinó el efecto de la relación agua/cemento, el tamaño máximo de agregado y el tiempo de curado sobre la velocidad de pulso ultrasónico en concreto sin refuerzo, evaluó la relación existentes entre la resistencia a compresión y esta técnica no destructiva. Se diseñaron seis mezclas de concreto utilizando el método American Concrete Institute (ACI.211), fabricando en total 72 especímenes cilíndricos de 10 cm de diámetro por 20 cm de longitud, a los cuales se les realizó inspección visual, medidas de velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a la compresión en los días 7, 14, 21, 28 del tiempo de curado realizado bajo condiciones estándar de humedad y temperatura. Los resultados obtenidos mostraron como la relación agua/cemento fue principal fuente de variación en los valores de velocidad de pulso ultrasónico así como en los valores de resistencia a la compresión siendo su efecto negativo para los dos casos. Además se determinó que las variables: tamaño máximo de agregado y tiempo de curado afectan de forma positiva la VPU, lo que se genera una mejor clasificación del concreto según su calidad. Por último se relaciona las dos técnicas para cada una de las mezclas de concreto teniendo como resultado modelos lineales con alto nivel de correlación”. (D. Ariza, 2010, p.116).

España:

“V. Gonzales”, “E. Vargas”, “S. Toral” & “R. Gregor”. (2009)... En **PLATAFORMA EXPERIMENTAL PARA INSPECCIÓN DE MORTERO CON ULTRASONIDOS (ICONUS)**. (p8). España:

“En el hormigón, los END con ultrasonidos se utilizan ampliamente, aunque sus aplicaciones presentan problemas para las cuales no se han encontrado aún soluciones adecuadas. Por esta razón, el uso de los ultrasonidos en END de materiales no homogéneos constituye hoy en día un área de investigación activa. El trabajo presenta el diseño e implementación de una plataforma experimental para el estudio de nuevas técnicas de análisis de señal aplicadas a los END en materiales no homogéneos, así como la experimentación y el uso de nuevas tecnologías de transductores ultrasónicos. Los ensayos realizados sobre probetas de mortero han demostrado una correlación entre la velocidad de propagación y la resistencia a la compresión. Además se ha podido corroborar la capacidad del sistema para detectar discontinuidades de aproximadamente 1 cm. Introducidas ex profeso. Actualmente, se realizan trabajos para extender los resultados de las probetas de mortero a las probetas de hormigón”. (Gonzales, Vargas, Toral & Gregor, 2009, p.8).

2.1.2. Nacional:

Lima:

“G. Valencia” & “M. Ángel.” (Diciembre 2013)... En **ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR PATRONES DE CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN CONCRETO SIMPLE** (19). Lima:

Comparó el continuo consumo que: “Concreto como material de construcción, resulta de ayuda contar con métodos de valuación no destructivos que de manera sencilla y rápida, permitan caracterizar una estructura de concreto en términos de resistencia a compresión; en función a ello la investigación propuso el ensayo de ultrasonido para la estimación de dicho parámetro, basándose en un modelo de aproximación que correlación la resistencia a compresión con la velocidad de pulso ultrasónico, con un grado de confiabilidad asociado. La idea se basó realizar un control de calidad permanente in situ, que permita la continuidad

correcta de labores y evitar re trabajos probablemente costosos, que generen ahorros para la industria de la construcción”. (Valencia & Ángel, 2013, p.19).

Piura:

“M. Céspedes.” (Julio 2013)... En **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A PARTIR DE LA VELOCIDAD DE PULSOS DE ULTRASONIDO** (p112). Piura:

Hallo las relaciones “Entre la resistencia a la compresión axial del concreto y la velocidad de pulsos de ultrasonido que viajan en los cilindros de prueba de concreto llamados también “espécimen a probetas” de concreto”. (Cespedes, 2013, p.112). Analizó “Que tan acertado es el ensayo no destructivo de la velocidad de pulsos de ultrasonido, comparándolos con los resultados convencionales de resistencia a la compresión axial del concreto”. (Cespedes, 2013, p.112).Se concluyó “Que si existe una relación directa entre la resistencia a la compresión del concreto y la velocidad de los pulso de ultrasonido ensayados en el mismo”.(Cespedes, 2013, p.112).

2.1.3. Local

En Lambayeque: Dar a conocer el avance de la tecnología en la ingeniería civil, con el fin de promover e innovar el laboratorio de nuestra universidad y de las escuelas de ingeniería civil de las diferentes universidades de la región, puesto que ningún laboratorio cuenta con este equipo, de esta manera poder tener una alternativa a lo tradicional (Ensayo a compresión cilíndrica utilizando Prensa de Rotura de Concreto), para desarrollar el ensayo ultrasónico que se viene proponiendo en esta investigación. Se realizado la búsqueda en fuentes bibliográficas, físicas y virtuales y al no haber encontrado información alguna en este campo, siendo de mayor envergadura la realización de esta investigación ya que es un punto no explorado.

2.2. Estado del Arte

2.2.1. Evolución del conocimiento científico

“Hormigón: Es un material, producido por una mezcla Hormigón: homogénea compuesta por áridos finos y gruesos, cemento y agua. Según las dosificaciones, el tipo de cemento y las correctas medidas para asegurar su fraguado darán a esta mezcla las características específicas de resistencia y durabilidad como material de construcción. Las diferentes tipologías de hormigón se pueden clasificar de la siguiente forma”. (Cataluya,2005).

Tabla 1:

Características de tipos de Hormigón

Hormigón Ordinario	Material que se obtiene al mezclar cemento, agua y áridos minerales de tamaños varios, superiores e inferiores a 5 mm.
Hormigón en Masa	No contiene en su interior armadura de ninguna clase. Apto para resistir esfuerzos de compresión.
Hormigón Armado	Hormigón con armadura de acero especial.
Hormigón Pretensado	Hormigón con armadura de acero especial sometida a tracción previamente a la puesta de carga del conjunto.
Hormigón Mixto	Es aquel en el que se emplea mezclas de dos o más componentes.
Hormigón Ciclópeo	Es el que tiene embebido en su masa grandes mampuestos de dimensiones mínimas mayor de 30 cm. y de forma tal que el conjunto no pierda la compacidad.
Hormigón Aerocluso	Es el que tiene una cantidad de aire incorporado no mayor de 6% de n su volumen.
Hormigón Unimodular	Es el hormigón con áridos de un solo tamaño.
Hormigón Ligerio	Compuesto con áridos ligero, una variable es el hormigón celular que contiene burbujas independientes de gas, uniformemente repartidas.
Hormigón Blindado	Unidad utilizada de obra en pavimentos compuesta por una capa de espesor variable de hormigón ordinario y otro superior de piedra embutida.
Amianto-cemento	Hormigón cuyo árido es el amianto o asbesto, roca fibrosa cuyas principales propiedades son la elasticidad e incombustibilidad.

Fuente: Tesis “Correlación de Métodos de Detección No Destructivos”-
Universidad de Catalunya.

2.2.2. Evolución histórica del hormigón en la construcción

“El uso del hormigón se ha masificado mundialmente, por ser un excelente material de construcción, moldeable, resistente, de materias primas fáciles de obtener y con un campo abierto a la innovación e investigación. Palabra hormigón, al parecer tiene su origen en Roma, como una derivación del término hormazo, que significaría molde o forma”. (Cataluya,2005).

Tabla 2:

Representación de acontecimientos de la utilización del concreto

Año	Evolución Histórica del hormigón
3000 A.C	La primera evidencia encontrada, en el norte de Chile, un hormigón rudimentario en el que se emplea como aglomerante algas calcinadas (huiro) mezcladas con agua de mar, cuyos morteros alcanzaban la nada despreciable resistencia a la compresión de 6 N/mm ²
100 A.C.	Como también en las construcciones encontradas en Troya y Micenas, se dice que existían piedras unidas por arcilla para construir muros y con algo más de técnica en unas bóvedas construidas
27 A.C.,	Un avance importante en este campo fue realizado por los romanos, quienes fabricaban un tipo de cemento mezclando cenizas volcánicas con cal viva, ahora comúnmente llamado Cemento de Puzolana.
1788	Fue definido como “Argamasa, compuesta de piedrecillas menudas, cal y betún, que dura infinito
1796	En Inglaterra, James Parker patentó un método para fabricar cemento hidráulico por calcinación de nódulos de cal con alto contenido en arcilla, llamado “cemento romano”.
1852	Otra definición antigua es la que realiza el Diccionario de la Lengua Castellana, “Mezcla compuesta de piedras menudas, cal y betún, la cual es tan fuerte y sólida que dura siglos, y tan firme como la piedra”.
1904	Nace el primer volumen completo de hormigón armado, publicado por De Tedesco.
1910	se introduce la enseñanza del hormigón armado en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid
1923 y 1924	Se realizó la primera cubierta laminar o cascara, la cúpula de Jena, de 40 m de luz y 6 cm de espesor
1929	Se desarrolla la exposición internacional de Barcelona, donde el arquitecto Mies van der Rohe, diseña el pabellón para Alemania utilizando muros y cubierta de hormigón armado
1929	Frank Lloyd Wright, construye el primer rascacielos de hormigón.
1942	Utiliza las armaduras auto portantes y el hormigonado por anillos en el viaducto de Esla

Actualidad	El avance tecnológico e investigativo, desde estas épocas ya cuenta con una gran variedad de exponentes, en todo el mundo, principalmente junto al movimiento moderno, como por ejemplo en Brasil en la creación de Brasilia, y extendiéndose hasta la India de la mano de Le Corbusier.
------------	--

Fuente: Tesis “Correlación de Métodos de Detección No Destructivos” -
Universidad de Catalunya.

2.2.3. Evolución de Métodos no Destructivos

“Los métodos no destructivos para realizar ensayos a los materiales, han sido estudiados y desarrollados desde hace décadas, definiéndose principalmente por un conjunto de técnicas realizadas con variados instrumentos que no perjudican al material en futuro funcionamiento al momento de inspeccionar o probar el material en cuestión”.(Tobio,1967).

”Las técnicas son amplias, han sido catalogadas por diferentes autores, según la energía empleada en el ensayo, como por ejemplo, se ilustra a continuación la clasificación realizada por El Instituto Eduardo Torroja”.(Tobio,1967).

”En la actualidad no solo es interesante utilizar este tipo de técnicas que por no ser agresivas, reducen las posibilidades de afectar las construcciones a analizar, además es importante reconocer su efectividad, que no se ve menospreciada al ser comparada con métodos más invasivos como las tomas de muestras para luego analizar en laboratorio; si no que mejor dicho potencia uno de sus puntos fuertes, que es la instantaneidad con la que se puede contar al obtener resultados preliminares a pie de obra, y que por lo demás pueden ser combinados, contrastados y correlacionados sin ningún problema con otro tipo de métodos destructivo”.(Tobio,1967).

Tabla 3:*Tipo de Energía - Métodos destructivos*

Tipos de energía	Clase de ensayo	Aplicaciones
Ondas elásticas	Sónico resonancia Ondas de choque Ultrasónico Vibraciones	Calidad Resistencia Uniformidad
Acciones mecánicas	Esclerométrico Extensométrico Transformaciones Diferenciales Cuerdas vibrantes Pequeños desplazamientos	Dureza superficial Resistencia Deformación puntual Deformaciones Desplazamientos
Fuerzas capilares	penetrantes	Determinación de fisuras
Electica y electromagnética	Resistencia ohmica dieléctrico Corrientes parasitas	Humedad Proceso de fraguado Estudio de metales
Magnética	inductivo redundancia Resonancia magnética	Localización de defectos en Alambres de acero pretensado Localización de armaduras en el Hormigón Humedad en pasta del cemento
Ondas acústicas	Nivel sonoro	Micro estructuras del hormigón
Radiaciones Nucleares	Absorción de rayos y neutrones Neutrones Gammagrafía Neutrones lentos	Densidad de materiales y suelos Humedad de materiales Calidad del material Radiología con neutrones

Fuente: Instituto Eduardo Terraja, (Tobio, 1967).

2.3. Bases teórico científicas

2.3.1. Teoría del concreto y ensayo no destructivo

“La Las principales características físicas del hormigón, en valores aproximados, son:” (Ottazzi, 2004, p.14).

- 1) “Densidad: en torno a 2350 kg/m³”. (Ottazzi, 2004, p.14).
- 2) “Resistencia a compresión: de 150 a 500 kg/cm² (15 a 50 MPa) para el hormigón ordinario”. (Ottazzi, 2004, p.14).
- 3) “Resistencia a tracción: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global”. (Ottazzi, 2004, p.14).

- 4) "Tiempo de fraguado: dos horas, aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior". (Ottazzi, 2004, p.14).
- 5) "Tiempo de endurecimiento: progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros". (Ottazzi, 2004, p.14)
- 6) "De 24 a 48 horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana 3/4 partes, y en 4 semanas prácticamente la resistencia total de cálculo". (Ottazzi, 2004, p.14).

Dado que: "El hormigón se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el hormigón protege al acero de la oxidación al recubrirlo". (Ottazzi, 2004, p.14).

Entre las ventajas del ensayo de pulso ultrasónico tenemos:

- a) "Cualquiera que sea el medio de propagación de las ondas, se necesita una única medida para obtener un valor representativo. Es decir, la dispersión de este ensayo resulta muy baja". (Silva, O, 2007, p.12).
- b) "Es un ensayo con elevada confiabilidad y fácil de realizar, sin dejar de lado que se refiere a uno de los ensayos no destructivos al concreto, con lo que, además, se garantizan repetitividad y versatilidad". (Silva, O, 2007, p.12).
- c) "Diversos autores consideran que, aunque este ensayo no permite evaluar directamente la resistencia del concreto, correlacionando las medidas ultrasónicas con la resistencia a partir de una combinación del método con calibración en laboratorio, podría ofrecerse una estimación de la resistencia característica del concreto ensayado con una precisión de $\pm 20\%$ ".(Silva, O, 2007, p.12).
- d) "El método se basa en un fenómeno físico muy bien conocido: la propagación de ondas en un medio material, el cual puede tornarse

complejo cuando el medio de propagación es heterogéneo. Este hecho implica diferentes fases que componen al material, con diferentes propiedades elásticas relativas a la propagación de ondas, heterogeneidad que representa una limitación en el conocimiento de la forma del frente de onda, así como también en el camino seguido por ella”. (Silva, O, 2007, p.12)

- e) “Las ondas de sonido se propagan en los medios sólidos a partir de excitaciones vibratorias en forma de ondas, y la velocidad de estas depende de las propiedades elásticas del medio en que se propagan, de manera que, conociendo la velocidad del sonido y la masa del sólido, es posible estimar las propiedades elásticas del medio, las cuales se pueden relacionar con los parámetros de calidad del material”. (Silva, O, 2007, p.12).

“El uso de Métodos No Destructivos para evaluar resistencias y niveles de daño en estructuras existentes, es de suma importancia. Una de las técnicas mas difundidas se basa en el ultrasonido”. (Urtubey, E; Schiava, R & Etse G ,200,p.14). El ultrasonido: “Un movimiento cualquiera que se repite a intervalos iguales de tiempo se llama movimiento periódico. El desplazamiento de una partícula en un movimiento periódico se puede expresar siempre mediante senos y cosenos por eso se llama también movimiento armónico. Si una partícula animada de movimiento periódico se mueve alternativamente en un sentido y en otro siguiendo la misma trayectoria, su movimiento se denomina oscilatorio o vibratorio”. (Urtubey, E; Schiava, R & Etse G ,200,p.14).

“Se denomina ensayo no destructivo (también llamado END, o en inglés NDT de non destructive testing) a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Los ensayos no destructivos implican un daño imperceptible o nulo.”(Instituto de dela ciudad de Ojeda, Diciembre 2012,p.14).

2.3.2. Concreto convencional

Rivva, E.(2004) define al concreto como: “Un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado”.(Rivva, 2004, p.34).

“La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste”. (Rivva, 2004, p.34).

“El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida. Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto”. (Rivva, 2004, p.34).

A. Composición

Siendo el concreto una mezcla en estado plástico y conformado por diversos elementos, su adecuada dosificación es indispensable y requiera estar bajo los estándares normalizados.

1. Cemento

“Se denomina cemento a un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua” (Castañeda, 2011). Mezclado con agregados pétreos (grava y arena) y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétreo, denominada hormigón (en España, parte de Sudamérica y el Caribe hispano) o concreto (en México parte de Sudamérica). Su uso está muy generalizado en construcción e ingeniería civil”. (Castañeda, 2011).

a) **Cemento Pacasmayo Tipo I**

“El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clíinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado” (Zegarra & Zegarra, 2015, p.53).

Cemento Portland Pacasmayo Tipo I



Figura 4: Cemento Portland Pacasmayo Tipo I

Fuente: (Cementos Pacasmayo S.A., 2014)

Propiedades

- Mayores resistencias iniciales.
- Menores tiempos de fraguado.

Aplicaciones

- Obras de concreto y concreto armado en general.
- Estructuras que requieran un rápido desencofrado.
- Concreto en clima frío.
- Productos prefabricados.
- Pavimentos y cimentaciones.

b) Propiedades físicas y químicas del cemento

“Los cementos pertenecen a la clase de materiales denominados aglomerantes en construcción, como la cal aérea y el yeso (no hidráulico), el cemento endurece rápidamente y alcanza resistencias altas; esto gracias a reacciones complicadas de la combinación cal- sílice” (Kosmatka et al., 2004, p.57).

Tabla 4:

Análisis Químico del cemento.

Cal	CaO	63.0 %
Sílice	SiO ₂	20.0 %
Alúmina	Al ₂ O ₃	6.0 %
Óxido de Hierro	Fe ₂ O ₃	3.0 %
Óxido de Magnesio	MgO	1.5 %
Álcalis	K ₂ O + Na ₂ O	1.0 %
Pérdida por calcinación	-	2.0 %
Residuo insoluble	-	0.5 %
Anhídrido Sulfúrico	So ₃	2.0 %
Cal Libre	CaOResiduo	1.0 %
Suma		100 %

Fuente: (ASOCEM, 1985).

Tabla 5:

Características del cemento.

Químicas	Físicas
Módulo Fundente	Superficie Especifica
Compuestos Secundarios	Tiempo De Fraguado
Pérdida Por Calcinación	Falso Fraguado
Residuo Insoluble	Estabilidad De Volumen
	Resistencia Mecánica
	Contenido De Aire
	Calor De Hidratación

Fuente: (ASOCEM, 1985)

c) **Peso específico del cemento**

“Un saco de cemento portland pesa 42,5 kg y tiene un volumen de aproximadamente 1 pie cúbico (28,32 lts) cuando acaba de ser empacado” (Kosmatka et al., 2004, p.67).

“El peso específico del cemento portland a granel puede variar considerablemente dependiendo de su manejo y almacenamiento. Un cemento portland demasiado suelto puede pesar únicamente 833 kg/m, mientras que si se compacta por vibración, el mismo cemento puede llegar a pesar 1650 kg/m. Por este motivo, la práctica correcta consiste en pesar el cemento a granel para cada mezcla de concreto que se vaya a producir. El peso específico del cemento Pacasmayo es de 3.15 gr/cm³”. (Kosmatka et al., 2004, p.67).

2. **Agregados**

Las características de las propiedades de los agregados empleados en la elaboración del concreto estructural, tienen un valor importante al diseñar las proporciones del mismo, son así mismo consideradas de una forma más conservadora en el presente estudio, pues para los fines de exactitud en la toma de datos, de los tiempos de tránsito de los pulsos de ultrasonido que viajan en el concreto, estas características influenciarán los resultados obtenidos de los ensayos.

Los agregados minerales generalmente ocupan alrededor del 70 a 80 % del volumen del concreto, debido a ello tienen una gran influencia en sus propiedades. Ellos son materiales granulares, que provienen la mayor parte de veces de roca natural, roca chancada o grava natural y arena. Aunque no son los únicos materiales usados como agregados, ellos son los de mayor uso.

- a) **Agregado Fino:** Define como las partículas de agregado menores de 4.75 mm pero mayores de 75 μ m, o también

como la porción de material que pasa la malla N°. 4 (4.75 mm) y es retenido en la malla número N°. 200 (0.075 mm).



Fuente: Toma propia.

- b) **Agregado Grueso:** Se define como las partículas de agregado mayores de 4.75mm. El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía. El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del mismo.



Fuente: Toma propia.

c) Propiedades principales de los agregados.

i. Granulometría de los agregados.

La distribución de los tamaños de las partículas o granulometría de un agregado es una característica importante debido a que determina los requerimientos de la pasta para lograr un concreto trabajable.

Debido a que el cemento es el componente más costoso del concreto, es deseable, minimizar el costo del concreto utilizando la menor cantidad de pasta consistente con la producción de un concreto que pueda ser manejado, compactado, acabado y proporcionar la resistencia y durabilidad necesaria.

El significado de la distribución de tamaño de partículas es mejor apreciado al concreto como un ensamblaje de partículas de agregados ligeramente compactadas y mantenidas juntas a través de la pasta de cemento. De este modo la cantidad de pasta depende de la cantidad de espacios vacíos que deben ser llenados y de la cantidad total de superficie de los agregados que debe ser recubierta por la pasta.

El volumen de los espacios entre las partículas de los agregados es mayor cuando las partículas son de tamaño uniforme (Figura 7.a). Cuando es utilizado un rango de tamaños, las partículas más pequeñas pueden ocupar los espacios vacíos dejados por las partículas más grandes (Figura 7.b), disminuyendo de este modo los espacios vacíos y por lo tanto los requerimientos de pasta por un lado y el aumento de resistencia por otro.

Utilizando un agregado con tamaño máximo más grande (Figura 7.c) se puede reducir también los espacios vacíos.

Representación esquemática de la granulometría

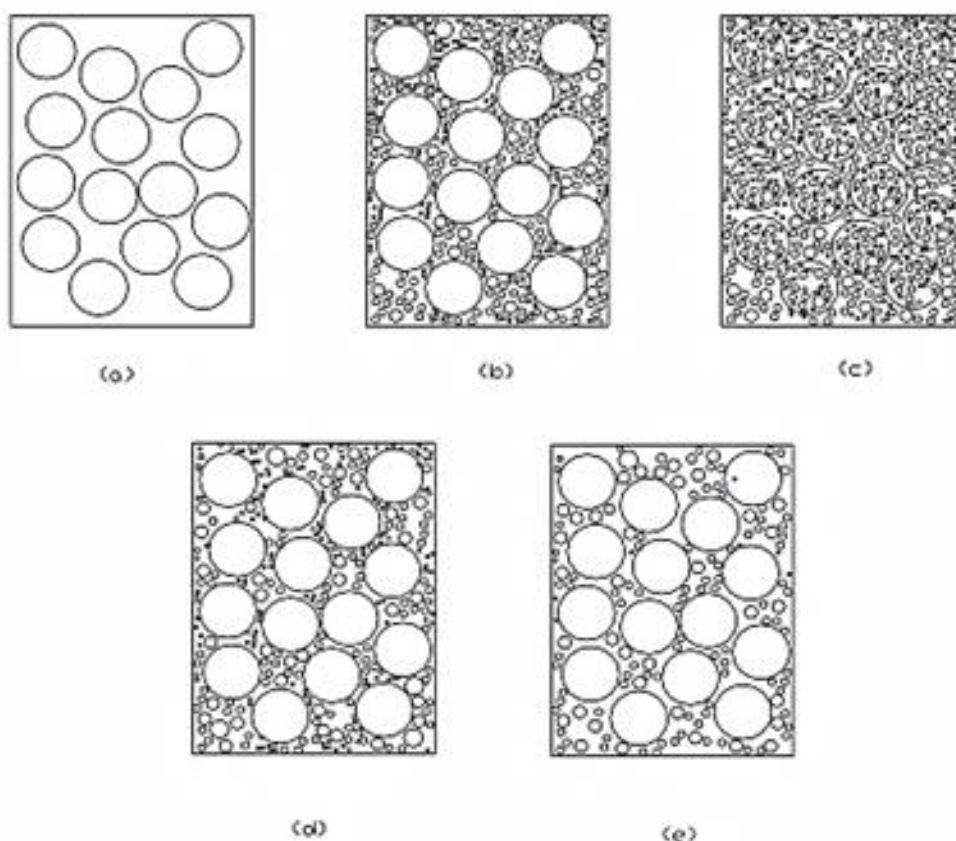


Figura 7: Representación esquemática de la granulometría de los agregados en un ensamble de partículas de agregados.

Fuente: Revista técnica de la facultad de Ingeniería Universidad del Zulia (Venezuela)

ii. Análisis de tamaño

La granulometría de un agregado es determinada por un análisis por tamices. Una muestra representativa del agregado es pasada a través de una columna de tamices ordenados por un orden decreciente del tamaño de la abertura de la malla de cada uno. Es conveniente dividir el agregado en una fracción gruesa y en una fracción fina.

La fracción gruesa del agregado es aquella retenida hasta el tamiz # 4 (de 4.76 MM de abertura de malla) mientras que la fracción fina del agregado es aquella que pasa por el tamiz antes mencionado. Los tamaños de los

tamices comunes están mostrados en la Tabla 7, en el rango de la fracción gruesa se les denomina por el tamaño de la abertura de la malla mientras que en el rango fino se les denomina por el número de aberturas por pulgada. También puede ser visto que en el rango fino, la abertura de cada malla es la mitad del inmediato superior. Los tamices en la secuencia de tamaños mostrada son llamados standard.

El análisis granulométrico de la arena se complementa calculando el módulo de finura, que es igual a la centésima parte de la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las mallas de la serie estándar. De ordinario se considera que la arena presenta un módulo de finura adecuado para la fabricación de concreto normal, si no es menor de ni mayor de 3.10.

Las arenas cuyo módulo de finura es inferior a 2.3, normalmente se consideran demasiado finas o inconvenientes para esta aplicación, porque suelen requerir mayores consumos de pasta de cemento, lo cual repercute en los cambios volumétricos y en el costo del concreto. En el extremo opuesto, las arenas con módulo de finura mayor de 3.1 resultan demasiado gruesas y también se les juzga inadecuadas por que tienden a producir mezclas de concreto ásperas, segregables.

En cuanto al análisis granulométrico del agregado grueso al igual que en el caso de la arena, es deseable que el agregado grueso en conjunto posea cierta continuidad de tamaños en su composición granulométrica; aunque vale decirlo los efectos que la gradación de la grava produce sobre la trabajabilidad de las mezclas de concreto, son mucho menores que los producidos por el agregado fino. Por tal motivo, la granulometría de un agregado grueso, de un tamaño máximo dado, puede variar dentro

de un rango relativamente amplio sin producir efectos apreciables en los requerimientos de agua y cemento.

Tabla 6:

Tamaños de tamices ASTM económicamente utilizados por análisis de agregados

	Designación ASTM del tamiz	Tamaño nominal de la abertura del tamiz	
		mm	pulgadas
Agregado Grueso	3 pulgadas	75	3
	2 1/2 pulgadas	63	2.5
	2 pulgadas	50	2
	1 1/2 pulgadas	37.5	1.5
	1 pulgadas	25	1
	3/4 pulgadas	19	0.75
	1/2 pulgadas	12.5	0.5
	3/8 pulgadas	9.5	0.375
Agregado Fino	No 4	4.75	0.187
	No 8	2.36	0.0937
	No 16	1.18	0.0469
	No 30	0.6	0.0234
	No 50	0.3	0.0124
	No 100	0.15	0.0059

Fuente: Normatividad ASTM

iii. **Peso Unitario**

Es el que se toma como volumen de referencia. Existen dos clases: el suelto, el cual se determina al dejar caer libremente el agregado dentro del recipiente, y el compacto: el material se compacta de modo similar a como se hace con el concreto.

iv. Peso Específico.

Es el peso de un cuerpo dividido entre su volumen. Los materiales granulométricos tienen dos tipos de pesos específicos: el aparente, que es el peso de un conjunto de agregados dividido entre su volumen incluyendo los espacios vacíos entre granos, y el absoluto: peso de un grano dividido entre su volumen.

v. Humedad y Absorción.

Es la diferencia entre el peso del material húmedo y el mismo, secado al horno. Se suele expresar como porcentaje en peso, referido al material seco. Esta se encuentra en los agregados de dos maneras diferentes: uno es rellenando los poros y micro poros internos de los granos, y la otra es como una película envolvente más o menos gruesa.

vi. Segregación.

Cuando se manejan agregados en los que hay presencia de granos con tamaños muy contrastantes, se puede presentar tendencia a su separación, en lo que denominamos segregación del agregado, lo cual generaría concreto de calidad heterogénea y dudosa.

La tendencia a la segregación se contrarresta manejando los agregados en fracciones separadas, de acuerdo a su tamaño, que solo se combinan en el momento del mezclado.

A veces la naturaleza produce gradaciones granulométricas combinadas, con gruesos y finos, y que teóricamente podrían ser adecuadas para usarse directamente como agregados.

vii. Impurezas.

Al agregado los puede acompañar algunas impurezas perjudiciales, la mayoría de origen natural y acompañando a la arena.

La materia orgánica en descomposición puede producir trastornos en las reacciones del cemento. El fraguado puede ser alterado, e incluso impedido, como es el caso en presencia de abundantes azúcares. También se pueden ver alterados el endurecimiento y a veces, la reacción de los aditivos químicos. Algunos tipos de materia orgánica no llegan a producir alteraciones importantes por lo cual, en términos generales, lo más recomendable es hacer pruebas directas en mezclas de estudios con los materiales que se pretende usar.

Otras impurezas importantes son las sales naturales, entre las cuales, las más frecuentes son el Cloruro de sodio y el sulfato de calcio o yeso, o bien las sales procedentes de efluentes industriales, que pueden tener una composición muy variada. El Ion cloruro, de la sal, produce la corrosión de las armaduras del concreto armado, y el Ion sulfato del yeso ataca la pasta.

viii. Forma de Partículas y Textura Superficial

La forma de partícula y la textura superficial de un agregado influyen más en las propiedades del concreto fresco, que en las propiedades de concreto endurecido. Para producir un concreto trabajable, las partículas alongadas, angulares, de textura rugosa necesitan más agua que los agregados compactos, redondeados y lisos.

En consecuencia, las partículas de agregado que son angulares, necesitan un mayor contenido de cemento para

mantener la misma relación agua-cemento. Sin embargo con una granulometría satisfactoria, los agregados triturados y no triturados (de los mismos tipos de rocas) generalmente dan la misma resistencia para el mismo factor de cemento, los agregados pobremente graduados o angulares pueden ser también más difíciles de bombear.

La adherencia entre la pasta de cemento y un agregado generalmente aumenta a medida que las partículas cambian de lisas y redondeadas a rugosas y angulares.

Este incremento en adherencia se debe considerar al seleccionar agregados para concreto en que sea importante la resistencia a la flexión o donde sea necesaria una alta resistencia a la compresión.

3. Agua Potable

“El agua cumple con dos funciones vitales en el desarrollo del concreto, como agua de mezclado y como agua de curado. Para la primera, casi cualquier agua natural potable, sin tener un sabor u olor notable, puede servir para el mezclado, pues el agua cuando funciona como un ingrediente en la fabricación de la mezcla ocupa entre 10% - 25% de cada m³ producido” (Zegarra & Zegarra, 2015, p.61).

“Se debe evitar a toda costa que esté contaminada de sulfatos pues estos son agresivos al cemento. El Agua Potable del laboratorio de la Universidad de Señor de Sipán (USS) se usara, la cual se encontraba libre de impurezas y apta para elaborar concreto. Este insumo cumple con la NTP 339.088.” (Zegarra & Zegarra, 2015, p.61).



Fuente: Toma Propia

4. Aditivo

Son materiales orgánicos o inorgánicos que se añaden a la mezcla durante o luego de formada la pasta de cemento y que modifican en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto.

Clasificación de los aditivos en el concreto

- Aditivos acelerantes
- Aditivos incorporadores de aire
- Aditivos reductores de agua-plastificantes
- Aditivos súper plastificantes
- Aditivos impermeabilizantes
- Aditivos retardadores
- Curadores químicos

Aditivo RRPLAST (Z Aditivo)

Aditivo líquido polifuncional plastificante, reductor de agua con efecto retardante sobre el fragua del concreto permitiendo un aumento en el tiempo de trabajabilidad, mayor durabilidad y

reduce la contracción por fragua y la permeabilidad, además como plastificante proporciona a la mezcla del concreto un incremento en el asentamiento (Slump) sin necesidad de agregar más agua especial.

Ventajas

- Se Obtiene mayor manejo de los tiempos de fragua y acabado.
- Mayor trabajabilidad especial para concretos caravista.
- No necesita aumentar el contenido de cemento por m³.
- Aumenta la resistencia final.
- Disminuye los agrietamientos.
- Reduce juntas frías.
- Aumenta el asentamiento (Slump) 10%.

Usos

- En la colocación de grandes cantidad de concreto pisos y pavimentos.
- Cisternas, canales, represas y toda estructura de concreto armado.
- Para bombear concreto.

Aplicación

- Como plastificante viene listo para ser agregado al agua del amasado, reducir proporcionalmente el agua según la cantidad de aditivo a usar.

Rendimiento

- Como plastificante usar de 3 onzas a 6 onzas.
- Densidad 1.22 kg/Ltr.

Z Aditivo (RRPLAST)



Figura 9: Z Aditivo (RRPLAST)

Fuente: Toma Propia

2.3.3. Ensayos en el Concreto Convencional

“El concreto es un material importante para la construcción, debido a ello es necesario determinar su calidad y buen comportamiento frente a cargas de diseño y durante los procesos constructivos, por lo cual normalmente se le efectúan diversos ensayos de control cuando está en estado fresco y endurecido”(valencia & Ibarra, 2013, p.8).

A. Ensayos en el Concreto Fresco

“Estos ensayos son esenciales para monitorear las características iniciales del concreto y el efecto que tienen los insumos en la mezcla final, de esta manera se controla su puesta en servicio. También aplica para la verificación de una mezcla de diseño o de una muestra de investigación”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.2).

“El tiempo para efectuar los ensayos de rutina no debe exceder de 15 minutos desde la toma de la muestra representativa, entre ellos tenemos los siguientes:” (valencia & Ibarra, 2013, p.2).

a) Ensayo para la medición del asentamiento (ASTM C143)

“Este ensayo es el método más usado para medir la consistencia del concreto, aunque no mide todos los factores que contribuyen a la trabajabilidad, de todos modos es usado convenientemente como una prueba de control dado que ofrece una indicación de la uniformidad de la mezcla” (valencia & Ibarra, 2013, p.3).

“Bajo condiciones de laboratorio con estricto control de todos los materiales del concreto (en ausencia de aditivos plastificantes), el asentamiento está vinculado proporcionalmente al contenido de agua que tiene la mezcla y por lo tanto está inversamente relacionado con la resistencia del concreto”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.3).

“Para este ensayo se utiliza el cono de Abrams y el tiempo de evaluación no debe ser mayor a 2.5 minutos de realizado el muestreo la mezcla. La consistencia del concreto se establece por la medida del asentamiento, el cual está determinado por la diferencia entre la altura del molde cónico invertido y la altura del cono de mezcla deformado, la medida es tomada en el eje del cono de concreto y se expresa en pulgadas”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.3).

b) Ensayo para determinar el peso unitario y densidad (ASTM C138)

“Este ensayo sirve para determinar el peso unitario y el rendimiento de la mezcla. Para realizar este ensayo se utiliza un molde rígido el cual se rellena y compacta metódicamente, se determina la masa de concreto restando la masa del molde de la masa total; para obtener la densidad se divide la masa del concreto entre el volumen del molde. Los valores de rendimiento (PU real entre PU teórico) deberían estar en el rango de 1.00 +/- 0.02 para considerarse aceptables” (valencia & Ibarra, 2013, p.4).

c) Ensayo para determinar el contenido de aire (ASTM C138)

“Este ensayo determina la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados, el control del contenido del aire entrampado es importante, debido a que un incremento relevante del mismo se traduce en una disminución de la resistencia por el aumento de vacíos en el mortero” (valencia & Ibarra, 2013, p.4).

d) Ensayo para determinar la temperatura (ASTM C1064)

Este ensayo cumple con la finalidad de examinar la temperatura del concreto recién mezclado, puede usarse para verificar que dicho concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura; es importante realizar este control debido a que condiciona la velocidad del proceso de endurecimiento inicial del concreto, la cual es influenciada por la temperatura ambiente y calor específico de los materiales constituyentes; a mayor temperatura durante el muestreo mayor será la resistencia inicial y también el efecto de contracción, disminuyendo posiblemente la resistencia a largo plazo.

“El ensayo consiste en colocar un dispositivo de medición de temperatura en la muestra de concreto de tal modo que esté rodeado de mezcla por todos sus lados (al menos 3” y lejos del recipiente que lo contiene), el tiempo mínimo que debe estar introducido el dispositivo medidor es de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice. Se debe efectuar este ensayo dentro de los 5 minutos de tomada la muestra” (valencia & Ibarra, 2013, p.8).

B. Ensayos en el concreto en estado endurecido

“Estos ensayos se efectúan para determinar la resistencia y/u otros parámetros de calidad mediante pruebas estándar efectuadas a probetas de concreto fraguadas o a especímenes extraídos de un

elemento de concreto, los cuales pueden ser obtenidos en obra o en alguna evaluación realizada en laboratorio. Se pueden clasificar en:" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).

a) Ensayos Destructivos en el Concreto

"Son pruebas realizadas sobre testigos de concreto que permiten determinar, generalmente de forma directa, ciertas propiedades inherentes al material, produciendo en ellos una alteración irreversible de su geometría dimensional y/o de su composición química. Se tiene por ejemplo:" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).

- "Ensayo de resistencia a compresión" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).
- "Ensayo a flexo tracción" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).
- "Ensayo a tracción indirecta" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).
- "Ensayo petrográfico" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).
- "Ensayo de contenido de cloruros (si se analiza una sección de concreto)" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).
- "Ensayo del grado de carbonatación (si se analiza una sección de concreto)" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).
- "Ensayo de permeabilidad" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).
- "Ensayo de humedad" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).
- "Ensayo de resistencia a la abrasión" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).

b) Ensayos no destructivos en el Concreto

"Son métodos que permiten inspeccionar o comprobar determinadas propiedades del concreto endurecido, sin afectar de forma permanente sus dimensiones, características de servicio, propiedades físicas, químicas o mecánicas" (valencia & Ibarra, 2013, p.5).

“Cada método tiene ventajas y limitaciones, en general los ensayos no destructivos proveen datos no muy exactos acerca del estado de la variable a evaluar a comparación de los ensayos destructivos, por lo cual es conveniente complementar los resultados de ensayos no destructivos con datos provenientes de ensayos destructivos; sin embargo, suelen ser más económicos ya que no implican la destrucción del elemento evaluado y algunos de ellos permiten hacer más de una repetición” (valencia & Ibarra,2013,p.5).

“La aplicación de los métodos de ensayos no destructivos se encuentra resumida en los siguientes grupos:” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).

“**Caracterización:** Evaluación de características químicas, estructurales, mecánicas, físicas, etc.” (Valencia & Ibarra, 2013, p.6).

“**Metrología:** Control de espesores, medidas de espesores de recubrimiento, niveles de llenado, etc.” (Valencia & Ibarra, 2013, p.6).

“Hay distintos métodos de ensayos no destructivos para concreto, cada uno de ellos depende del parámetro que se desee controlar y las condiciones bajo las cuales se realice el ensayo, entre estos métodos tenemos:” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).

- “Ensayo de ultrasónico” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).
- “Ensayo con esclerómetro” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).
- “Ensayo de líquidos penetrantes” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).
- “Ensayo de partículas magnetizables” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).
- “Ensayo radiográficos” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).
- “Ensayo de emisiones acústicas” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).
- “Ensayo de impacto acústico” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).

- “Prueba de carga” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).
- “Ensayo por absorción o difusión de isótopos radiactivos” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).
- “Método de madurez” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).

2.3.4. Ensayos de la Materia de Investigación

“Los ensayos en el concreto endurecido que son de especial interés para realizar la presente investigación son: el Ensayo de Resistencia a Compresión (Ensayo Destructivo - ED) y el Ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico (Ensayo No Destructivo - END)” (valencia & Ibarra, 2013, p.6).

a) Ensayos de Resistencia a compresión:

Norma

“**ASTM C39** - Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.” (Valencia & Ibarra, 2013, p.7).

“**NTP 339.034** - Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.7).

Definición:

“Consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.7).

“El parámetro obtenido es una propiedad principalmente física y es frecuentemente usado en el diseño de estructuras, se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) o en megapascuales (MPa).” (Valencia & Ibarra, 2013, p.7).

Importancia:

“Los resultados de las pruebas de Resistencia a Compresión se emplean fundamentalmente para verificar que la mezcla del concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada (f_c) en la definición del proyecto”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.7).

“También se puede utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia en elementos estructurales que permitan definir la programación de los siguientes procesos constructivos en la ejecución de una obra (remoción de encofrados, puntales, etc.)”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.7).

Equipo:

“La máquina de ensayo deberá tener capacidad conveniente, debe ser operada por energía (no manual) y debe permitir una velocidad de carga sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s, de forma continua sin intermitencia ni detenimiento”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.7).

“La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, uno de los cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la parte superior de la probeta, y el otro se apoya sobre una sólida base en el que se asienta la parte inferior de la misma. Las caras de los bloques serán paralelas durante el ensayo y deben tener una dimensión mínima de al menos 3% mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.7).

Especímenes para ensayo:

“El ensayo se puede realizar con especímenes obtenidos en cualquiera de las siguientes condiciones.” (valencia & Ibarra, 2013, p.8).

“Especímenes curados y moldeados, de acuerdo con la ASTM C31, de una muestra de concreto fresco” (valencia & Ibarra, 2013, p.8).

“Especímenes extraídos o aserrados de una estructura de concreto endurecido, de acuerdo con la ASTM C42” (valencia & Ibarra, 2013, p.8).

“Especímenes producidos con moldes de cilindros colocados in situ (embebidos en la estructura), de acuerdo con la ASTM C873” (valencia & Ibarra, 2013, p.8).

Consideraciones de ensayo:

“Registrar como dato la edad de la probeta a ensayar, la cual es la diferencia entre la fecha de ensayo y la fecha de elaboración. Para la hora de ensayo considerar las siguientes tolerancias:” (valencia & Ibarra, 2013, p.9).

Tabla 7:

Tolerancia permisible para tiempo de curado y hora de ensayo.

Edad de ensayo de resistencia a compresión	Tolerancia permisible
24 horas	± 0.5 horas o 2.1 %
3 días	± 2 horas o 2.8 %
7 días	± 6 horas o 3.6 %
28 días	± 20 horas o 3.0 %
90 días	± 48 horas o 2.2 %

Fuente: (ASTM C39, 2012).

“Para probetas de dimensiones 6” x 12” se tomará como valor de resistencia de un determinado diseño de mezcla el promedio del resultado de 2 probetas y para las dimensiones de 4” x 8” el promedio del correspondiente a 3 probetas, tomar en cuenta el porcentaje de dispersión máximo a controlar para cada caso:” (valencia & Ibarra, 2013, p.9).

Tabla 8:*Porcentaje de dispersión máxima*

	Coeficiente de Variación	Rango aceptable de Resistencias individuales por Cilindro	
6" x 12" (150mm x 300mm)			
Condiciones de laboratorio	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Condiciones de campo	2.9 %	8.0 %	9.5 %
4" x 8" (100mm x 200mm)			
Condiciones de laboratorio	3.2 %	9.0 %	10.6 %

Fuente: (ASTM C39, 2012).**Tabla 9:***Fuentes de Variación a la resistencia a Compresión.*

Debido a variaciones en las propiedades del concreto	Debido a deficiencias en los métodos de prueba
1) Cambios en la relación Agua/Cemento a) Control deficiente de la cantidad de agua. b) Variación excesiva de humedad en los agregados. c) Agua adicional al pie de obra. 2) Variación en los requerimientos de agua de mezcla. a) Gradación de los agregados, absorción y forma. b) Características del Cemento y Aditivos. c) Contenido de aire. d) Tiempo de suministro y temperatura. 3) Variaciones en las características y proporciones de los insumos. a) Agregados. b) Cemento. c) Puzolanas. d) Aditivos. 4) Variaciones ocasionadas por el transporte, colocación y compactación. 5) Variaciones en la temperatura y curado.	1) Procedimientos de muestreo inadecuados. 2) Dispersiones debidas a las formas de preparación manipuleo y curado de cilindros de prueba. 3) Mala calidad de los molde para cilindros de prueba. 4) Defectos de curado : a) Variaciones de temperatura. b) Humedad Variable. c) Demoras en el transporte de los cilindros al laboratorio. 5) Procedimientos de ensayo deficientes. a) En el refrendado (capping) de los cilindros. b) En el ensayo de compresión.

Fuente: (ASTM C39, 2012).

Diagrama esquemático de los patrones de fractura –Tipo de Fallas

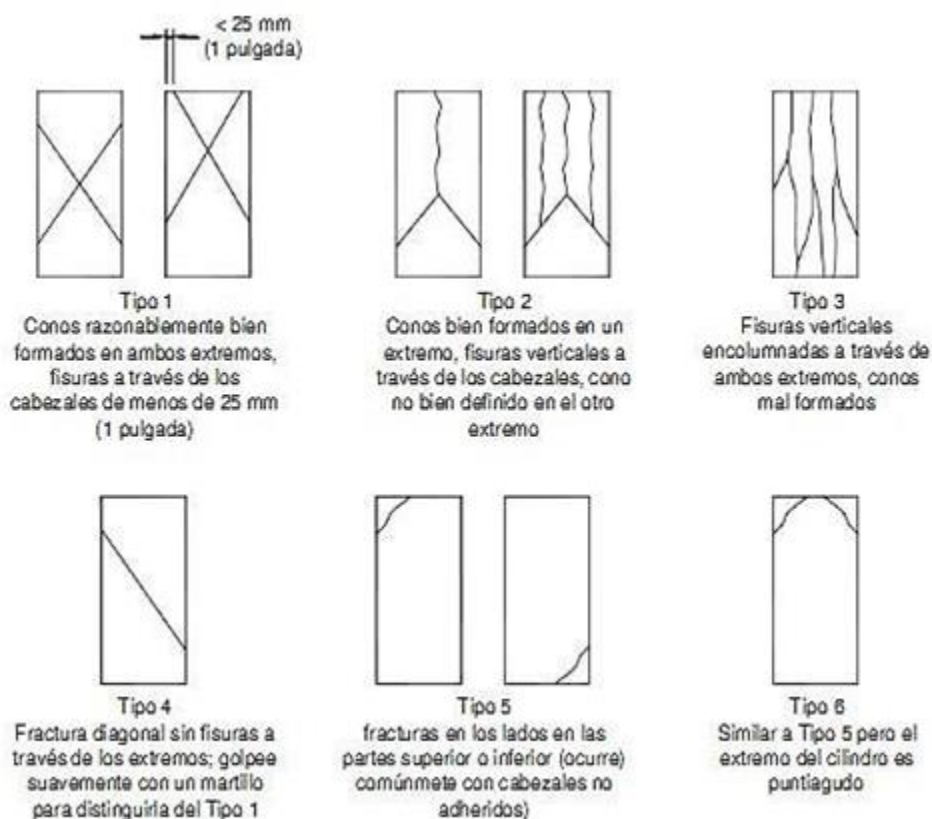


Figura 10: Diagrama esquemático de los patrones de fractura –Tipo de Fallas.

Fuente: (ASTM C39, 2012).

b) Ensayo ultrasónico

Norma:

“**ASTM C597** - Método de prueba estándar para la velocidad de pulso a través del concreto”. (Valencia & Ibarra, 2013, p.11).

Definición:

“Este método de ensayo consiste en determinar la velocidad de pulso ultrasónico a partir de la generación de pulsos de ondas de tensión longitudinal emitidos por un transductor electro-acústico que se mantiene en contacto con la superficie del concreto bajo prueba. Después de recorrer a través el espécimen de concreto, estos pulsos son recibidos y convertidos en energía eléctrica por un segundo transductor situado a una distancia (L) de la transmisión del primer transductor; el tiempo de tránsito (T) se mide electrónicamente y la

velocidad del pulso ultrasónico (V) se puede establecer dividiendo L entre T” (valencia & Ibarra, 2013, p.11).

“El parámetro obtenido (V) está asociado a las propiedades del concreto y su densidad, por lo mismo permite predecir el estado de calidad del mismo en estado endurecido; se expresa en metros por segundos (m/s)” (valencia & Ibarra, 2013, p.11).

Importancia:

“Este método se puede usar principalmente para pruebas de control de calidad e inspección in situ en estructuras de concreto; como indica la ficha técnica de un proveedor del equipo: “El sistema es ideal para revisar la uniformidad del concreto, cavidades, fisuras o defectos por hielo-deshielo o fuego, como también para la determinación de resistencias”. Este método como ensayo no destructivo resulta útil por su simplicidad, versatilidad y respetabilidad” (valencia & Ibarra, 2013, p.11).

Equipo:

“Las partes del mismo están constituidas por las siguientes características:” (valencia & Ibarra, 2013, p.11).

Generador de pulso eléctrico – Transductor transmisor

“El generador de pulso consiste en un circuito para producir pulsaciones de voltaje, el transductor transforma estas pulsaciones en ondas intermitentes de energía mecánica, las cuales deben tener una frecuencia de resonancia con intervalo de 20 a 100 kHz. El generador de pulso debe producir las pulsaciones en forma repetitiva con un valor no menor de 3 pulsos por segundo y para iniciar la medición del tiempo del circuito producirá un pulso de disparo” (valencia & Ibarra, 2013, p.11).

El amplificador – Transductor receptor

“El voltaje generado debe ser amplificado tanto como sea necesario, para producir pulsaciones que se detecten en el circuito medidor de tiempo. El amplificador tendrá una respuesta clara entre

la mitad y tres veces la frecuencia de resonancia del transductor receptor” (valencia & Ibarra, 2013, p.12).

Los transductores

“Los transductores, emisor y receptor, pueden ser construidos con elementos piezoeléctricos, magneto estrictitos, u otro material sensible al voltaje, ellos pueden ser: cuarzo, sulfato de litio, titanato de bario, metaniobato de bario y zirconato titanato de plomo” (valencia & Ibarra, 2013, p.12).

Circuito de medición de tiempo

“El circuito de medición de tiempo y los pulsos de disparo asociados deberán estar en condiciones de ofrecer una precisión de tiempo de medición de al menos 1 μ s y deben ser insensibles a una temperatura de funcionamiento que oscile entre 0 y 40 °C. La medición debe iniciarse mediante una descarga de voltaje procedente del generador de pulsos, y operar repetitivamente con la misma frecuencia” (valencia & Ibarra, 2013, p.12).

Unidad de pantalla

“Existen dos tipos: uno que utiliza un tubo de rayos catódicos, en el que los pulsos transmitidos y recibidos se transforman en deflexiones de trayectoria para una escala de tiempo; y otro que utiliza un cronómetro con respuestas digitales” (valencia & Ibarra, 2013, p.12).

Barra Calibradora

“Es una barra de metal u otro material resistente del cual se conoce el tiempo de tránsito de las ondas longitudinales. Dicho tiempo de tránsito deberá estar marcado permanentemente en la barra como referencia” (valencia & Ibarra, 2013, p.12).

Cables de conexión

“En el caso de necesitar cables de conexión muy largos se recomienda usar cables coaxiales blindados de baja capacitancia” (valencia & Ibarra, 2013, p.13).

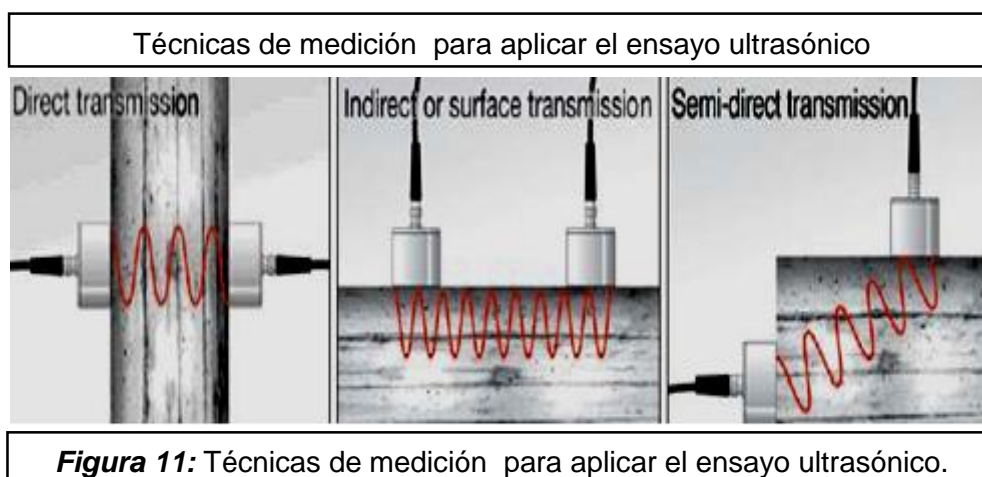
“Tipos de medición:

Existen tres técnicas de medición para realizar el ensayo de ultrasonido:” (valencia & Ibarra, 2013, p.13).

- “**Medición directa:** Se aplica en caras opuestas, proporciona la máxima sensibilidad y provee una longitud de trayectoria bien definida. Siempre que sea posible es conveniente aplicar esta técnica de medición” (valencia & Ibarra, 2013, p.13).

- “**Medición indirecta:** Se aplica en la misma cara (considerando que la otra cara es inaccesible), es la menos satisfactoria, ya que además de su relativa sensibilidad, nos da medidas de la velocidad de pulso que usualmente tienen la influencia de la capa de concreto cercana a la superficie, que no serán representativas del concreto en estratos más profundos” (valencia & Ibarra, 2013, p.13).

- “**Medición semi-directa:** Si por determinadas circunstancias el concreto tiene que examinarse mediante el uso de trayectorias diagonales (en caras adyacentes), es posible aplicar esta medición, tomando en cuenta que la distancia a medir será en diagonal, aplicando el teorema de Pitágoras entre los centros de los transductores” (valencia & Ibarra, 2013, p.13).



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla 10:

Clasificación de la calidad del concreto según Leslie y Cheesman.

Calidad de Concreto	Velocidad de Pulso Ultrasónico (m/s)
Buena	> 3000
Regula	De 2500 a 3000
Pobre	< 2130

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla 11:

Clasificación de la calidad del concreto según Agraval.

Calidad de Concreto	Velocidad de Pulso Ultrasónico (m/s)
Excelente	> 4570
Buena	De 3650 a 4570
Regular	De 3050 a 3650
Pobre	De 2130 a 3050
Muy pobre	< 2130

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala

c) Ensayo adicional con el esclerómetro (END)

Norma:

N.T.P. 399.181 - Método de ensayo para determinar el número de rebote en el hormigón endurecido.

ASTM C805 - Método de ensayo cubre la determinación de un número de rebote de hormigón endurecido utilizando un martillo de acero accionado por resorte.

Esclerómetro

Dentro de los métodos no destructivos, los de dureza superficial son los más generalizados, por su economía y facilidad de ejecución,

entre ellos el método del esclerómetro es empleado por el mayor número de obras.

Campo de Aplicación

Originalmente, fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Sin embargo, por los diferentes factores que afectan los resultados y la dispersión que se encuentra, en la actualidad se le emplea mayormente en los siguientes campos:

- Evaluar la uniformidad del concreto en una obra.
- Delimitar zonas de baja resistencia en las estructuras.
- Informar sobre la oportunidad para desencofrar elementos de concreto.
- Apreciar, cuando se cuenta con antecedentes, la evolución de la resistencia de estructuras.
- Determinar niveles de calidad resistentes, cuando no se cuenta con información al respecto.
- Contribuir, conjuntamente con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.



Fuente: Universidad Señor de Sipan – Laboratorio.

2.4. Base Científica

2.4.1. Normas Técnicas

Norma Técnica Peruana (NTP)

La Norma Técnica es una herramienta indispensable para la competitividad en la industria de la construcción por que garantizan a través de su aplicación, los requisitos de calidad, los métodos de ensayos normalizados para satisfacer las expectativas de los consumidores y asegurar la formalidad del mercado. El concreto en el Perú es uno de los productos con mayor número de normas que tienen inicio con el proceso de normalización. Para este trabajo de investigación, es importante conocer las Normas Técnicas Peruanas de Agregados y Concretos, sus especificaciones y ensayos, con la finalidad de dar a conocer los requisitos de calidad vigentes.

AGREGADOS FINOS Y GRUESOS: ENSAYOS

1. NTP 400.012; 2013. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
2. NTP 400.017; 2011. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
3. NTP 400.022; 2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
4. NTP 400.021; 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

RESISTENCIA: ENSAYOS

5. NTP 339.034; 2008. (CONCRETO). Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.
6. NTP 339.035; 2009. (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.

CURADO DE ESPECÍMENES

7. NTP 339.183; 2009. (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

SOCIEDAD AMERICANA DE PARA PRUEBAS Y MATERIALES (ASTM)

8. ASTM C39 (ENSAYOS AL CONCRETO). Esfuerzo de compresión en especímenes cilíndrico de concreto.
9. ASTM C31 (ENSAYOS AL CONCRETO). Fabricación y curado de especímenes de concreto en obra.
10. ASTM C192 (ENSAYOS AL CONCRETO). Fabricación y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

2.5. Definición de términos básicos

1. “**ACI:** American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto). Es una organización de Estados Unidos de América que publica normas y recomendaciones técnicas con referencia al concreto reforzado” (Sánchez, 2015).
2. “**Adherencia:** unión física que resulta de haberse fusionado un material con otra. Lo usamos para referirnos a la unión del concreto con el acero” (Méndez, 2012).
3. “**Aglomerante o conglomerante:** Materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables” (Méndez, 2012).
4. “**Agregados:** Es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en la NTP 400.011. Los agregados son la parte inerte del concreto empleado con un medio cementante para formar el concreto” (Céspedes, 2003).

5. **“Agregados finos:** Consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pasan la malla N° 4 (4.75 mm)” (Céspedes, 2003).
6. **“Agregados gruesos:** Consisten en grava o agregado triturado y son aquellas partículas retenidas en la malla No. 4 (4.75 mm)” (Céspedes, 2003).
7. **“Análisis granulométrico o mecánico:** Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños” (Onofre & Vera, 2014).
8. **“ASTM:** American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)” (Méndez, 2012).
9. **“Compresión:** Es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección” (Prado, 2014).
10. **“Curado del concreto:** Tratamiento que se da al concreto después de su colocación manteniendo húmedas sus superficies, lo cual impide la rápida evaporación del agua de amasado. Esta tarea suaviza la retracción del material y evita su agrietamiento por un secado brusca” (Rodríguez, 2015).
11. **“Control de calidad:** Acciones que toma un productor o un constructor para asegurar un control sobre lo que se está ejecutando y lo que se está suministrando, para asegurar que se están cumpliendo con las especificaciones y normas de aplicación y con las prácticas correctas de ejecución”.
12. **“Diseño de mezcla de concreto:** Proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados” (Rodríguez, 2015).

13. “**Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque”.
14. “**Durabilidad:** Habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto” (Rodríguez, 2015).
15. “**Ensayo de compresión:** Ensayo para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión” (Rodríguez, 2015).
16. “**Ensayo destructivo:** Es aquel que destruye la muestra al ser ensayada, puede ser en la obra o en el laboratorio.
17. “**Ensayo no destructivo:** Aquellas pruebas que no causan daño estructural significativo en el concreto, radican en su relativa simplicidad, rapidez y en la posibilidad de efectuar un alto número de determinaciones sin alterar su resistencia y funcionalidad a un relativo bajo costo”.
18. “**Flexión:** En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término *alargado* se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras” (Rabinovich & Muñoz, 2012).
19. “**Fraguado:** Proceso físico – químico por medio del cual un Conglomerante (cal, cemento, yeso u otras masas) se endurece” (Rodríguez, 2015).
20. “**Humedad Superficial:** o agua libre a la diferencia entre los estados saturado o húmedo y el estado saturado superficialmente seco. Es aquella con la que contribuirá el agregado al agua de la mezcla” (Requena, 2015).

21. **“Hidratación:** Reacción físico - química que se produce al mezclar una sustancia con el agua, dando lugar a nuevas sustancias y compuestos” (Rodríguez, 2015).
22. **“ITINTEC:** Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas.
23. **“Impermeabilidad:** Propiedad de ciertos materiales de impedir la penetración de agua u otros líquidos” (Rodríguez, 2015).
24. **NTP:** Norma Técnica Peruana.
25. **Peso específico:** Es el peso entre el volumen sin vacío.
26. **Peso unitario:** Es el peso entre el volumen considerando los vacíos.
27. **“Probeta o testigo:** Muestra de cualquier material o sustancia para probar su elasticidad, resistencia, etc.” (Rodríguez, 2015).
28. **Resistencia:** Capacidad de un material de presentar oposición, en mayor o menor grado, frente a las fuerzas aplicadas sobre el mismo, sin sufrir deformaciones o rotura.
29. **Resistencia a la compresión:** Máxima presión que resiste un elemento de concreto después de 28 días de vaciado antes de romperse. Se expresa en kg/cm^2 . Y se designa con el símbolo $f'c$ en los planos. El concreto para una casa debe ser $175\text{kg}/\text{cm}^2$.
30. **Retracción:** Es el acortamiento del concreto que tiene lugar durante el fraguado. El concreto se contrae cuando pierde humedad por evaporación. Este fenómeno se puede observar fácilmente cuando un concreto seco tiene grietas en su superficie.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

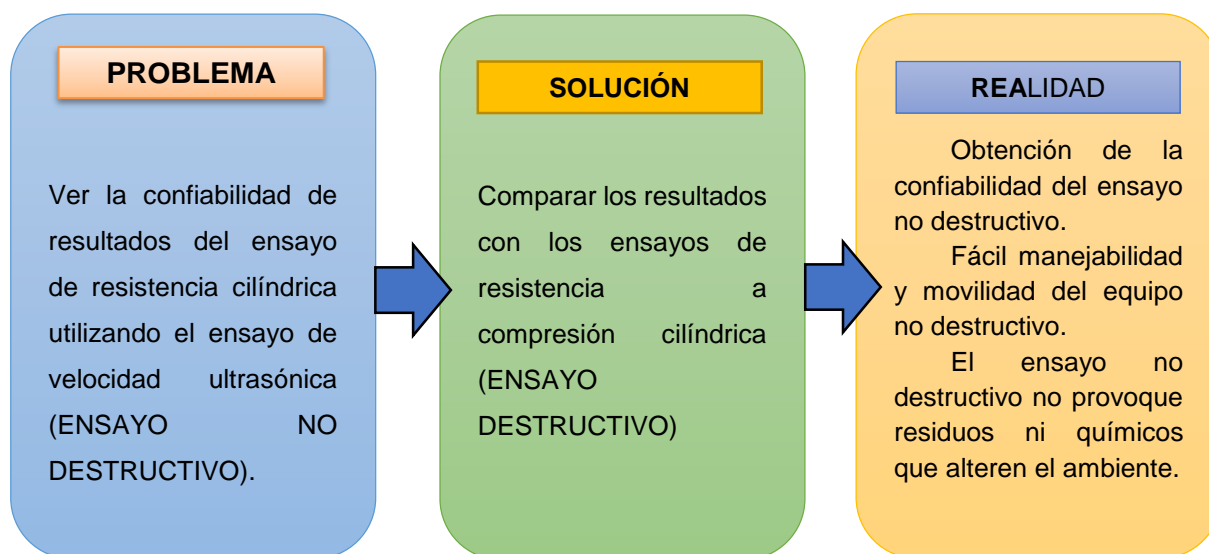
3.1. Tipo y diseño de la Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

“De acuerdo al tipo de investigación, se deseó alcanzar el presente proyecto, que se clasificó como investigación Tecnológica, ya que entre las dos máquinas usadas en laboratorio serán comprobados mediante una relación o correlación entre sí. (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

3.1.2. Diseño de la Investigación

“El diseño de la investigación que se usó es el Experimental, porque se realizó ensayos en laboratorio, para obtener la correlación que hay entre la resistencia cilíndrica a compresión con la velocidad de pulso ultrasónico, con diferentes dosificaciones de concreto convencional. (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).



3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población destinada para esta investigación serán el conjunto de cilindros de concreto (testigos) ensayadas según NTP 339.034:2008 equivalente al ASTM C-39.

3.2.2. Muestra

Las muestras fueron las probetas de concreto (4 x 8 pulgadas), obteniendo un total de 80 probetas, elaboradas con concreto convencional, en la cual fueron 4 mezclas diferentes dosificaciones de concreto convencional, creando las distintas mezclas con cemento portland Tipo I, agregado fino, agregado grueso (1/2") agua y adicionalmente aditivo, con días de curado estándar para las edades 7, 14,21 y 28 días. Se muestras Tabla de Probetas para el estudio de la investigación.

Tabla 12:

Cuadro de diseño de mezclas

Diseño f'c kg/cm ²	N° de Probetas por edad de ensayo								N° total de probetas
	7 días		14 días		21 días		28 días		
	A	B	A	B	A	B	A	B	
175	3	2	3	2	3	2	3	2	20
210	3	2	3	2	3	2	3	2	20
280	3	2	3	2	3	2	3	2	20
350	3	2	3	2	3	2	3	2	20
							$\Sigma =$		80

A = Número de probetas para el tema de investigación.

B = Número de probetas para ensayo adicional.

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Hipótesis

En concreto convencional a mayor resistencia cilíndrica a compresión, se obtendrá mayor velocidad de pulso ultrasónico en el concreto.

3.4. Variables

3.4.1. Variables Dependientes

- La resistencia a compresión, denominada también R o resistencia en el presente estudio.
- La velocidad e pulso ultrasónico, denominada también V o velocidad en el presente estudio.

3.4.2. Variables Intervinientes

- Concreto Convencional.

3.4.3. Variables Independientes

- Resistencia de diseño del Concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia de diseño del Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia de diseño del Concreto $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia de diseño del Concreto $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$

3.5. Operacionalización

Tabla 13:

Cuadro de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	SUBÍNDICES	ÍNDICE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE							
Concreto convencional	Estructura	Cemento	Portland Extra Forte Tipo I	Kg	Observación Análisis de documentos	Guía de observación Guía de análisis documental	Ensayos Varios
		Agregados	Agreg. Fino	m ³	Observación Análisis de documentos	Guía de observación Guía de análisis documental	Ensayos Varios
			Agreg. Grueso	m ³	Observación Análisis de documentos	Guía de observación Guía de análisis documental	Ensayos Varios
		Agua	-	Lts	Observación Análisis de documentos	Guía de observación Guía de análisis documental	Ensayos Varios
	Propiedades	Resistencia a compresión	-	Kg/cm ²	Observación Análisis de documentos	Guía de observación Guía de análisis documental	Máquina de compresión Axial
		Trabajabilidad	-	Mm	Análisis de documentos Observación	Guía análisis documental Guía de observación	Cono de Abrams
		Impermeabilidad	-	K (m/s)	Análisis de documentos Observación	Guía análisis documental Guía de observación	Ensayo de impermeabilidad
	Normatividad	ASTM C143	Asentamiento	Cm	Análisis de documentos	Guía de análisis documental	Cono de Abrams
		ASTM C138	Peso unitario y densidad	Kg/m ³	Análisis de documentos	Guía de análisis documental	Molde Rígido
		ASTM C138	Contenido Aire	%	Análisis de documentos	Guía de análisis documental	
		ASTM C1064	Temperatura	°C	Análisis de documentos	Guía de análisis documental	Dispositivo de medición
	DEPENDIENTE						
Ensayo de Resistencia a compresión	Normatividad	ASTM C 39	Resistencia a compresión uniaxial	Kg/cm ²	Análisis de documentos	Guía de análisis documental	Máquina de ensayos a compresión
		NTP 339.034	Resistencia a compresión uniaxial	Kg/cm ²	Análisis de documentos	Guía de análisis documental	
Ensayo de Velocidad de pulso	Normatividad	ASTM C597	Velocidad	m/s	Análisis de documentos	Guía de análisis documental	V-METER (ultrasonic system with software)

Fuente: Elaboración Propia.

3.6. Método, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Métodos de Investigación

Deductivo:

“En este estudio se vio de las normas en general para el diseño de la mezcla del concreto convencional a lo particular con dosificaciones ($f'c$) especificadas de resistencia a la compresión”. (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

Inductivo:

“Una vez identificados los componentes e indicadores se observará y registrará cada resultado obtenido de los ensayos en laboratorio”. (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

Análisis:

“Es descomposición del objetivo de estudio en partes, ya que en nuestro estudio de investigación conoció los rasgos y las propiedades del concreto convencional”. (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

Observación:

“Esta técnica se usó para la recolección datos cuantitativos, características, comportamiento y diversos factores que presentó el objeto de estudio de nuestra investigación”. (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

Análisis de Documentos:

“Se usó esta técnica, para la obtención de información mediante el estudio y análisis de documentos que contienen datos, símbolos, procedimientos (diagrama de flujo), etc.” (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

3.6.3. Instrumentos de recolección de datos

Guía de observación

“Se utilizó como guía de observación, los formatos requeridos para completar los datos según cada ensayo que se realizó en el laboratorio, se observaron los fenómenos y se procedió a hacer las anotaciones correspondientes”. (Véase en la sección Anexos). (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

Formatos que fueron proporcionados por el Laboratorio de USS. “Se emplearán los siguientes formatos.” (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

- a) Formato para ensayo granulométrico de agregados.
- b) Formato para ensayo de contenido de humedad de agregados.
- c) Formato para ensayo de absorción de los agregados.
- d) Formato para ensayo de peso unitario de los agregados.
- e) Formato para ensayo de peso específico de agregados.
- f) Formato para anotar la resistencia mecánica de las probetas.

Guía de análisis de documentos

“Se utilizó como guía de documentos, la normatividad del ASTM, NTP, ACI, ITINTEC las cuales establece en sus artículos los métodos adecuados procedimientos para el desarrollo de los ensayos de laboratorio y cálculos respectivos”. (Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros, 2015).

3.7. Procedimiento para la recolección de datos

3.7.1. Diagrama de Flujo de Proceso



Figura 13: Diagrama de Procesos

Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Descripción de los Procesos

1. Recolección de la Información Disponible

Se recolectó de la información con las técnicas de observación, análisis de documentos de una serie de ensayos de laboratorio

tanto como materiales: cemento, agregados (fino y grueso) y el agua potable para emplear en la mezcla del concreto convencional propiamente dicho, que garanticen el cumplimiento de los parámetros establecidos por la norma ASTM (Sociedad Americana para el ensayo e inspección), NTP (Norma Técnica Peruana), ACI (Instituto Americano del Concreto) y ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas).

2. Adquisición del Material e Insumos

Los materiales necesarios para el desarrollo del presente trabajo, se obtuvieron de la siguiente manera:

- El cemento Pacasmayo Portland TIPO I adquirida en la empresa Dino, en el Parque Industrial Carretera Pimentel – Chiclayo.
- El agregado grueso (Piedra Chancada 1/2”), proveniente de la cantera Cerró Caballo Blanco, Distrito de Zaña, Provincia de Chiclayo.
- El agregado fino (Arena Zarandeada), proveniente de la cantera La Victoria, Distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo.
- El agua que se utilizó, es el agua común “agua potable”
- El aditivo (Z – RRPLAST) adquirida en el laboratorio de la universidad.

3. Adquisición y selección de Equipo a Utilizar

Los equipos que se emplearon dependieron de los ensayos, según eran los requerimientos, se dispuso del equipo que cumpla con las características solicitadas en las normas.

Para el desarrollo de la investigación, se tomó en cuenta que de las dos máquinas que se estudiara, solo una de ella se tendrá que alquilar en la ciudad de lima, para realizar y correlacionar estos ensayos que nos permitirá calcular la resistencia del concreto convencional en pruebas cilíndricas.

4. Determinación de Proporciones para los Tipos de Concreto

Para la investigación fueron 80 probetas con 4 dosificaciones distintas, utilizando cemento portland Tipo I, agregado fino, agregado grueso (1/2") agua y adicionalmente aditivo, con días de curado estándar para las edades 7, 14, 21 y 28 días. Se muestran la Tabla de Probetas para el estudio de la investigación.

Tabla 14:

Elaboración propia para los diferentes diseños de mezcla

Diseño f'c kg/cm ²	Aditivo	Código de Mezcla Patrón	N° de Probetas por edad de ensayo								N° total de probetas
			7 días		14 días		21 días		28 días		
			A	B	A	B	A	B	A	B	
175	NO	M1 - 175NO	3	2	3	2	3	2	3	2	20
210	NO	M2 - 210NO	3	2	3	2	3	2	3	2	20
280	NO	M3 - 218NO	3	2	3	2	3	2	3	2	20
350	SI	M4 - 350SI	3	2	3	2	3	2	3	2	20
$\Sigma =$											80

A = Número de probetas para el tema de investigación.

B = Número de probetas para ensayo adicional.

Fuente: Elaboración Propia

5. Elaboración de Ensayos Pilotos

Se realizó los ensayos o testigos necesarios de concreto en el laboratorio de la universidad señor de Sipán.

A. Ensayos para el Análisis Agregados fino y grueso

i. Análisis granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global (NTP 400.012; 2001), (ASTM C-136).

“Este método cubre la determinación de la distribución por tamaño de las partículas de agregado fino y grueso mediante tamizado” (UNICON, s.f.). “Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas” (UNICON, s.f.).

Procedimiento

Se secó la muestra hasta masa constante a una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Se colocó apropiadamente los tamices en orden decreciente de tamaño según sea el material (fino y grueso)

Luego se colocó la muestra desde la parte superior de los tamices.

Agitó los tamices con la mano o por medios mecánicos.

Limitará la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado.

Para tamices con aberturas menores que 4,75 mm (Nº 4), la cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a 7 kg/m² de tamizado.

Módulo de Finura

“El módulo de finura, también llamado módulo granulométrico por algunos autores, no es un índice de granulometría, ya que un número infinito de tamizados da el mismo valor para el módulo de finura. Sin embargo, da una idea del grosor o finura del agregado, por este motivo se prefiere manejar el termino de módulo de finura.” (UNICON, s.f.).

“El módulo de finura se calculará sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar (nombrados más abajo) y dividiendo la suma entre 100.” (UNICON, s.f.).

“Cambios significativos en la granulometría de la arena tienen una repercusión importante en la demanda de agua y, en consecuencia, en la trabajabilidad del concreto, por lo que si hubiese una variación significativa en la granulometría de la

arena deben hacerse ajustes en el contenido de cemento y agua para conservar la resistencia del concreto".(UNICON, s.f.).

"Para no tener que re calcular la dosificación del concreto el módulo de finura del agregado fino, entre envíos sucesivos, no debe variar en más de ± 0.2 ." (UNICON, s.f.).

"Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de finura del agregado fino son: N°. 100, No. 50, No. 30, No. 16, No. 8, No. 4, 3/8", 1/2". (UNICON, s.f.).

"Los tamices especificados que deben usarse en la determinación del módulo de finura del agregado fino son: No. 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2". (UNICON, s.f.).

ii. Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso (NTP 400.021), (ASTM C 127).

"Una muestra de agregado fino (500gr) y grueso (1500gr) se sumergirá en agua por 24h aproximadamente para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua." (UNICON, s.f.).

"Finalmente la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. Usando los pesos así obtenidos y fórmulas en este método de ensayo, es posible calcular tres tipos de peso específico y de absorción". (UNICON, s.f.).

Procedimiento

"Se secó la muestra a peso constante, a una temperatura de 110 ± 5 °C." (UNICON, s.f.).

"Ventiló en lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 h para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal 37,5mm (1 1/2 pulg.) o mayores para tamaños más grandes

hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente 50 °C)". (UNICON, s.f.).

"Seguidamente sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente por un lapso de 24 ± 4 h". (UNICON, s.f.).

"Cuando los valores de peso específico y la absorción van a ser usados en proporcionamiento de mezclas de hormigón (concreto) en los cuales los agregados van a ser usados en su condición natural de humedad, el requerimiento inicial de secado a peso constante puede ser eliminada y, si las superficies de las partículas de la muestra van a ser mantenidas continuamente húmedas antes del ensayo, el remojo de 24 h puede ser eliminado." (UNICON, s.f.).

"Removió la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aun parezca húmeda. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie". (UNICON, s.f.).

"Se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca. Se determinó este y todos los demás pesos con aproximación de 0.5 g o al 0.05% del peso de la muestra, la que sea mayor." (UNICON, s.f.).

"Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en agua a una temperatura entre $23^{\circ}\text{C} \pm 1.7$ °C, densidad 997 ± 2 kg/m³. Tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge". (UNICON, s.f.).

"Se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 h a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómodo al tacto (aproximadamente 50°C) y se pesa." (UNICON, s.f.).

iii. Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino (NTP 400.022), (ASTM C 128).

“Esta NTP se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico húmedo saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como el control de uniformidad de sus características físicas”. (UNICON, s.f.).

Procedimiento de ensayo

“Se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500g del material preparado, se llenó de agua para alcanzar aproximadamente la marca de 500cm³ a una temperatura de 23°C ± 2°C”. (UNICON, s.f.).

“Después de una hora se llenó con agua hasta los 500cm³ y se determinó el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1g.” (UNICON, s.f.).

“Se sacó el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura de 110°C ± 5°C, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ hora a 1 ½ y se pesa”. (UNICON, s.f.).

iv. Pesos volumétricos secos, sueltos y compactados (NTP 400,017), (ASTM C 29).

“Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de TMN de 150 mm.” (UNICON, s.f.).

Procedimiento de apisonado

“Se llenó la tercera parte del recipiente de medida y se niveló la superficie con la mano”. (UNICON, s.f.).

“Se apisonó la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llenó hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes”. (UNICON, s.f.).

“Finalmente, se llenó la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se eliminó utilizando la barra compactadora como regla”. (UNICON, s.f.).

“Al compactar la primera capa, se procuró que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, sólo se empleó la fuerza suficiente para que la barra compactadora penetre la última capa de agregado colocada en el recipiente”. (UNICON, s.f.).

“Se determinó el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente sólo y se registró los pesos con una aproximación de 0,05 kg”. (UNICON, s.f.).

B. Diseño de mezclas

Ya obtenido los datos necesarios de los materiales se procedió a realizar el respectivo diseño de mezclas tanto para el concreto convencional.

Diseño de Mezclas – Método del ACI

Los pasos son los siguientes:

1. Recaudar el siguiente conjunto de información

- a. De los agregados: peso específico, absorción, humedad, peso unitario, granulometría, módulo de finura.
- b. Del cemento: tipo peso específico, peso unitario.
- c. Del elemento a vaciar: tamaño y forma de las estructuras.
- d. Resistencia a la compresión: especificada y requerida.
- e. Condiciones ambientales durante el vaciado.

2. Determinar la resistencia requerida

“Esta resistencia va estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo, pero siempre vamos a tener que diseñar para algo más de resistencia de tal manera que solo un pequeño porcentaje de las muestras (normalmente el 1%, según el ACI) puedan tener resistencias inferiores a la especificada.” (Álvarez, 2014).

“El comité ACI 318 - 99 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular la resistencia requerida f'_{cr} .” (Álvarez, 2014).

“**Caso 1:** Si se contarán con datos estadísticos de producción en obra.” (Álvarez, 2014).

“**Caso 2:** No contamos con suficientes (entre 15 y 30 resultados).” (Álvarez, 2014).

“**Caso 3:** Con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico.” (Álvarez, 2014).

Para la investigación no se cuenta con ningún dato estadístico es por ello utilizaremos para el diseño de mezclas el caso 3.

3. Seleccionar la relación agua/cemento

“La relación a/c requerida se determinó no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación a/c, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usaron realmente”. (Álvarez, 2014).

4. Cálculo de los pesos de los agregados.

Está en función del método de diseño específico a emplear o basado puntualmente en alguna teoría de combinación de agregado.

5. Tabla para el Diseño de mezcla-ACI

Las siguientes tablas que presentamos se utilizaron para el diseño de las mezclas según ACI.

Tabla 15:

Resistencia a la Compresión Promedio

F'c	F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
Sobre 350	F'c + 98

Fuente: Normatividad ASTM.

Tabla 16:

Asentamiento recomendado para varios tipos de consistencia.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥ 5"

Fuente: Normatividad ASTM.

Tabla 17:

Relación Agua-Cemento y Resistencia a la Compresión del Concreto.

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'c) (Kg/cm ²)	Relación Agua – Cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorp.	Concreto con aire incorp.
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Normatividad ASTM.

Tabla 18:*Volumen Unitario de Agua.*

Asentamiento	Agua, en lt/m ³ , para los tamaños máximo nominales de agregados grueso y consistencias indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154

Fuente: Normatividad ASTM.**Tabla 19:***Contenido de Aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Normatividad ASTM.**Tabla 20:***Volumen de Agregado grueso por unidad de volumen de concreto.*

Tamaño máximo del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino.			
	Módulo de fineza del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Normatividad ASTM.

C. Ensayos en el concreto fresco

El ensayo se encargó de monitorear las características iniciales del concreto convencional y los efectos que tuvieron los insumos (agregados) al final de la mezcla.

Se aplicó los 15 minutos según la norma desde la toma de muestras representativas para la verificación de mezcla o diseño del concreto convencional.

1. Medición de asentamiento:

a) Objetivo

“Para este ensayo se utilizó el cono de Abrams y con un tiempo de evaluación no mayor de 2.5 minutos de realizado la muestra. Esto determinó la diferencia entre la altura del molde cónico invertido y la altura del cono de la mezcla deformado”. (Velasteguí, 2012).

b) Equipo

“**Molde.-** El molde será metálico, resistente al ataque de la pasta de cemento, con un espesor no menor que 0.060 pulgadas (1.5 mm), y si se forma con el proceso de repujado en ningún punto del molde el espesor será menor de 0.045 pulgadas (1.15mm) de grosor”. (Velasteguí, 2012).

“El molde deberá tener la forma de la superficie lateral de un cono truncado con una base de 8 pulgadas (200 mm) de diámetro y la parte superior de 4 pulgadas (100 mm) de diámetro, con una altura de 12 pulgadas (300 mm)”. (Velasteguí, 2012).

“Las dimensiones de diámetro y altura deberán tener una tolerancia de $\pm 1/8$ ” (3 mm) con respecto a las dimensiones especificadas. El interior del molde deberá ser relativamente liso y libre de cualquier protuberancia. El molde no deberá presentar

abolladuras, deformaciones o restos de concreto en su interior”. (Velasteguí, 2012).

Tabla 21:

Unidades dimensionales.

<i>UNIDADES DIMENSIONALES</i>									
Pulg.	1/16	1/8	1/2	1	3	3 1/8	4	8	12
mm.	2	3	15	25	75	80	100	200	300

Fuente: Normatividad ASTM

“Varilla.- Deberá ser una barra recta de acero de sección circular de 5/8” (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24 pulgadas (600 mm) de largo, con el extremo de apisonamiento redondeado en forma semiesférica con un diámetro de 5/8 pulgadas (16 mm)”. (Velasteguí, 2012).

“Instrumento de medida.- Es una regla de metal rígida, la cual esta graduada con incrementos de 0.25 pulgadas (5 mm.) o menor. El largo de la regla debe de ser por lo menos de 12 pulg. (200 mm.)”. (Velasteguí, 2012).

c) Muestra

“La obtención de la muestra se realizó de conformidad con la norma ASTM C172 y las probetas de la investigación”. (Velasteguí, 2012).

d) Procedimiento

“Humedece el molde y el piso o placa base, ejecutó sobre una superficie rígida no absorbente”. (Velasteguí, 2012).

“Se apoyó firmemente el molde sobre la base colocando y presionando con los dos pies los estribos del molde. Por ningún motivo debe moverse los pies durante el llenado del molde”. (Velasteguí, 2012).

“Llenó el molde en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 70 mm. (2 pulgadas) la segunda

hasta de 160 mm. (816 pulgadas) y la tercera hasta el borde superior del molde". (Velasteguí, 2012).

"Compactó cada capa en toda su profundidad con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones en toda la superficie de cada capa". (Velasteguí, 2012).

"Compactó la segunda y tercera capa penetrando la capa anterior 25 mm. (1 pulgada) y varillar desde cerca del perímetro y continuar progresivamente en forma espiral hacia el centro del molde". (Velasteguí, 2012).

"Cuando se compactó la última capa, mantuvo un excedente de hormigón sobre el molde antes de comenzar el varillado, si el concreto es insuficiente detener el varillado y colocar una cantidad representativa para mantener un exceso de concreto sobre el molde todo el tiempo". (Velasteguí, 2012).

"Enrasó el hormigón rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde". (Velasteguí, 2012).

"Continuó manteniendo el molde firme y remover el hormigón alrededor del área circundante de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto". (Velasteguí, 2012).

"Levantó el molde por encima de las 12 pulgadas (300 mm) de un solo movimiento sin giros. En un tiempo de 5 ± 2 segundos". (Velasteguí, 2012).

"Midió con una precisión de $\frac{1}{4}$ de pulgada (5 mm) el revenimiento, desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del espécimen. Si al levantar el cono se produce una falla por corte, es necesario descartar la prueba y realizar el ensayo con una nueva porción de mezcla, si la falla se repite, es posible que el hormigón no tenga la plasticidad necesaria o sea cohesivo para aplicar este ensayo de revenimiento". (Velasteguí, 2012).

"Ejecutó la prueba, desde su inicio hasta el final sin interrupciones en no más de 2.5 minutos". (Velasteguí, 2012).

e) Reporte

“Anotó el asentamiento en pulgadas (mm) con una aproximación de 1/4” (5mm)”. (Velasteguí, 2012).

2. Determinación del peso unitario y densidad

a) Objetivo

“Se utilizará un molde regido el cual se rellenara y compactara metódicamente, se determinara la masa del concreto convencional restando la masa del molde de la masa total; para obtener la densidad se divide la masa del concreto entre el volumen del molde”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).”

b) Equipo

“**Balanza.**- Con una exactitud de 0.1 lb. (45g) o dentro del 0.3% de la carga de prueba”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“**Varilla.**- Tiene que ser recta, de acero, 5/8 pulgada (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24 pulgadas (600 mm) de longitud, el final de la barra termina en una punta redondeada hemisférica cuyo diámetro es de 5/8 pulgada”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“**Recipiente.**- Debe ser cilíndrico, de acero u otro metal. La capacidad mínima del recipiente se determina de acuerdo al tamaño nominal máximo del agregado”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Todas las medidas, excepto las medidas de los recipientes, medidor de aire, los cuales son utilizados los ensayos ASTM C 138 deben estar en conformidad a los requerimientos del método de ensayo ASTM C 2”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Cuando las mediciones de los recipientes u medidores de aire son utilizados, estas deben cumplir con los

requerimientos del método de prueba ASTM C 231". (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Placa para enrasado.- Una placa rectangular llana de metal, de por lo menos $\frac{1}{4}$ pulgada (6mm) de espesor ,con una longitud y anchura de por lo menos 2 pulgadas (50 mm) más que el diámetro del recipiente”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Mazo de goma.- Con una masa de 1.25 ± 0.50 lb. (600 ± 200 g) para el uso con los moldes de 0.5 ft^3 (14 L)”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

c) Muestra

“Se obtuvo la muestra de hormigón fresco según la los diseños de investigación de acuerdo con la norma ASTM C 172”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

d) Procedimiento

“Estableció la selección del método de consolidación del concreto en el ensayo de revenimiento, a menos que el ensayo tenga especificaciones bajo las cuales se lo debe realizar. El método de consolidación puede ser de varillado y vibración interna. Se varilla concretos con un revenimiento mayor a 3 pulg. (75 mm). Varillar o vibrar concretos con un revenimiento de 1 a 3 pulg. (25 mm a 75 mm.). Consolidar concretos con un revenimiento menor a 1 pulg. (25 mm) por vibración. Determinar la masa del recipiente de medición vacío (lb. ó kg.)”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Colocó el hormigón dentro del recipiente en tres capas de aproximadamente igual volumen (compactación por varillado).” (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Compactó cada capa penetrando 25 veces con la varilla en recipientes de 0.5ft³ (14L) o menores.” (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Compactó la capa inferior en todo su espesor sin impactar en el fondo del recipiente” (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Compactó la segunda y tercera capa en todo su espesor, penetrando 1 pulg (25mm) en la capa anterior. Llenó la tercera capa manteniendo un exceso aproximado de 3mm (1/8 pulg.)” (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Distribuyó las penetraciones uniformemente en toda la sección transversal del recipiente, en cada una de las tres capas.” (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Golpeó firmemente 15 veces los lados del recipiente con el mazo, cada una de las tres capas, así llenar los vacíos y eliminar las burbujas de aire que podrían quedar atrapadas en el concreto.” (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Vibración interna.- Llenar y vibrar el recipiente en dos capas de aproximadamente igual volumen. Colocar todo el concreto de cada capa en el interior del molde antes de comenzar a vibrar la capa, en vibración de la primera capa se debe evitar tocar el interior o los bordes del molde. En la compactación de la segunda capa el vibrador debe penetrar la capa anterior en aproximadamente 1 pulg. (25 mm.). La duración de la vibración depende de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Retiró cualquier exceso de hormigón empleando una llana o cuchara, o agregar una pequeña cantidad de hormigón, para corregir alguna deficiencia después de compactar la última capa”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Después de la consolidación enrasar el hormigón con una placa de enrase para obtener una superficie lisa. El enrase se realizará mejor presionando la enrasadora contra la superficie del concreto del recipiente y se debe cubrir dos terceras partes

de la superficie y luego enrasar nuevamente toda la superficie superior del recipiente”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Limpió todo el exceso de hormigón en la parte exterior del recipiente y determinar la masa de concreto del recipiente lleno, en kg”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Calculó la masa neta (lb. ó kg.).” (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Calculó la densidad del hormigón (lb./ft³ ó kg/m³)”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Registró el resultado de la prueba adecuadamente.” (Valencia G. & Ángel M. 2013).

3. Ensayo para determinar el contenido de aire

a) Objetivo

Determinó la cantidad de aire que puede contener el concreto recién mezclado, excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados.

4. Ensayo para determinar la temperatura

a) Objetivo

“Examinar la temperatura del concreto recién mezclado y la temperatura ambiente (Clima)”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

b) Equipo

“**Recipiente.-** Debe estar elaborado de un material no absorbente y debe tener dimensiones tales que permitan un recubrimiento de al menos 3 pulgadas (75mm) de hormigón en todas las direcciones alrededor del sensor medidor de temperatura. La cantidad de hormigón que debe cubrir, tiene que ser mínimo tres veces el tamaño máximo del agregado grueso”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Medidor de temperatura.- Debe de ser calibrado para medir la temperatura del hormigón recién mezclado con una variación de $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$), dentro de un rango entre 30°F a 120°F (0°C a 50°C). El dispositivo que mide la temperatura (sensor) requerirá la inmersión de 3 pulgadas (75 mm) o más en el hormigón, durante la operación”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Calibración del medidor de temperatura.- El aparato medidor de temperatura debe calibrarse anualmente o cuando se tenga duda de su grado de exactitud”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

c) Muestra

“La temperatura de la mezcla de hormigón puede medirse en el equipo de transporte, si es que el aparato medidor está cubierto por al menos 3 pulgadas de hormigón (75 mm) en todas las direcciones”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“La temperatura de la mezcla de hormigón se midió después de vaciar el hormigón”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

d) Procedimiento

“Obtuvo una muestra de hormigón dentro de un contenedor no absorbente, de tamaño suficiente para proveer un mínimo de 3 pulg. (75 mm) de hormigón alrededor del sensor de temperatura en todas las direcciones”. (Valencia G. & Ángel M. 2013). (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Utilizó un termómetro con una exactitud de $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$), e intervalo de temperatura de 30°F a 120°F (0 o a 50°C). (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Colocó el termómetro dentro de la muestra cubriendo el sensor con un mínimo de 3 pulg. (75 mm) en todas las direcciones. Cierre desde la izquierda presionando con delicadeza el concreto alrededor del medidor de temperatura en

la superficie del concreto para así prevenir que la temperatura ambiente afecte la lectura en el instrumento”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Tomó la lectura de temperatura después de un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, luego lea y registre”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Completar la medición de la temperatura dentro de 5 minutos siguientes a la obtención de la muestra compuesta. Excepto para concretos que contiene un tamaño máximo nominal de agregado mayor a 3 pulgadas (75 mm)”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Registró la temperatura con una precisión de 1°F (.5°C)”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

e) Reporte

“Registró la temperatura del hormigón recién mezclado con una precisión de 1°F (0.5 °C)”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

6. Pruebas de Laboratorio de “Resistencia a la compresión y Velocidad de Pulso”

Ensayos en el concreto en estado endurecido

Estos ensayos se efectuaron para determinar la resistencia, u otros parámetros importantes de calidad, con las probetas realizadas en laboratorio.

A. Ensayo de ultrasonido

a) Objetivo:

“Se determinó la velocidad de pulso ultrasónico a partir de ondas de tensión longitudinal emitidos por un transductor electro-acústico que se mantiene en contacto con la superficie de la probeta cilíndrica”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

b) Equipo

Las partes del mismo están constituidas por las siguientes características:

Máquina de velocidad de pulso ultrasónico accesorios



Figura 14: Máquina de velocidad de pulso ultrasónico accesorios

Fuente: Toma Propia.

“Generador de pulso eléctrico – Transductor transmisor

El generador de pulso consistirá que tendrá un circuito para producir pulsaciones de voltaje, y el transductor transforma estas pulsaciones en ondas intermitentes de energía mecánica”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“El amplificador – Transductor receptor

El voltaje generado debe ser amplificado tanto como sea necesario, para producir pulsaciones que se detecten en el circuito medidor de tiempo. El amplificador tendrá una respuesta clara entre la mitad y tres veces la frecuencia de resonancia del transductor receptor”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

Transductores Estándar 54 kHz



Figura 15: Transductores Estándar 54 kHz

Fuente: PROCEQ-Fabrica.

“Los Transductores

Los transductores, emisor y receptor, pueden ser construidos con elementos piezoeléctricos, magnetostrictivos, u otro material sensible al voltaje, ellos pueden ser: cuarzo, sulfato de litio, titanato de bario, metaniobato de bario y zirconato titanato de plomo”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Circuito de medición de tiempo

El circuito de medición de tiempo y los pulsos de disparo asociados deberán estar en condiciones de ofrecer una precisión de tiempo de medición de al menos $1 \mu\text{s}$ y deben ser insensibles a una temperatura de funcionamiento que oscile entre 0 y $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Unidad de pantalla

Utiliza un cronómetro con respuestas digitales”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

Pantalla táctil del equipo



Figura 16: Pantalla táctil del equipo

Fuente: Toma Propia.

“Barra Calibradora

Es una barra de metal u otro material resistente del cual se conoce el tiempo de tránsito de las ondas longitudinales”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).



Figura 17: Barra calibradora

Fuente: Toma Propia.

“Cables de conexión

Se usó cables de conexión largos”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).



Figura 18: Cables de conexión largos

Fuente: Toma Propia.

c) Agente de Acoplamiento

Eliminará el aire entre la superficie de contacto de los transductores y la del concreto, ya que las frecuencias que se aplican en el concreto no se transmiten en el aire.

Gel soluble en agua



Figura 19: Gel soluble en agua

Fuente: Toma Propia.

d) Procedimiento de ensayo:

“Se controló el equipo con la barra calibradora. Se aplicó el agente de acoplamiento en los extremos de las superficies cilíndricas y las superficies de contacto de los transductores, una vez que el equipo está energizado, presionar los transductores con firmeza contra los extremos de la barra (medición directa) hasta que el tiempo de tránsito se muestre estable en la pantalla”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Al realizar el ensayo en probetas cilíndricas, inicialmente verificó la calidad de la superficie del punto de evaluación, asegurará la suficiente cantidad del agente de acoplamiento y luego ubicó los transductores directamente opuestos entre sí en las caras del espécimen de evaluación”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

Técnicas de medición directa sobre probeta cilíndrica



Figura 20: Técnicas de medición directa sobre probeta cilíndrica

Fuente: Toma Propia.

“El tiempo de tránsito se midió electrónicamente al activar el mecanismo de lectura en el equipo mientras presiona los transductores contra la superficie del concreto bajo prueba, registró el tiempo que figura en la pantalla cuando este se estabilice”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“La longitud de camino es la distancia en línea recta entre los centros de las caras de los transductores, se debe obtener de la forma más precisa dado que la exactitud de la determinación de la velocidad de pulso ultrasónico se rige también por la precisión de esta, consideró que al usar el método de medición directa la transferencia de energía entre los transductores está en su máximo potencial”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

“Fue conveniente repetir las mediciones en el punto de evaluación, estas deben hacerse en el mismo lugar para reducir al mínimo las lecturas erróneas debido a acoplamientos pobres.

“Finalmente la velocidad de pulso ultrasónico (V) se calcula dividiendo la longitud de camino (L) entre el tiempo de tránsito del pulso ultrasónico (T)”. (Valencia G. & Ángel M. 2013).

$$v = \frac{L_m}{T_{seg}}$$

Ecuación 1: Velocidad de pulso - Ensayo no destructivo.

Especificaciones Técnicas del equipo	
Medición de duración de recorrido	
Alcance	0.1 – 9999 μ s
Resolución	0.1 μ s
Pantalla	79 x 21 mm, OLED de matriz pasiva
Transmisor	Pulso de excitación optimizado: 125V, 250V, 350V, 500V, AUTO
Receptor	
Pasos de ganancias a seleccionar	1x, 2x, 5x, 10x, 20x, 50x, 100x, 200x, 500x, 1000x, AUTO
Ancho de banda	20 kHz – 500 kHz
Memoria	No volátil, > 500 valores medidos
Configuración regional	Se soportan unidades métricas e imperiales
Unidades de resistencia a la compresión	MPa, N/mm ² , psi, kg/cm ²
Fuente de alimentación	
Pila	4 pilas AA (> 20 horas de uso continuo)
Red eléctrica	5v, <500mA a través del cargador de USB
PC	5v, <500mA directamente a través del cable USB
Datos mecánicos	
Dimensiones	172 x 55 x 220 mm
Peso	1.316 kg (incl. pilas)
Condiciones ambientales	
Temperatura de servicio	De -10° a 60°C (De 0° a 140°F)
Humedad	<95% RH, sin condensar

Figura 21: Datos Técnicos del equipo ultrasónico

Fuente: PROCEQ, fabrica instrumentos portátiles de alta calidad para la ejecución de ensayos no destructivos de propiedades de materiales.

B. Ensayo Destructivo en el concreto

a) Objetivo

Consistió en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta se calcula por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.

b) Equipo

El equipo que se usó se encuentra en laboratorio, maquina (no manual) de compresión cilíndrica .que permitirá una velocidad de carga sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s, de forma continua sin intermitencia ni detenimiento.

c) Procedimiento de ensayo

En esta investigación se usaron probetas cilíndricas, curadas y moldeadas, con dimensiones de 4" x 8".

Según la ASTM C39 y la NTP 339.034 las probetas deberán ser ensayadas tan pronto como sea práctico luego de ser retiradas de la condición de curado, es decir, se ensayarán en condiciones húmedas superficialmente secas.

Se medirá el diámetro de la probeta con el micrómetro en las dos posiciones que estén en ángulo recto entre sí.

Antes de colocar la probeta entre los cabezales de la máquina de ensayo, se limpiarán las caras de contacto de los bloques de acero, superior e inferior, y las de la probeta, evaluar si es conveniente aplicar capping, refrentado o usar padas de neopreno. Se alinearán los ejes de la probeta a ensayar con el centro de empuje de la máquina a manera de evitar excentricidades.

Se verificará que el indicador de carga de la maquina esté en cero, de no ser así se deberá ajustar. Luego aplicar la carga de manera continua y uniforme, hasta el momento de la falla de la probeta, por último registrar el tipo de falla y la carga máxima soportada por la probeta antes de fracturarse.

Calculará la Resistencia a Compresión (R) dividiendo la carga máxima entre el área promedio de la sección.

C. Ensayo del esclerómetro

a) Objetivo:

Este método de ensayo cubre la determinación de un número de rebotes de hormigón endurecido utilizando un martillo de acero accionado por resorte.

b) Uso

Este método de ensayo es aplicable para evaluar la uniformidad en lugar de hormigón, para delinear las variaciones en la calidad del hormigón a lo largo de una estructura.

c) Procedimiento:

Se colocará el esclerómetro en forma perpendicular sobre la superficie del concreto que se va a evaluar y se ejerce una pequeña presión para permitir que el embolo se libere y se deja que se extienda hasta alcanzar su máxima extensión, eliminando la presión sobre el martillo, cuidando siempre que se conserve la perpendicularidad y que la presión sea uniforme hasta que la masa interna del martillo golpee la superficie del concreto.

Después del impacto se oprimirá el botón pulsador y se toma la lectura en la ventana de la escala graduada, registrando el índice de rebote, medido de 10 a 100, con dos cifras significativas.

7. Análisis y sistematización de Resultados

Todos los resultados obtenidos de los ensayos mencionados anteriormente, fueron analizados haciendo uso de diversos métodos y técnicas, con el fin de obtener conclusiones que sean afines a los objetivos planteados en el proyecto.

Evaluación del valor de confiabilidad

Los modelos de aproximación que se probaron para efectuar el ajuste analítico de los datos experimentales se muestran a continuación que son ecuaciones más representativas:

- Modelo Exponencial
- Modelo Lineal
- Modelo Logarítmico
- Modelo Potencial

8. Correlación de los resultados para la Evaluación de la Confiabilidad

Se determinó si existe o no correlación entre los resultados obtenidos entre el método destructivo que es el más utilizado el medio (región Lambayeque) y no destructivo que venimos proponiendo, puesto que demostrar si es o no confiable constituye el objetivo principal de este proyecto de investigación.

9. Evaluación Económica y Ambiental

Se definió según las alternativas adecuadas y recomendables desde el punto de vista económico y ambiental.

3.7.3. Equipos, materiales e instrumentos

Tabla 22:

Ensayos para los Agregados.

ENSAYO	INSTRUMENTOS Ó EQUIPOS
Análisis Granulométrico por Tamizado	Juego de tamices (3', 2 ½', 2', 1 ½', 1', ¾', ½', 3/5', ¼', No 4, No 10, No 40, No 60, No 100, N°200)
Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	Balanzas , Canastillas metálicas y dispositivo de suspensión
Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	Balanza, Molde cónico, Matraz aforado picnómetro.
Peso Unitario Suelto y Compactado	Balanza, Varilla compactadora

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23:*Ensayos probetas elaboradas en laboratorio - Maquinas e instrumentos.*

ENSAYO	INSTRUMENTOS Ó EQUIPOS	DESCRIPCIÓN
ENSAYO DE PROBETAS CURADAS EN LABORATORIO (ASTM C192 ; ITINTEC 339.034)	Moldes para cilindros	- Moldes cilíndricos, de PVC, para elaborar probetas de tamaño 4"x8"
	Varilla de compactación	- Barra de acero recta, lisa y de extremidades semiesféricas - Su diámetro debe ser de 16 mm (tolerancia: 2 mm) - Debe ser al menos 100 mm más larga que la altura del molde, pero no debe ser más larga que 600 mm.
	Mazos	- Pueden utilizarse mazos con cabeza de hule o cuero crudo de entre 0,4 y 0,8 kg de peso
	Cono de revenimiento	- Debe cumplir con ASTM C143
	Bandeja de muestreo y mezclado	- Bandeja de fondo plano, de metal resistente, estanca, de profundidad y capacidad adecuadas para permitir mezclado con pala o recibir una mezcla realizada en máquina.
	Tamices de tamizado húmedo	- Deben cumplir con ASTM C172
	Equipo para determinar contenido de aire	- Debe cumplir con ASTM C231 o ASTM C173 - Olla Washington para edición para peso unitario y contenido de aire.
	Balanzas	- Deben tener una precisión mayor que el 0,3 % del peso a medir en cualquier momento
	Termómetro	- Debe cumplir con ASTM C1064
	Mezcladora de concreto	- Mezcladora automática, de barril rotatorio inclinable, o batidora adecuada que permita mezclar las cantidades necesarias con el revenimiento necesario
Equipo varios	- En función del ensayo a realizarse, se debe contar con herramientas o equipos tales como palas, baldes, cucharas, reglas, guantes de hule, Micrómetro, Carretillas, Cepillo metálico,...	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24:

Máquinas e instrumentos para la elaboración de concreto fresco.

	ENSAYO	INSTRUMENTOS Ó EQUIPOS	DESCRIPCIÓN
CONCRETO ESTADO FRESCO	ENSAYO DE ASENTAMIENTO (ASTM C143)	Cono de Abrams	- Ø inferior 200 mm - Ø superior 100 mm - Altura 300 mm - Tolerancias ± 3 mm - Espesor mínimo 1.5 mm, 1.15 mm repujado
		Barra compactadora	- Barra de acero liso con punta semiesférica Ø 5/8" (16 mm) x 24" (600 mm)
		Instrumento de medida	- Regla de metal rígido (Wincha) Long ≥ 12 ", divisiones de ¼" (5 mm)
		Herramientas	- Pequeñas
	ENSAYO DE PESO UNITARIO Y DENSIDAD (ASTM C138)	Balanza	- Tendrá una capacidad igual o superior a 50 kg, para los recipientes de 14 lt, para recipientes iguales o mayores a 28 l, tendrá una capacidad mayor de 100 kg y una precisión de 45 g
		Varilla o vibrador	- Varilla de Ø 5/8" (16 mm) x 24" (600mm)
		Recipiente cilíndrico	- Capacidad de acuerdo a TM
		Placa de Enrasado	- Espesor ≥ ¼" (6mm) - Largo y ancho Ø recipiente + 2"
		Mazo de goma	-
	ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE (ASTM C138)	Balanza	- Tendrá una capacidad igual o superior a 50 kg, para los recipientes de 14 lt, para recipientes iguales o mayores a 28 l, tendrá una capacidad mayor de 100 kg y una precisión de 45 g
		Varilla o vibrador	- Varilla de Ø 5/8" (16 mm) x 24" (600mm)
		Recipiente cilíndrico	- Capacidad de acuerdo a TM
		Placa de Enrasado	- Espesor ≥ ¼" (6mm) - Largo y ancho Ø recipiente + 2"
		Mazo de goma	-
	ENSAYO DE TEMPERATURA (ASTM C1064)	Recipiente	- Dimensiones tales que permitan un recubrimiento de al menos 3 pulgadas (75 mm) de hormigón en todas las direcciones alrededor del sensor medidor de temperatura. - La cantidad de hormigón que debe cubrir, tiene que ser mínimo tres veces el tamaño máximo del agregado grueso.

	Medidor de temperatura	- Debe de ser calibrado para medir la temperatura del hormigón recién mezclado con una variación de $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$), dentro de un rango entre 30°F a 120°F (0°C a 50°C).
	Calibración del medidor de temperatura	- El aparato medidor de temperatura debe calibrarse anualmente o cuando se tenga duda de su grado de exactitud.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25:

Máquinas e instrumentos para la elaboración de concreto endurecido.

	TIPO	ENSAYO	INSTRUMENTOS Ó EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	
CONCRETO ESTADO ENDURECIDO	ENSAYO DESTRUCTIVO	ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION (ASTM C39 ; NTP 339.034)	Máquina de Ensayo	- La calibración de la máquina se debe verificar de acuerdo a la Norma ASTM E4. - El porcentaje de error permitido para máquinas de ensayo no debe exceder el $\pm 1.0\%$ de la carga indicada. - Almohadillas de neopreno de 4" y 6" de diámetro. - Grasa como agente de acoplamiento.	
			Escuadras metálicas	- Deben ser como mínimo de 30cm. De longitud, para chequear la perpendicularidad.	
			Equipo de láminas graduadas	- El cual está provisto de láminas de espesor determinado que sirve para chequear la planeidad y las depresiones en las caras del espécimen de concreto.	
			Tornillo micrométrico	- Se lo utiliza para medir el diámetro del cilindro, con una aproximación de 0.25mm, (0.01 pulg).	
	ENSAYO NO DESTRUCTIVO		ENSAYO ULTRASÓNICO (ASTM C597)	Equipo de velocidad de pulso ultrasónico	- Generador de pulso y transductor transmisor - Transductor receptor y amplificador - Circuito medidor de tiempo - Unidad indicadora de tiempo - Barra de referencia - Cables de conexión - Agente de acoplamiento
			ENSAYO ESCLERÓMETRO (ASTM C805 ; NTP 399.181)	Martillo de rebote	-Resorte de presión - Barra guía - Resorte amortiguador -Tornillo - Anillo elástico

Fuente: Elaboración Propia.

MATERIALES

Materiales necesarios para el desarrollo del presente trabajo son:

- Cemento Portland (Tipo I).
- Agregado grueso (Piedra Chancada TMN ½”), de Huso 7.
- Agregado fino.
- Agua.
- Aditivo (RRPLAST).

INSTRUMENTOS

- Programa MICROSOFT EXCEL 2010.
- Programa MICROSOFT WORD 2010.

3.7.4. Recursos Humanos

Personal	Numero
Técnico de Laboratorio	1
Ingeniero especialista en Concreto	1
Tesistas	2

3.7.5. Cálculos-Fórmulas

Los cálculos se realizaron para determinar los datos que se involucren en los diferentes ensayos de laboratorio para eso se aplicaran diversas ecuaciones aplicables a cada ensayo.

Se trabajan las siguientes ecuaciones que se muestran:

Módulo de Finura

$$M.F = \frac{\Sigma \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

Ecuación 2: Módulo de Finura.

Peso Específico y porcentaje de absorción

- **Peso Específico de masa (Pem)**

$$Pem = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Ecuación 3: Peso específico de masa.

- **Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)**

$$PeSSS = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

Ecuación 4: *Peso específico saturada superficie seca.*

Peso específico aparente (Pea)

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

Ecuación 5: *Peso específico aparente.*

Absorción

$$AB, (\%) = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Ecuación 6: Absorción

Dónde:

A= Peso de la muestra seca en el aire, gramos

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

C= Peso en el agua de la muestra saturada

Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino, peso específico de masa.

$$Pem = \frac{W_o}{(V - Va)} \times 100$$

Ecuación 7: *Peso Específico de masa.*

- **Peso específico aparente (pea)**

$$Pea = \frac{(W_o)}{(V - Va) - (500 - W_o)} \times 100$$

Ecuación 8: *Peso específico aparente.*

- **Absorción**

$$AB = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Ecuación 9: *Absorción Agregado Fino.*

Dónde:

Pe: Peso específico de masa

Wo: peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos

V: Volumen del frasco en cm^3

Va: Paso en gramos o volumen en cm^3 de agua en el frasco

Pesos Volumétricos secos, sueltos y compactados

Peso unitario: calcular el peso unitario compactado o suelto, con la siguiente ecuación:

- **Peso unitario:**

$$M = (G - T) / V$$

Ecuación 10: *Peso unitario.*

Dónde:

M=peso del agregado en Kg/m^3

G= peso del recipiente de medida más el agregado en Kg

T=peso del recipiente de medida en Kg

V= volumen de la medida en m^3

Contenido de vacíos: Calcular el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado:

$$\% \text{ vacios} = 100 \left[\frac{(S \times W) - M}{(S \times W)} \right]$$

Ecuación 11: *Contenido de Aire.*

Dónde:

M = Peso unitario del agregado en Kg/m^3

S= peso específico de masa (base seca)

W= densidad del agua, 988Kg/m^3

Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).

$$PUCF (\text{kg/m}^3) = \frac{(\text{peso total (kg)} - \text{peso recipiente (kg)})}{\text{volumen del recipiente (m}^3)}$$

Ecuación 12: *Peso unitario.*

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso total de tanda (kg)}}{\text{Peso unitario promedio } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

Ecuación 13: *Rendimiento.*

DISEÑO DE MEZCLAS (Método del ACI)

- Corrección por húmeda del Diseño de mezcla estado seco.

$$\text{Peso Agregado Humedo} = \text{peso agregado seco} * (1 + C.H. (\%))$$

Ecuación 14: *Corrección por húmeda*

Dónde:

$$C.H. (\%) = \text{contenido de humedad del agregado}$$

- Cálculo de agua efectiva

$$\text{aporte hum. agregado} = \text{peso agregado seco} * (\%C.H - \%absorción)$$

Ecuación 15: *Aporte de humedad en agregados.*

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - \text{Aporte Hum. Agregados}$$

Ecuación 16: *Calculo del agua efectiva.*

3.7.6. Costos

En el caso de la investigación los costos estarán determinados en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 26:*Costos generales investigación.*

MATERIALES	Cant.	P.U.	Parcial	Total
COPIAS E IMPRESIONES DE FORMATOS	1	100.00	100.00	
AGREGADOS PARA PRUEBAS PILOTO				
AGREGADO GRUESO (M3)				
AGREGADO GRUESO Huso 7 (TMN ½")	0.5	80	40.00	
AGREGADO FINO (M3)	0.5	55	27.50	
CEMENTO PORTLAND TIPO I (PACASMAYO)	4	23.50	94.00	
ADITIVO	1	70.00	70.0	
PROBETAS DE PVC 4" x 6"	60	8.00	480.00	
				811.50
ENSAYOS	Cant.	P.U.	Parcial	Total
Análisis Granulométrico por Tamizado	1	40.00	40.00	
Equivalente de Arena	1	60.00	60.00	
Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	1	60.00	60.00	
Peso Específico y Absorción del Agregado Fino	1	30.00	30.00	
Peso Unitario Suelto y Compactado	1	30.00	30.00	
Abrasión de los Ángeles al Desgaste de los Agregados	1	120.00	120.00	
Porcentaje de Caras Fracturadas	1	24.00	24.00	
Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas	1	30.00	30.00	
Contenido de Sales Solubles Totales	1	60.00	60.00	
Olla Washington	1	50.00	50.00	
Termómetro	1	5.00	5.00	
Cono de Abrams	1	150.00	150.00	
Molde Calibrado	1	30.00	30.00	
Porcentaje de vacíos	1	50.00	50.00	
Máquina Prensa Rotura de Concreto a Compresión	36	15.00	540.00	
Máquina Velocidad de Pulso Ultrasónico	5	363.0	1815.00	
Esclerómetro por punto	12	70.00	840.00	
				3904.00
RECURSOS HUMANOS				
Técnico de Laboratorio	1	1500.00	1500.00	
OTROS	1	500.00	500.00	2000.00
			TOTAL	6715.50

Fuente: CAPECO (Revista de la Cámara Peruana de la Construcción – Mayo 2014). El costo aproximado del proyecto de investigación es de SEIS MIL

El costo aproximado del proyecto de investigación es de SEIS MIL SETECIENTOS QUINCE CON 50/100 nuevos soles.

El financiamiento: Nuestra tesis contó con el financiamiento de:

- Tesistas:

Gonzales Rentería, Miguel Eduardo

Muñoz Castañeda, Víctor Humberto

Nosotros financiamos todos los gastos de los materiales utilizados en nuestra tesis, los cuales serán de 2626.5 soles, que es un 39.11% del monto total.

- Universidad Señor de Sipán:

Para el desarrollo de nuestro proyecto también contaremos con el apoyo de nuestra casa de estudios “Universidad Señor de Sipán”, la cual financiará todos los gastos de equipo de laboratorio, para poder realizar nuestros ensayos, dicho apoyo tendrá un total de 4,089.00 soles, que es un 60.89 % del monto total.

3.7.7. Normatividad

A) ASTM C138

Peso Unitario, Rendimiento, y Contenido de Aire del hormigón Fresco. Método Gravimétrico.

1. Objetivo

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad del hormigón fresco y señala las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento, y contenido de aire del hormigón fresco. Rendimiento es definido como el volumen del concreto producido por una mezcla de materiales de características conocidas.

B) ASTM C143

Asentamiento en el Hormigón Fresco

1. Objetivo

El método cubre la determinación del asentamiento del hormigón tanto en el laboratorio como en el campo. Consiste en colocar una muestra de hormigón recién mezclado (se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado. El molde se levanta, y se deja que el hormigón se desplome. Se mide la distancia vertical al centro desplazado y se registra el valor del asentamiento del hormigón.

Nota 1. Este ensayo fue originalmente desarrollado para proporcionar un método de monitoreo o control de la consistencia del concreto no endurecido. Bajo condiciones de laboratorio con estricto control de todos los materiales del concreto, el revenimiento es generalmente encontrado debido al incremento proporcional del contenido de agua que tiene la mezcla y por lo tanto esta inversamente relacionado con la resistencia del concreto.

Este ensayo es aplicable al hormigón plástico preparado con agregado grueso de hasta 1 ½ pulgada (37,5 mm) de tamaño máximo nominal. Si el agregado grueso es mayor de 1 ½ pulgada (37,5 mm) el método de prueba se aplica a la fracción de hormigón que pasa la malla de 1 ½ pulgada (37,5 mm) de acuerdo con ASTM C 172.

El método no es aplicable a los hormigones no plásticos que tiene un asentamiento menor a ½ pulg. (15mm) y no cohesivos con asentamiento mayor a 9 pulg. (230mm).

C) ASTM C1064

Temperatura del hormigón fresco

1. Objetivo

Este método de prueba permite medir la temperatura de mezclas de hormigón recién mezclado, dosificado con cemento Portland.

Puede usarse para verificar que el hormigón satisfaga requerimientos específicos de temperatura.

En hormigones con tamaño máximo de agregado mayor a 3 pulgadas (75 mm) podrá requerir hasta 20 minutos para transferir el calor del agregado al mortero.

D) ASTM C39:

Determinación de esfuerzos de compresión en especímenes cilíndricos de concreto

1. Objetivo

Esta práctica cubre la determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos, sean estos moldeados o núcleos obtenidos por extracción. Esta norma se limita a hormigones que tengan un peso unitario en exceso de 800 kg/cm³ (50lb/pe³).

El esfuerzo a la compresión del espécimen es calculado dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo por el área de la cara axial del espécimen.

Los resultados a la compresión pueden depender de forma y el tamaño del espécimen, la pasta del cemento, los procedimientos de mezcla, los métodos de muestro, fabricación y la edad y las condiciones de humedad durante el curado.

E) NTP 339.034

Hormigón (Concreto)

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

1. Objetivo

Esta norma establece la determinación de la resistencia a la compresión e probetas cilíndricas y extracciones diamantinas de concreto.

F) ASTM C597

Método de ensayo: Determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto.

1. Objetivo

Este método de ensayo cubre la determinación de la velocidad de propagación de pulsos longitudinales de ondas de esfuerzos a través del concreto.

Este método no se aplica a la propagación de otros tipos de ondas de esfuerzo a través del concreto.

Los valores indicados en unidades SI deben ser considerados como el estándar. No se incluye otras unidades de medida en esta norma.

Esta norma no pretende señalar todas las medidas de seguridad si las hubiere, asociadas con su uso.

Es responsabilidad del usuario de esta norma, establecer las prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias, antes de su uso.

G) ESCLEROMETRO

ASTM C-805

Método de ensayo cubre la determinación de un número de rebote de hormigón endurecido utilizando un martillo de acero accionado por resorte.

Según la norma se tendrá recomendaciones.

Humedecer todas las superficies por varias horas o durante la noche por que el secado afecta el número de rebote.

No comparar las lecturas sobre el concreto vaciado sobre diferentes materiales de encofrados, el concreto de variado contenido de humedad, las lecturas de diferentes direcciones de impacto, sobre miembros de diferente masa, o resultados utilizando diferentes martillos.

No desbaste la superficie a menos que sea débil, terminada o testarada.

Ensaye las losas estructurales por el fondo.

No ensaye concreto congelado.

NTP 399.181

Método de ensayo para determinar el número de rebote en el hormigón endurecido

1.- Objetivo

Es un método de ensayo No destructivo, el cual en esencia en medir la dureza de la superficie, en un método rápido y simple que se aplica para evaluar la uniformidad del concreto in situ.

Es de gran ayuda para identificar zonas donde el concreto es de pobre calidad o se encuentra deteriorado.

Se mide el rebote de un embolo cargado con un resorte después de haber golpeado una superficie plana de concreto.

3.7.8. Gestión de Riesgos

Lo que va corresponder a la hora de la elaboración de ensayos, se tendrá en cuenta los siguientes:

Equipo De Seguridad: la utilización de equipos será necesario usar (guantes), a la hora de la realización de los ensayos, durante el proceso de la mezcla de materiales de la dosificación del concreto convencional, y para otros ensayos que se necesitará elaborar.

Manipulación De Equipos: Para la utilización de los equipos en este caso dos equipos para la elaboración de la investigación, se

tendrá un especial cuidado en el manejo y control correcto al usar obtener resultados exactos y evitar accidentes por un mal manejo.

Control de Materiales: Se dará una gran importancia, a la hora de trasladar y utilizar para obtener resultados confiables y seguros según las guías documentales.

3.7.9. Gestión Ambiental

Las acciones correspondientes al cuidado del medio ambiente, se darán en nuestra investigación a través de:

El ensayo no destructivo: No provocará residuos ni químicos que puedan alterar el ambiente, en lo cual se haría la mitigación de los impactos ambientales negativos al usar ensayos destructivos, utilizando otras alternativas se contribuye al cuidado del medioambiente.

3.8. Análisis estadístico e interpretación de datos

3.8.1. Enfoque Cualitativo:

Se examinaron las guías de análisis de documentos obtenidos de la escuela de ingeniería civil, ASTM, NTP, ACI, ITINTEC y otras relacionadas al presente estudio.

3.8.2. Enfoque Cuantitativo:

Se utilizó estadística descriptiva, se aplicó:

Modelo Exponencial, lineal, logarítmico y potencial para determinar entre los dos ensayos con diferentes máquinas para hallar la correlación a compresión. Así mismo se utilizó el software de Microsoft office Excel, para procesar los datos, de tal manera que los resultados se puedan graficar en curvas que indiquen un valor óptimo definido con puntos de cada lado de este valor y así poder tabularlos y dar con un resultado final de la investigación.

3.9. Principios éticos

3.9.1. Ética de la recolección de datos

Corresponde a la recolección de datos con seguridad y veracidad, en lo cual no se falsificó ningún dato o resultado, por consiguiente dicha información se podrá ser usada más adelante por otros investigadores o estudios y que dejaría un buen precedente con información actualizada y veracidad para la orientación y base de trabajos afines en el futuro.

3.9.2. Ética de la publicación

La ética de la publicación de la investigación presentada ha sido elaborada con el fin de aportar nuevos conocimientos, ideas, procesos en la rama del concreto, en lo cual se ha usado temas similares de estudio, se hizo el debido reconocimiento a los autores, el hacer esto es un fin de justicia y lucha contra el plagio.

3.9.3. Ética de la aplicación

Los objetivos y beneficios que se quieren dar a través de esta investigación deben estar de acuerdo con el código ético de la profesión, ya que tendrá desventajas y ventajas por medio de muchas aplicaciones que se usaran en esta investigación y también es importante de la forma que se puede contribuir o afectar en la sociedad.

3.9.4. Código ético de la profesión:

Se tendrá como base al código ético del Ingeniero Civil, elaborado por el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) en el cual se establece todas las sanciones que serán aplicadas a las faltas al comportamiento preceptuado por el Código.

Por ello esta investigación quedará sujeta a dicho código.

Capítulo III

Sub Capítulo I

DE LA RELACIÓN CON LA SOCIEDAD

Artículo 99.- Los ingenieros cuidarán que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando su abuso o dispendio, respetarán y harán respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente

Artículo 100.- Los ingenieros ejecutarán todos los actos inherentes a la profesión de acuerdo a las reglas técnicas y científicas procediendo con diligencia; autorizarán planos, documentos o trabajos solo cuando tengan la convicción de que son idóneos y seguros, de acuerdo a las normas de Ingeniería

Artículo 103.- Los ingenieros están obligados a cuidar el territorio de trabajo de la ingeniería peruana y fomentar el desarrollo tecnológico del Perú

Sub Capítulo II

DE LA RELACIÓN CON EL PÚBLICO

“Artículo 106.- Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuarán con seriedad y convicción, cuidando de no crear conflictos de intereses, esforzándose por ampliar el conocimiento del público a cerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad”

“Artículo 107.- Los ingenieros no participarán en la difusión de conceptos falsos, injustos o exagerados acerca de la ingeniería en la actividad pública o privada, de proyectos, productos, métodos o procedimientos relativos a la ingeniería”

Sub Capítulo III

DE LA COMPETENCIA Y PERFECCIONAMIENTO DE PROFESIONAL

“**Artículo 109.-** Los ingenieros realizarán trabajos de ingeniería solamente cuando cuenten con estudios o experiencia en el campo específico de la ingeniería de que se trata”

“**Artículo 110.-** Los ingenieros podrán aceptar trabajos que requieran estudios o experiencias ajenos a los suyos, siempre que sus servicios se limiten a aquellos aspectos para los cuales están calificados, debiendo los demás ser realizados por asociados, consultores o empleados calificados”

“**Artículo 111.-** Los ingenieros autorizarán planos, documentos o trabajos sólo cuando hayan sido elaborados por ellos, o ejecutados bajo su control”

Sub Capítulo IV

DE LA PROMOCIÓN Y PUBLICIDAD

“**Artículo 115.-** Los ingenieros podrán hacer promoción de sus servicios profesionales sólo cuando ella no contenga lenguaje jactancioso o engañoso o en cualquier forma denigrante de la profesión”

“En la promoción que realicen los ingenieros se abstendrán de garantizar resultados que por razones técnicas, económicas o sociales sean de imposible o dudoso cumplimiento”

3.10. Criterios de rigor científico

1. Generalidades:

Mediante la aplicaciones de entrevistas, observación y análisis de documentos se obtuvo respuestas en función a las técnicas de recolección como cuestionario, guía de observación y guía documental, que nos permitió dar validez externa después de haber sido comparadas con otras fuentes teóricas.

2. Fiabilidad

Todos los estudios realizados en dicho proyecto, son confiables en la medida en la que nuestra población (ensayos) es real, se cuenta con un laboratorio para realizar los ensayos respectivos para obtener la recolección de datos lo que nos da la seguridad en la veracidad de los resultados.

3. Replicabilidad

El diseño de nuestro proyecto en estudio es supeditado a diversos factores que van a contribuir con los resultados a obtener:

Factores económicos: Elevados costos para realizar la elaboración de la investigación.

Factores tecnológicos: Si se cuenta con los equipos adecuados para los ensayos en el Laboratorio.

CAPÍTULO IV:
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN
DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados en tablas y figuras

En el presente capítulo se analizará estadísticamente los resultados obtenidos en la etapa de Ensayo en Laboratorio cuando el concreto este en estado fresco y estados endurecido.

De acuerdo a los resultados obtenidos de nuestra investigación, cumpliendo con los objetivos específicos se llegaron a realizar la descripción de cada uno de ellos.

4.1.1. Descripción de los Ensayos en el Concreto Fresco

Se realizaron ensayos para diferentes tipos de diseño de concreto convencional, con resistencias especificadas de $f'c = 175, 210, 280$ y 350 kg/cm^2 . A la última resistencia se le agrego 1% de aditivo RRPLAST.

Tabla 27:

Resultados obtenidos de los ensayos en el concreto fresco, para diferentes diseños de resistencias

Muestra	SLUM	Contenido Aire (%)	Peso unitario(gr)	Temperatura (T°)	
				Ambiente	Concreto
$f'c=175\text{kg/cm}^2$	3.4	1.55	19000	22.6	20.8
$f'c=210\text{kg/cm}^2$	3.8	1.66	18970	26.2	26.8
$f'c=280\text{kg/cm}^2$	3.2	1.48	19035	30.1	32.5
$f'c=350\text{kg/cm}^2$	3.2	1.72	19215	31.1	32.5

Fuente: Propia de los resultados en Laboratorio

Según los resultados de la tabla 27, tenemos que por diseño se realizaron los ensayos correspondientes al concreto en estado fresco adecuadamente según los procedimientos establecidos en la norma ASTM y cumpliendo para cada uno de los ensayos.

En la tabla 28, damos a conocer los parámetros a tener en cuenta según la norma ASTM para cada uno de los ensayos de concreto en estado fresco elaborados.

Tabla 28:

Parámetros de control en estado fresco del concreto

PARÁMETROS DE CONTROL EN ESTADO FRESCO		
Asentamiento inicial	3" - 4"	ASTM C143
Contenido de aire	1% - 3%	ASTM C138
Rendimiento(Peso unitario)	0.98 - 1.02	ASTM C138
Temperatura del concreto	T° Concreto	ASTM C 1064
	T° Ambiente	

Fuente: Normatividad ASTM

Sobre el Asentamiento de la investigación: para la elaboración de la mezcla de los diferentes diseños de concreto convencional, se cumplió con lo establecido de la norma ASTM C 143.

Tabla 29:

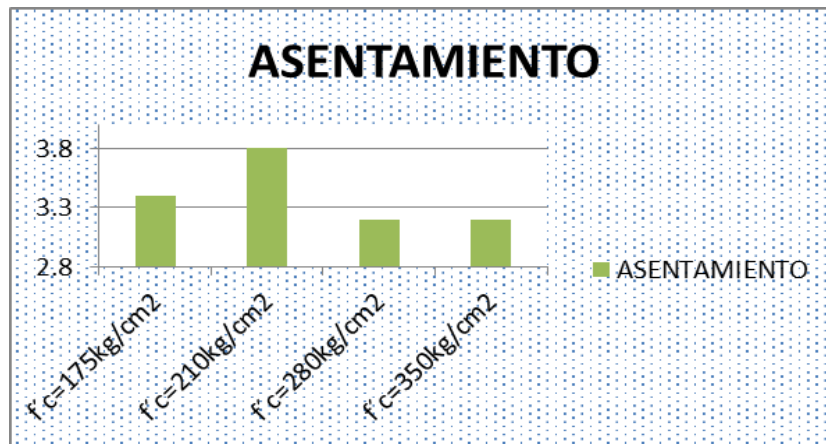
Consistencia del concreto fresco

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥ 5"

Fuente: Normatividad ASTM

Los resultados dados en la tabla 27, muestra que en el diseño de 210kg/cm² hecho en laboratorio de la Universidad Señor de Sipán, es más elevado la consistencia que los otros tres diseños de la dicha investigación, esto se debe que por varios motivos a la hora de chucear o compactar hizo que este diseño que es el del 210kg/cm² salga un poco elevado el consistencia, llegando casi a 4", a comparación de los 3 diseños que están más cerca de 3".

Figura 22: Consistencia de las resistencias de la investigación.



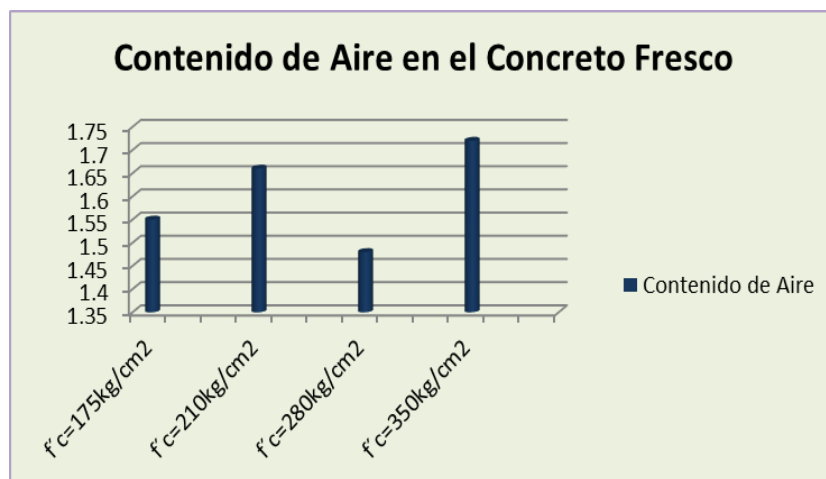
Fuente: Propia Elaborada

Pero al igual de todo, estos 4 diseños de dicha investigación, están dentro de los parámetros plásticos estipulados de la norma ASTM C 143, según la tabla 28.

En el Contenido de Aire: Se realizó la comparación de los diseños teóricos y prácticos, se obtuvo un cumplimiento de porcentaje de aire de 1% - 3%, según la norma ASTM C 138. Como se muestra la tabla 27, se nota que hay un crecimiento de porcentaje de aire, mientras aumenta la resistencia de concreto.

Para el caso del 280kg/cm² que se muestra en la tabla 27 y Figura 23, es uno de los diseños que presentar menor contenido de aire, esto dependerá de la colocación y manipulación de las probetas a la hora de compactar y golpear con los respectivos golpes según la norma.

Figura 23: Contenido de Aire en Concreto Convencional de la investigación.



Fuente: Propia Elaborada

Peso unitario: El peso unitario se hizo respecto al peso de la olla Washington, que se elaboró en los ensayos de concreto fresco y cumpliendo con la norma del ASTM C 138.

La realización de los pesos del concreto dentro de la olla Washington, dependerá de la masa del concreto que está dentro de la olla, ya que pueden salir pesos diferentes para cada diseño, pero siempre cumpliendo con la norma estipulada.

Sobre la Temperatura: la temperatura se obtuvo según las condiciones climáticas y el tiempo.

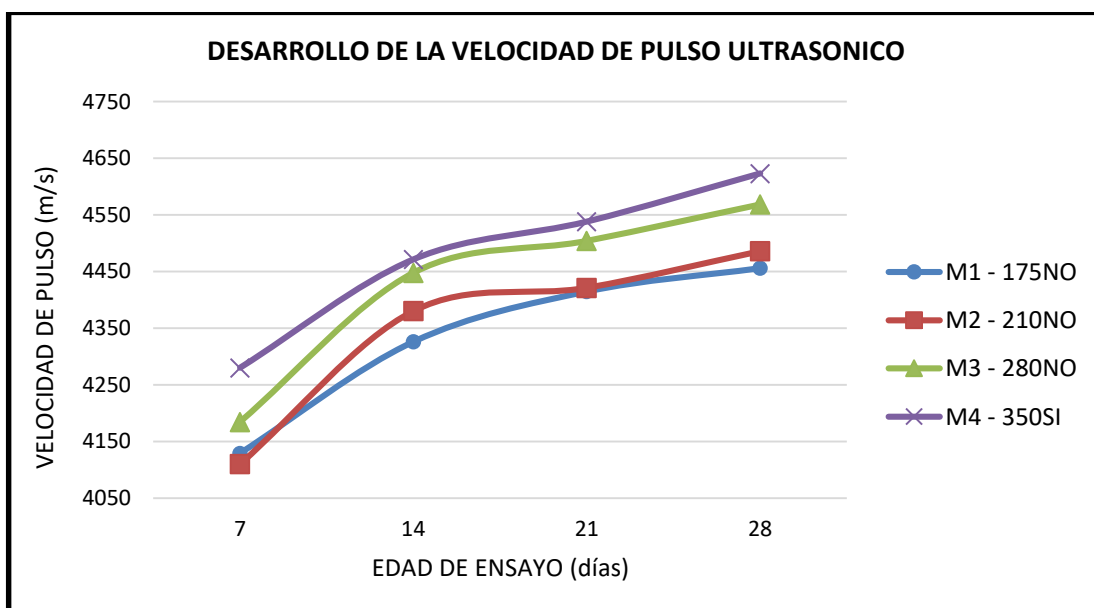
La variación de la temperatura en el concreto se hizo con la medición de un termómetro, midiendo la temperatura ambiente y la temperatura del concreto, este equipo se colocó en la mezcla fresca, variando la temperatura durante el proceso en el día.

4.1.2. Descripción del Ensayo de Velocidad de Pulso:

Se realizó la evaluación de los 4 diseños de mezcla “A” de 175, 210, 280 y 350 kg/cm², teniendo en cuenta que para los 4 diseños el de 350 kg/cm² se le agrego un aditivo al 1% (RRPLAST).

Una vez obtenido el concreto endurecido debidamente curado a los 7, 14, 21 y 28 días según la norma ASTM, se realizó el ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico, obteniendo dichos resultados Figura 24.

Figura 24: Desarrollo de la Velocidad de Pulso Ultrasónico.



Fuente: Elaboración Propia.

Este ensayo realizado se hizo en los días 7, 14, 21 y 28 días para cada Muestras de diseño (M1=175kg/cm², M2=210kg/cm², M3=280kg/cm², M4=350kg/cm²).

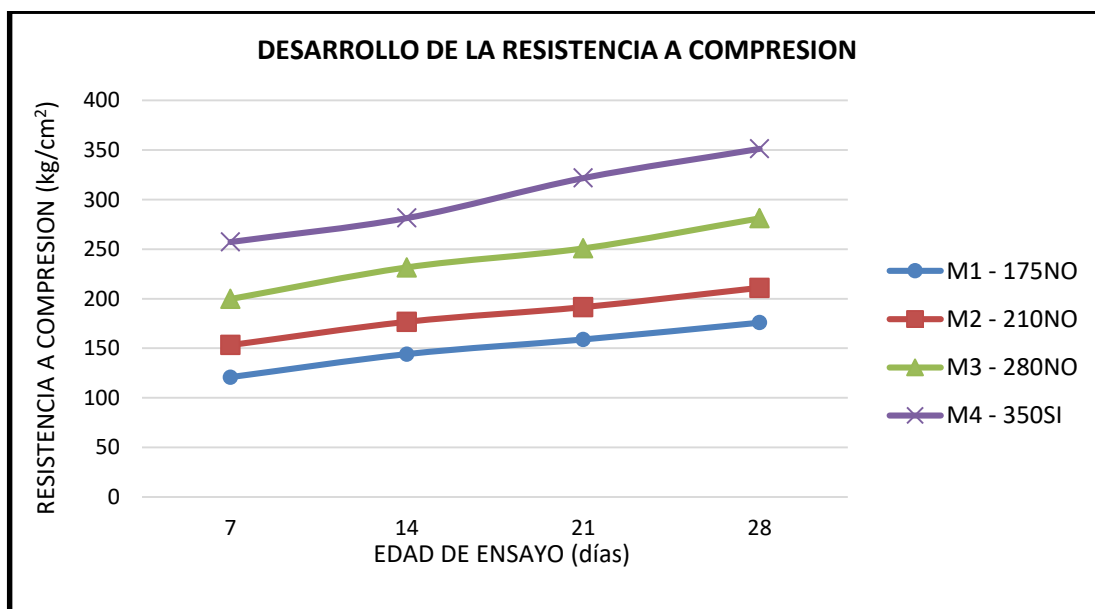
Después de haber obtenido los resultados en laboratorio, se graficó las muestras o diseños con sus respectivos días 7, 14,21 y 28.

Como se muestra la Figura 24, nos da a entender que para cada diseño de mezcla de concreto convencional va aumentando su velocidad de pulso ultrasónico mientras van pasando los días de curado señalados posteriormente.

4.1.3. Descripción del Ensayo de resistencia a la Compresión:

La realización de este ensayo se hizo después de haber usado el ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasonido, todas las muestras se pasaron al ensayo de Resistencia a la Compresión usando la maquina Prensa de Rotura, como se muestra en la Figura 25.

Figura 25: Desarrollo de la Resistencia a Compresión.



Fuente: Elaboración Propia.

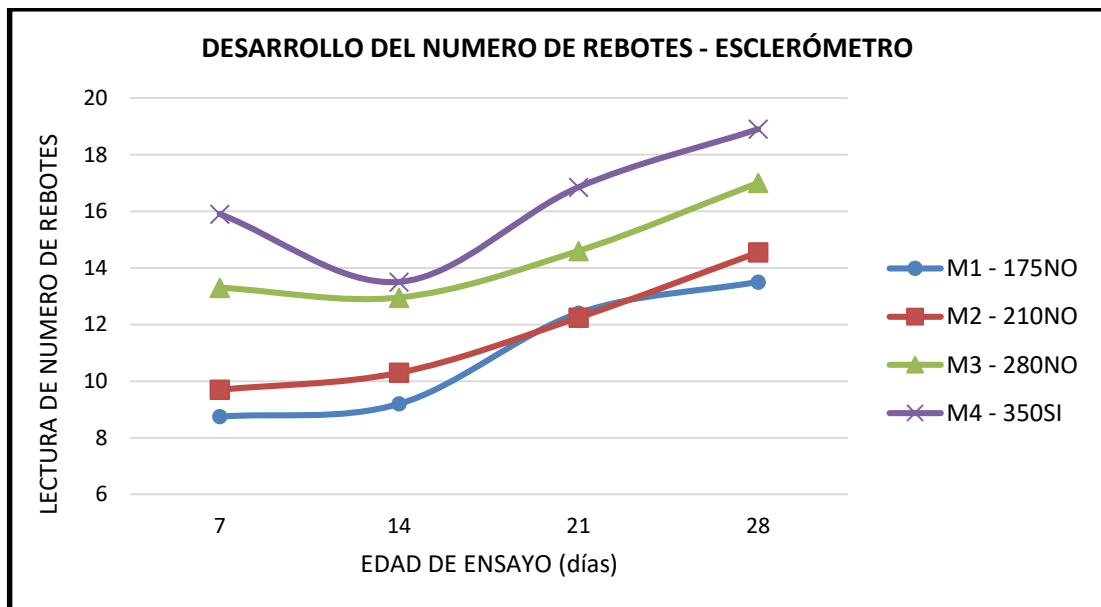
Como se muestra en la gráfica, los diseños de mezclas “A” de (M1=175kg/cm², M2=210kg/cm², M3=280kg/cm², M4=350kg/cm²) al momento de hacer el ensayo de Resistencia a la compresión notamos un

aumento en los días de curado 7, 14, 21 y 28 días. Quiere decir que se cumplió los diseños hechos con los porcentajes dados según investigaciones anteriores.

4.1.4. Descripción del ensayo de Esclerómetro (Adicional)

Adicionalmente se evaluó dos ensayos realizados esclerómetro, para las muestras “B” (M1=175kg/cm², M2=210kg/cm², M3=280kg/cm², M4=350kg/cm²) haciendo el uso del Esclerómetro en los días de ensayos 7, 14, 21 y 28 días obteniendo los resultados en la Figura 26.

Figura 26: Desarrollo del Número de Rebotes-Esclerómetro.



Fuente: Elaboración Propia.

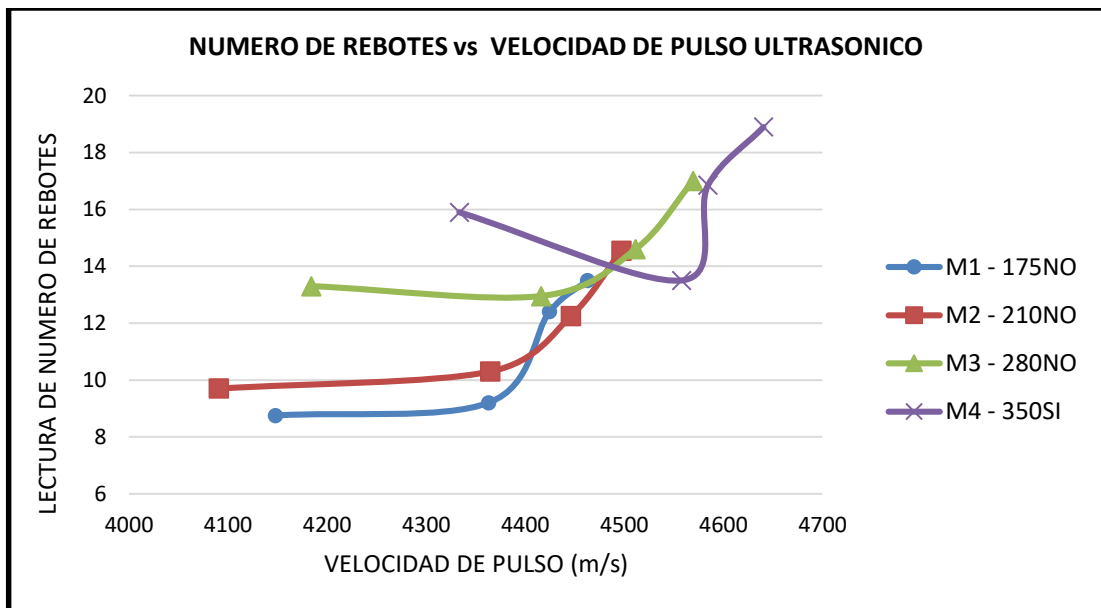
La grafica muestra los números de rebotes para cada diseño de mezcla de concreto convencional, este ensayo se realizó para la comparación con el ensayo de Velocidad de Pulso Ultrasónico. Se mostró la gráfica que mayor diseño de resistencia, va aumentando el número de rebotes, como el diseño de mezcla M4 (350 kg/cm²) ya que a esta mezcla se le agrego 1% de aditivo y, mientras menor fue el diseño de mezcla M1 (175kg/cm²) menor es la cantidad de numero de rebotes.

4.1.4.1. Descripción de Velocidad de pulso y Esclerómetro

Se realizó la comparación de dos máquinas no destructivas en esta investigación con las muestras "B", que primero fueron ensayadas por la máquina de Velocidad de pulso y luego ensayada con el esclerómetro.

Dando la gráfica siguiente para cada tipo de diseño de mezcla M1, M2, M3, M4, y graficando los dos ensayos con los días ensayados respectivos.

Figura 27: Numero de rebote vs Velocidad De Pulso.



Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra la Figura mientras aumenta la cantidad de golpes con el ensayo del esclerómetro, hay un aumento de la Velocidad de pulso con el ensayo de prensa de rotura, como lo habíamos dicho antes, esta Figura da entender que no para todos los diseños se cumple lo mismo, pero que su mayor parte aumenta la velocidad, habría aumento de número de golpes.

4.1.4.2. Descripción de Resultados entre la Velocidad de pulso y Esclerómetro

Se analizó estadísticamente los resultados obtenidos, con la finalidad de encontrar el patrón de tendencia que, para cada caso, permita determinar con cierto grado de confiabilidad los menores valores de

Porcentajes Residuales, que representan el error en la estimación del número de rebotes entre lo esperado y lo obtenido.

Los modelos de aproximación que se probaron para efectuar el ajuste analítico de los datos experimentales se muestran a continuación con sus respectivas ecuaciones representativas:

- **Modelo Exponencial:** $R' = a \times e^{bV}$

Ecuación 17: Modelo Exponencial – (Adicional).

- **Modelo Lineal:** $R' = a(V) - b$

Ecuación 18: Modelo Lineal - (Adicional).

- **Modelo Logarítmico:** $R' = a \times \ln(V) - b$

Ecuación 19: Modelo Logarítmico - (Adicional).

- **Modelo Potencial:** $R' = a \times V^b$

Ecuación 20: Modelo Potencial - (Adicional).

En donde:

R' = Numero de Rebotes

V = Velocidad de Pulso Ultrasónico

a y b = Coeficientes de la Ecuación

Se considera el Coeficiente de Determinación r^2 como la medida de la confiabilidad del ajuste en la relación de dependencia entre las variables: Velocidad de Pulso Ultrasónico y Número de rebotes (denominados también (V) o “Velocidad” y (R') o “Rebotes”, respectivamente). Este coeficiente permitió elegir el mejor modelo matemático de aproximación, mediante el método de los mínimos cuadrados, dado que representa la razón entre la variación estimada y la variación total. Por definición:

Si $r^2 = 1.00$, la predicción de la variable dependiente es perfecta

Si $r^2 = 0.00$, la relación entre las variables está dispuesta por el azar

Se establecieron todas las combinaciones posibles agrupando los resultados obtenidos para los diseños 175, 210, 280 y 350 kg/cm² a las edades de (7 y 28 días), (7, 14 y 21 días), finalmente se combinaron las 4 edades a la vez (7, 14, 21 y 28 días).

Se realizó una lista de selección de datos para todos los diseños y a diferentes días, la lista completa se encuentra en los anexos.

A continuación se muestra el resumen de las ecuaciones y la lista de los días con sus respectivas ecuaciones a utilizar.

Tabla 30:

Valores de confiabilidad en base a datos de Laboratorio Ensayos "B".

CÓDIGO	SELECCIÓN DE DATOS DE LABORATORIO	OBTENCIÓN DE r^2 CON MODELOS DE REGRESIÓN ESTADÍSTICA			
		EXPONENCIAL	LINEAL	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Q'	Diseño 175 - 7 y 28 días	0.9661	0.9716	0.9710	0.9655
R'	Diseño 210 - 7 y 28 días	0.8284	0.8442	0.8402	0.8238
S'	Diseño 280 - 7 y 28 días	0.9806	0.9748	0.9732	0.9791
T'	Diseño 350 - 7 y 28 días	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993
U'	Diseño 175 - 7, 14 y 28 días	0.4775	0.4759	0.4723	0.4741
V'	Diseño 210 - 7, 14 y 28 días	0.5313	0.5326	0.5309	0.5196
W'	Diseño 280 - 7, 14 y 28 días	0.3630	0.4038	0.3956	0.3553
X'	Diseño 350 - 7, 14 y 28 días	0.0774	0.1051	0.1007	0.0737
Y'	Diseño 175 - 7, 14,21 y 28 días	0.5228	0.4979	0.4942	0.5192
Z'	Diseño 210 - 7, 14,21 y 28 días	0.5499	0.5454	0.5344	0.5389
AA'	Diseño 280 - 7, 14,21 y 28 días	0.3343	0.3594	0.3517	0.3272
AB'	Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días	0.0742	0.0944	0.0912	0.0713

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 30 muestra un resumen de los valores de confiabilidad de cada selección de datos evaluados mediante los diferentes métodos de aproximación estadística para los ensayos elaborados en laboratorio.

Los resultados que se obtuvo del cuadro de anexos, donde se muestran las mezclas de diseños a ciertos días, dándole la tendencia "R' ", para las ecuaciones exponencial, lineal, potencial y logarítmica.

Tomando el Coeficiente de Determinación r^2 , como criterio para juzgar el nivel de ajuste de los diferentes modelos matemáticos, se encontró que las curvas de aproximación más representativas para la relación de las variables estudiadas fueron: la Exponencial y la Lineal; en la tabla 30 que se muestra el resultado del análisis efectuado.

4.1.4.3. Obtención de los porcentajes residuales

Es preciso desarrollar un análisis de los Porcentajes Residuales para los dos modelos de aproximación elegidos (Exponencial y Lineal), con énfasis en la selección de datos Y' , Z' , AA' y AB' , es decir, se requiere identificar el error en la estimación del número de rebotes entre lo esperado y lo realmente obtenido, mediante la aplicación de la ecuación de tendencia estructurada para cada selección de datos (con ayuda del Programa de análisis estadístico "R' "), a fin de elegir cuál de los modelos es el que provee mayor grado de confianza y por ende representa mejor la correlación entre el número de rebotes y la Velocidad de Pulso Ultrasónico.

Se muestra la estructura genérica de las ecuaciones de tendencia a trabajar:

- **Modelo de tendencia Exponencial:** $R' = a \times e^{bV}$

Ecuación 21: Modelo de tendencia Exponencial – (Adicional).

- **Modelo de tendencia Lineal:** $R' = a(V) - b$

Ecuación 22: Modelo de tendencia Lineal- (Adicional).

En donde:

R' = Numero de Rebotes estimada con la ecuación de tendencia

V = Velocidad de Pulso Ultrasónico obtenida en ensayos

a y b = Coeficientes de la Ecuación

Para cada caso se determinaron los coeficientes de la ecuación, empleando para ello los datos correspondientes a cada selección de datos. Con ello la resistencia estimada es obtenida al ingresar a la ecuación de velocidad de pulso ultrasónico registrado en los ensayos previos, finalmente el porcentaje residual se hallara a calcular la diferencia entre la resistencia registrada en los ensayos previos (resistencia real) y la resistencia estimando esperadas en porcentaje respecto de la resistencia real.

$$\text{Porcentaje Residual} = \frac{(\text{Resistencia real} - \text{Resistencia estimada})}{\text{Resistencia real}} \times 100$$

Ecuación 23: Porcentaje Residual.

Se obtuvo el porcentaje residual de ambas ecuación lineal y exponencial, pero de ambas ecuaciones se escogió a la que tenía menor porcentaje de error, se escogió la ecuación lineal.

Como se muestra la tabla de abajo, es la representación del modelo de ecuación a elegir ósea la ecuación lineal que fue la ecuación que tuvo un porcentaje residual que se acercaba más a los resultados reales, que será el modelo de la ecuación patrón para esta correlación de ambos equipos.

4.1.4.4. Análisis Con Modelo De Aproximación Lineal:

Tabla 31:

Para la selección de datos Y' (Diseño 175 - 7, 14, 21 y 28 días).

Ecuación de Tendencia Y'		R' = 0.015V - 53.822				
EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	Y'	4160	9	9	0	-1%
7	Y'	4136	8	9	1	9%
14	Y''	4398	12	9	-3	-40%
14	Y'	4328	11	10	-1	-14%
21	Y'	4420	12	14	1	10%
21	Y'	4429	13	15	3	18%
28	Y'	4420	12	13	0	0%
28	Y'	4429	13	12	0	-3%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32:

Para la selección de datos Z' (Diseño 210 - 7, 14, 21 y 28 días).

Ecuación de Tendencia Z'		R' = 0.0095V - 29.77				
EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	Z'	4132	9	9	0	-5%
7	Z'	4049	9	10	2	16%
14	Z'	4374	12	11	0	-3%
14	Z'	4355	12	9	-2	-26%
21	Z'	4476	13	13	0	0%
21	Z'	4416	12	12	0	-3%
28	Z'	4499	13	14	1	6%
28	Z'	4495	13	15	2	15%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 33:

Para la selección de datos AA' (Diseño 280 - 7, 14, 21 y 28 días).

Ecuación de Tendencia AA'			R' = 0.007V - 16.481			
EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	AA'	4149	13	13	1	5%
7	AA'	4219	13	13	0	3%
14	AA'	4465	15	12	-3	-25%
14	AA'	4367	14	14	0	0%
21	AA'	4505	15	14	-1	-9%
21	AA'	4518	15	15	0	2%
28	AA'	4554	15	17	1	7%
28	AA'	4585	16	18	2	11%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 34:

Para la selección de datos AB' (Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días).

Ecuación de Tendencia AB			R' = 0.0055V - 8.6891			
EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	AB'	4357	15	16	1	5%
7	AB'	4310	15	16	1	4%
14	AB'	4560	16	13	-3	-23%
14	AB'	4556	16	14	-3	-19%
21	AB'	4574	16	19	2	11%
21	AB'	4595	17	15	-1	-9%
28	AB'	4625	17	19	2	11%
28	AB'	4656	17	19	2	11%

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4.5. Sobrevaloración y Subvaloración

Entre los resultados de los porcentajes residuales se observa que los mayores valores obtenidos fueron en algunos casos positivos y en otros negativos, es decir que la diferencia entre el número de rebotes real y el número de rebotes estimado (obtenida al aplicar la ecuación de tendencia correspondiente) fue Subvalorada y Sobrevalorada, respectivamente.

Tabla 35:

Porcentajes Residuales máximos de Sobrevaloración y Subvaloración para selección de datos Y', Z', AA' y AB' con aproximación Lineal.

CÓDIGO ASIGNADO	Sobrevaloración		Subvaloración	
	Diferencia # De Rebotes: Real - Estimada	Porcentaje respecto al # de rebotes Real (%)	Diferencia # De Rebotes: Real - Estimada	Porcentaje respecto al # de rebotes Real (%)
Diseño 175 - 7 y 28 días	-1	-7%	0	2%
Diseño 210 - 7 y 28 días	-1	-13%	1	11%
Diseño 280 - 7 y 28 días	-1	-3%	0	1%
Diseño 350 - 7 y 28 días	0	1%	0	1%
Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días	-3	-40%	3	18%
Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días	-2	-26%	2	15%
Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días	-3	-25%	2	11%
Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días	-3	-23%	2	11%

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.4.6. Porcentajes Residuales Máximos

Porcentajes residuales máximos son los siguientes:

Tabla 36:

Porcentaje residual máximo para la Aproximación Lineal.

CÓDIGO ASIGNADO	SELECCIÓN DE DATOS	PORCENTAJE RESIDUAL MÁXIMO OBTENIDO
		ENSAYOS B
Q'	Diseño 175 - 7 y 28 días	2%
R'	Diseño 210 - 7 y 28 días	11%
S'	Diseño 280 - 7 y 28 días	1%
T'	Diseño 350 - 7 y 28 días	1%
U'	Diseño 175 - 7, 14 y 28 días	11%
V'	Diseño 210 - 7, 14 y 28 días	16%
W'	Diseño 280 - 7, 14 y 28 días	9%
X'	Diseño 350 - 7, 14 y 28 días	11%
Y'	Diseño 175 - 7, 14,21 y 28 días	18%
Z'	Diseño 210 - 7, 14,21 y 28 días	16%
AA'	Diseño 280 - 7, 14,21 y 28 días	11%
AB'	Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días	11%

Fuente: Elaboración Propia.

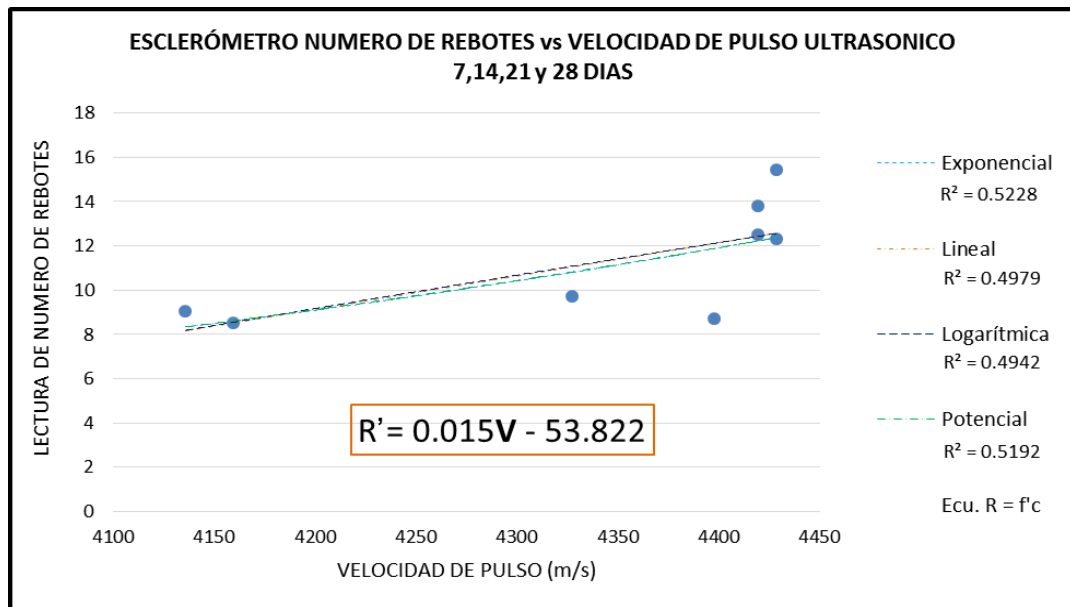
Esta tabla muestra los porcentajes residuales máximos de la ecuación lineal tomada, para todas las combinaciones por diseño para los días 7, 14, 21 y 28 días como ecuaciones patrones.

4.1.4.7. Ecuación Patrón Para cada Diseño

Se escogieron las ecuaciones patrones para cada diseño, y su respectiva gráfica, entonces cada diseño tendrá una ecuación de correlación entre número de golpes vs la velocidad de pulso.

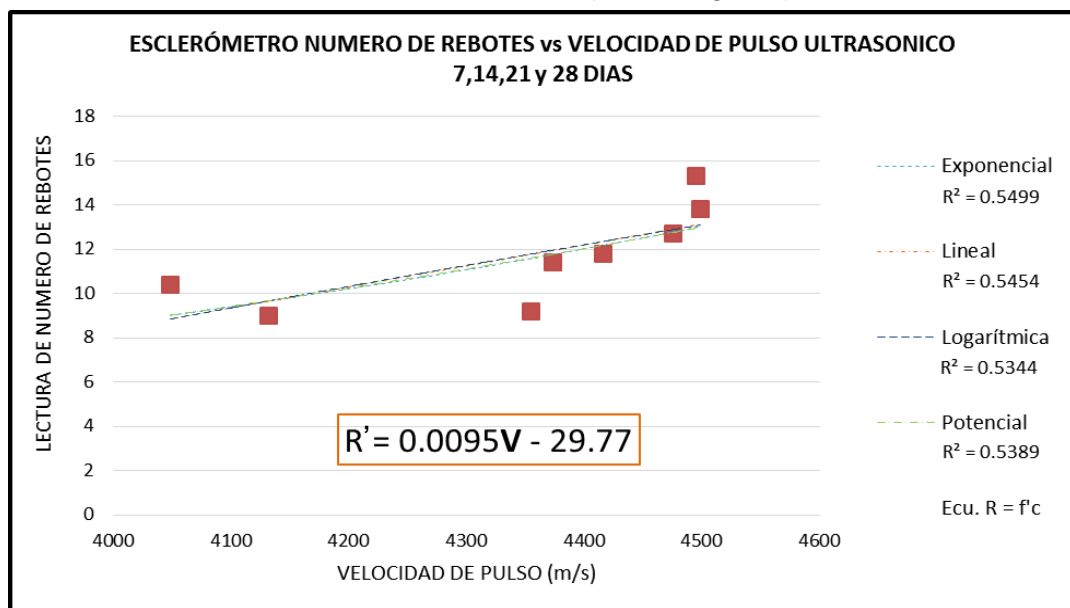
A continuación se muestra la Ecuación Matemática Lineal como patrón para los diseños de 175, 210,280 y 350 kg/cm².

Figura 28: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos Y' de laboratorio ($f'c=175\text{kg/cm}^2$).



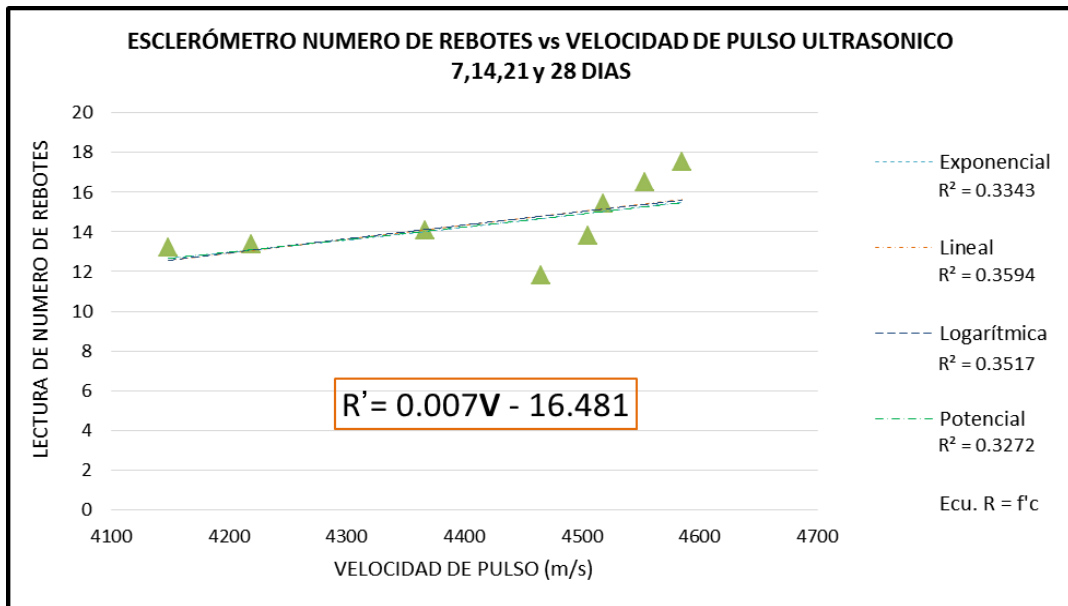
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos Z' de laboratorio. ($f'c=210\text{kg/cm}^2$).



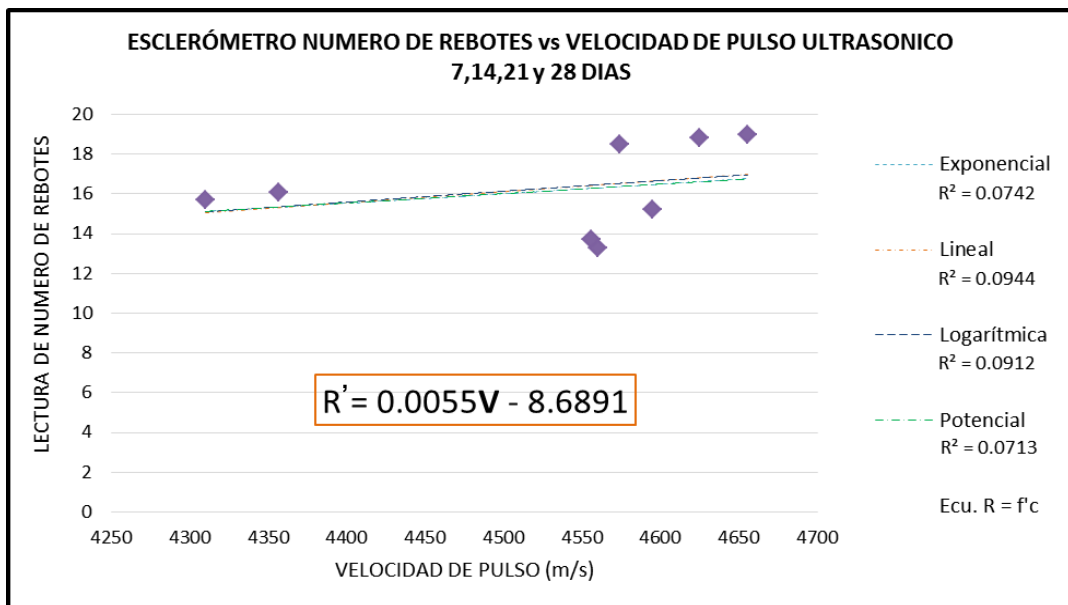
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 30: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos AA' de laboratorio. ($f'c=280\text{kg/cm}^2$).



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 31: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos AB' de laboratorio. ($f'c=350\text{kg/cm}^2$).



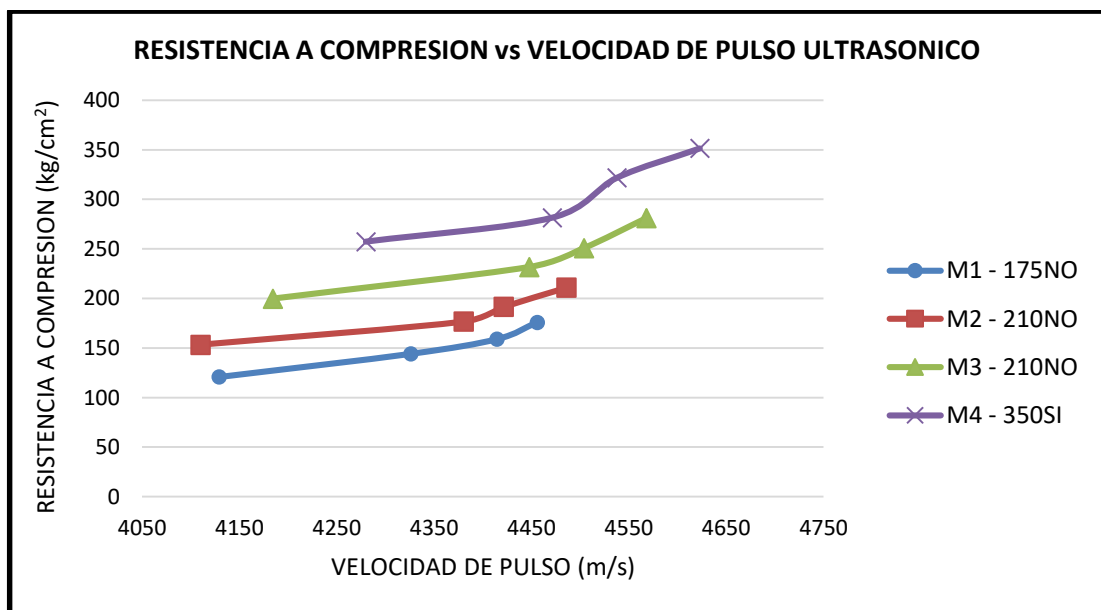
Fuente: Elaboración Propia.

4.1.5. Descripción correlación de Velocidad de Pulso y Resistencia a la compresión

Estos ensayos realizados de velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a la compresión, se deberá correlacionarse entre sí mediante una ecuación más exacta, para ver si habrá una correlación de velocidad de pulso y resistencia a la compresión para cada diseño empleado en esta investigación.

Se elaboró una gráfica relacionada para ambos ensayos Velocidad de pulso y Resistencia a la compresión, en los días de curado 7,14, 21 y 28 días, para todos los diseños hechos en esta investigación (M1=175kg/cm², M2=210kg/cm², M3=280kg/cm², M4=350kg/cm²).

Figura 32: Resistencia a compresión vs Velocidad de pulso Ultrasónico.



Fuente: Elaboración Propia.

4.1.5.1. Contrastación de Hipótesis

A. Formulación de la hipótesis

“En concreto convencional a mayor resistencia cilíndrica a compresión, se obtendrá mayor velocidad de pulso ultrasónico en el concreto”.

B. Velocidad de pulso y Resistencia a la Compresión

CÓDIGO DE MEZCLA	CÓDIGO DE ENSAYO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)
M1 - 175NO	A -1	4452	172.00
	A -2	4469	182.00
	A -3	4447	174.00
M2 - 210NO	A -1	4487	212.00
	A -2	4485	208.00
	A -3	4486	212.00
M3 - 280NO	A -1	4586	281.00
	A -2	4584	283.00
	A -3	4535	280.00
M4 - 350SI	A -1	4605	350.00
	A -2	4656	352.00
	A -3	4608	352.00

C. Interpretación

En las muestras elaboradas con concreto convencional para los diseños de 175, 210, 280 y 350 kg/cm² a los 28 días de edad se logró observar que a una mayor Resistencia a Compresión en testigos cilíndricos, se adquirió un resultado con una mayor medición de Velocidad de Pulso Ultrasónico.

4.1.5.2. Descripción de los resultados de Velocidad de Pulso y Resistencia a la compresión

Se analizará estadísticamente los resultados obtenidos, con la finalidad de encontrar el patrón de tendencia que, para cada caso, permita determinar con cierto grado de confiabilidad los menores valores de Porcentajes Residuales, que representan el error en la estimación de la Resistencia a Compresión entre lo esperado y lo obtenido.

Los modelos de aproximación que se probaron para efectuar el ajuste analítico de los datos experimentales se muestran a continuación con sus respectivas ecuaciones representativas:

- **Modelo Exponencial:** $R = a \times e^{bV}$

Ecuación 24: Modelo Exponencial.

- **Modelo Lineal:** $R = a(V) - b$

Ecuación 25: Modelo Lineal.

- **Modelo Logarítmico:** $R = a \times \ln(V) - b$

Ecuación 26: Modelo Logarítmico.

- **Modelo Potencial:** $R = a \times V^b$

Ecuación 27: Modelo Potencial.

En donde:

R = Resistencia a Compresión

V = Velocidad de Pulso Ultrasónico

a y b= Coeficientes de la Ecuación

Se considera el Coeficiente de Determinación r^2 como la medida de la confiabilidad del ajuste en la relación de dependencia entre las variables: Velocidad de Pulso Ultrasónico y Resistencia a Compresión (denominados también “V” o “Velocidad” y “R” o “Resistencia”, respectivamente). Este coeficiente permitió elegir el mejor modelo de aproximación, mediante el método de los mínimos cuadrados, dado que representa la razón entre la variación estimada y la variación total. Por definición:

Si $r^2 = 1.00$, la predicción de la variable dependiente es perfecta.

Si $r^2 = 0.00$, la relación entre las variables está dispuesta por el azar.

Se establecieron todas las combinaciones posibles agrupando los resultados obtenidos para los diseños 175, 210, 280 y 350 kg/cm² a las edades de (7 y 28 días), (7, 14 y 21 días), finalmente se combinaron las 4 edades a la vez (7, 14, 21 y 28 días).

Se realizó una lista de selección de datos para todos los diseños y a diferentes días, la lista completa se encuentra en los anexos.

A continuación se muestra el resumen de las ecuaciones y la lista de los días con sus respectivas ecuaciones a utilizar.

Tabla 37:

Valores de confiabilidad en base a datos de Laboratorio Ensayos "A".

CÓDIGO	SELECCIÓN DE DATOS DE LABORATORIO	OBTENCIÓN DE r^2 CON MODELOS DE REGRESIÓN ESTADÍSTICA			
		EXPONENCIAL	LINEAL	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Q	Diseño 175 - 7 y 28 días	0.9334	0.9440	0.9427	0.9321
R	Diseño 210 - 7 y 28 días	0.9640	0.9653	0.9626	0.9613
S	Diseño 280 - 7 y 28 días	0.9358	0.9457	0.9436	0.9336
T	Diseño 350 - 7 y 28 días	0.9599	0.9581	0.9560	0.9580
U	Diseño 175 - 7, 14 y 28 días	0.9114	0.9035	0.8984	0.9073
V	Diseño 210 - 7, 14 y 28 días	0.8696	0.8442	0.8361	0.8621
W	Diseño 280 - 7, 14 y 28 días	0.8423	0.8258	0.8183	0.8355
X	Diseño 350 - 7, 14 y 28 días	0.8708	0.8493	0.8410	0.8631
Y	Diseño 175 - 7, 14,21 y 28 días	0.9096	0.8959	0.8912	0.9058
Z	Diseño 210 - 7, 14,21 y 28 días	0.8775	0.8508	0.8431	0.8705
AA	Diseño 280 - 7, 14,21 y 28 días	0.8455	0.8239	0.8166	0.839
AB	Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días	0.8771	0.8591	0.852	0.8708

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 37 muestra un resumen de los valores de confiabilidad de cada selección de datos evaluados mediante los diferentes métodos de aproximación estadística para los ensayos elaborados en laboratorio.

Los resultados que se obtuvo del cuadro de anexos, donde se muestran las mezclas de diseños a ciertos días, dándole la tendencia R, para las ecuaciones Exponencial, Lineal, Potencial y Logarítmica.

Tomando el Coeficiente de Determinación r^2 , como criterio para juzgar el nivel de ajuste de los diferentes modelos matemáticos, se encontró que las curvas de aproximación más representativas para la relación de las variables estudiadas fueron: la Exponencial y la Lineal; en la tabla 37 que se muestra el resultado del análisis efectuado.

4.1.5.3. Obtención de los porcentajes residuales

Es preciso desarrollar un análisis de los Porcentajes Residuales para los dos modelos de aproximación elegidos, con énfasis en la selección de datos Y, Z, AA y AB, es decir, se requiere identificar el error en la estimación de la resistencia a compresión cilíndrica entre lo esperado y lo realmente obtenido, mediante la aplicación de la ecuación de tendencia estructurada para cada selección de datos (con ayuda del Programa de análisis

estadístico “R”), a fin de elegir cuál de los modelos es el que provee mayor grado de confianza y por ende representa mejor la correlación entre la Resistencia a Compresión y la Velocidad de Pulso Ultrasónico.

Se muestra la estructura genérica de las ecuaciones de tendencia a trabajar:

- **Modelo de tendencia Exponencial:** $R = a \times e^{bV}$

Ecuación 28: Modelo de tendencia Exponencial

- **Modelo de tendencia Lineal:** $R = a(V) - b$

Ecuación 29: Modelo de tendencia Lineal

En donde:

R = Resistencia a Compresión estimada con la ecuación de tendencia

V = Velocidad de Pulso Ultrasónico obtenida en ensayos

a y b = Coeficientes de la Ecuación

Para cada caso se determinaron los coeficientes de la ecuación, empleando para ello los datos correspondientes a cada selección de datos. Con ello la resistencia estimada es obtenida al ingresar a la ecuación de velocidad e pulso ultrasónico registrado en los ensayos previos, finalmente el porcentaje residual se hallara a calcular la diferencia entre la resistencia registrada en los ensayos previos (resistencia real) y la resistencia estimando esperadas en porcentaje respecto de la resistencia real.

$$\text{Porcentaje Residual} = \frac{(\text{Resistencia real} - \text{Resistencia estimada})}{\text{Resistencia real}} \times 100$$

Ecuación 30: Porcentaje Residual.

Se obtuvo el porcentaje residual de ambas ecuación lineal y exponencial, pero de ambas ecuaciones se escogió a la que tenía menor porcentaje de error, se escogió la ecuación lineal.

Como se muestra la tabla de abajo, es la representación del modelo de ecuación a elegir ósea la ecuación lineal que fue la ecuación que tuvo un porcentaje residual que se acercaba más a los resultados reales, que

será el modelo de la ecuación patrón para esta correlación de ambos equipos.

4.1.5.4. Análisis Con Modelo De Aproximación Lineal

Tabla 38:

Selección de datos Y (Diseño 175 - 7, 14, 21 y 28 días).

Ecuación de Tendencia Y		R = 0.1539V - 516.89				
EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Y	4118	117	130	13	10%
7	Y	4161	123	116	-8	-7%
7	Y	4108	115	116	1	1%
14	Y	4328	149	145	-5	-3%
14	Y	4304	145	142	-3	-2%
14	Y	4346	152	145	-7	-4%
21	Y	4409	162	157	-5	-3%
21	Y	4415	163	159	-4	-2%
21	Y	4420	163	161	-3	-2%
28	Y	4452	168	172	3	2%
28	Y	4469	171	182	11	6%
28	Y	4447	168	174	6	4%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 39:

Selección de datos Z (Diseño 210 - 7, 14, 21 y 28 días).

Ecuación de Tendencia Z		R = 0.1345V - 402				
EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Z	4132	154	150	-4	-3%
7	Z	4149	156	156	0	0%
7	Z	4049	143	154	12	8%
14	Z	4389	188	175	-14	-8%
14	Z	4385	188	176	-12	-7%
14	Z	4367	185	179	-6	-3%
21	Z	4416	192	192	0	0%
21	Z	4428	194	192	-2	-1%
21	Z	4420	192	191	-1	-1%
28	Z	4487	202	212	11	5%
28	Z	4485	201	208	7	3%
28	Z	4486	201	212	11	5%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 40:*Selección de datos AA (Diseño 280 - 7, 14, 21 y 28 días).*

Ecuación de Tendencia AA			R = 0.1831V - 569.52			
EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	AA	4219	203	190	-13	-7%
7	AA	4132	187	203	16	8%
7	AA	4202	200	206	6	3%
14	AA	4464	248	234	-14	-6%
14	AA	4415	239	236	-3	-1%
14	AA	4464	248	225	-23	-10%
21	AA	4494	253	251	-3	-1%
21	AA	4521	258	252	-7	-3%
21	AA	4497	254	250	-3	-1%
28	AA	4586	270	281	11	4%
28	AA	4584	270	283	13	5%
28	AA	4535	261	280	19	7%

Fuente: Elaboración Propia.**Tabla 41:***Selección de datos AB (Diseño 350 - 7, 14, 21 y 28 días).*

Ecuación de Tendencia AB			R = 0.2564V - 845.18			
EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	AB	4219	237	250	13	5%
7	AB	4357	272	260	-12	-5%
7	AB	4264	248	262	13	5%
14	AB	4515	312	287	-25	-9%
14	AB	4444	294	280	-15	-5%
14	AB	4455	297	278	-20	-7%
21	AB	4581	329	330	1	0%
21	AB	4518	313	320	7	2%
21	AB	4515	312	315	3	1%
28	AB	4605	336	350	14	4%
28	AB	4656	349	352	4	1%
28	AB	4608	336	352	15	4%

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.5.5. Sobrevaloración y Subvaloración

Entre los resultados de los porcentajes residuales se observa que los mayores valores obtenidos fueron en algunos casos positivos y en otros negativos, es decir que la diferencia entre el número de rebotes real y el número de rebotes estimado (obtenida al aplicar la ecuación de tendencia correspondiente) fue Subvalorada y Sobrevalorada, respectivamente.

Tabla 42:

Porcentajes Residuales máximos de Sobrevaloración y Subvaloración para selección de datos Y, Z, AA y AB con aproximación Lineal.

CÓDIGO ASIGNADO	Sobrevaloración		Subvaloración	
	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)
Diseño 175 - 7 y 28 días	-11	-9%	11	8%
Diseño 210 - 7 y 28 días	-7	-5%	10	6%
Diseño 280 - 7 y 28 días	-18	-9%	13	6%
Diseño 350 - 7 y 28 días	-19	-7%	7	3%
Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días	-8	-7%	13	10%
Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días	-14	-8%	12	8%
Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días	-23	-10%	19	8%
Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días	-25	-9%	15	5%

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.5.6. Porcentajes Residuales Máximos

Porcentajes residuales máximos son los siguientes:

Tabla 43:

Porcentaje residual máximo para la Aproximación Lineal.

CÓDIGO ASIGNADO	SELECCIÓN DE DATOS	PORCENTAJE RESIDUAL MÁXIMO OBTENIDO
		ENSAYOS A
Q	Diseño 175 - 7 y 28 días	8%
R	Diseño 210 - 7 y 28 días	6%
S	Diseño 280 - 7 y 28 días	6%
T	Diseño 350 - 7 y 28 días	3%
U	Diseño 175 - 7, 14 y 28 días	10%
V	Diseño 210 - 7, 14 y 28 días	7%
W	Diseño 280 - 7, 14 y 28 días	8%

X	Diseño 350 - 7, 14 y 28 días	6%
Y	Diseño 175 - 7, 14,21 y 28 días	10%
Z	Diseño 210 - 7, 14,21 y 28 días	8%
AA	Diseño 280 - 7, 14,21 y 28 días	8%
AB	Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días	5%

Fuente: Elaboración Propia.

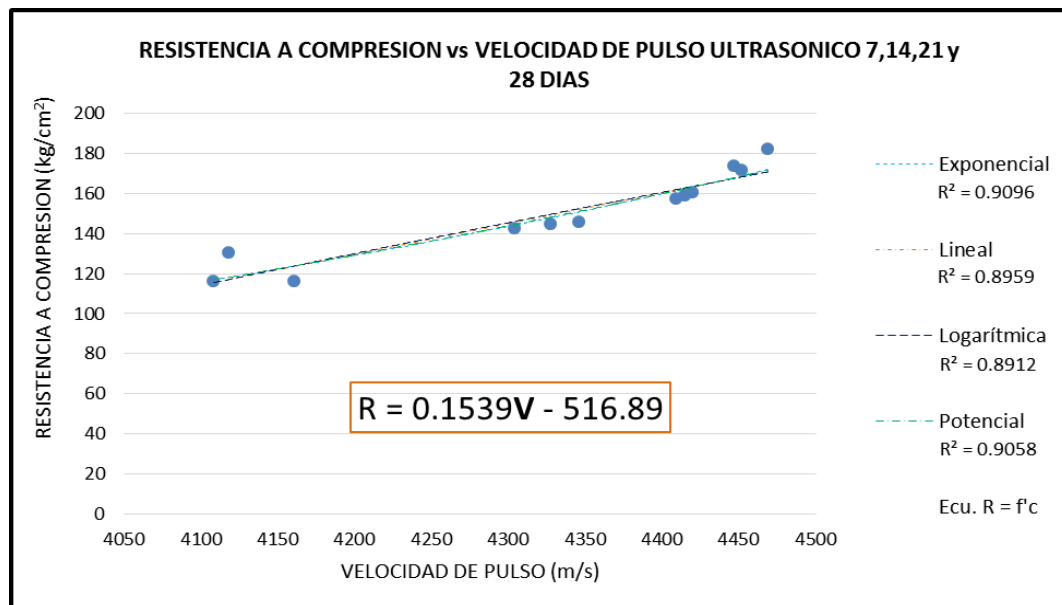
Esta tabla muestra los porcentajes residuales máximos de la ecuación lineal tomada, para todas las combinaciones por diseño para los días 7, 14, 21 y 28 días como ecuaciones patrones.

4.1.5.7. Ecuación patrón para cada Diseño

Se eligió la ecuación patrón usando el modelo matemático lineal para cada diseño de mezcla

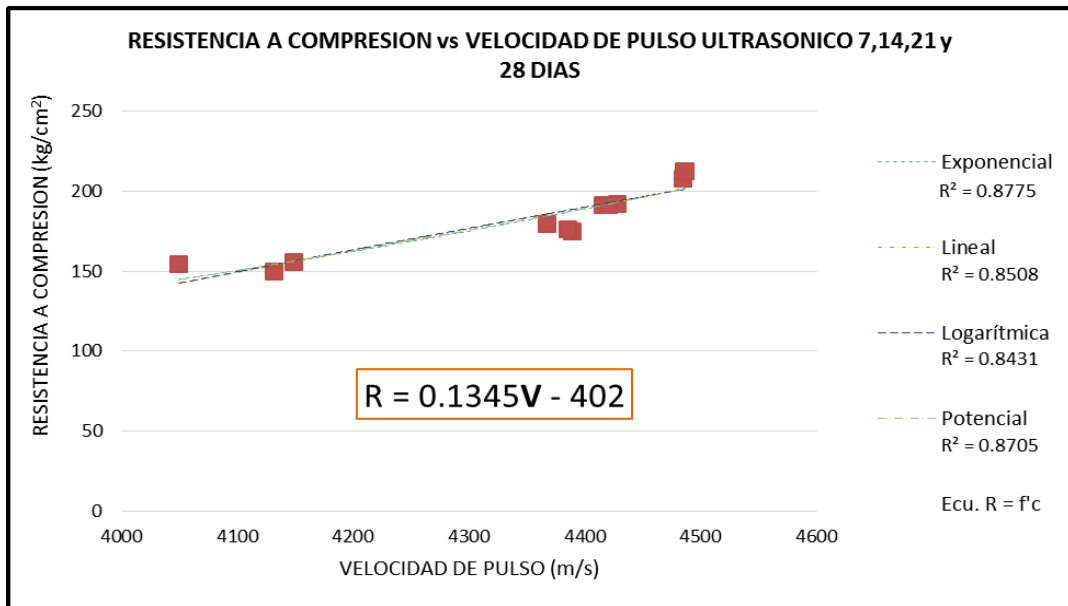
A continuación se graficó las ecuaciones patrones para cada diseño de mezcla

Figura 33: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos Y de Laboratorio ($f'c=175\text{kg/cm}^2$).



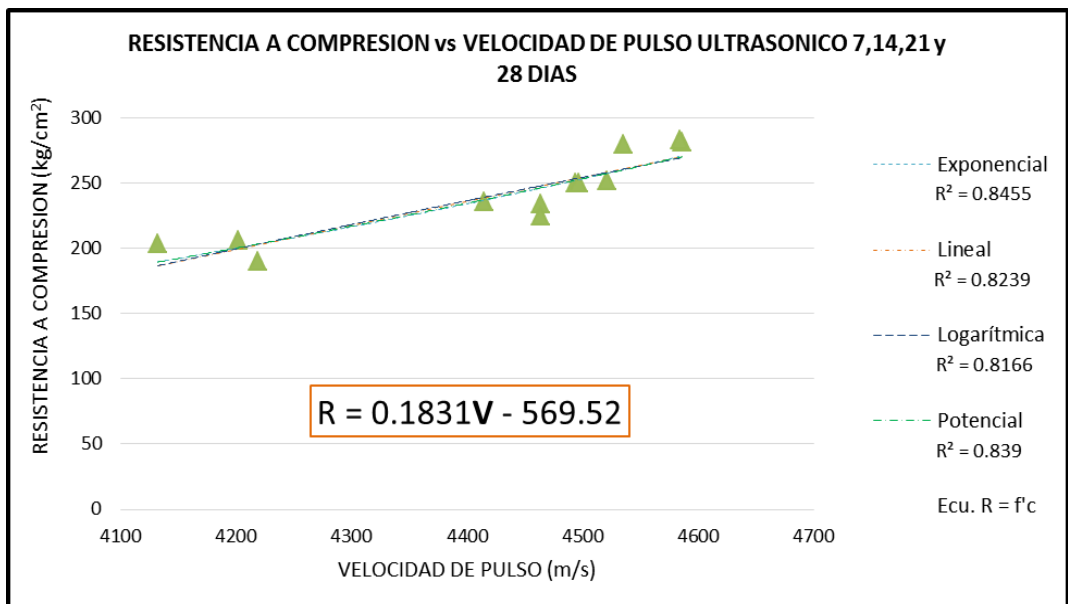
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 34: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos Z de Laboratorio. ($f'c=210\text{kg/cm}^2$).



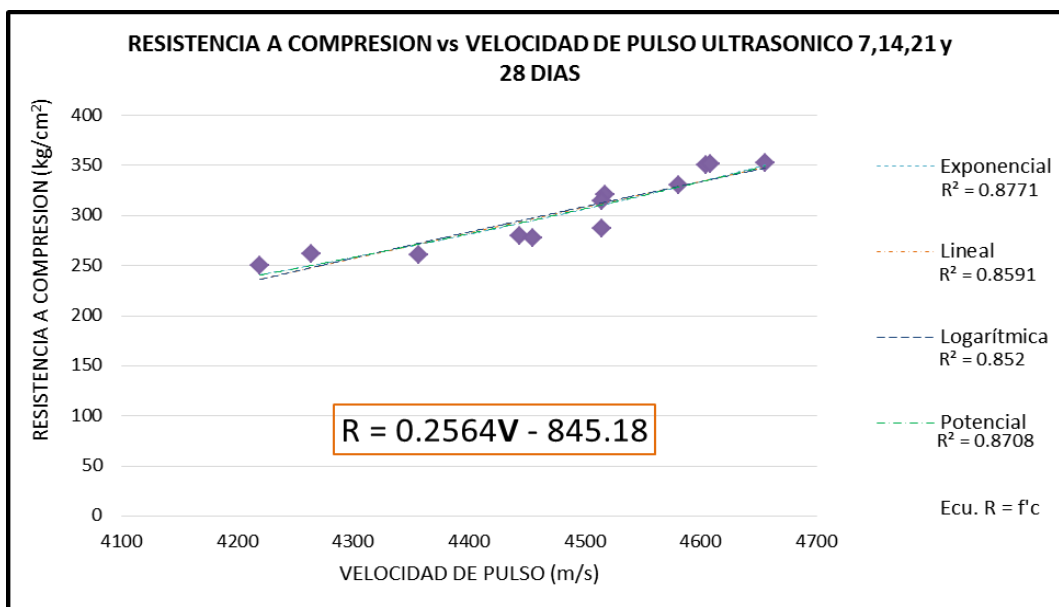
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 35: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos AA de Laboratorio. ($f'c=280\text{kg/cm}^2$).



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 36: Curvas de ajuste de tendencia y confiabilidad (r^2) para la selección de datos AB de Laboratorio. ($f'c=350\text{kg/cm}^2$).



Fuente: Elaboración Propia.

4.1.6. Descripción del análisis económico de los dos ensayos

Al elaborar los ensayos de la presente investigación se llegó a cabo que al realizar los ensayos no destructivos podría ser más costosos en alquiler o compra de equipos, ya que por ser más usados los ensayos destructivos suelen ser de menor costo así sea en alquiler o comprar, ya que nuestro laboratorio no cuenta con el equipo de velocidad de pulso, lo cual resulta más costoso en comparación con el de prensa de rotura.

Con respecto a la realidad de obras de construcción, para realizar los ensayos de pruebas del concreto, prefieren por ser menos costosos usar ensayos destructivos a través de probetas que le resultarían económicamente a comparación del ensayo no destructivo que es más costoso económicamente.

4.1.7. Descripción del análisis ambiental de los dos ensayos

Al realizar los ensayos del concreto endurecido en los dos máquinas de la presente investigación, se llegó a cabo sobre un análisis ambiental, que por ser maquina no destructiva (Velocidad de pulso

Ultrasónico) no deja residuos que pueden afectar al medio ambiente a comparación de la maquina destructiva (Prensa de rotura) que la mayoría de ellas, a la hora del ensayo dejan residuos que afecta o ensucian al medio ambiente.

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Discusión de resultados en el concreto Fresco

Con respecto a nuestra investigación, obtendríamos resultados de los parámetros del concreto que a comparación de otras investigaciones a nivel mundial, nacional y local, dan resultados diferentes o similares, dependerá de los rangos o parámetros estipulados en los reglamentos que se usaron en diferentes investigaciones.

Los resultados de nuestra investigación estuvieron fundamentados con las normas técnicas ASTM C - 138, 143, 1064, y además con las características físicas que establecieron parámetros adecuados para la elaboración de nuestros ensayos hechos en laboratorio de la Universidad Señor de Sipan.

La presente investigación los resultados en los ensayos para diferentes tipos de concreto convencional, con resistencias $f'c = 175, 210, 280$ y 350 kg/cm^2 . A lo cual la última resistencia se le agrego 1% de aditivo RRPLAST usando cemento tipo I, agregado fino y agregado grueso (1/2") .Sobre el asentamiento mostro que la consistencia fue plástica cumpliendo en el rango (3"-4"), el contenido de aire cumplió con el 1%-3% según la norma ASTM C 138. Peso unitario también cumplió dentro de los rangos y norma ASTM C138, la temperatura varia para cada tipo de diseño ya que se hizo la mezclas en diferentes horas del día.

A comparación de los resultados obtenidos de la Tesis de la universidad Católica del Perú, con el tema "ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR PATRONES DE CORRELACION ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO EN CONCRETO SIMPLE ", (investigado por Gabriela Valeria Elguera y Miguel Ángel Ibarra Navarro), dieron resultados similares y en algunos casos muy diferentes. Sobre el asentamiento de sus ensayos,

su rango fue de 4 ¾” y 6 “, que es un concreto bastante fluido. Con respecto al contenido de Aire no entraron en cumplimiento de los parámetros que están, por le dieron un resultado de contenido de aire 3.4% que sobre pasaría del rango de 1 a 3%, según su investigación es que encontraron el motivo de lo elevado porcentaje que se dio, que buscaron los reportes de características físicas de los agregados, el certificado de calidad del cemento y ficha técnica del aditivo.

El rango de fluidez es diferente a respecto de la investigación como la norma lo estipula. Entonces hay resultados distintos que pueden dar cada investigación, y por lo general tienen un solo objetivo es q cumpla que los diseños lleguen la resistencia adecuada en los días especificados de 7, 14,21 y 28 días.

También dentro del rendimiento, no cumplieron lo correcto, ya que sobresalieron del rango de lo permitido según la norma, que sobrepasaron del 1.02, y dieron que su explicación fue que se produjo un exceso de concreto respecto al volumen diseñado .La temperatura fue adecuada y correcta ya que se hizo en un clima adecuado según el lugar y tiempo que elaboraron sus ensayos.

4.2.2. Discusión de resultados en el ensayo de velocidad de pulso ultrasónico

A comparación de nuestra investigación también optamos por elegir los días 7, 14,21 y 28 días ya que según el análisis de documentos (ASTM) dieron resultados más exactos que mientras aumenta la resistencia en cada diseño de mezcla, va aumentando la velocidad de pulso ultrasónico. Como se muestra anteriormente en los resultados, nos da a entender que para cada diseño de mezcla (M1=175kg/cm², M2=210kg/cm², M3=280kg/cm², M4=350kg/cm²). De concreto convencional va aumentando su velocidad de pulso ultrasónico mientras van pasando los días de curado.

Los resultados de la investigación “ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR PATRONES DE CORRELACION ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO EN CONCRETO SIMPLE “, lo hicieron en base a dos

diferentes tipos de piedra (3/4" y 1") y relación de agua y cemento (a/c) y que dieron resultados a los 7 y 28 días de las ecuaciones de confiabilidad. Sucedió que esta investigación, hubo un aumento de velocidad de pulso cuando da una elevada resistencia a compresión.

Otra investigación es "ESTIMACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE MEZCLAS DE CONCRETO, UTILIZANDO EL ENSAYO NO DESTRUCTIVO RECOMENDADO POR LA NORMA ASTM C-594-02(METODO DE ENSAYO PARA LA VELOCIDAD DE PULSO EN EL CONCRETO)", aquí en esta investigación dieron resultados para un diseño de mezcla de 176kg/cm² realizado a nivel internacional (Guatemala), llegaron una pequeña conclusión de que también a través de sud ensayos, hubo un incremento mientras pasaban los días de curado en la mezcla.

4.2.3. Discusión de resultados en la resistencia a la compresión

En este punto nuestra investigación se realizó 4 tipos de diseños 175, 210, 280 y 350 kg/cm² rompiendo en la Prensa de Rotura a los 7, 14, 21 y 28 días. Cumpliendo según la norma lo siguientes porcentajes a los días indicados.

3 días = 42 ~ 53 %

7 días = 70 ~ 85 %

14 días = 85 ~ 95 %

28 días = 100 ~ 120 %

Por tal cumpliendo con la norma hemos realizado los porcentaje señalados anteriormente.

Comparando con la investigación base "ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR PATRONES DE CORRELACION ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO EN CONCRETO SIMPLE ", esta investigación la elaboraron con relación de agua y cemento (a/c) de 0.5, 0.7 y 0.9 y dos tipos de piedra (3/4" y 1"), es por eso que no hicieron diseños específicos y trabajaron con las resistencia que les daba al combinar estos parámetros.

4.2.4. Discusión de resultados de la correlación de velocidad de pulso y esclerómetro

Con respecto a nuestra investigación adicional, no hay ninguna investigación o artículo sobre una correlación entre dos máquinas no destructivas, pero nuestra investigación hizo un aporte adicional sobre una correlación de la velocidad de pulso y esclerómetro dando resultados a un cierto grado de confiabilidad de correlación entre ambas máquinas, que llegamos a una ecuación lineal que representaría la correlación de ambos ensayos.

4.2.5. Discusión correlación de Velocidad de Pulso y Resistencia a la compresión

Para nuestra investigación de correlación de velocidad de pulso ultrasónico de cada diseño de mezcla de concreto con exactitud a los porcentajes a los 7, 14, 21 y 28 días, hemos usado los modelos matemático la lineal que es la más confiable de los resultados que se aproximaron más a $r^2=1$. como también se hicieron varios calculamos demás para llegar a esa ecuación patrón para cada diseño, que nos dio un porcentaje de error menos que las demás ecuaciones.

Comparando con la investigación “ESTUDIO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR PATRONES DE CORRELACION ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESION Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASONICO EN CONCRETO SIMPLE “ sus resultados entre velocidad de pulso ultrasónico y resistencia a la compresión, fueron que eligieron los días con mayor exactitud de 7 ,y 28 días, para las diferentes tipos de piedra(3/4” y 1”) y la relación de agua y cemento(a/c) . Estos resultados fueron elaborados en ecuaciones matemática que se aproximaron más a la confiabilidad fueron: exponencial y cubica.

También comparando con la tesis es “ESTIMACION DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE MEZCLAS DE CONCRETO, UTILIZANDO EL ENSAYO NO DESTRUCTIVO RECOMENDADO POR LA NORMA ASTM C-594-02(METODO DE ENSAYO PARA LA VELOCIDAD

DE PULSO EN EL CONCRETO)”. Usando la máquina de velocidad de pulso ultrasónico, con su diseño comparación también la confiabilidad entre varios días y su resultado fueron de 7,14 y 28 días, representando con la ecuación lineal.

4.2.6. Discusión de análisis económico

Pero para la investigación si se dio un pequeño análisis de costos que resultaron siendo verídicos, ya que al usar equipos no destructivos, salen más costosos que el equipo destructivo.

Con respecto a las demás investigaciones no hubo un análisis simple de los costos de ambos ensayos, solo se dieron a conocer sobre la correlación de ensayos que está en base a nuestra investigación.

4.2.7. Discusión de análisis Ambiental

Ninguna investigación de las tomadas para la comparación de esta investigación, tomaron sobre un análisis ambiental, pero que por conclusión de esta investigación se dio que mientras usemos un equipo no destructivo es menor la contaminación ambiental.

**CAPÍTULO V:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones

De acuerdo a las investigaciones experimentales desarrolladas en capítulos anteriores, se presentó las siguientes conclusiones más resaltantes:

Se evaluó en el concreto fresco los procedimientos para encontrar las propiedades del concreto fresco (Asentamiento, contenido de aire, peso unitario y temperatura) hecho en laboratorio se llegó a la conclusión que se cumplió con los parámetros hechos in situ y verificando con los parámetros que nos brinda la norma ASTM C 138, 143 y 1064 para la investigación.

La conclusión que este ensayo ultrasónico la elaboración de testigos de concreto resultó ser una prueba sencilla de efectuar, además sabemos que los resultados están influenciados por diversos factores internos (propios del material) y externos (propios de las condiciones de ensayo).

El ensayo de la Prensa de rotura se hizo después de haber concluido con el ensayo de velocidad de pulso, al hacer este ensayo de resistencia a la compresión, su modelo de aproximación es la lineal, ya que dio más exactitud a los datos.

Se concluyó que para esta correlación de velocidad de pulso y esclerómetro hay un porcentaje de confiabilidad que nos da una correlación en ambos.

De los modelos estadísticos de aproximación realizados, se presentó patrones de comportamiento de concreto con características parecidas de esta investigación que resultó el modelo de aproximación lineal. Su confianza, que está dada por una medida de error en la estimación de la resistencia a compresión (porcentaje residual) con respecto a la medición de la velocidad de pulso, se dio las siguientes ecuaciones lineales para respectivo diseño:

$$R=0.015V-53.822 \quad f_c'175\text{kg/cm}^2 \quad ; \text{ Porcentaje error de: } \pm 18\%$$

$$R=0.0095V-29.77 \quad f_c'210\text{kg/cm}^2 \quad ; \text{ Porcentaje error de: } \pm 16\%$$

$$R=0.007V-16.481 \quad f_c'280\text{kg/cm}^2 \quad ; \text{ Porcentaje error de: } \pm 11\%$$

$$R=0.0055V-8.6891 \quad f_c'350\text{kg/cm}^2 \quad ; \text{ Porcentaje error de: } \pm 11\%$$

Para los casos de estudio en cada diseño de mezcla en el concreto convencional realizados en la investigación, el ensayo no destructivo (velocidad de pulso ultrasónico) señaló tener altos o elevados coeficientes de determinación (r^2), que confirman una marcada dependencia entre la resistencia a compresión y velocidad de pulso ultrasónico, lo cual valida la hipótesis.

Considerando los resultados en laboratorio de la selección de datos (M1, M2, M3, M4) a los 7, 14, 21 y 28 días, que los valores según las ecuaciones elegidas se aproximan más a $r^2 = 1$; dentro de las ecuaciones que se hizo en esta investigación, se escogió por la exponencial y lineal que son las más próximas de r^2 a 1 y que por consiguiente se eligió la ecuación lineal que fue la que más se aproximó a obtener unos resultados parecidos a los reales.

Modelo de aproximación lineal

$R=0.1539V-516.89$	$f_c'175\text{kg/cm}^2$; Porcentaje error de: $\pm 10\%$
$R=0.1345V-402$	$f_c'210\text{kg/cm}^2$; Porcentaje error de: $\pm 8\%$
$R=0.1831V-569.52$	$f_c'280\text{kg/cm}^2$; Porcentaje error de: $\pm 5\%$
$R=0.2564V-845.18$	$f_c'350\text{kg/cm}^2$; Porcentaje error de: $\pm 5\%$

Se estableció de cuadros de clasificación de la calidad de concreto planteados por investigaciones anteriores de Leslie y Cheesman (Tabla 10) como también de Agrava (Tabla 11) tenemos que los testigos de concreto realizados son de clasificación en las categorías de “bueno a excelente” y “bueno”.

Así mismo la experiencia en esta investigación tiene evidencia que el ensayo no destructivo estudiado compone una herramienta útil para estimar la calidad del concreto endurecido (con cierto grado de confiabilidad), que por ente en ningún de los casos podría reemplazar al ensayo de resistencia a compresión.

Se llegó a la concluir que los ensayos no destructivos son más costosos en la vida real que los ensayos destructivos; Así se realice la compra o alquiler de una maquina no destructiva a comparación de la maquina destructiva.

Si hubo una diferencia a la hora de usar los ensayos, que uno de ellos no modifico la forma del concreto, que tampoco dejo residuos que podrían ser molestos a la hora de realizar los ensayos.

5.2. Recomendaciones

Una de las recomendaciones para futuras investigaciones en esta rama de la ingeniería , debemos tener en cuenta a la hora de vaciar el concreto en los testigos, se tuvo que hacer con cautela, ya que una alteración o mala manipulación de alguno de los instrumentos, puede variar en resultados del asentamiento, contenido de aire, peso unitario y la temperatura.

Para una mayor medida para determinar el tiempo de propagación del pulso ultrasónico (obtenido del ensayo de velocidad de pulso), se propone elaborar 5 mediciones, en cruz en la probeta cilíndrica, a modo de cubrir el área de la sección, de esta forma no solo se obtendrá un punto como referencia representativa del espécimen en evaluación.

Deberíamos usar la prensa de rotura adecuadamente, ya que un movimiento fallido de la máquina, puede alterar el resultado de la resistencia a compresión.

La presente investigación de trabajo práctico se complementó y afirmó los resultados obtenidos, para que posteriormente sea tomado como un documento técnico de referencia para que sea aplicado en empresas o instituciones relacionadas en el ámbito de construcción con el concreto.

Para optimizar un nivel de confianza y reducir los porcentajes de errores en la estimación de la resistencia a compresiones sugiere realizar una muestra mayor de ensayos o testigos para el análisis de datos, que con ello se podrá hacer un mejor análisis estadístico y obtener resultados más confiables.

Para la selección de pruebas de las probetas de concreto , debemos tener cuidado y ponernos en contacto con algún laboratorio, ya que a la hora de comprar o alquilar una maquina DESTRUCTIVO O NO

DESTRUCTIVA, deberíamos leer bien las especificaciones ,ver cuál sería la más económica a la hora de realizar los ensayos.

Si en la utilización de equipos destructivos que es lo normal que se usa para la pruebas de laboratorio, a la hora de hacer el ensayo, tener una limpieza con respecto al área entorno, ya para que no podemos dejar ningún residuo que pueda afectar al medio ambiente.

REFERENCIAS

- Ariza,D. (2010) “Evaluación del efecto de la relación agua/cemento, tamaño de agregado y tiempo de curado sobre la velocidad de pulso ultrasónico en concreto sin refuerzo” Bucaramaga (p116).
- Ayasta J., Sotomayor G., Chanduví R., y Otros. (2015). Metodología de la Investigación Científica (Segunda ed.). Chiclayo: Dirección de Investigación USS.
- Casali, R; Caravaca, M; Acevedo, C; Miño, J ; Bizzotto, M & Roberto Torra. 2007. “Predicción de la Resistencia a la Compresión y Determinación de Propiedades Estructurales a partir de Ensayos no Destructivos”. Ponencia presentada en IV Conferencia Panamericana de END organizada por AAENDE. Buenos Aires. 12 p.
- Céspedes, M. (Julio 2013). “Resistencia a la compresión del concreto a partir de la velocidad de pulsos de ultrasonido”. PIURA, (p.112).
- Contreras, N. (Mayo 2010), “Estimación de la resistencia a compresión de mezclas de concreto, utilizando el ensayo no destructivo recomendado por la norma astm c-597-02 (método de ensayo para la velocidad de pulso en el concreto)” .Guatemala, (p107).
- Gonzales; Vargas,E ;Toral & “R. Gregor”. (2009). “Plataforma experimental para inspección de mortero con ultrasonidos (iconus)”. (p8). España, (p8).
- Humboldt. (1998). “Catálogo para ASTM C597 – Sistema de Ensayo de Velocidad de Pulso PUNDIT”. (Disponible en: (<http://humboltdemexico.com/>, Consultado en diciembre 2011). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores en Occidente (ITESO).

- Pacheco,P. (2006). "Estudio de base para la determinación de las curvas de velocidad de propagación y su relación con las probables resistencias del concreto endurecido a partir de especímenes obtenidos de los mixers de UNICON". Informe para el Centro de Investigación Tecnológica del Cemento y el Concreto (CITEDEC). 109 p.
- Pasquel, E. (1997). "Tópicos de Tecnología del Concreto". 2 ed. Consejo Nacional del Colegio de Ingenieros del Perú. 374 p.
- Peña, L & Vidaud, E. (2012). "Técnica para estimar la calidad del concreto endurecido". Revista Construcción y Tecnología en Concreto (Disponible en: <http://www.imcyc.com/revistacyt/nov11/arttecnologia.html>, consultado en octubre 2012).
- Rivva E. (2000). "Naturaleza y Materiales del Concreto". 1 ed. Perú. Capítulo Peruano ACI. 390 p.
- Romel S; Moreno, E & William R. Castillo. 2004. "Predicción de la Resistencia del Concreto con base en la Velocidad de Pulso Ultrasónico y un Índice de Calidad de los Agregados". Revista Ingeniería (México), 8 (2): pp 4152.
- Romel S. & Baeza,J. (2003). "Influencia de las propiedades físicas de los agregados en la técnica de pulso ultrasónico para predecir la resistencia a la compresión del concreto". Revista técnica de la facultad de Ingeniería Universidad del Zulia (Venezuela), 26 (1).
- Rosales,M ; Cortinéz & "D.V.Bambil". (Noviembre 2003). "Simulación numérica de la propagación de una onda ultrasónica a través de un sólido elastoplástico -evaluación de daño". En Bahía Blanca, Argentina.
- Urtubey, E; & Cárdenas, M. (2009). Correlación de la resistencia a compresión entre rotura con prensa y ensayos de ultrasonido. Revista Hormigonar (Argentina), 6 (19), pp 36-40.

Valencia, G & Ángel, M. (Diciembre 2013), “Estudio experimental para determinar patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple”.Lima, (p.19).

Zúñiga, F. (2011 y 2012). “Información sobre equipos PROCEQ para ensayos no destructivos en concreto y el equipo ultrasónico de ensayos PUNDIT LAB”. JLZ-Logística S.A.C. Lima 41, Perú. (Comunicación personal).

ASTM C31 ENSAYOS AL CONCRETO. Fabricación y curado de especímenes de concreto en obra.

ASTM C192 ENSAYOS AL COCRETO. Fabricación y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

ASTM C39 ENSAYOS AL CONCRETO. Esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto.

ASTM C138 ENSAYOS AL CONCRETO. Método de Ensayo Normalizado de Densidad (Peso Unitario), Rendimiento, y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto

ASTM C143 ENSAYOS AL CONCRETO. Asentamiento en el concreto fresco.

ASTM C1064 ENSAYOS AL CONCRETO .Ensayo para determinar la temperatura.

ASTM C597 ENSAYOS AL CONCRETO. Método de prueba estándar para la velocidad del pulso a través del hormigón.

ASTM C805 ENSAYOS AL CONCRETO. Método de ensayo para determinar el número de rebote del hormigón (concreto) endurecido (esclerómetro).

NTP 400.012; 2013. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

NTP 400.017; 2011. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

NTP 400.022; 2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

NTP 400.021; 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

NTP 339.034; 2008. CONCRETO. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

NTP 399.181; 2008. CONCRETO. Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerómetro).

NTP 339.035; 2009. CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.

NTP 339.183; 2009. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio.

ANEXOS



GUÍA DE OBSERVACION N°1

Tesistas: GONZALES RENTERÍA , MIGUEL EDUARDO
MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR HUMBERTO

Tesis: ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ubicación: Patapo-La Victoria

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Peso inicial : 300.0

Muestra : Patapo-La Victoria

Malla		Peso Retenido	% Retenico	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
Pulg.	(mm.)				
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.520	0.00	0.0	0.0	100.0
Nº 004	4.750	19.36	6.5	6.5	93.5
Nº 008	2.360	36.18	12.1	18.5	81.5
Nº 016	1.180	51.61	17.2	35.7	64.3
Nº 030	0.600	69.69	23.2	58.9	41.1
Nº 050	0.300	67.58	22.5	81.5	18.5
Nº 100	0.150	32.49	10.8	92.3	7.7
FONDO		23.09	7.7	100.0	0.0
Módulo de fineza =				2.934	
Aberura de malla de referencia =				9.520	



GUÍA DE OBSERVACION N°2

Tesista : GONZALES RENTERÍA ,MIGUEL EDUARDO
MUÑOZ CASTAÑEDA,VICTOR HUMBERTO

Tesis : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Lugar : Saña-Caballo grande

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Peso inicial 3000.0

Muestra : Saña-Caballo grande

Malla		Peso Retenido	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que pasa
Pulg.	(mm.)				
2"	50.000	0.0	0	0.0	100.0
1 1/2"	38.000	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	591.0	19.7	19.7	80.3
1/2"	12.700	1308.0	43.6	63.3	36.7
3/8"	9.520	659.0	22.0	85.3	14.7
Nº 004	4.750	442.0	14.7	100.0	0.0
FONDO		0.0	0.0	100.0	0.0
Tamaño Máximo =				3/4"	
Tamaño Máximo Nominal =				1/2"	



GUÍA DE OBSERVACION N°3

Tesista : GONZALES RENTERÍA ,MIGUEL EDUARDO
MUÑOZ CASTAÑEDA,VICTOR HUMBERTO

Tesis : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Lugar : Patapo-La Victoria

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Muestra : Patapo-La Victoria

1.- PESO UNITARIO SUELTO

.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7469	7436
.- Peso del recipiente	(gr.)	2998	2998
.- Peso de muestra	(gr.)	4471	4438
.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.0028	0.0028
.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1621	1609
.- Peso unitario suelto humedo (Promedio)	(kg/m ³)	1615	
.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1605	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	7736	7801
.- Peso del recipiente	(gr.)	2998	2998
.- Peso de muestra	(gr.)	4738	4803
.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.0028	0.0028
.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1718	1742
.- Peso unitario compactado humedo (Promedio)	(kg/m ³)	1730	
.- Peso unitario seco compactado (Promedio)	(kg/m ³)	1719	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	300	300
.- Peso de muestra seca	(gr.)	298.09	298.09
.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
.- Contenido de humedad	(%)	0.64	0.64
.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.64	



GUÍA DE OBSERVACION N°4

Tesista : GONZALES RENTERÍA ,MIGUEL EDUARDO
MUÑOZ CASTAÑEDA,VICTOR HUMBERTO

Tesis : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Lugar : Saña-Caballo Grande

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Muestra : Saña-Caballo grande

1.- PESO UNITARIO SUELTO

.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	20090	20345
.- Peso del recipiente	(gr.)	6760	6760
.- Peso de muestra	(gr.)	13330	13585
.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.0094	0.0094
.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1420	1447
.- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1433	
.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1425	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	21315	21420
.- Peso del recipiente	(gr.)	6760	6760
.- Peso de muestra	(gr.)	14555	14660
.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.0094	0.0094
.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1550	1561
.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1556	
.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1547	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	300.25	300.25
.- Peso de muestra seca	(gr.)	298.57	298.57
.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0.0
.- Contenido de humedad	(%)	0.56	0.56
.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.56	



GUÍA DE OBSERVACION N°5

Tesista : GONZALES RENTERÍA ,MIGUEL EDUARDO
MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR HUMBERTO

Tesis : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Lugar : Patapo-La Victoria

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Muestra : Patapo-La Victoria

I. DATOS

500

1.- Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco + peso del agua	(gr)	971.5
2.- Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco	(gr)	665.0
3.- Peso del agua	(gr)	306.5
4.- Peso de la arena secada al horno + peso del frasco	(gr)	655.2
5.- Peso del frasco	(gr)	165.0
6.- Peso de la arena secada al horno	(gr)	490.2
7.- Volumen del frasco	(cm ³)	500.0

II .- RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.533
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.584
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	1.130
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	2.01



GUÍA DE OBSERVACION N°6

Tesista : GONZALES RENTERÍA ,MIGUEL EDUARDO
MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR HUMBERTO

Tesis : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Lugar : Saña-Caballo Grande

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado Grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Muestra : Saña-Caballo grande

I. DATOS

1.- Peso de la muestra secada al horno	(gr)	1482.1
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	(gr)	1499.0
3.- Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	(gr)	1880.0
4.- Peso de la canastilla	(gr)	942.0
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(gr)	938.0

II .- RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.642
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.672
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.724
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.14
		1.14



GUÍA DE OBSERVACION N°7

RESUMEN DE RESULTADOS EN ENSAYOS DE MATERIALES - Pimentel

Ensayos físicos para diseño de mezcla de concreto.

1.- GRANULOMETRIA: N.T.P. 400.012

Muestra *Patapo-La Victoria*

Peso Hur. 300 Peso Sec 298.09

Modulo de Fineza: **2.934** Cont, Hur **0.64**

Malla	Peso Retenid	% Retenid	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	0	0	0	100
Nº4	19.4	6.5	6.5	93.5
Nº8	36.2	12.1	18.5	81.5
Nº16	51.6	17.2	35.7	64.3
Nº30	69.7	23.2	58.9	41.1
Nº50	67.6	22.5	81.5	18.5
Nº100	32.5	10.8	92.3	7.7
FONDO	23.1	7.7	100.0	0.0

Muestra *Saña-Caballo grande*

Peso Hur. 300.25 Peso Sec 298.57

Modulo de Fineza: **2.683** Cont, Hur **0.56**

Malla	Peso Retenid	% Retenid	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	0	0	0	100
1 1/2"	0	0	0	100
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	591	19.70	19.70	80.30
1/2"	1308	43.60	63.30	36.70
3/8"	659	21.97	85.27	14.73
Nº4	442	14.73	100.00	0.00
FONDO	0.0	0.0	100.0	0.0

2.- PESO UNITARIO : N.T.P. 400.017

SUELTO	A	B
- Peso de la muestra húmeda	7469	7436
- Volumen del molde		0.0028
- Peso unitario suelto húmedo		1615
- PESO UNIT. SUELTO SECO		1605

COMPACTADO	A	B
- Peso de la muestra húmeda	7736	7801
- Volumen del molde		0.00276
- Peso unitario suelto húmedo		1730
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO		1719

SUELTO	T.M.:	T.M.N.:
- Peso de la muestra húmeda	20090	20345
- Volumen del molde		0.00939
- Peso unitario suelto húmedo		1433
- PESO UNIT. SUELTO SECO		1425

COMPACTADO	T.M.:	T.M.N.:
- Peso de la muestra húmeda	21315	21420
- Volumen del molde		0.00939
- Peso unitario suelto húmedo		1556
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO		1547

3.- PEOS ESPECIFICO Y ABSORCIÓN N.T.P. 400.021 Arena

A.- Datos de la arena	N.T.P. 400.022 Piedra		
1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0	
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua	g	971.5	
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco. (1+5)	g	665.0	
4.- Peso del Agua. (2-3)	g	306.5	
5.- Peso del Frasco	g	655.2	
6.- Peso de la muest. secada ahorno + Peso del frasco. (5+7)	g	165.0	
7.- Peso de la muest. seca en el horno.	g	490.2	
8.- Volumen del frasco.	cm ³	500.0	

B.- Resultados			Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(8-4)	g/cm ³	2.533
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4)	g/cm ³	2.584
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7))	g/cm ³	1.130
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100	%	2.01

A.- Datos de la grava			
1.- Peso de la muestra seca al horno	g	1482	
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	1499	
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastil.	g	1880	
4.- Peso de la canastilla	g	942	
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua (3-4)	g	938	

B.- Resultados			Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	1/(2-5)	g/cm ³	2.642
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	2/(2-5)	g/cm ³	2.672
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm ³	2.724
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	1.14



4.- CONTENIDO DE HUMEDAD : N.T.P. 339.185

Arena $((A+B)/2)/(1+(C.H./100))$

1.- Peso de la muestr. húmeda	300
2.- Peso de la muestra seca	298.09
3.- Cont. Humedad	0.64
4.- Promedio	0.64

Grava

1.- Peso de la muestr. húmeda	300.25
2.- Peso de la muestra seca	298.57
3.- Cont. Humedad	0.56
4.- Promedio	0.56



ANEXO N°1

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Tesistas: GONZALES RENTERÍA, MIGUEL
 MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR

DISEÑO DE RESISTENCIA

$F_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

I.) Datos del agregado grueso

01.- Tamaño máximo nominal	1/2" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2642 Kg/m ³
03.- Peso Unitario compactado seco	1547 Kg/m ³
04.- Peso Unitario suelto seco	1425 Kg/m ³
05.- Contenido de humedad	0.56 %
06.- Contenido de absorción	1.14 %

II.) Datos del agregado fino

07.- Peso específico seco de masa	2529 Kg/m ³
08.- Peso unitario seco suelto	1605 Kg/m ³
09.- Contenido de humedad	0.6407 %
10.- Contenido de absorción	2.0096 %
11.- Módulo de fineza (adimensional)	2.934

III.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	175 Kg/cm ²
13.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.750
14.- Asentamiento		4 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua : Potable de la zona.	216	216 L/m ³
16.- Contenido de aire atrapado	0	2.5 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.5366 m ³
18.- Peso específico del cemento : Tipo I - Pacasmayo.		3150 Kg/m ³
19.- Aditivo Sin Aditivo		0.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo : Sika Cem Plastificante		0.000 g/cm ³

IV.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- Cemento	288	0.0914			
b.- Agua	216	0.2160			
c.- Aire	2.5	0.0250	Corrección por humedad		Agua Efectiva
d.- Arena	894	0.3534	52	899.5506	12.3134
e.- Grava	830	0.3142	48	834.7064	4.8212
	2230	1.0000			17.1346

V.) Resultado final de diseño (húmedo) VI.) Tanda de ensay 0.037 m³

CEMENTO	288.00	Kg/m ³	10.656	kg	F_{cimento} (en bolsas)	6.8
AGUA	233.13	L/m ³	8.626	L	$R^{a/c}$ de diseño	0.750
ARENA	899.55	Kg/m ³	33.283	kg	$R^{a/c}$ de obra	0.809
PIEDRA	834.71	Kg/m ³	30.884	kg	Aditivo en Kg/m ³	0.000



ANEXO N°2

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Tesistas: GONZALES RENTERÍA, MIGUEL
MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR

1734
1733

AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

peso de tanda de ensayo 83.449
Peso unitario de la mezcla teorica 2312
Rendimiento **0.0361**

Ajuste de agua de mezclado	248
Ajuste de cantidad de cemento	330
Ajuste de grava (húmedo)	873
Ajuste de arena (húmedo)	861
Ajuste por slump	2.032
Ajuste de % de Grava	2

Ra/c final 0.750
F. Cemento **7.8**
% de grava 50
% de arena 50

Materiales	Tanda
	0.037
Cemento	12.225
Agua	9.169
Arena	31.850
Grava	32.288

Total 85.532

Arena
Grava

Dosificación	
Peso	Volumen
1.00	1.00
31.9	31.9
2.61	2.44
2.64	<u>2.79</u>
	5.2

Pie³
Litros
Pie³
Pie³
Pie³

Peso unitario teorico final de la mezcla **2312** kg/m³
Peso unitario de la mezcla corregida **2312** kg/m³



ANEXO N°3

Pag. 1 de 2

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ubicación : Pimentel

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - Pacasmayo.
- 2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Patapo-La Victoria

- 1.- Peso específico de masa 2.533 gr/cm^3
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.584 gr/cm^3
- 3.- Peso unitario suelto 1605 Kg/m^3
- 4.- Peso unitario compactado 1719 Kg/m^3
- 5.- % de absorción 2.0%
- 6.- Contenido de humedad 0.6%
- 7.- Módulo de fineza 2.93 adimensional

Agregado grueso :

: Saña-Caballo grande

- 1.- Peso específico de masa 2.642 gr/cm^3
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.672 gr/cm^3
- 3.- Peso unitario suelto 1425 Kg/m^3
- 4.- Peso unitario compactado 1547 Kg/m^3
- 5.- % de absorción 1.1%
- 6.- Contenido de humedad 0.6%
- 7.- Tamaño máximo $3/4''$ Pulg.
- 8.- Tamaño máximo nominal $1/2''$ Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	6.5	93.5
Nº 08	12.1	81.5
Nº 16	17.2	64.3
Nº 30	23.2	41.1
Nº 50	22.5	18.5
Nº 100	10.8	7.7
Fondo	7.7	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	19.7	80.3
1/2"	43.6	36.7
3/8"	22.0	14.7
Nº 04	14.7	0.0
Fondo	0.0	0.0



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3.6 Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco : 2312 Kg/m³
Resistencia promedio a los 7 días : 131 Kg/cm²
Porcentaje promedio a los 7 días : 74.7 %
Factor cemento por M³ de concreto : 7.8 bolsas/m³
Relación agua cemento de diseño : 0.750

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 330 Kg/m³ : Tipo I - Pacasmayo.
Agua 248 L : Potable de la zona.
Agregado fino 861 Kg/m³ : Patapo-La Victoria
Agregado grueso 873 Kg/m³ : Saña-Caballo grande

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	2.61	2.64	31.9	Lts/pie ³
Proporción en volumen :	1.0	2.44	2.79	31.9	Lts/pie ³



ANEXO N°4

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Tesistas: GONZALES RENTERÍA, MIGUEL
 MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR

DISEÑO DE RESISTENCIA

$$F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

I.) Datos del agregado grueso

01.- Tamaño máximo nominal	1/2" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2642 Kg/m ³
03.- Peso Unitario compactado seco	1547 Kg/m ³
04.- Peso Unitario suelto seco	1425 Kg/m ³
05.- Contenido de humedad	0.56 %
06.- Contenido de absorción	1.14 %

II.) Datos del agregado fino

07.- Peso específico seco de masa	2529 Kg/m ³
08.- Peso unitario seco suelto	1605 Kg/m ³
09.- Contenido de humedad	0.6407 %
10.- Contenido de absorción	2.0096 %
11.- Módulo de fineza (adimensional)	2.934

III.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	210 Kg/cm ²
13.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.684
14.- Asentamiento		4 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua : Potable de la zona.	216	216 L/m ³
16.- Contenido de aire atrapado	0	2.5 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.5366 m ³
18.- Peso específico del cemento : Tipo I - Pacasmayo.		3150 Kg/m ³
19.- Aditivo Sin Aditivo		0.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo : Sika Cem Plastificante		0.000 g/cm ³

IV.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- C e m e n t o	316	0.1003			
b.- A g u a	216	0.2160			
c.- A i r e	2.5	0.0250	Corrección por humedad		Agua Efectiva
d.- A r e n a	872	0.3446	51	877.0941	12.0060
e.- G r a v a	830	0.3142	49	834.7064	4.8212
	2236	1.0000			16.8272

V.) Resultado final de diseño (húmedo)

C E M E N T O	315.79	Kg/m ³
A G U A	232.83	L/m ³
A R E N A	877.09	Kg/m ³
P I E D R A	834.71	Kg/m ³
	2260	

VI.) Tanda de ensayo

11.684 kg	$F'_{cemento}$ (en bolsas)	7.4
8.615 L	$R^{a/c}$ de diseño	0.684
32.452 kg	$R^{a/c}$ de obra	0.737
30.884 kg		
83.635		

VII.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

En bolsa de 1 pie ³ P	1.0	2.78	2.64	31.3	Lts/pie ³
En bolsa de 1 pie ³ V	1.0	2.60	2.79	31.3	Lts/pie ³



ANEXO N°5

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Tesistas: GONZALES RENTERÍA, MIGUEL
0 MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR

1712
 1698

AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

peso de tanda de ensayo 83.635
Peso unitario de la mezcla teorica 2311
Rendimiento **0.0362**

Ajuste de agua de mezclado	249
Ajuste de cantidad de cemento	364
Ajuste de grava (húmedo)	853
Ajuste de arena (húmedo)	845
Ajuste por slump	4.064
Ajuste de % de Grava	0

Ra/c final 0.684
F. Cemento **8.6**
% de grava 50
% de arena 50

Materiales	Tanda
	0.037
Cemento	13.464
Agua	9.209
Arena	31.258
Grava	31.575
Total	85.506

Arena
 Grava

Dosificación		
Peso	Volumen	
1.00	1.00	Pie ³
29.1	29.1	Litros
2.32	2.18	Pie ³
2.35	<u>2.48</u>	Pie ³
	4.7	Pie ³

Peso unitario teorico final de la mezcla **2311** kg/m3
Peso unitario de la mezcla corregida **2311** kg/m3



ANEXO N°6

Pag. 1 de 2

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ubicación : Pimentel

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - Pacasmayo.
2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Patapo-La Victoria

- 1.- Peso específico de masa 2.533 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.584 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto 1605 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado 1719 Kg/m^3
5.- % de absorción 2.0 %
6.- Contenido de humedad 0.6 %
7.- Módulo de fineza 2.93 adimensional

Agregado grueso :

: Saña-Caballo grande

- 1.- Peso específico de masa 2.642 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.672 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto 1425 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado 1547 Kg/m^3
5.- % de absorción 1.1 %
6.- Contenido de humedad 0.6 %
7.- Tamaño máximo 3/4" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal 1/2" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	6.5	93.5
Nº 08	12.1	81.5
Nº 16	17.2	64.3
Nº 30	23.2	41.1
Nº 50	22.5	18.5
Nº 100	10.8	7.7
Fondo	7.7	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	19.7	80.3
1/2"	43.6	36.7
3/8"	22.0	14.7
Nº 04	14.7	0.0
Fondo	0.0	0.0



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 3.2 Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco : 2311 Kg/m^3
Resistencia promedio a los 7 días : 154 Kg/cm^2
Porcentaje promedio a los 7 días : 74 %
Factor cemento por M^3 de concreto : 8.6 bolsas/m^3
Relación agua cemento de diseño : 0.684

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 364 Kg/m^3 : Tipo I - Pacasmayo.
Agua 249 L : Potable de la zona.
Agregado fino 845 Kg/m^3 : Patapo-La Victoria
Agregado grueso 853 Kg/m^3 : Saña-Caballo grande

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	2.32	2.35	29.1	Lts/pie ³
Proporción en volumen :	1.0	2.18	2.48	29.1	Lts/pie ³



ANEXO N°7

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Tesistas: GONZALES RENTERÍA, MIGUEL
 MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR

DISEÑO DE RESISTENCIA

$F_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

I.) Datos del agregado grueso

01.- Tamaño máximo nominal	1/2" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2642 Kg/m ³
03.- Peso Unitario compactado seco	1547 Kg/m ³
04.- Peso Unitario suelto seco	1425 Kg/m ³
05.- Contenido de humedad	0.56 %
06.- Contenido de absorción	1.14 %

II.) Datos del agregado fino

07.- Peso específico seco de masa	2529 Kg/m ³
08.- Peso unitario seco suelto	1605 Kg/m ³
09.- Contenido de humedad	0.6407 %
10.- Contenido de absorción	2.0096 %
11.- Módulo de fineza (adimensional)	2.934

III.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	280 Kg/cm ²
13.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.578
14.- Asentamiento		4 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua : Potable de la zona.	216	216 L/m ³
16.- Contenido de aire atrapado	0	2.5 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.5366 m ³
18.- Peso específico del cemento : Tipo I - Pacasmayo.		3150 Kg/m ³
19.- Aditivo Sin Aditivo		0.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo : Sika Cem Plastificante		0.000 g/cm ³

IV.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- C e m e n t o	374	0.1186			
b.- A g u a	216	0.2160			
c.- A i r e	2.5	0.0250	Corrección por humedad		Agua Efectiva
d.- A r e n a	825	0.3262	50	830.2949	11.3654
e.- G r a v a	830	0.3142	50	834.7064	4.8212
	2247	1.0000			16.1866

V.) Resultado final de diseño (húmedo)

C E M E N T O	373.70	Kg/m ³
A G U A	232.19	L/m ³
A R E N A	830.29	Kg/m ³
P I E D R A	834.71	Kg/m ³
	2271	

VI.) Tanda de ensayo

13.827 kg	$F'_{cemento}$ (en bolsas)	8.8
8.591 L	$R^{a/c}$ de diseño	0.578
30.721 kg	$R^{a/c}$ de obra	0.621
30.884 kg		
84.023		

VII.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

En bolsa de 1 pie ³ P	1.0	2.22	2.23	26.4	Lts/pie ³
En bolsa de 1 pie ³ V	1.0	2.08	2.36	26.4	Lts/pie ³



ANEXO N°8

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Tesistas: GONZALES RENTERÍA, MIGUEL
 MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR
1665
1648

AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

peso de tanda de ensayo 84.023
Peso unitario de la mezcla teorica 2317
Rendimiento **0.0363**

Ajuste de agua de mezclado	245
Ajuste de cantidad de cemento	424
Ajuste de grava (húmedo)	852
Ajuste de arena (húmedo)	797
Ajuste por slump	2.54
Ajuste de % de Grava	0

Ra/c final 0.578
F. Cemento **10.0**
% de grava 52
% de arena 48

Materiales	Tanda
	0.037
Cemento	15.671
Agua	9.058
Arena	29.479
Grava	31.506
Total	85.714

Arena
 Grava

Dosificación		
Peso	Volumen	
1.00	1.00	Pie ³
24.6	24.6	Litros
1.88	1.76	Pie ³
2.01	<u>2.12</u>	Pie ³
	3.9	Pie ³

Peso unitario teorico final de la mezcla **2317** kg/m3
Peso unitario de la mezcla corregida **2317** kg/m3



ANEXO N°9

Pag. 1 de 2

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ubicación : Pimentel

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - Pacasmayo.
- 2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Patapo-La Victoria

- 1.- Peso específico de masa 2.533 gr/cm^3
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.584 gr/cm^3
- 3.- Peso unitario suelto 1605 Kg/m^3
- 4.- Peso unitario compactado 1719 Kg/m^3
- 5.- % de absorción 2.0 %
- 6.- Contenido de humedad 0.6 %
- 7.- Módulo de fineza 2.93 adimensional

Agregado grueso :

: Saña-Caballo grande

- 1.- Peso específico de masa 2.642 gr/cm^3
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.672 gr/cm^3
- 3.- Peso unitario suelto 1425 Kg/m^3
- 4.- Peso unitario compactado 1547 Kg/m^3
- 5.- % de absorción 1.1 %
- 6.- Contenido de humedad 0.6 %
- 7.- Tamaño máximo 3/4" Pulg.
- 8.- Tamaño máximo nominal 1/2" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	6.5	93.5
Nº 08	12.1	81.5
Nº 16	17.2	64.3
Nº 30	23.2	41.1
Nº 50	22.5	18.5
Nº 100	10.8	7.7
Fondo	7.7	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	19.7	80.3
1/2"	43.6	36.7
3/8"	22.0	14.7
Nº 04	14.7	0.0
Fondo	0.0	0.0



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3.5 Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2317 Kg/m ³
Resistencia promedio a los 7 días	:	177 Kg/cm ²
Porcentaje promedio a los 7 días	:	63 %
Factor cemento por M ³ de concreto	:	10.0 bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.578

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	424 Kg/m ³	: Tipo I - Pacasmayo.
Agua	245 L	: Potable de la zona.
Agregado fino	797 Kg/m ³	: Patapo-La Victoria
Agregado grueso	852 Kg/m ³	: Saña-Caballo grande

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	1.88	2.01	24.6	Lts/pie ³
Proporción en volumen :	1.0	1.76	2.12	24.6	Lts/pie ³



ANEXO N°10

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Tesistas: GONZALES RENTERÍA, MIGUEL
 MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR

DISEÑO DE RESISTENCIA

$F'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

I.) Datos del agregado grueso

01.- Tamaño máximo nominal	1/2" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2642 Kg/m ³
03.- Peso Unitario compactado seco	1547 Kg/m ³
04.- Peso Unitario suelto seco	1425 Kg/m ³
05.- Contenido de humedad	0.56 %
06.- Contenido de absorción	1.14 %

II.) Datos del agregado fino

07.- Peso específico seco de masa	2529 Kg/m ³
08.- Peso unitario seco suelto	1605 Kg/m ³
09.- Contenido de humedad	0.6407 %
10.- Contenido de absorción	2.0096 %
11.- Módulo de fineza (adimensional)	2.934

III.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	350 Kg/cm ²
13.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.480
14.- Asentamiento		4 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua : Potable de la zona.	194.4	194 L/m ³
16.- Contenido de aire atrapado	0	2.5 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.5366 m ³
18.- Peso específico del cemento : Tipo I - Pacasmayo.		3150 Kg/m ³
19.- Aditivo con Aditivo		1.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo : ZRR plast		1.05 g/cm ³

IV.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- C e m e n t o	405	0.1286			
b.- A g u a	194.4	0.1944			
c.- A i r e	2.5	0.0250	Corrección por humedad		Agua Efectiva
d.- A r e n a	855	0.3378	51	859.9863	11.7719
e.- G r a v a	830	0.3142	49	834.7064	4.8212
	2286	1.0000			16.5931

V.) Resultado final de diseño (húmedo)

C E M E N T O	405.00	Kg/m ³
A G U A	210.99	L/m ³
A R E N A	859.99	Kg/m ³
P I E D R A	834.71	Kg/m ³
con Aditivo	3.857	L/m ³
	2311	

VI.) Tanda de ensayo

14.985	kg	0.037 m³	F'_{cemento} (en bolsas)	9.5
7.807	L		$R^{a/c}$ de diseño	0.480
31.819	kg		$R^{a/c}$ de obra	0.521
30.884	kg		Aditivo en Kg/m ³	4.050
0.143	L			
85.495				

VII.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

En bolsa de 1 pie ³ P	1.0	2.12	2.06	22.1	0.405	Lts/pie ³
En bolsa de 1 pie ³ V	1.0	1.99	2.18	22.1	0.405	Lts/pie ³



ANEXO N°11

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Tesistas: GONZALES RENTERÍA, MIGUEL
MUÑOZ CASTAÑEDA, VICTOR

1695
1639

AJUSTE DE LA MEZCLA DE PRUEBA :

peso de tanda de ensayo 85.495
Peso unitario de la mezcla teorica 2331
Rendimiento **0.0367**

Ajuste de agua de mezclado	225
Ajuste de cantidad de cemento	468
Ajuste de grava (húmedo)	842
Ajuste de arena (húmedo)	797
Ajuste por slump	3.556
Ajuste de % de Grava	0

Ra/c final 0.480
F. Cemento **11.0**
% de grava 51
% de arena 49

Materiales	Tanda
	0.037
Cemento	17.306
Agua	8.307
Arena	29.486
Grava	31.160
Total	86.259

Arena
Grava

Dosificación	
Peso	Volumen
1.00	1.00
20.4	20.4
1.70	1.60
1.80	<u>1.90</u>
	3.5

Pie³
Litros
Pie³
Pie³
Pie³

Peso unitario teorico final de la mezcla **2331** kg/m3
Peso unitario de la mezcla corregida **2331** kg/m3



ANEXO N°12

Pag. 1 de 2

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ubicación : Pimentel

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - Pacasmayo.
2.- Peso específico : 3150 Kg/m^3

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Patapo-La Victoria

- 1.- Peso específico de masa 2.533 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.584 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto 1605 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado 1719 Kg/m^3
5.- % de absorción 2.0 %
6.- Contenido de humedad 0.6 %
7.- Módulo de fineza 2.93 adimensional

Agregado grueso :

: Saña-Caballo grande

- 1.- Peso específico de masa 2.642 gr/cm^3
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.672 gr/cm^3
3.- Peso unitario suelto 1425 Kg/m^3
4.- Peso unitario compactado 1547 Kg/m^3
5.- % de absorción 1.1 %
6.- Contenido de humedad 0.6 %
7.- Tamaño máximo 3/4" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal 1/2" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	6.5	93.5
Nº 08	12.1	81.5
Nº 16	17.2	64.3
Nº 30	23.2	41.1
Nº 50	22.5	18.5
Nº 100	10.8	7.7
Fondo	7.7	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	19.7	80.3
1/2"	43.6	36.7
3/8"	22.0	14.7
Nº 04	14.7	0.0
Fondo	0.0	0.0



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	3.3 Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2331 Kg/m ³
Resistencia promedio a los 7 días	:	302 Kg/cm ²
Porcentaje promedio a los 7 días	:	86 %
Factor cemento por M ³ de concreto	:	11.0 bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.480

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	468 Kg/m ³	: Tipo I - Pacasmayo.
Agua	225 L	: Potable de la zona.
Agregado fino	797 Kg/m ³	: Patapo-La Victoria
Agregado grueso	842 Kg/m ³	: Saña-Caballo grande

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo
	1.0	1.70	1.80	20.4 Lts/pie ³	0.405
Proporción en volumen :	1.0	1.60	1.90	20.4 Lts/pie ³	0.405



ANEXO N°13

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

TABLA DE RESÚMENES DE CORRECCIÓN DE DISEÑO

CÓDIGO DE MEZCLA	NUMERO DE MUESTRA	ADITIVO (DOSIS %)	SLUMP (Pulg.)	CONTENIDO DE AIRE (%)	RENDIMIENTO	TEMPERATURA (C°)		RESISTENCIA 7 Días(Kg/cm2)
						AMBIENTE	CONCRETO	
M1 - 175NO	1	-	3 3/5"	1.50	1.08	21.5	21.2	142.8
	2	-						122.7
	3	-						145.1
	4	-						118.3
	5	-						130.9
	6	-						140.8
M2 - 210NO	1	-	3 1/5"	1.60	1.00	25.4	25.8	156.4
	2	-						156.6
	3	-						157.7
	4	-						146.8
	5	-						157.3
	6	-						158.3
M3 - 280NO	1	-	3 1/5"	1.66	1.09	29.3	30.3	183.1
	2	-						186.3
	3	-						177.2
	4	-						180.4
	5	-						170.1
	6	-						164.4
M4 - 350SI	1	ADITIVO Z RE PLAS (0.10%)	3 2/7"	1.72	1.20	31.4	32.5	299.7
	2							305.6
	3							302.1
	4							301.5
	5							301.1
	6							299.8



ANEXO N°14

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Dosificación de los Diseños para las Muestras

Materiales	Diseño $f'c$ (kg/cm ²)			
	175	210	280	350
Cemento(Kg)	12.225	13.464	15.671	17.306
Arena(Kg)	31.85	31.258	29.479	29.486
Piedra 1/2 "(Kg)	31.288	31.573	31.506	31.16
Agua(Lts)	9.169	9.209	9.058	8.307
Aditivo(gr)	-	-	-	143



ANEXO N°15

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Referencia: NORMA ASTM C - 39, NTP 339.034

Muestra N°	Identificación	Curado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Diámetro (D) (cm)		Tipo Fractura						Carga (P) (Kgf)	f'c (Kg/Cm ²)	%
							1	2	3	4	5	6			
f'c = 175 kg/cm ²	A-1	7	12/04/2016	19/04/2016	9.78	10.50					X		10522.30	130.30	74.46
	A-2	7	12/04/2016	19/04/2016	9.80	10.50					X		9379.80	115.92	66.24
	A-3	7	12/04/2016	19/04/2016	10.20	10.00					X		9315.90	116.28	66.44
	B-1	7	12/04/2016	19/04/2016	10.21	9.90		X					9679.20	121.89	69.65
	B-2	7	12/04/2016	19/04/2016	10.20	10.10					X		10769.00	133.09	76.05
	A-1	14	12/04/2016	26/04/2016	9.90	10.20					X		11475.20	144.66	82.66
	A-2	14	12/04/2016	26/04/2016	9.60	10.40					X		11172.20	142.25	81.28
	A-3	14	12/04/2016	26/04/2016	10.35	9.56					X		11319.50	145.43	83.10
	B-1	14	12/04/2016	26/04/2016	10.41	9.55					X		11154.10	142.59	81.48
	B-2	14	12/04/2016	26/04/2016	10.33	9.78		X					11148.20	140.39	80.23
	A-1	21	12/04/2016	03/05/2016	10.16	10.10					X		12664.10	157.13	89.79
	A-2	21	12/04/2016	03/05/2016	10.16	10.21				X			12953.10	158.99	90.85
	A-3	21	12/04/2016	03/05/2016	10.17	10.05					X		12891.30	160.58	91.76
	B-1	21	12/04/2016	03/05/2016	10.11	10.12			X				12530.10	155.93	89.10
	B-2	21	12/04/2016	03/05/2016	10.16	10.15		X					12897.90	159.25	91.00
	A-1	28	12/04/2016	10/05/2016	10.01	10.20		X					13766.20	171.65	98.09
	A-2	28	12/04/2016	10/05/2016	10.08	10.15					X		14649.20	182.30	104.17
	A-3	28	12/04/2016	10/05/2016	10.10	10.08						X	13882.20	173.61	99.21
	B-1	28	12/04/2016	10/05/2016	10.22	10.00			X				14111.25	175.78	100.45
	B-2	28	12/04/2016	10/05/2016	10.15	10.10		X					13996.20	173.83	99.33



ANEXO N°16

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Referencia: NORMA ASTM C - 39, NTP 339.034

Muestra N°	Identificación	Curado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Diámetro (D) (cm)		Tipo Fractura						Carga (P) (Kgf)	f'c (Kg/Cm ²)	%
							1	2	3	4	5	6			
f'c = 210 kg/cm ²	A-1	7	12/04/2016	19/04/2016	10.11	10.01					X		11922.10	149.99	71.42
	A-2	7	12/04/2016	19/04/2016	10.20	10.15					X		12650.20	155.57	74.08
	A-3	7	12/04/2016	19/04/2016	10.21	10.13					X		12537.70	154.34	73.50
	B-1	7	12/04/2016	19/04/2016	10.20	10.30					X		12439.30	150.75	71.79
	B-2	7	12/04/2016	19/04/2016	10.13	10.20					X		12317.30	151.78	72.28
	A-1	14	12/04/2016	26/04/2016	10.10	10.18					X		14117.20	174.82	83.25
	A-2	14	12/04/2016	26/04/2016	10.18	10.09					X		14211.80	176.16	83.89
	A-3	14	12/04/2016	26/04/2016	10.09	10.10		X					14345.50	179.23	85.35
	B-1	14	12/04/2016	26/04/2016	10.10	10.10					X		14240.80	177.75	84.64
	B-2	14	12/04/2016	26/04/2016	10.18	10.20		X					14140.80	173.39	82.57
	A-1	21	12/04/2016	26/04/2016	10.09	10.10		X					15339.80	191.65	91.26
	A-2	21	12/04/2016	26/04/2016	10.20	10.10				X			15511.50	191.70	91.29
	A-3	21	12/04/2016	03/05/2016	10.21	10.21					X		15653.60	191.19	91.04
	B-1	21	12/04/2016	03/05/2016	10.10	10.12					X		15160.10	188.85	89.93
	B-2	21	12/04/2016	03/05/2016	10.18	10.18					X		16055.00	197.25	93.93
	A-1	28	12/04/2016	03/05/2016	10.15	10.10					X		17101.00	212.39	101.14
	A-2	28	12/04/2016	03/05/2016	10.18	10.10					X		16801.20	208.05	99.07
	A-3	28	12/04/2016	10/05/2016	10.16	10.12					X		17158.40	212.48	101.18
	B-1	28	12/04/2016	10/05/2016	10.15	10.18					X		17164.10	211.50	100.72
	B-2	28	12/04/2016	10/05/2016	10.13	10.10			X				16932.50	210.72	100.34



ANEXO N°17

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Referencia: NORMA ASTM C - 39, NTP 339.034

Muestra N°	Identificación	Curado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Diámetro (D) (cm)		Tipo Fractura						Carga (P) (Kgf)	f'c (Kg/Cm ²)	%
							1	2	3	4	5	6			
f'c = 280 kg/cm ²	A-1	7	12/04/2016	19/04/2016	10.11	10.12					X		15277.40	190.12	67.90
	A-2	7	12/04/2016	19/04/2016	10.10	10.09			X				16279.00	203.39	72.64
	A-3	7	12/04/2016	19/04/2016	10.20	10.10				X			16646.40	205.73	73.47
	B-1	7	12/04/2016	19/04/2016	10.10	10.00					X		15308.90	192.98	68.92
	B-2	7	12/04/2016	19/04/2016	9.90	9.91					X		15934.40	206.79	73.85
	A-1	14	12/04/2016	26/04/2016	10.10	10.11		X					18787.10	234.26	83.66
	A-2	14	12/04/2016	26/04/2016	9.90	10.35			X				18975.40	235.67	84.17
	A-3	14	12/04/2016	26/04/2016	10.13	10.12			X				18124.80	225.11	80.40
	B-1	14	12/04/2016	26/04/2016	10.18	10.18					X		18559.70	228.03	81.44
	B-2	14	12/04/2016	26/04/2016	10.13	10.18						X	18987.80	234.44	83.73
	A-1	21	12/04/2016	03/05/2016	10.13	10.08					X		20094.00	250.55	89.48
	A-2	21	12/04/2016	03/05/2016	10.10	10.11				X			20176.33	251.58	89.85
	A-3	21	12/04/2016	03/05/2016	10.09	10.13					X		20106.30	250.46	89.45
	B-1	21	12/04/2016	03/05/2016	10.10	10.09					X		20265.40	253.19	90.43
	B-2	21	12/04/2016	03/05/2016	10.10	10.09					X		19908.00	248.73	88.83
	A-1	28	12/04/2016	10/05/2016	10.05	10.08					X		22364.10	281.08	100.39
	A-2	28	12/04/2016	10/05/2016	10.02	10.00					X		22258.10	282.83	101.01
	A-3	28	12/04/2016	10/05/2016	10.10	10.07			X				22348.70	279.78	99.92
	B-1	28	12/04/2016	10/05/2016	10.11	10.05					X		22566.10	282.78	100.99
	B-2	28	12/04/2016	10/05/2016	10.05	10.02		X					22191.60	280.58	100.21



ANEXO N°18

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Referencia: NORMA ASTM C - 39, NTP 339.034

Muestra Nº	Identificación	Curado	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Diámetro (D) (cm)		Tipo Fractura						Carga (P) (Kgf)	f'c (Kg/Cm ²)	%
							1	2	3	4	5	6			
f'c = 350 kg/cm ²	A-1	7	12/04/2016	19/04/2016	10.13	10.07			X				20029.80	250.00	71.43
	A-2	7	12/04/2016	19/04/2016	10.09	10.08		X					20787.70	260.23	74.35
	A-3	7	12/04/2016	19/04/2016	10.10	10.10			X				20958.20	261.59	74.74
	B-1	7	12/04/2016	19/04/2016	10.05	10.01					X		20834.10	263.68	75.34
	B-2	7	12/04/2016	19/04/2016	10.01	10.10				X			20536.80	258.63	73.89
	A-1	14	12/04/2016	26/04/2016	10.10	10.09			X				22986.70	287.19	82.05
	A-2	14	12/04/2016	26/04/2016	10.12	10.11				X			22477.60	279.72	79.92
	A-3	14	12/04/2016	26/04/2016	10.21	10.25					X		22810.10	277.51	79.29
	B-1	14	12/04/2016	26/04/2016	10.09	10.11					X		22616.50	282.29	80.65
	B-2	14	12/04/2016	26/04/2016	10.10	10.22			X				23284.50	287.20	82.06
	A-1	21	12/04/2016	03/05/2016	10.01	10.01					X		25963.00	329.91	94.26
	A-2	21	12/04/2016	03/05/2016	10.09	10.08		X					25599.50	320.47	91.56
	A-3	21	12/04/2016	03/05/2016	10.10	10.04					X		25089.00	315.02	90.00
	B-1	21	12/04/2016	03/05/2016	10.10	10.10			X				25539.10	318.77	91.08
	B-2	21	12/04/2016	03/05/2016	10.05	10.03					X		25139.30	317.54	90.72
	A-1	28	12/04/2016	10/05/2016	10.09	10.11					X		28039.50	349.97	99.99
	A-2	28	12/04/2016	10/05/2016	10.12	10.14					X		28395.70	352.32	100.66
	A-3	28	12/04/2016	10/05/2016	10.10	10.08					X		28124.10	351.73	100.49
	B-1	28	12/04/2016	10/05/2016	10.12	10.10					X		28584.40	356.07	101.73
	B-2	28	12/04/2016	10/05/2016	10.10	10.12					X		27959.70	348.29	99.51



ANEXO N°19

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de prueba estándar para la velocidad de pulso Ultrasónico a través del concreto.

Referencia: ASTM C - 597

Muestra N°	Identificación	Edad de Ensayo	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	L(m)	Tiempo		V(m/s)	%
						T. Directa (μs)	T. Directa (s)		
f'c = 175 kg/cm²	A-1	7	12/04/2016	19/04/2016	0.205	49.78	0.000497814	4118	66
	A-2	7	12/04/2016	19/04/2016	0.205	49.27	0.00049267	4161	42
	A-3	7	12/04/2016	19/04/2016	0.205	49.90	0.000499026	4108	7
	B-1	7	12/04/2016	19/04/2016	0.205	49.28	0.000492788	4160	24
	B-2	7	12/04/2016	19/04/2016	0.205	49.56	0.000495648	4136	8
	A-1	14	12/04/2016	26/04/2016	0.205	47.37	0.00047366	4328	100
	A-2	14	12/04/2016	26/04/2016	0.205	47.63	0.000476301	4304	100
	A-3	14	12/04/2016	26/04/2016	0.205	47.17	0.000471698	4346	100
	B-1	14	12/04/2016	26/04/2016	0.205	46.61	0.000466121	4398	100
	B-2	14	12/04/2016	26/04/2016	0.205	47.37	0.00047366	4328	100
	A-1	21	12/04/2016	03/05/2016	0.205	46.50	0.000464958	4409	13
	A-2	21	12/04/2016	03/05/2016	0.205	46.43	0.000464326	4415	100
	A-3	21	12/04/2016	03/05/2016	0.205	46.38	0.000463801	4420	34
	B-1	21	12/04/2016	03/05/2016	0.205	46.38	0.000463801	4420	43
	B-2	21	12/04/2016	03/05/2016	0.205	46.29	0.000462858	4429	27
	A-1	28	12/04/2016	10/05/2016	0.205	46.05	0.000460467	4452	71
	A-2	28	12/04/2016	10/05/2016	0.205	45.87	0.000458716	4469	100
	A-3	28	12/04/2016	10/05/2016	0.205	46.10	0.000460985	4447	100
	B-1	28	12/04/2016	10/05/2016	0.205	46.00	0.000459951	4457	100
	B-2	28	12/04/2016	10/05/2016	0.205	45.87	0.000458716	4469	100



ANEXO N°20

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de prueba estándar para la velocidad de pulso Ultrasónico a través del concreto.

Referencia: ASTM C - 597

Muestra N°	Identificación	Edad de Ensayo	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	L(m)	Tiempo		V(m/s)	%
						T. Directa (µs)	T. Directa(s)		
f'c = 210 kg/cm ²	A-1	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	48.40	0.000484027	4132	30
	A-2	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	48.20	0.000482044	4149	14
	A-3	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	49.39	0.000493949	4049	14
	B-1	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	48.40	0.000484027	4132	22
	B-2	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	49.39	0.000493949	4049	28
	A-1	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	45.57	0.000455685	4389	100
	A-2	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	45.61	0.0004561	4385	100
	A-3	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	45.80	0.00045798	4367	100
	B-1	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	45.72	0.000457247	4374	100
	B-2	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	45.92	0.000459242	4355	100
	A-1	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	45.29	0.000452899	4416	56
	A-2	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	45.17	0.000451671	4428	55
	A-3	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	45.25	0.000452489	4420	69
	B-1	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	44.68	0.000446828	4476	100
	B-2	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	45.29	0.000452899	4416	79
	A-1	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	44.57	0.000445732	4487	100
	A-2	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	44.59	0.000445931	4485	100
	A-3	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	44.58	0.000445831	4486	100
	B-1	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	44.45	0.000444543	4499	100
	B-2	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	44.49	0.000444939	4495	100



ANEXO N°21

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de prueba estándar para la velocidad de pulso Ultrasónico a través del concreto.

Referencia: ASTM C - 597

Muestra N°	Identificación	Edad de Ensayo	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	L(m)	Tiempo		V(m/s)	%
						T. Directa (μs)	T. Directa(s)		
f'c = 280 kg/cm ²	A-1	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	47.40	0.000474046	4219	63
	A-2	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	48.40	0.000484027	4132	51
	A-3	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	47.60	0.000475964	4202	55
	B-1	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	48.20	0.000482044	4149	29
	B-2	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	47.40	0.000474046	4219	28
	A-1	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	44.80	0.000448029	4464	100
	A-2	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	45.30	0.000453001	4415	100
	A-3	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	44.80	0.000448029	4464	60
	B-1	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	44.79	0.000447928	4465	62
	B-2	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	45.80	0.00045798	4367	100
	A-1	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	44.50	0.000445038	4494	56
	A-2	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	44.24	0.00044238	4521	16
	A-3	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	44.47	0.000444741	4497	25
	B-1	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	44.40	0.000443951	4505	26
	B-2	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	44.27	0.000442674	4518	5
	A-1	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	43.61	0.00043611	4586	100
	A-2	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	43.63	0.0004363	4584	100
	A-3	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	44.10	0.000441014	4535	100
	B-1	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	43.92	0.000439174	4554	100
	B-2	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	43.62	0.000436205	4585	100



ANEXO N°22

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de prueba estándar para la velocidad de pulso Ultrasónico a través del concreto.

Referencia: ASTM C - 597

Muestra N°	Identificación	Edad de Ensayo	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	L(m)	Tiempo		V(m/s)	%
						T. Directa (μs)	T. Directa(s)		
f'c = 350 kg/cm ²	A-1	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	47.40	0.000474046	4219	15
	A-2	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	45.90	0.000459031	4357	96
	A-3	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	46.90	0.000469043	4264	13
	B-1	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	45.90	0.000459031	4357	62
	B-2	7	12/04/2016	19/04/2016	0.20	46.40	0.000464037	4310	69
	A-1	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	44.30	0.000442968	4515	96
	A-2	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	45.00	0.000450045	4444	31
	A-3	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	44.89	0.000448934	4455	42
	B-1	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	43.86	0.000438596	4560	100
	B-2	14	12/04/2016	26/04/2016	0.20	43.90	0.000438982	4556	95
	A-1	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	43.66	0.000436586	4581	30
	A-2	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	44.27	0.000442674	4518	4
	A-3	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	44.30	0.000442968	4515	17
	B-1	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	43.73	0.000437254	4574	9
	B-2	21	12/04/2016	03/05/2016	0.20	43.53	0.000435256	4595	14
	A-1	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	43.43	0.000434311	4605	100
	A-2	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	42.96	0.000429553	4656	100
	A-3	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	43.40	0.000434028	4608	100
	B-1	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	43.24	0.000432432	4625	100
	B-2	28	12/04/2016	10/05/2016	0.20	42.96	0.000429553	4656	100



ANEXO N°23

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerómetro)

Referencia: ASTM C – 805, N.T.P. 399.181

N° Ensayo	Descripción	Diseño f'c (Kg/cm ²)	Fecha Vaciado	Fecha ensayo	Edad Concreto
1	B-1	175	12/04/2016	19/04/2016	7
2	B-2	175	12/04/2016	19/04/2016	7
3	B-1	175	12/04/2016	26/04/2016	14
4	B-2	175	12/04/2016	26/04/2016	14
5	B-1	175	12/04/2016	03/05/2016	21
6	B-2	175	12/04/2016	03/05/2016	21
7	B-1	175	12/04/2016	10/05/2016	28
8	B-2	175	12/04/2016	10/05/2016	28

N° Ensayo	Lecturas											Promedio	
	Numero de rebotes											Total	Final
7 D	1	12	11	9	9	12	7	16	11	25	14	8.5	
							X			X			
												9.0	
14 D	3	8	10	8	10	8	8	8	8	10	9	8.7	
												9.0	
14 D	4	8	9	11	8	8	10	8	13	11	11	9.7	
						X			X				
21 D	5	14	14	11	10	10	11	10	16	16	13	12.5	
				X						X			
												12.0	
21 D	6	9	12	10	10	16	11	6	16	17	16	12.3	
								X		X			
28 D	7	10	16	14	10	19	16	16	20	14	16	13	
					X				X				
												14.0	
28 D	8	14	13	16	17	16	18	14	18	26	30	14	
			X								X		



ANEXO N°24

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerómetro)

Referencia: ASTM C – 805, N.T.P. 399.181

N° Ensayo	Descripción	Diseño f'c (Kg/cm²)	Fecha Vaciado	Fecha ensayo	Edad Concreto
1	B-1	210	12/04/2016	19/04/2016	7
2	B-2	210	12/04/2016	19/04/2016	7
3	B-1	210	12/04/2016	26/04/2016	14
4	B-2	210	12/04/2016	26/04/2016	14
5	B-1	210	12/04/2016	03/05/2016	21
6	B-2	210	12/04/2016	03/05/2016	21
7	B-1	210	12/04/2016	10/05/2016	28
8	B-2	210	12/04/2016	10/05/2016	28

N° Ensayo	Lecturas Numero de rebotes											Promedio	
	Total	Final											
7 D	1	8	8	9	8	8	8	10	10	10	11	9	
			X								X		
													10.0
14 D	3	14	12	12	10	10	15	10	10	10	11	11.4	
							X			X			
													10.0
21 D	5	11	14	10	10	10	13	10	16	16	17	12.7	
						X					X		
													12.0
28 D	7	12	14	13	12	13	12	12	18	16	16	13.8	
		X							X				
													15.0
28 D	8	14	16	24	19	14	10	12	15	14	15	15.3	
				X			X						



ANEXO N°25

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerómetro)

Referencia: ASTM C – 805, N.T.P. 399.181

N° Ensayo	Descripción	Diseño f'c (Kg/cm ²)	Fecha Vaciado	Fecha ensayo	Edad Concreto
1	B-1	280	12/04/2016	19/04/2016	7
2	B-2	280	12/04/2016	19/04/2016	7
3	B-1	280	12/04/2016	26/04/2016	14
4	B-2	280	12/04/2016	26/04/2016	14
5	B-1	280	12/04/2016	03/05/2016	21
6	B-2	280	12/04/2016	03/05/2016	21
7	B-1	280	12/04/2016	10/05/2016	28
8	B-2	280	12/04/2016	10/05/2016	28

N° Ensayo	Lecturas Numero de rebotes											Promedio	
	Total												Final
7 D	1	13	10	11	14	13	10	11	17	17	16	13.2	
							X			X			
												13.0	
14 D	2	10	12	12	16	14	13	9	14	16	18	13.4	
								X			X		
												13.0	
14 D	3	13	11	10	9	12	9	10	13	15	16	11.8	
												13.0	
21 D	4	10	9	13	13	14	16	14	18	16	18	14.1	
			X						X				
												15.0	
21 D	5	14	14	11	13	12	5	8	20	18	23	13.8	
							X				X		
												15.0	
28 D	6	17	12	14	18	8	14	15	14	22	20	15.4	
						X				X			
												15.0	
28 D	7	12	15	12	18	16	17	18	20	19	18	16.5	
				X					X				
												17.0	
28 D	8	12	12	18	19	18	22	16	19	20	19	17.5	
			X				X						
												17.0	



ANEXO N°26

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Ensayo: Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerómetro)

Referencia: ASTM C – 805, N.T.P. 399.181

N° Ensayo	Descripción	Diseño f'c (Kg/cm ²)	Fecha Vaciado	Fecha ensayo	Edad Concreto
1	B-1	350	12/04/2016	19/04/2016	7
2	B-2	350	12/04/2016	19/04/2016	7
3	B-1	350	12/04/2016	26/04/2016	14
4	B-2	350	12/04/2016	26/04/2016	14
5	B-1	350	12/04/2016	03/05/2016	21
6	B-2	350	12/04/2016	03/05/2016	21
7	B-1	350	12/04/2016	10/05/2016	28
8	B-2	350	12/04/2016	10/05/2016	28

N° Ensayo	Lecturas Numero de rebotes											Promedio	
	Total	Final											
7 D	1	9	14	15	16	14	16	16	19	22	20	16.1	
		X								X			
												16.0	
7 D	2	13	14	10	16	17	16	13	20	19	19	15.7	
				X					X				

14 D	3	9	9	12	10	12	15	17	15	17	17	13.3	
													14.0
	4	11	15	15	15	14	9	13	15	17	13	13.7	

21 D	5	18	16	16	19	18	19	17	22	21	19	18.5	
													17.0
	6	16	12	16	14	16	10	11	18	18	21	15.2	

28 D	7	25	18	18	21	19	16	19	16	20	16	18.8	
													19.0
	8	18	18	19	20	19	18	16	22	16	24	19	



ANEXO N°27

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

RESULTADOS DE ENSAYO EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO PARA MUESTRAS OBTENIDAS EN LABORATORIO A 7 DÍAS

CÓDIGO DE MEZCLA	CÓDIGO DE ENSAYO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	ESCLERÓMETRO # DE REBOTES
M1 - 175NO	A -1	4118	130.30	-
	A -2	4161	115.92	-
	A -3	4108	116.28	-
	B-1	4160	121.89	9
	B-2	4136	133.09	9
PROMEDIO	A	4129	120.83	-
	B	4148	127.49	9
M2 - 210NO	A -1	4132	149.99	-
	A -2	4149	155.57	-
	A -3	4049	154.34	-
	B-1	4132	150.75	9
	B-2	4049	151.78	10
PROMEDIO	A	4110	153.30	-
	B	4091	151.26	10
M3 - 280NO	A -1	4219	190.12	-
	A -2	4132	203.39	-
	A -3	4202	205.73	-
	B-1	4149	192.98	13
	B-2	4219	206.79	13
PROMEDIO	A	4184	199.75	-
	B	4184	199.89	13
M4 - 350SI	A -1	4219	250.00	-
	A -2	4357	260.23	-
	A -3	4264	261.59	-
	B-1	4357	263.68	16
	B-2	4310	258.63	16
PROMEDIO	A	4280	257.28	-
	B	4334	261.16	16



ANEXO N°28

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

RESULTADOS DE ENSAYO EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO PARA MUESTRAS OBTENIDAS EN LABORATORIO A 14 DÍAS

CÓDIGO DE MEZCLA	CÓDIGO DE ENSAYO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	ESCLERÓMETRO # DE REBOTES
M1 - 175NO	A -1	4328	144.66	-
	A -2	4304	142.25	-
	A -3	4346	145.43	-
	B-1	4398	142.59	9
	B-2	4328	140.39	10
PROMEDIO	A	4326	144.11	-
	B	4363	141.49	9
M2 - 210NO	A -1	4389	174.82	-
	A -2	4385	176.16	-
	A -3	4367	179.23	-
	B-1	4374	177.75	11
	B-2	4355	173.39	9
PROMEDIO	A	4380	176.74	-
	B	4365	175.57	10
M3 - 280NO	A -1	4464	234.26	-
	A -2	4415	235.67	-
	A -3	4464	225.11	-
	B-1	4465	228.03	12
	B-2	4367	234.44	14
PROMEDIO	A	4448	231.68	-
	B	4416	231.23	13
M4 - 350SI	A -1	4515	287.19	-
	A -2	4444	279.72	-
	A -3	4455	277.51	-
	B-1	4560	282.29	13
	B-2	4556	287.20	14
PROMEDIO	A	4471	281.48	-
	B	4558	284.75	14



ANEXO N°29

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

RESULTADOS DE ENSAYO EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO PARA MUESTRAS OBTENIDAS EN LABORATORIO A 21 DÍAS

CÓDIGO DE MEZCLA	CÓDIGO DE ENSAYO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	ESCLERÓMETRO # DE REBOTES
M1 - 175NO	A -1	4409	157.13	-
	A -2	4415	158.99	-
	A -3	4420	160.58	-
	B-1	4420	155.93	13
	B-2	4429	159.25	12
PROMEDIO	A	4415	158.90	-
	B	4425	157.59	12
M2 - 210NO	A -1	4416	191.65	-
	A -2	4428	191.70	-
	A -3	4420	191.19	-
	B-1	4476	188.85	13
	B-2	4416	197.25	12
PROMEDIO	A	4421	191.52	-
	B	4446	193.05	12
M3 - 280NO	A -1	4494	250.55	-
	A -2	4521	251.58	-
	A -3	4497	250.46	-
	B-1	4505	253.19	14
	B-2	4518	248.73	15
PROMEDIO	A	4504	250.87	-
	B	4512	250.96	15
M4 - 350SI	A -1	4581	329.91	-
	A -2	4518	320.47	-
	A -3	4515	315.02	-
	B-1	4574	318.77	19
	B-2	4595	317.54	15
PROMEDIO	A	4538	321.80	-
	B	4585	318.15	17



ANEXO N°30

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

RESULTADOS DE ENSAYO EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO PARA MUESTRAS OBTENIDAS EN LABORATORIO A 28 DÍAS

CÓDIGO DE MEZCLA	CÓDIGO DE ENSAYO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm ²)	ESCLERÓMETRO # DE REBOTES
M1 - 175NO	A -1	4452	171.65	-
	A -2	4469	182.30	-
	A -3	4447	173.61	-
	B-1	4457	175.78	13
	B-2	4469	173.83	14
PROMEDIO	A	4456	175.86	-
	B	4463	174.81	14
M2 - 210NO	A -1	4487	212.39	-
	A -2	4485	208.05	-
	A -3	4486	212.48	-
	B-1	4499	211.50	14
	B-2	4495	210.72	15
PROMEDIO	A	4486	210.97	-
	B	4497	211.11	15
M3 - 280NO	A -1	4586	281.08	-
	A -2	4584	282.83	-
	A -3	4535	279.78	-
	B-1	4554	282.78	17
	B-2	4585	280.58	18
PROMEDIO	A	4568	281.23	-
	B	4570	281.68	17
M4 - 350SI	A -1	4605	349.97	-
	A -2	4656	352.32	-
	A -3	4608	351.73	-
	B-1	4625	356.07	19
	B-2	4656	348.29	19
PROMEDIO	A	4623	351.34	-
	B	4641	352.18	19



ANEXO N°31

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

RESULTADO DE LOS ENSAYOS EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO PARA MUESTRAS EN GENERAL OBTENIDAS EN LABORATORIO

CÓDIGO DE MEZCLA	DIAS DE ENSAYO	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO (m/s)	RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO (kg/cm²)	ESCLERÓMETRO # DE REBOTES PROMEDIO
M1 - 175NO	7	4129	121	9
M2 - 210NO	7	4110	153	9
M3 - 280NO	7	4184	200	12
M4 - 350SI	7	4280	257	14
M1 - 175NO	14	4326	144	10
M2 - 210NO	14	4380	177	10
M3 - 280NO	14	4448	232	12
M4 - 350SI	14	4471	281	15
M1 - 175NO	21	4415	159	13
M2 - 210NO	21	4421	192	13
M3 - 280NO	21	4504	251	15
M4 - 350SI	21	4538	322	17
M1 - 175NO	28	4456	176	16
M2 - 210NO	28	4486	211	14
M3 - 280NO	28	4568	281	17
M4 - 350SI	28	4623	351	19



ANEXO N°32

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

RESULTADOS PROMEDIO DE ENSAYO EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO PARA MUESTRAS TIPO "A" OBTENIDAS EN LABORATORIO

CÓDIGO DE MEZCLA	EDAD DE ENSAYO (días)	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO (m/s)	RESISTENCIA A COMPRESION PROMEDIO (kg/cm ²)	DISPERSIÓN DE f'c (%)	OBSERVACIÓN
M1 - 175NO	7	4129	121	3.92%	Dispersión máxima 10.6% (ASTM C39)
	14	4326	144	2.35%	
	21	4415	159	0.94%	
	28	4456	176	2.29%	
M2- 210NO	7	4110	153	3.00%	
	14	4380	177	4.16%	
	21	4421	192	1.20%	
	28	4486	211	1.08%	
M3 - 280NO	7	4184	200	2.74%	
	14	4448	232	2.74%	
	21	4504	251	0.41%	
	28	4568	281	0.49%	
M4 - 350SI	7	4280	257	3.51%	
	14	4471	281	0.95%	
	21	4538	322	1.94%	
	28	4623	351	0.39%	



ANEXO N°33

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

RESULTADOS PROMEDIO DE ENSAYO EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO PARA MUESTRAS TIPO "B" OBTENIDAS EN LABORATORIO

CÓDIGO DE MEZCLA	EDAD DE ENSAYO (días)	VELOCIDAD DE PULSO PROMEDIO (m/s)	ESCLERÓMETRO # DE REBOTES PROMEDIO
M1 - 175NO	7	4148	9
	14	4363	9
	21	4425	12
	28	4463	14
M2- 210NO	7	4091	10
	14	4365	10
	21	4446	12
	28	4497	15
M3 - 280NO	7	4184	13
	14	4416	13
	21	4512	15
	28	4570	17
M4 - 350SI	7	4334	16
	14	4558	14
	21	4585	17
	28	4641	19



ANEXO N°34

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Valores de confiabilidad en base a datos de Laboratorio Ensayos "A"					
CÓDIGO	SELECCIÓN DE DATOS DE LABORATORIO	OBTENCIÓN DE r2 CON MODELOS DE REGRESIÓN ESTADÍSTICA			
		EXPONENCIAL	LINEAL	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
A	Diseño 175 - 7 días	0.1294	0.1285	0.1278	0.1287
B	Diseño 175 - 14 días	0.9573	0.9582	0.9587	0.9578
C	Diseño 175 - 21 días	1.0000	0.9999	0.9999	1.0000
D	Diseño 175 - 28 días	0.8504	0.8537	0.8534	0.8501
E	Diseño 210 - 7 días	0.0241	0.0231	0.0236	0.0246
F	Diseño 210 - 14 días	0.9824	0.9831	0.9830	0.9823
G	Diseño 210 - 21 días	0.0764	0.0764	0.0763	0.0762
H	Diseño 210 - 28 días	0.7358	0.7357	0.7357	0.7359
I	Diseño 280 - 7 días	0.2951	0.2907	0.2892	0.2936
J	Diseño 280 - 14 días	0.3611	0.3636	0.3636	0.3631
K	Diseño 280 - 21 días	0.9687	0.9688	0.9687	0.9686
L	Diseño 280 - 28 días	0.6430	0.6416	0.6418	0.6432
M	Diseño 350 - 7 días	0.4587	0.4565	0.4604	0.4626
N	Diseño 350 - 14 días	0.8712	0.8733	0.8726	0.8705
O	Diseño 350 - 21 días	0.8912	0.8949	0.8951	0.8914
P	Diseño 350 - 28 días	0.5372	0.5378	0.5381	0.5374
Q	Diseño 175 - 7 y 28 días	0.9334	0.9440	0.9427	0.9321
R	Diseño 210 - 7 y 28 días	0.9640	0.9653	0.9626	0.9613
S	Diseño 280 - 7 y 28 días	0.9358	0.9457	0.9436	0.9336
T	Diseño 350 - 7 y 28 días	0.9599	0.9581	0.9560	0.9580
U	Diseño 175 - 7, 14 y 28 días	0.9114	0.9035	0.8984	0.9073
V	Diseño 210 - 7, 14 y 28 días	0.8696	0.8442	0.8361	0.8621
W	Diseño 280 - 7, 14 y 28 días	0.8423	0.8258	0.8183	0.8355
X	Diseño 350 - 7, 14 y 28 días	0.8708	0.8493	0.8410	0.8631
Y	Diseño 175 - 7, 14,21 y 28 días	0.9096	0.8959	0.8912	0.9058
Z	Diseño 210 - 7, 14,21 y 28 días	0.8775	0.8508	0.8431	0.8705
AA	Diseño 280 - 7, 14,21 y 28 días	0.8455	0.8239	0.8166	0.839
AB	Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días	0.8771	0.8591	0.852	0.8708



ANEXO N°35

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

OBTENCIÓN DE LOS PORCENTAJES RESIDUALES

ANÁLISIS CON MODELO DE APROXIMACIÓN EXPONENCIAL :

Para la selección de datos Q (Diseño 175 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Q	$R = 1.1209e^{(0.0011V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Q	4118	104	130	26	20%
7	Q	4161	109	116	7	6%
7	Q	4108	103	116	13	12%
28	Q	4452	150	172	22	13%
28	Q	4469	153	182	29	16%
28	Q	4447	149	174	24	14%

Para la selección de datos R (Diseño 210 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia R	$R = 5.1703e^{(0.0008V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	R	4132	141	150	9	6%
7	R	4149	143	156	13	8%
7	R	4049	132	154	22	15%
28	R	4487	187	212	25	12%
28	R	4485	187	208	21	10%
28	R	4486	187	212	25	12%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos S (Diseño 280 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia S	$R = 5.4743e^{(0.0009V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	S	4219	244	190	-54	-28%
7	S	4132	226	203	-22	-11%
7	S	4202	240	206	-35	-17%
28	S	4586	339	281	-58	-21%
28	S	4584	339	283	-56	-20%
28	S	4535	324	280	-44	-16%

Para la selección de datos T (Diseño 350 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia T	$R = 6.3479e^{(0.0009V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	T	4219	283	250	-33	-13%
7	T	4357	320	260	-60	-23%
7	T	4264	295	262	-33	-13%
28	T	4605	400	350	-50	-14%
28	T	4656	419	352	-67	-19%
28	T	4608	402	352	-50	-14%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos U (Diseño 175 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia U	$R = 1.217e^{(0.0011V)}$
-------------------------	--------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	U	4118	113	130	17	13%
7	U	4161	118	116	-2	-2%
7	U	4108	112	116	5	4%
14	U	4328	142	145	2	2%
14	U	4304	138	142	4	3%
14	U	4346	145	145	0	0%
28	U	4452	163	172	9	5%
28	U	4469	166	182	16	9%
28	U	4447	162	174	12	7%

Para la selección de datos V (Diseño 210 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia V	$R = 6.5981e^{(0.0008V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	V	4132	180	150	-30	-20%
7	V	4149	182	156	-27	-17%
7	V	4049	168	154	-14	-9%
14	V	4389	221	175	-46	-26%
14	V	4385	220	176	-44	-25%
14	V	4367	217	179	-38	-21%
28	V	4487	239	212	-27	-13%
28	V	4485	239	208	-31	-15%
28	V	4486	239	212	-26	-12%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos W (Diseño 280 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia W	$R = 6.9168e^{(0.0008V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	W	4219	202	190	-12	-6%
7	W	4132	189	203	15	7%
7	W	4202	199	206	6	3%
14	W	4464	246	234	-12	-5%
14	W	4415	237	236	-1	0%
14	W	4464	246	225	-21	-9%
28	W	4586	271	281	10	4%
28	W	4584	271	283	12	4%
28	W	4535	260	280	19	7%

Para la selección de datos X (Diseño 350 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia X	$R = 6.8631e^{(0.0008V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	X	4219	201	250	49	20%
7	X	4357	224	260	36	14%
7	X	4264	208	262	54	21%
14	X	4515	254	287	33	11%
14	X	4444	240	280	40	14%
14	X	4455	242	278	35	13%
28	X	4605	273	350	77	22%
28	X	4656	285	352	68	19%
28	X	4608	274	352	78	22%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos Y (Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Y	$R = 1.4477e^{(0.0011V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Y	4118	134	130	-4	-3%
7	Y	4161	141	116	-25	-21%
7	Y	4108	133	116	-17	-14%
14	Y	4328	169	145	-24	-17%
14	Y	4304	165	142	-22	-16%
14	Y	4346	173	145	-27	-19%
21	Y	4409	185	157	-28	-18%
21	Y	4415	186	159	-27	-17%
21	Y	4420	187	161	-27	-17%
28	Y	4452	194	172	-22	-13%
28	Y	4469	198	182	-15	-8%
28	Y	4447	193	174	-19	-11%

Para la selección de datos Z (Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Z	$R = 6.7047e^{(0.0008V)}$
-------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Z	4132	183	150	-33	-22%
7	Z	4149	185	156	-30	-19%
7	Z	4049	171	154	-17	-11%
14	Z	4389	225	175	-50	-28%
14	Z	4385	224	176	-48	-27%
14	Z	4367	221	179	-41	-23%
21	Z	4416	229	192	-38	-20%
21	Z	4428	232	192	-40	-21%
21	Z	4420	230	191	-39	-20%
28	Z	4487	243	212	-30	-14%
28	Z	4485	242	208	-34	-17%
28	Z	4486	243	212	-30	-14%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos AA (Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia AA	$R = 7.4407e^{(0.0008V)}$
--------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	AA	4219	217	190	-27	-14%
7	AA	4132	203	203	1	0%
7	AA	4202	215	206	-9	-4%
14	AA	4464	265	234	-30	-13%
14	AA	4415	254	236	-19	-8%
14	AA	4464	265	225	-39	-18%
21	AA	4494	271	251	-20	-8%
21	AA	4521	277	252	-25	-10%
21	AA	4497	272	250	-21	-8%
28	AA	4586	292	281	-11	-4%
28	AA	4584	291	283	-8	-3%
28	AA	4535	280	280	0	0%

Para la selección de datos AB (Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia AB	$R = 6.4234e^{(0.0009V)}$
--------------------------	---------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	AB	4219	286	250	-36	-15%
7	AB	4357	324	260	-64	-25%
7	AB	4264	298	262	-37	-14%
14	AB	4515	374	287	-87	-30%
14	AB	4444	351	280	-71	-25%
14	AB	4455	354	278	-77	-28%
21	AB	4581	397	330	-67	-20%
21	AB	4518	375	320	-54	-17%
21	AB	4515	374	315	-59	-19%
28	AB	4605	405	350	-55	-16%
28	AB	4656	424	352	-72	-20%
28	AB	4608	406	352	-55	-16%



ANEXO N°36

Pág. 1 de 6

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

OBTENCIÓN DE LOS PORCENTAJES RESIDUALES

ANÁLISIS CON MODELO DE APROXIMACIÓN LINEAL:

Para la selección de datos Q (Diseño 175 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Q	$R = 0.1661V - 564.51$
-------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Q	4118	119	130	11	8%
7	Q	4161	127	116	-11	-9%
7	Q	4108	118	116	-2	-1%
28	Q	4452	175	172	-3	-2%
28	Q	4469	178	182	5	2%
28	Q	4447	174	174	-1	0%

Para la selección de datos R (Diseño 210 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia R	$R = 0.1491V - 458.9$
-------------------------	-----------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	R	4132	157	150	-7	-5%
7	R	4149	160	156	-4	-3%
7	R	4049	145	154	10	6%
28	R	4487	210	212	2	1%
28	R	4485	210	208	-2	-1%
28	R	4486	210	212	3	1%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos S (Diseño 280 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia S	R = 0.2051V - 657.25
-------------------------	----------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	S	4219	208	190	-18	-9%
7	S	4132	190	203	13	6%
7	S	4202	205	206	1	1%
28	S	4586	283	281	-2	-1%
28	S	4584	283	283	0	0%
28	S	4535	273	280	7	2%

Para la selección de datos T (Diseño 350 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia T	R = 0.2609V - 857.03
-------------------------	----------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	T	4219	244	250	6	3%
7	T	4357	280	260	-19	-7%
7	T	4264	255	262	6	2%
28	T	4605	344	350	6	2%
28	T	4656	358	352	-5	-2%
28	T	4608	345	352	7	2%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos U (Diseño 175 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia U	$R = 0.1616V - 548.64$
-------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	U	4118	117	130	13	10%
7	U	4161	124	116	-8	-7%
7	U	4108	115	116	1	1%
14	U	4328	151	145	-6	-4%
14	U	4304	147	142	-5	-3%
14	U	4346	154	145	-8	-6%
28	U	4452	171	172	1	0%
28	U	4469	174	182	9	5%
28	U	4447	170	174	4	2%

Para la selección de datos V (Diseño 210 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia V	$R = 0.1362V - 408.68$
-------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	V	4132	154	150	-4	-3%
7	V	4149	156	156	-1	-1%
7	V	4049	143	154	12	7%
14	V	4389	189	175	-14	-8%
14	V	4385	189	176	-12	-7%
14	V	4367	186	179	-7	-4%
28	V	4487	202	212	10	5%
28	V	4485	202	208	6	3%
28	V	4486	202	212	10	5%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos W (Diseño 280 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia W	$R = 0.1889V - 593.82$
-------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	W	4219	203	190	-13	-7%
7	W	4132	187	203	17	8%
7	W	4202	200	206	6	3%
14	W	4464	249	234	-15	-6%
14	W	4415	240	236	-5	-2%
14	W	4464	249	225	-24	-11%
28	W	4586	272	281	9	3%
28	W	4584	272	283	11	4%
28	W	4535	263	280	17	6%

Para la selección de datos X (Diseño 350 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia X	$R = 0.253V - 8431.24$
-------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	X	4219	236	250	14	6%
7	X	4357	271	260	-11	-4%
7	X	4264	248	262	14	5%
14	X	4515	311	287	-24	-8%
14	X	4444	293	280	-13	-5%
14	X	4455	296	278	-18	-7%
28	X	4605	334	350	16	5%
28	X	4656	347	352	6	2%
28	X	4608	335	352	17	5%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos Y (Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Y	R = 0.1539V - 516.89
-------------------------	----------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Y	4118	117	130	13	10%
7	Y	4161	123	116	-8	-7%
7	Y	4108	115	116	1	1%
14	Y	4328	149	145	-5	-3%
14	Y	4304	145	142	-3	-2%
14	Y	4346	152	145	-7	-4%
21	Y	4409	162	157	-5	-3%
21	Y	4415	163	159	-4	-2%
21	Y	4420	163	161	-3	-2%
28	Y	4452	168	172	3	2%
28	Y	4469	171	182	11	6%
28	Y	4447	168	174	6	4%

Para la selección de datos Z (Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Z	R = 0.1345V - 402
-------------------------	-------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Z	4132	154	150	-4	-3%
7	Z	4149	156	156	0	0%
7	Z	4049	143	154	12	8%
14	Z	4389	188	175	-14	-8%
14	Z	4385	188	176	-12	-7%
14	Z	4367	185	179	-6	-3%
21	Z	4416	192	192	0	0%
21	Z	4428	194	192	-2	-1%
21	Z	4420	192	191	-1	-1%
28	Z	4487	202	212	11	5%
28	Z	4485	201	208	7	3%
28	Z	4486	201	212	11	5%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos AA (Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia AA	$R = 0.1831V - 569.52$
--------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	AA	4219	203	190	-13	-7%
7	AA	4132	187	203	16	8%
7	AA	4202	200	206	6	3%
14	AA	4464	248	234	-14	-6%
14	AA	4415	239	236	-3	-1%
14	AA	4464	248	225	-23	-10%
21	AA	4494	253	251	-3	-1%
21	AA	4521	258	252	-7	-3%
21	AA	4497	254	250	-3	-1%
28	AA	4586	270	281	11	4%
28	AA	4584	270	283	13	5%
28	AA	4535	261	280	19	7%

Para la selección de datos AB (Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia AB	$R = 0.2564V - 845.18$
--------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	AB	4219	237	250	13	5%
7	AB	4357	272	260	-12	-5%
7	AB	4264	248	262	13	5%
14	AB	4515	312	287	-25	-9%
14	AB	4444	294	280	-15	-5%
14	AB	4455	297	278	-20	-7%
21	AB	4581	329	330	1	0%
21	AB	4518	313	320	7	2%
21	AB	4515	312	315	3	1%
28	AB	4605	336	350	14	4%
28	AB	4656	349	352	4	1%
28	AB	4608	336	352	15	4%



ANEXO N°37

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

SOBREVALORACIÓN Y SUBVALORACIÓN

Porcentajes Residuales máximos de Sobrevaloración y Subvaloración para selección de datos Q, R, S, T, Y, Z, AA y AB con aproximación Exponencial

CÓDIGO ASIGNADO	Sobrevaloración		Subvaloración	
	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)
Diseño 175 - 7 y 28 días	7	6%	29	20%
Diseño 210 - 7 y 28 días	9	6%	25	15%
Diseño 280 - 7 y 28 días	-58	-28%	-22	-11%
Diseño 350 - 7 y 28 días	-67	-23%	-33	-13%
Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días	-28	-21%	-4	-3%
Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días	-50	-28%	-17	-11%
Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días	-39	-18%	1	0%
Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días	-87	-30%	-36	-14%



ANEXO N°38

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

SOBREVALORACIÓN Y SUBVALORACIÓN

Porcentajes Residuales máximos de Sobrevaloración y Subvaloración para selección de datos Q, R, S, T, Y, Z, AA y AB con aproximación Lineal

CÓDIGO ASIGNADO	Sobrevaloración		Subvaloración	
	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)
Diseño 175 - 7 y 28 días	-11	-9%	11	8%
Diseño 210 - 7 y 28 días	-7	-5%	10	6%
Diseño 280 - 7 y 28 días	-18	-9%	13	6%
Diseño 350 - 7 y 28 días	-19	-7%	7	3%
Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días	-8	-7%	13	10%
Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días	-14	-8%	12	8%
Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días	-23	-10%	19	8%
Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días	-25	-9%	15	5%



ANEXO N°39

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Valores de confiabilidad en base a datos de Laboratorio Ensayos "B"

CÓDIGO	SELECCIÓN DE DATOS DE LABORATORIO	OBTENCIÓN DE r2 CON MODELOS DE REGRESIÓN ESTADÍSTICA			
		EXPONENCIAL	LINEAL	LOGARÍTMICA	POTENCIAL
Q'	Diseño 175 - 7 y 28 días	0.9661	0.9716	0.9710	0.9655
R'	Diseño 210 - 7 y 28 días	0.8284	0.8442	0.8402	0.8238
S'	Diseño 280 - 7 y 28 días	0.9806	0.9748	0.9732	0.9791
T'	Diseño 350 - 7 y 28 días	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993
U'	Diseño 175 - 7, 14 y 28 días	0.4775	0.4759	0.4723	0.4741
V'	Diseño 210 - 7, 14 y 28 días	0.5313	0.5326	0.5309	0.5196
W'	Diseño 280 - 7, 14 y 28 días	0.3630	0.4038	0.3956	0.3553
X'	Diseño 350 - 7, 14 y 28 días	0.0774	0.1051	0.1007	0.0737
Y'	Diseño 175 - 7, 14,21 y 28 días	0.5228	0.4979	0.4942	0.5192
Z'	Diseño 210 - 7, 14,21 y 28 días	0.5499	0.5454	0.5344	0.5389
AA'	Diseño 280 - 7, 14,21 y 28 días	0.3343	0.3594	0.3517	0.3272
AB'	Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días	0.0742	0.0944	0.0912	0.0713



ANEXO N°40

Pág. 1 de 5

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

OBTENCIÓN DE LOS PORCENTAJES RESIDUALES

ANÁLISIS CON MODELO DE APROXIMACIÓN EXPONENCIAL :

Para la seleccione de datos Q' (Diseño 175 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Q'	$R' = 0.0497e^{(0.0012V)}$
--------------------------	----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	Q'	4160	5	9	4	43%
7	Q'	4136	5	9	4	48%
28	Q'	4420	6	13	6	49%
28	Q'	4429	6	12	6	47%

Para la seleccione de datos R' (Diseño 210 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia R'	$R' = 0.2065e^{(0.0009V)}$
--------------------------	----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	R'	4132	9	9	0	5%
7	R'	4049	8	10	3	24%
28	R'	4499	12	14	2	14%
28	R'	4495	12	15	4	23%

Para la seleccione de datos S' (Diseño 280 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia S'	$R' = 0.9422e^{(0.0006V)}$
--------------------------	----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	S'	4149	11	13	2	14%
7	S'	4219	12	13	2	12%
28	S'	4554	14	17	2	12%
28	S'	4585	15	18	3	16%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la seleccione de datos T' (Diseño 350 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia T'	$R^1 = 1.3937e^{(0.0006V)}$
--------------------------	-----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	T'	4357	19	16	-3	-18%
7	T'	4310	19	16	-3	-18%
28	T'	4625	22	19	-4	-19%
28	T'	4656	23	19	-4	-20%

Para la seleccione de datos U' (Diseño 175 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia U'	$R^1 = 0.1989e^{(0.0009V)}$
--------------------------	-----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	U'	4160	8	9	0	1%
7	U'	4136	8	9	1	9%
14	U'	4398	10	9	-2	-20%
14	U'	4328	10	10	0	-1%
28	U'	4420	11	13	2	15%
28	U'	4429	11	12	2	13%

Para la seleccione de datos V' (Diseño 210 - 7,14, y 28 días)

Ecuación de Tendencia V'	$R^1 = 0.3012e^{(0.0008V)}$
--------------------------	-----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	V'	4132	8	9	1	9%
7	V'	4049	8	10	3	26%
14	V'	4374	10	11	1	13%
14	V'	4355	10	9	-1	-7%
28	V'	4499	11	14	3	20%
28	V'	4495	11	15	4	28%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos W' (Diseño 280 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia W'	$R' = 1.5924e^{(0.0005V)}$
--------------------------	----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	W'	4149	13	13	1	4%
7	W'	4219	13	13	0	2%
14	W'	4465	15	12	-3	-26%
14	W'	4367	14	14	0	0%
28	W'	4554	16	17	1	6%
28	W'	4585	16	18	2	10%

Para la selección de datos X' (Diseño 350 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia X'	$R' = 4.2439e^{(0.0003V)}$
--------------------------	----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	X'	4357	16	16	0	3%
7	X'	4310	15	16	0	2%
14	X'	4560	17	13	-3	-25%
14	X'	4556	17	14	-3	-22%
28	X'	4625	17	19	2	10%
28	X'	4656	17	19	2	10%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la seleccione de datos Y' (Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Y'	$R' = 0.0311e^{(0.0014V)}$
--------------------------	----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	Y'	4160	11	9	-2	-24%
7	Y'	4136	10	9	-1	-13%
14	Y'	4398	15	9	-6	-69%
14	Y'	4328	13	10	-4	-37%
21	Y'	4420	15	14	-1	-10%
21	Y'	4429	15	15	0	0%
28	Y'	4420	15	13	-3	-21%
28	Y'	4429	15	12	-3	-25%

Para la seleccione de datos Z' (Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Z'	$R' = 0.33e^{(0.0008V)}$
--------------------------	--------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	Z'	4132	9	9	0	0%
7	Z'	4049	8	10	2	19%
14	Z'	4374	11	11	0	4%
14	Z'	4355	11	9	-2	-17%
21	Z'	4476	12	13	1	7%
21	Z'	4416	11	12	1	4%
28	Z'	4499	12	14	2	13%
28	Z'	4495	12	15	3	21%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la seleccione de datos AA' (Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia AA'	$R^2 = 1.8581e^{(0.0005V)}$
---------------------------	-----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	AA'	4149	15	13	-2	-12%
7	AA'	4219	15	13	-2	-14%
14	AA'	4465	17	12	-6	-47%
14	AA'	4367	16	14	-2	-17%
21	AA'	4505	18	14	-4	-28%
21	AA'	4518	18	15	-2	-16%
28	AA'	4554	18	17	-2	-10%
28	AA'	4585	18	18	-1	-5%

Para la seleccione de datos AB' (Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia AB'	$R^2 = 4.0978e^{(0.0003V)}$
---------------------------	-----------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	AB'	4357	15	16	1	6%
7	AB'	4310	15	16	1	5%
14	AB'	4560	16	13	-3	-21%
14	AB'	4556	16	14	-2	-17%
21	AB'	4574	16	19	2	13%
21	AB'	4595	16	15	-1	-7%
28	AB'	4625	16	19	2	13%
28	AB'	4656	17	19	2	13%



ANEXO N°33

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

OBTENCIÓN DE LOS PORCENTAJES RESIDUALES

ANÁLISIS CON MODELO DE APROXIMACIÓN LINEAL:

Para la selección de datos Q' (Diseño 175 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Q'	$R' = 0.0131V - 45.379$
--------------------------	-------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	Q'	4160	9	9	-1	-7%
7	Q'	4136	9	9	0	2%
28	Q'	4420	13	13	0	0%
28	Q'	4429	13	12	0	-3%

Para la selección de datos R' (Diseño 210 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia R'	$R' = 0.0113V - 36.501$
--------------------------	-------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	R'	4132	10	9	-1	-13%
7	R'	4049	9	10	1	11%
28	R'	4499	14	14	-1	-4%
28	R'	4495	14	15	1	7%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la seleccione de datos S' (Diseño 280 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia S'	$R' = 0.0096V - 26.695$
--------------------------	-------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	S'	4149	13	13	0	0%
7	S'	4219	14	13	0	-3%
28	S'	4554	17	17	-1	-3%
28	S'	4585	17	18	0	1%

Para la seleccione de datos T' (Diseño 350 - 7 y 28 días)

Ecuación de Tendencia T'	$R' = 0.0097V - 26.307$
--------------------------	-------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	T'	4357	16	16	0	1%
7	T'	4310	16	16	0	1%
28	T'	4625	19	19	0	1%
28	T'	4656	19	19	0	1%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos U' (Diseño 175 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia U'	$R^2 = 0.0095V - 30.812$
--------------------------	--------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	U'	4160	9	9	0	-2%
7	U'	4136	8	9	1	6%
14	U'	4398	11	9	-2	-26%
14	U'	4328	10	10	-1	-6%
28	U'	4420	11	13	1	11%
28	U'	4429	11	12	1	8%

Para la selección de datos V' (Diseño 210 - 7,14, y 28 días)

Ecuación de Tendencia V'	$R^2 = 0.01V - 31.747$
--------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	V'	4132	10	9	-1	-6%
7	V'	4049	9	10	2	16%
14	V'	4374	12	11	-1	-5%
14	V'	4355	12	9	-3	-28%
28	V'	4499	13	14	1	4%
28	V'	4495	13	15	2	14%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la selección de datos W' (Diseño 280 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia W'	$R' = 0.0077V - 19.423$
--------------------------	-------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	W'	4149	13	13	1	5%
7	W'	4219	13	13	0	3%
14	W'	4465	15	12	-3	-27%
14	W'	4367	14	14	0	-1%
28	W'	4554	16	17	1	5%
28	W'	4585	16	18	2	9%

Para la selección de datos X' (Diseño 350 - 7,14 y 28 días)

Ecuación de Tendencia X'	$R' = 0.0055V - 8.6824$
--------------------------	-------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	X'	4357	15	16	1	5%
7	X'	4310	15	16	1	4%
14	X'	4560	16	13	-3	-23%
14	X'	4556	16	14	-3	-20%
28	X'	4625	17	19	2	11%
28	X'	4656	17	19	2	11%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la seleccione de datos Y' (Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Y'	$R' = 0.015V - 53.822$
--------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	Y'	4160	9	9	0	-1%
7	Y'	4136	8	9	1	9%
14	Y'	4398	12	9	-3	-40%
14	Y'	4328	11	10	-1	-14%
21	Y'	4420	12	14	1	10%
21	Y'	4429	13	15	3	18%
28	Y'	4420	12	13	0	0%
28	Y'	4429	13	12	0	-3%

Para la seleccione de datos Z' (Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia Z'	$R' = 0.0095V - 29.77$
--------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	RESISTENCIA ESTIMADA (kg/cm ²)	RESISTENCIA REAL (kg/cm ²)	DIFERENCIA DE RESISTENCIA: REAL - ESTIMADA (kg/cm ²)	Porcentaje Residual (%)
7	Z'	4132	9	9	0	-5%
7	Z'	4049	9	10	2	16%
14	Z'	4374	12	11	0	-3%
14	Z'	4355	12	9	-2	-26%
21	Z'	4476	13	13	0	0%
21	Z'	4416	12	12	0	-3%
28	Z'	4499	13	14	1	6%
28	Z'	4495	13	15	2	15%



Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Para la seleccione de datos AA' (Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia AA'	$R' = 0.007V - 16.481$
---------------------------	------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	AA'	4149	13	13	1	5%
7	AA'	4219	13	13	0	3%
14	AA'	4465	15	12	-3	-25%
14	AA'	4367	14	14	0	0%
21	AA'	4505	15	14	-1	-9%
21	AA'	4518	15	15	0	2%
28	AA'	4554	15	17	1	7%
28	AA'	4585	16	18	2	11%

Para la seleccione de datos AB' (Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días)

Ecuación de Tendencia AB	$R' = 0.0055V - 8.6891$
--------------------------	-------------------------

EDAD DE ENSAYO (días)	CÓDIGO ASIGNADO	VELOCIDAD DE PULSO (m/s)	# DE REBOTES ESTIMADA	# DE REBOTES REAL	DIFERENCIA # DE REBOTES: REAL - ESTIMADA	Porcentaje Residual (%)
7	AB'	4357	15	16	1	5%
7	AB'	4310	15	16	1	4%
14	AB'	4560	16	13	-3	-23%
14	AB'	4556	16	14	-3	-19%
21	AB'	4574	16	19	2	11%
21	AB'	4595	17	15	-1	-9%
28	AB'	4625	17	19	2	11%
28	AB'	4656	17	19	2	11%



ANEXO N°34

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

SOBREVALORACIÓN Y SUBVALORACIÓN

Porcentajes Residuales máximos de Sobrevaloración y Subvaloración para selección de datos Q', R', S', T', Y', Z', AA' y AB' con aproximación Exponencial

CÓDIGO ASIGNADO	Subvaloración		Subvaloración	
	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)
Diseño 175 - 7 y 28 días	4	43%	6	49%
Diseño 210 - 7 y 28 días	0	5%	4	24%
Diseño 280 - 7 y 28 días	2	12%	3	16%
Diseño 350 - 7 y 28 días	-4	-20%	-3	-18%
Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días	-6	-69%	0	0%
Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días	-2	-17%	3	21%
Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días	-6	-47%	-1	-5%
Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días	-3	-21%	2	13%



ANEXO N°35

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

Porcentajes Residuales máximos de Sobrevaloración y Subvaloración para selección de datos Q', R', S', T', Y', Z', AA' y AB' con aproximación Lineal

CÓDIGO ASIGNADO	Subvaloración		Sobrevaloración	
	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)	Diferencia de Resistencia: Real - Estima(kg/cm ²)	Porcentaje respecto a la Resistencia Real (%)
Diseño 175 - 7 y 28 días	-1	-7%	0	2%
Diseño 210 - 7 y 28 días	-1	-13%	1	11%
Diseño 280 - 7 y 28 días	-1	-3%	0	1%
Diseño 350 - 7 y 28 días	0	1%	0	1%
Diseño 175 - 7,14,21 y 28 días	-3	-40%	3	18%
Diseño 210 - 7,14,21 y 28 días	-2	-26%	2	15%
Diseño 280 - 7,14,21 y 28 días	-3	-25%	2	11%
Diseño 350 - 7,14,21 y 28 días	-3	-23%	2	11%



ANEXO N°36

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

PORCENTAJES RESIDUALES MÁXIMOS

Porcentaje residual máximo para la Aproximación Exponencial

CÓDIGO ASIGNADO	SELECCIÓN DE DATOS	PORCENTAJE RESIDUAL MÁXIMO OBTENIDO	
		ENSAYOS A	ENSAYOS B
Q	Diseño 175 - 7 y 28 días	20%	49%
R	Diseño 210 - 7 y 28 días	15%	24%
S	Diseño 280 - 7 y 28 días	-11%	16%
T	Diseño 350 - 7 y 28 días	-13%	-18%
U	Diseño 175 - 7, 14 y 28 días	13%	15%
V	Diseño 210 - 7, 14 y 28 días	-9%	28%
W	Diseño 280 - 7, 14 y 28 días	7%	10%
X	Diseño 350 - 7, 14 y 28 días	22%	10%
Y	Diseño 175 - 7, 14,21 y 28 días	-3%	0%
Z	Diseño 210 - 7, 14,21 y 28 días	-11%	21%
AA	Diseño 280 - 7, 14,21 y 28 días	0%	-5%
AB	Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días	-14%	13%



ANEXO N°37

Tesis: : ESTIMACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA CILÍNDRICA A LA COMPRESIÓN Y LA VELOCIDAD DE PULSO ULTRASÓNICO EN EL CONCRETO CONVENCIONAL

PORCENTAJES RESIDUALES MÁXIMOS

Porcentaje residual máximo para la Aproximación Lineal

CÓDIGO ASIGNADO	SELECCIÓN DE DATOS	PORCENTAJE RESIDUAL MÁXIMO OBTENIDO	
		ENSAYOS A	ENSAYOS B
Q	Diseño 175 - 7 y 28 días	8%	2%
R	Diseño 210 - 7 y 28 días	6%	11%
S	Diseño 280 - 7 y 28 días	6%	1%
T	Diseño 350 - 7 y 28 días	3%	1%
U	Diseño 175 - 7, 14 y 28 días	10%	11%
V	Diseño 210 - 7, 14 y 28 días	7%	16%
W	Diseño 280 - 7, 14 y 28 días	8%	9%
X	Diseño 350 - 7, 14 y 28 días	6%	11%
Y	Diseño 175 - 7, 14,21 y 28 días	10%	18%
Z	Diseño 210 - 7, 14,21 y 28 días	8%	16%
AA	Diseño 280 - 7, 14,21 y 28 días	8%	11%
AB	Diseño 350 - 7, 14,21 y 28 días	5%	11%

**PANEL
FOTOGRAFICO**

ELABORACIÓN DE ENSAYOS PILOTOS
ENSAYOS PARA EL ANÁLISIS AGREGADOS FINO Y GRUESO

Foto N° 01 : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.
Norma: (NTP 400.012); (ASTM C 136)



Foto N° 02 : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.
Norma: (NTP 400.012); (ASTM C 136)



Foto N° 03 : Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.
Norma: (NTP 400.021); (ASTM C 127)



Foto N° 04 : Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.
Norma: (NTP 400.022); (ASTM C 128)



Foto N° 05 : Pesos volumétricos secos, sueltos y compactados del agregado grueso.

Norma: (NTP 400,017); (ASTM C 29)



Foto N° 06 : Pesos volumétricos secos, sueltos y compactados del agregado fino.

Norma: (NTP 400,017); (ASTM C 29)



Foto N° 07 : Dosificación para el Diseño de mezclas
Norma: (Método del ACI)



ENSAYOS EN EL CONCRETO FRESCO

Foto N° 08 : Ensayo para la medición del asentamiento.
Norma: (ASTM C143)



Foto N° 09 : Ensayo para determinar el peso unitario y densidad.
Norma: (ASTM C138)



Foto N° 10 : Ensayo para determinar el contenido de aire.
Norma: (ASTM C138)



**Foto N° 11 : Ensayo para determinar la temperatura.
Norma: (ASTM C1064)**



ENSAYOS EN EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Foto N° 12 : Moldes de PVC de 4 x 8 Pulg. (80 Unidades).



Foto N° 13 : Para la investigación fueron 80 probetas con 4 dosificaciones distintas.



Foto N° 14 : Selección y codificación de la muestras para los ensayos.



Foto N° 15 : Equipos de laboratorio empleados para el ensayo de velocidad de pulsos y eleometría.



**Foto N° 16 : Ensayo de la velocidad de pulso ultrasónico.
Norma: (ASTM C597)**



Foto N° 17 : Aplicando el gen transductor a las muestras para el ensayo de velocidad de pulso.



Foto N° 18 : Ensayos de Resistencia a compresión.
Norma: (ASTM C39); (NTP 339.034)



**Foto N° 19 : Ensayo adicional con el esclerómetro (END).
Norma : (ASTM C805); (NTP 399.181)**



**Foto N° 20 : Distribución y marcado de los puntos en las muestras para el
Ensayo adicional con el esclerómetro.**



Foto N° 21 : Visualización e identificación de los tipos de fallas del concreto después de haber realizado los ensayos.



Foto N° 22 : Probetas de 4 x 8 pulgadas de PVC, después de se usó en la presente investigación.

