

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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

**“La marmolina y su influencia en las propiedades de
concretos de alta resistencia $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 400$
 kg/cm^2 para la ciudad de Trujillo”**

Área de Investigación:
Estructuras y Materiales

Autor (es):

Br. Goicochea Trujillo, Kiara Belén
Br. Inga Cruz, Neiser Jhampier

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Cancino Rodas, Cesar Leonidas

Secretario: Ing. Morán Guerrero, Victor Manuel

Vocal: Ing. Henriquez Ulloa, Juan Paul Edwar

Asesor:

Ing. Urteaga Garcia Juan Manuel
Código Orcid: 0000-0001-5395-9432

TRUJILLO – PERÚ
2018

Fecha de sustentación: 2021/08/13

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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

**“La marmolina y su influencia en las propiedades de
concretos de alta resistencia $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 400$
 kg/cm^2 para la ciudad de Trujillo”**

Área de Investigación:
Estructuras y Materiales

Autor (es):

Br. Goicochea Trujillo, Kiara Belén
Br. Inga Cruz, Neiser Jhampier

Jurado Evaluador:

Presidente: Ing. Cancino Rodas, Cesar Leonidas

Secretario: Ing. Morán Guerrero, Victor Manuel

Vocal: Ing. Henriquez Ulloa, Juan Paul Edwar

Asesor:

Ing. Urteaga Garcia Juan Manuel
Código Orcid: 0000-0001-5395-9432

TRUJILLO – PERÚ
2018

Fecha de sustentación: 2021/08/13

JURADO EVALUADOR

**TESIS: LA MARMOLINA Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE
CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$
PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO**

Ing. CESAR LEONIDAS CANCINO RODAS
PRESIDENTE
CIP:77103

Ing. VICTOR MANUEL MORÁN GUERRERO
SECRETARIO
CIP: 50648

Ing. JUAN PAUL EDWAR HENRIQUEZ ULLOA
VOCAL
CIP:118101

Ing. URTEAGA GARCIA JUAN MANUEL
ASESOR
CIP: 75985

DEDICATORIA

A mis padres: Margarita y Jorge

Me enseñaron que cuando se quiere, se puede. Mamá a ti por ser mi cómplice en todo momento y ser siempre mi inspiración como ser humano, adoro el corazón que tienes. Papá a ti por tus palabras de apoyo siempre y tu manera tan simple de ser. Gracias a los dos por mi formación y el constante amor para conmigo.

A mi hermano: Arianito

Por ser mi motivación de lucha y enseñarme que desde que abres los ojos hay esperanza.

A mis hermanos: Jorge, Arabella, Claudia y Marco

Por acompañarme en todo el transcurso de la carrera, y ser mi motivación constante.

A mi Ángel: Filomena Cueva

En tu memoria Abuelita, por estar presente en toda mi niñez; enseñarme que la suma de los pequeños esfuerzos siempre da resultados satisfactorios y que me esperan cosas hermosas.

A mis familiares

Por estar presentes en el transcurso de la carrera y ser parte de mi soporte, en especial mis primos Briam y Carlo. Mayumi gracias por ser mi compañera desde mis 8 años.

DEDICATORIA

A mis padres:

Por ser mi pilar principal de vida, por acompañarme en todo momento y enseñarme a valorar los sacrificios. Los amos y esto es por ustedes. Gracias.

A mis familiares:

Por ser parte de mi formación y valores inculcados para ser la persona que soy hoy en día. Mención especial para mi tía Giovanna y Milagros que siempre estuvieron más cerca. Gracias a todos por su granito de arena para conmigo.

A mi hermana:

Por ser amiga y mi soporte emocional, por estar presente en todo el transcurso de la carrera.

A mi Abuelito Rubén Inga Montoya:

Por ser ejemplo de vida e inspiración de superación y que ahora desde el cielo me cuida y siempre me acompaña, mi ángel guardián desde siempre.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirnos llegar a esta acá y decir hola a otra nueva etapa, por guiarnos y brindarnos salud.

A la Universidad Antenor Orrego por su acogida en nuestra formación profesional y brindarnos la orientación necesaria en este proceso de aprendizaje.

A mis docentes por preocuparse en buscar métodos de aprendizaje de calidad, para transmitir sus conocimientos y experiencias para con nosotros sus estudiantes.

A nuestro asesor el Ing. Juan Manuel Urteaga García, por brindarnos su tiempo y sus conocimientos de manera objetiva para el desarrollo de esta tesis, que es importante para culminar esta etapa de Universidad.

RESUMEN

En este trabajo, el objetivo principal de la investigación encabezado “LA MARMOLINA Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO” es realizar un análisis comparativo de las propiedades de un concreto patrón en el estado fresco y endurecido con un concreto adicionando del 10% de marmolina en el porcentaje del cemento a emplear en los patrones mencionados respectivamente, en este caso emplearemos Cemento Pacasmayo Extraforte (ICo).

Se elaboraron los diseños de mezclas como lo indica la (ACI 211.1-91, 1997), para probetas en patrón normal y patrón añadido, concluida la mezcla en estado fresco se realizaron los siguientes ensayos: temperatura, asentamiento, peso unitario y contenido de aire, posteriormente se realiza el ensayo de resistencia a la compresión que ya es una propiedad del concreto endurecido, este se llevarán a cabo en los días 1,3,7 y 28 de curado. Los resultados serán analizados estadísticamente y comparados.

Tras los análisis de los resultados, llegamos a la conclusión que usando el 10% de marmolina, aumenta la resistencia del concreto en un porcentaje de 10% aproximadamente.

ABSTRACT

In this work, the main objective of the research headed "MARMOLINE AND ITS INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF HIGH RESISTANCE CONCRETS $f'c = 350 \text{ kg / cm}^2$ and $f'c = 400 \text{ kg / cm}^2$ FOR THE CITY OF TRUJILLO" is perform an analysis comparative of the properties of a standard concrete in the fresh and hardened state with a concrete adding 10% of marmoline in the percentage of cement to be used in the mentioned patterns respectively, in this case we will use Pacasmayo Extraforte Cement (ICo).

The mixture designs were elaborated as indicated in (ACI 211.1-91, 1997), for specimens in normal pattern and added pattern, once the mixture was concluded in a fresh state, the following tests were carried out: temperature, settlement, unit weight and air content Subsequently, the compression resistance test is carried out, which is already a property of hardened concrete, this will be carried out on days 1,3,7 and 28 of curing. The results will be statistically analyzed and compared.

After analyzing the results, we came to the conclusion that using 10% marble, increases the strength of the concrete by a percentage of approximately 10%.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Como se indica en la norma de grados y títulos para dar conformidad y cumplimiento con el reglamento de la facultad de ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone en consideración el informe del trabajo de investigación titulado “LA MARMOLINA Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA $f'c= 350$ kg/cm² y $f'c= 400$ kg/cm² PARA LA CIUDAD DE TRUJILLO” con el propósito de alcanzar una pertinente y justa evaluación, con la finalidad sobre todo, que esta investigación sea beneficiosa para la línea de investigación desarrollada y lograr un aporte en la sociedad.

Atentamente,

Br. Goicochea Trujillo Kiara Belén

Br. Inga Cruz Neiser Jhampier

Trujillo, 13 agosto del 2021

ÍNDICE

1.1. Problema de Investigación	2
1.1.1. Descripción de la realidad problemática	2
1.1.2. Descripción del problema.....	3
1.1.3. Formulación del problema.....	3
1.1.3.1. Problema general.	3
1.1.3.2. Problemas específicos.	3
1.2. Objetivos de la Investigación.....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos.	4
1.3. Justificación del Estudio	4
2.1. Antecedentes del Estudio.....	5
2.1.1. Antecedentes a nivel nacional.....	5
2.1.2. Antecedentes a nivel internacional	7
2.2. Marco Teórico	9
2.3. Marco Conceptual	10
2.3.1. El concreto	11
2.3.1.1. Componentes del concreto.....	12
2.3.1.1.1. Cemento portland.	12
2.3.1.1.1.1. Tipos de cementos.	14
2.3.1.1.1.2. Agua.	16
2.3.1.1.1.3. Agregados.	17
2.3.1.1.1.3.1 Clasificación de los agregados.	18
2.3.1.2. Principales propiedades del concreto.....	19
2.3.1.2.1. Propiedades en estado fresco.	19
2.3.1.2.2. Propiedades en estado endurecido.	20
2.3.2. La marmolina o polvo de mármol	21
2.3.2.1.- Mámol.....	22
2.3.2.1.1.- El Mármol en el mundo:.....	22
2.3.2.1.2.- El Mármol en el Perú:.....	24
2.3.2.2.- Usos de la marmolina en la actualidad.....	25
2.3.2.3.- Características de la marmolina.	26
2.4. Hipótesis.....	26
2.5. Variables e indicadores	26
2.5.1. Cuadro de operacionalización de variables.....	27
3.1. Tipo y Nivel de Investigación.....	28
3.2. Población y Muestra de Estudio	28
3.2.1. Población	28

3.2.2. Muestra	28
3.3. Diseño de la Investigación.....	29
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	29
3.5. Técnicas Para el Procesamiento y Análisis de Datos.....	30
3.5.1. Ensayos de los agregados.....	30
3.5.1.1. Granulometría.....	30
3.5.1.2. Módulo de fineza.	36
3.5.1.3. Contenido de humedad.	38
3.5.1.4. Contenido de pasante de la malla N° 4.	39
3.5.1.5. Pasante de la malla N° 200.	39
3.5.1.6. Peso específico.	39
3.5.1.7. Absorción.....	41
3.5.1.8. Peso unitario suelto.	41
3.5.1.9. Peso unitario compactado.	42
3.5.1.10. Ensayo de resistencia al desgaste.	43
3.5.2. Diseño de mezclas para concretos convencionales de $f'c = 350$ y 400 kg/cm^2 y concretos añadidos de 10% de marmolina en los CP de $f'c = 350$ y 400 kg/cm^2	44
3.5.2.1. Características de los elementos del concreto.	44
3.5.2.2. Diseño para un concreto convencional patrón de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$	45
3.5.2.3. Diseño para un concreto convencional patrón de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$	48
3.5.2.4. Diseño para un concreto patrón de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido con 10% de marmolina.....	51
3.5.2.5. Diseño para un concreto patrón de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ añadido con 10% de marmolina.....	54
3.5.3. Ensayos en el concreto estado fresco	57
3.5.3.1. Asentamiento o SLUMP.	57
3.5.3.2. Peso Unitario en estado fresco.....	57
3.5.3.3. Contenido de aire.	58
3.5.3.4. Temperatura.	59
3.5.4 Ensayos en el concreto endurecido.....	59
3.5.4.1. Resistencia a la compresión.....	59
3.5.5. Procesamiento y análisis de datos	67
3.5.5.1. Concreto en estado fresco.....	67
3.5.5.1.1. Ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$	68
3.5.5.1.2. Ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10%. de marmolina.	71
3.5.5.1.3. Ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto patrón $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$	74

3.5.5.1.4. Ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto patrón f'c= 400 kg/cm ² ñadido 10%. de marmolina.	77
3.5.5.2. Concreto en estado endurecido.....	80
3.5.5.2.1. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 350 kg/cm ² al día 1.	80
3.5.5.2.2. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 350 kg/cm ² al día 3.	81
3.5.5.2.3. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 350 kg/cm ² al día 7.	82
3.5.5.2.4. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 350 kg/cm ² al día 28.	83
3.5.5.2.5. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 350 kg/cm ² adicionado 10% de marmolina al día 1.	84
3.5.5.2.6. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 350 kg/cm ² adicionado 10% de marmolina al día 3.	85
3.5.5.2.7. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 350 kg/cm ² adicionado 10% de marmolina al día 7.	86
3.5.5.2.8. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 350 kg/cm ² adicionado 10% de marmolina al día 28.	87
3.5.5.2.9. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 400 kg/cm ² al día 1.	88
3.5.5.2.10. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 400 kg/cm ² al día 3.	89
3.5.5.2.11. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 400 kg/cm ² al día 7.	90
3.5.5.2.12. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c=400 kg/cm ² al día 28.	91
3.5.5.2.13. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 400 kg/cm ² adicionado 10% de marmolina al día 1.	92
3.5.5.2.14. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 400 kg/cm ² adicionado 10% de marmolina al día 3.	93
3.5.5.2.15. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 400 kg/cm ² adicionado 10% de marmolina al día 7.	94
3.5.5.2.16. Ensayo de rotura. probetas de concreto f'c= 400 kg/cm ² adicionado 10% de marmolina al día 28.	95
4.1. Análisis e Interpretación de Resultados	97
4.2. Prueba de Hipótesis	99
5.1. Propuesta de investigación	105
5.2. Concreto Fresco	105
5.2.1. Asentamiento	105
5.2.2. Peso unitario	105
5.2.3. Contenido de aire	105
5.3.4. Temperatura.....	106
5.3. Concreto Endurecido.....	106
5.3.1. Resistencia a la compresión	106
Conclusiones.....	107
Recomendaciones.....	108

Referencias	109
Anexo 1 (Resultados de Laboratorios)	112
Anexo 2 (Fichas Técnicas)	116
Anexo 3 (Panel Fotográfico).....	119
Anexo 3 (Ubicación Cantera)	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 . Operacionalización de Variables.	27
Tabla 2. Granulometría del Agregado Grueso Muestra M-1.	30
Tabla 3. Límites Granulométricos Para el Agregado Grueso M-1.....	30
Tabla 4. Granulometría del Agregado Grueso Muestra M-2.	31
Tabla 5. Límites Granulométricos Para el Agregado Grueso M-2.....	31
Tabla 6. Granulometría del Agregado Grueso Muestra M-3.	32
Tabla 7 Límites Granulométricos Para el Agregado Grueso M-3.....	32
Tabla 8. Granulometría del Agregado Fino Muestra M-1.	33
Tabla 9. Límites Granulométricos Para el Agregado Fino M-1.....	33
Tabla 10. Granulometría del Agregado Fino Muestra M-2.	34
Tabla 11. Límites Granulométricos Para el Agregado Fino M-2.....	34
Tabla 12. Granulometría del Agregado Fino Muestra M-3	35
Tabla 13. Límites Granulométricos Para el Agregado Fino M-3.....	35
Tabla 14. Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Grueso M-1.	36
Tabla 15. Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Grueso M-2.	37
Tabla 16. Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Grueso M-3.	37
Tabla 17. Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Fino M-1.....	37
Tabla 18. Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Fino M-2.....	38
Tabla 19. Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Fino M-3.....	38
Tabla 20 . Resultados del Contenido de Humedad del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.....	38
Tabla 21. Resultados del Contenido de Humedad del Agregado Fino M-1, M-2 y M-3.....	39
Tabla 22. Resultados del Contenido de Pasante de la Malla N° 4 del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.....	39
Tabla 23. Resultados del Contenido de Pasante por la Malla N° 200 del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.....	39
Tabla 24. Resultados del Peso Específico del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.....	40
Tabla 25. Resultados del Peso Específico del Agregado Fino M-1, M-2 y M-3.....	40
Tabla 26. Resultados del Ensayo de Absorción del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.....	41
Tabla 27. Resultados del Ensayo de Absorción del Agregado Fino M-1, M-2 y M-3.....	41
Tabla 28. Resultados del Ensayo Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.	42
Tabla 29. Resultados del Ensayo Peso Unitario Suelto del Agregado fino M-1, M-2 y M-3.	42
Tabla 30. Resultados del Ensayo Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.	42
Tabla 31. Resultados del Ensayo Peso Unitario Compactado del Agregado Fino M-1, M-2 y M-3.	43
Tabla 32. Resultados del Ensayo de Abrasión del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.....	43
Tabla 33. Características de los Elementos del Concreto.....	44
Tabla 34. Diseño de un Concreto Patrón 350 kg/cm ²	45
Tabla 35. Diseño de un Concreto Patrón 400 kg/cm ²	48

Tabla 36. Diseño de un Concreto Patrón 350 kg/cm ² Añadido con 10% de Marmolina.....	51
Tabla 37. Diseño de un Concreto Patrón 400 kg/cm ² Añadido 10% de Marmolina.....	54
Tabla 38. Resultados de los Ensayos de Asentamiento.	57
Tabla 39. Resultados de los Ensayos de Peso Unitario.	58
Tabla 40. Resultados de Ensayos Contenido de Aire.	59
Tabla 41. Resultados del Ensayo de Temperatura.	59
Tabla 42. Resistencia de los Concretos al Día 1.....	60
Tabla 43. Resistencia de los Concretos al Día 3.....	61
Tabla 44. Resistencia de los Concretos al Día 7.....	62
Tabla 45. Resistencia de los Concretos al Día 28.....	63
Tabla 46. Criterios de Evaluación y Aceptación de Resistencia a la Compresión del Concreto.	65
Tabla 47. Resumen de Resultados en Ensayos de Temperatura y Peso Unitario.	67
Tabla 48. Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Temperatura (f'c= 350 kg/cm ²).	68
Tabla 49. Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Temperatura (f'c= 350 kg/cm ²).	68
Tabla 50. Distribución de las Frecuencias en Ensayo de Asentamiento (f'c= 350 kg/cm ²).	69
Tabla 51. Medidas de Variación o Dispersión en Ensayo de Asentamiento (f'c= 350 kg/cm ²).	69
Tabla 52. Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario (f'c= 350 kg/cm ²).	70
Tabla 53. Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Peso Unitario (f'c= 350 kg/cm ²). ...	70
Tabla 54. Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Temperatura (f'c= 350 kg/cm ² + 10% de Marmolina).	71
Tabla 55. Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Temperatura (f'c= 350 kg/cm ² + 10% de Marmolina).	71
Tabla 56. Distribución de las Frecuencias en Ensayo de Asentamiento (f'c= 350 kg/cm ² + 10% de Marmolina).	72
Tabla 57. Medidas de Variación o Dispersión en Ensayo de Asentamiento (f'c= 350 kg/cm ² + 10% de Marmolina).	72
Tabla 58. Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario (f'c= 350 kg/cm ² + 10% de Marmolina).	73
Tabla 59. Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Peso Unitario (f'c= 350 kg/cm ² + 10% de marmolina).	73
Tabla 60. Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Temperatura (f'c= 400 kg/cm ²).	74
Tabla 61. Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Temperatura (f'c= 400 kg/cm ²).	74
Tabla 62. Distribución de las Frecuencias en Ensayo de Asentamiento (f'c= 400 kg/cm ²).	75
Tabla 63. Medidas de Variación o Dispersión en Ensayo de Asentamiento (f'c= 400 kg/cm ²).	75
Tabla 64. Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario (f'c= 400 kg/cm ²).	76
Tabla 65. Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Peso Unitario (f'c= 400 kg/cm ²). ...	76
Tabla 66. Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Temperatura (f'c= 400 kg/cm ² + 10% de marmolina).	77
Tabla 67. Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Temperatura (f'c= 400 kg/cm ² + 10% de Marmolina).	77

Tabla 68. Distribución de las Frecuencias en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).	78
Tabla 69. Medidas de Variación o Dispersión en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).	78
Tabla 70. Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).	79
Tabla 71. Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).	79
Tabla 72. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 1).	80
Tabla 73. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 1).....	80
Tabla 74. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 3).	81
Tabla 75. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 3).....	81
Tabla 76. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 7).	82
Tabla 77. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 7).....	82
Tabla 78. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 28).	83
Tabla 79. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 28).....	83
Tabla 80. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina - día 1).....	84
Tabla 81. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 1).	84
Tabla 82. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina - día 3).....	85
Tabla 83. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 3).	85
Tabla 84. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina - día 7).....	86
Tabla 85. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 7).	86
Tabla 86. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 28).....	87
Tabla 87. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 28).	87

Tabla 88. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión (f'c= 400 kg/cm ² - día 1).	88
Tabla 89. Medidas de variación o dispersión de los ensayos a compresión de probetas de concreto (f'c= 400 kg/cm ² - día 1).....	88
Tabla 90. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión (f'c= 400 kg/cm ² - día 3).	89
Tabla 91. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto (f'c= 400 kg/cm ² - día 3).....	89
Tabla 92. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión (f'c= 400 kg/cm ² - día 7).	90
Tabla 93. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto (f'c= 400 kg/cm ² - día 7).....	90
Tabla 94. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión (f'c= 400 kg/cm ² - día 28).	91
Tabla 95. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto (f'c= 400 kg/cm ² - día 28).....	91
Tabla 96. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión (f'c= 400 kg/cm ² más 10% de Marmolina- día 1).....	92
Tabla 97. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto (f'c= 400 kg/cm ² más 10% de Marmolina- día 1).	92
Tabla 98. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión (f'c= 400 kg/cm ² más 10% de Marmolina- día 3).....	93
Tabla 99. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto. (f'c= 400 kg/cm ² más 10% de Marmolina- día 3).....	93
Tabla 100. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión (f'c= 400 kg/cm ² más 10% de Marmolina- día 7).....	94
Tabla 101. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto (f'c= 400 kg/cm ² más 10% de Marmolina- día 7).	94
Tabla 102. Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión (f'c= 400 kg/cm ² más 10% de Marmolina- día 28).....	95
Tabla 103. Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto (f'c= 400 kg/cm ² más 10% de Marmolina- día 28).	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Curva Granulométrica del Agregado Grueso M-1.....	31
Gráfico 2 Curva Granulométrica del Agregado Grueso M-2.....	32
Gráfico 3 Curva Granulométrica del Agregado Grueso M-3.....	33
Gráfico 4 Curva Granulométrica del Agregado Fino M-1.	34
Gráfico 5 Curva Granulométrica del Agregado Fino M-2.	35
Gráfico 6 Curva Granulométrica del Agregado Fino M-3.	36
Gráfico 7 Variación de la Resistencia Según la Edad del Concreto.	64
Gráfico 8 Evolución de la Resistencia de Concreto vs Edades y Resistencias Máximas.	64
Gráfico 9 Temperatura vs Edades del Concreto.	67
Gráfico 10 Peso Unitario vs Edades del Concreto	68
Gráfico 11 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$).....	69
Gráfico 12 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Asentamiento ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$).	70
Gráfico 13 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$).....	71
Gráfico 14 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2 +$ 10% de Marmolina).	72
Gráfico 15 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Asentamiento ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2 +$ 10% de Marmolina).	73
Gráfico 16 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2 +$ 10% de Marmolina).	74
Gráfico 17 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$).....	75
Gráfico 18 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Asentamiento ($f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$).	76
Gráfico 19 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$).....	77
Gráfico 20 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c = 400 \text{ kg/cm}^2 +$ 10% de Marmolina).	78
Gráfico 21 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Asentamiento ($f'c = 400 \text{ kg/cm}^2 +$ 10% de Marmolina).	79
Gráfico 22 Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c = 400 \text{ kg/cm}^2 +$ 10% de Marmolina).	80
Gráfico 23 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 1).....	81
Gráfico 24 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 3).....	82
Gráfico 25 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 7).....	83
Gráfico 26 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 28).....	84
Gráfico 27 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 1).	85

Gráfico 28 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 3).	86
Gráfico 29 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 7).	87
Gráfico 30 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 28).....	88
Gráfico 31 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ - día 1).....	89
Gráfico 32 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ - día 3).....	90
Gráfico 33 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ - día 7).....	91
Gráfico 34 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ - día 28).....	92
Gráfico 35 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 1).	93
Gráfico 36 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 3).	94
Gráfico 37 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 7).	95
Gráfico 38 Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina- día 28).	96
Gráfico 39 Evolución de la Resistencia del Concreto Patrón ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).	97
Gráfico 40 Evolución de la Resistencia del Concreto Patrón ($f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina)	97
Gráfico 41 Evolución de la Resistencia del Concreto Patrón ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).	98
Gráfico 42 Evolución de la Resistencia del Concreto Patrón ($f'c= 400\text{kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina).	98
Gráfico 43 Comparación de la Evolución de Resistencia del Concreto Patrón $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.	99
Gráfico 44 Comparación del Ensayo de Asentamiento del Concreto Patrón $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.	100
Gráfico 45 Comparación del Ensayo de Peso Unitario del Concreto Patrón $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.	101
Gráfico 46 Comparación del Ensayo de Temperatura del Concreto Patrón $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.	102
Gráfico 47 Comparación del Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.....	103

Gráfico 48 Comparación de la Evolución de Resistencia del Concreto Patrón $f'c=350$
 kg/cm^2 , $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina y, $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$
añadido 10% de marmolina..... 104

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Taller de Mármol.....	¡Error! Marcador no definido.	08
Imagen 2 Proporciones Típicas en Volumen Absoluto de los Componentes del Concreto.		11
Imagen 3 Esquema de Composición del Cemento.		12
Imagen 4 Proporciones Típicas en Volumen Absoluto de los Componentes del Cemento “por vía seca”		13
Imagen 5 Elementos del Cemento en Materia Prima y Función.....		14
Imagen 6 Ficha Técnica del Cemento ICo.		15
Imagen 7 Límites Permisibles Para Agua de Mezcla y de Curado Según la Norma NTP 339.88...17		
Imagen 8. Principales Exportadores de Mármol, Travertinos y Alabastro a Canadá, Según Participación en el año 2015		23
Imagen 9. Principales Aplicaciones de las Rocas Ornamentales.....		23
Imagen 10. Distribución de Ocurrencias y Canteras de Mármol y Travertino en el Perú		24
Imagen 11. Ficha Técnica de la Marmolina Empleada en Esta Investigación.....		26
Imagen 12.Extracción del Material en Cantera “Franco”		29

I. Introducción

Este trabajo de investigación, aportará con conocimiento del uso de una materia prima en el sector de la construcción, este es llamado marmolina en la ciudad de Trujillo, esta materia prima resulta como residuo en tallados de mármol, entre sus componentes el mayor porcentaje es la piedra caliza, como sabemos también es un componente del cemento, en nuestro trabajo se analizará si la marmolina se puede utilizar en este sector. Durante la investigación se realizaron diseños de mezclas de concreto distintos, con el mismo porcentaje añadido de marmolina, para corroborar si los resultados seguían comportamientos similares.

Para lograr las dosificaciones en ambos patrones $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$, se realizaron todos los ensayos requeridos de acuerdo a las normas, para lograr el diseño del ACI 211.1 los que se llevaron a cabo en la Universidad Privada Antenor Orrego, luego elaboramos las probetas las cuales se rompieron en los días especificados. Logrando los resultados que se detallarán más adelante.

En la actualidad este material no es usada en el sector de la construcción en Perú, es poco conocida y desechada causando contaminación. La investigación en la que se basa este trabajo es evaluar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido de un concreto patrón de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ con un concreto adicionando marmolina en porcentaje del 10% del cemento para los patrones mencionados.

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

Hoy en día a nivel mundial, la construcción civil es una de las áreas que sin duda alguna viene creciendo aceleradamente y como consecuencia trae consigo contaminación, en algunos países ya se han normado estándares ecológicos rigurosos ya que este problema trae consigo problemas sociales y económicos. El avance de la construcción en el Perú ha cambiado su enfoque, ya que no solo intenta innovar sino proteger el medio ambiente buscando nuevas alternativas de solución relacionadas, entre ellas las más concurrentes son el uso de los minerales, y los materiales reciclados. Nuestro país tiene una gran riqueza en minerales entre ellos: cobre, plata, oro, mármol entre otros, siendo el mármol el mineral más concurrido, en la actualidad en el sector de la construcción.

El mármol, es utilizado en la decoración de interiores y se utiliza en baldosas, tableros y mosaicos. En nuestro país se puede encontrar este recurso principalmente en los departamentos de Junín, Ayacucho, Huánuco, Huancavelica y —sin ir tan lejos— en Lima o Cajamarca. (Redacción Perú 21, 2017)

En la ciudad de Trujillo actualmente observamos que la marmolina (polvo de mármol) surge en su mayor parte como residuo del trabajo del tallado, terminando este como desecho en vertederos contaminando el aire y suelos, tratando de darle solución a este problema, planteamos darle un uso en el sector de construcción, ya haciendo un previo análisis de estudio a este material.

En el sector construcción, la demanda es cada vez más alta, debido a este crecimiento acelerado y por falta de espacio, se está obligando a este sector a crecer verticalmente, requiriendo especificaciones más exigentes. Como sabemos el cemento es el elemento principal del concreto ya que este es el que le da la resistencia y varía sus cantidades de acuerdo a su dosificación según el f'c requerido en el tipo de proyecto a elaborar, por sus propiedades que esta posee es muy difícil de sustituirla, en la actualidad algunas investigaciones dan resultados que,

hay materiales que poseen componentes químicos similares que pueden reemplazar un porcentaje para la elaboración del concreto convencional.

Debido a lo mencionado nos planteamos adicionar la marmolina en la cantidad del 10% del porcentaje de cemento en una dosificación para un concreto $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$, en el cual estudiaremos sus propiedades en estado fresco y endurecido del concreto patrón convencional y uno añadido.

1.1.2. Descripción del problema

La ciudad de Trujillo se encuentra en un crecimiento vertical, por ende, necesita mejorar las características de los elementos del concreto ya sea con aditivos, o sustituir algunos de estos por algunos reciclables, con la finalidad de colaborar con el medio ambiente. Es por esto que se plantea en esta investigación usar la marmolina que viene a ser un residuo del tallado del mármol, que en esta zona no es más que un residuo contaminante.

La finalidad de esta investigación es evaluar la similitud del comportamiento de sus propiedades del concreto en estado fresco y endurecido de un patrón normal $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ con un patrón añadido, sometiendo luego a una evaluación estadística para luego concluir si es factible y recomendable su uso en esta área.

1.1.3. Formulación del problema

1.1.3.1. Problema general.

¿De qué manera la marmolina influye en las propiedades del concreto de resistencia $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ para la ciudad de Trujillo?

1.1.3.2. Problemas específicos.

- ¿De qué manera se verá influenciado la resistencia del concreto al adicionar la marmolina?

- ¿La resistencia a la compresión del concreto de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ aumentará o disminuirá con la adición de la marmolina?

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo general.

Determinar la influencia de marmolina en las propiedades de concreto, de resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco y endurecido para la ciudad de Trujillo.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar las características físicas – mecánicas del agregado grueso, fino y análisis químico de la marmolina.
- Obtener la dosificación para el diseño de una mezcla de un concreto patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- Obtener la dosificación para el diseño de una mezcla de un concreto adicionando un porcentaje de 10% de marmolina en un patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$.
- Realizar las pruebas en estado fresco del concreto.
- Realizar las pruebas en estado endurecido.

1.3. Justificación del Estudio

La justificación de nuestra investigación se basa en que el concreto elaborado con marmolina aun no es aplicado en la ciudad de Trujillo, esto se constató porque existen pocos antecedentes y son recientes (2018), donde no se utilizó únicamente la marmolina, sino que ha esta, adicionaron un aditivo, la que la hace un poco costosa, no lográndose encontrar más antecedentes a este año, ni como trabajos de investigación al respecto.

✓ Justificación académica:

El proyecto de tesis se justifica académicamente porque permitirá aplicar procedimientos y metodologías normadas, ya aprendidas en nuestra formación académicas para realizar los ensayos a las probetas

tanto en estado fresco como en estado endurecido del concreto, para así lograr objetivos planteados en este trabajo de investigación tales como obtener resultados de: las probetas de resistencia a la compresión de un concreto convencional y de un concreto adicionado.

✓ Justificación Técnica:

El proyecto de investigación está orientado a ensayos de resistencia a la compresión y ensayos de trabajabilidad, tanto en el concreto convencional, como en un concreto adicionado. Estos están elaborados rigiéndose en las normas establecidas para obtener resultados precisos y puntuales.

✓ Justificación Socio Ambiental:

En la presente investigación demostraremos la posibilidad de utilizar productivamente un material de desecho industrial y hacerlo parte del uso racional del cemento portland, logrando reducir el impacto ambiental y generar un nuevo material de construcción más económico y rentable con mayor trabajabilidad, a la vez buscando como resultado construcciones de mejor calidad para la sociedad, reduciendo costos.

II. Marco de Referencia

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

(Quiliche, 2018). Presentó en la facultad de ingeniería de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo su tesis: **Influencia del polvo de mármol y superplastificante sobre la compresión, porosidad, capacidad al paso y relleno de un concreto autocompactante, Trujillo 2018**, donde tuvo como objetivo diseñar una mezcla para un concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ adicionando residuos de mármol y compararla con un concreto normal, en cuanto a sus propiedades entre ellas la resistencia a la compresión, cabe señalar que en este trabajo de investigación se usó el 2% como adicción de polvo de mármol. Al término de este proyecto se concluyó que a medida que se incrementa el porcentaje de superplastificante y polvo de mármol las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido mejoran y que resude su costo por

metro cubico en un 2% comparado a un concreto adicionado microsíllice, de esta manera para nuestro trabajo rescatamos que el residuo de mármol si ayuda a mejorar las propiedades del concreto en especial las propiedades mecánicas y es económicamente factible.

(Cruz, 2017). En su tesis: **Comparación de la resistencia mecánica a la compresión del concreto elaborado con residuos de mármol**, presentado en la facultad de ingeniería de la Universidad de Huánuco, entre sus objetivos buscó establecer una dosificación con adición de residuos de mármol en un concreto $f'c$ 210 kg/cm², en el cual concluye que al adicionar el 10% de residuos de mármol a los 28 días alcanzo una resistencia de 279.18 kg/cm² y al agregar el 20% disminuye en 232.98 kg/cm², Cruz además recomienda que se amplíe la investigación de este residuo del mármol especialmente en el sector de construcción, en nuestro trabajo de investigación, nosotros adicionaremos un porcentaje del cemento, tomando como referencia estos resultados ya que nos da una referencia de los rangos que podemos emplear en nuestro proyecto, para poder llegar a los objetivos planteados.

En la Universidad Privada del Norte, Se presentó una tesis titulada: **Influencia del mármol reciclado sobre la fluidez, reactividad, densidad y compresión, en monteras ecológicas, Trujillo**, por (Díaz, 2018). Este trabajo tiene como objetivo mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, para la elaboración de un cemento adicionado, determinando la influencia del mármol reciclado en un mortero ecológico. Los morteros sometidos a evaluar fueron de sustitución de mármol reciclado por cemento portland tipo I en porcentajes de 0%, 3%, 6%, 9%, 12%, 16% y 20% y las probetas sometidas al ensayo de resistencia a compresión fueron a los 3,7 y 28 días de curado, con un total de 168 testigos, en sus resultados el diseño más óptimo se dio con el porcentaje de sustitución del 20% de mármol reciclado con los siguientes datos: Al 3 día su densidad es de 1992 kg/m³, con resistencia a compresión de 26.3 Mpa, mientras que a 7 días su densidad fue de 2039 kg/m³, con resistencia a compresión de 34.9 Mpa, por último, a 28 días de 2059

kg/m³ , con resistencia a compresión de 40.6 Mpa. De este trabajo se rescata un aproximado de rangos de porcentajes a emplear en nuestro trabajo, ya que en este se hicieron ensayos en de reactividad mientras mayor porcentaje de mármol se sustituye por cemento, su expansión es menor, el mortero elaborado sin porcentaje de reemplazo de mármol obtuvo una expansión del 3.89%, mientras que al reemplazar en un 20% de mármol por cemento se obtuvo una expansión del 0.67%.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional

En la revista de Arquitectura en el capítulo de tecnología, medio ambiente y sostenibilidad, (Ponce Palafox, Carrillo, & López Montelongo, 2020) presentan el trabajo de investigación titulado: **Fabricación de ladrillos con polvo-residuo de mármol, propiedades físicas y mecánicas del polvo-residuo de mármol de la provincia de la Comarca Lagunera, en México.** El objetivo principal de esta investigación es buscar la dosificación adecuada de agregados, polvo de mármol, cemento, arena y cal comercial de albañilería para que los ladrillos alcancen una resistencia a compresión adecuada para construir muros de mampostería en vivienda de baja altura. La muestra experimental fue de 16 dosificaciones diferentes, 160 ladrillos fueron sometidos a ensayos de comprensión a las edades de 7, 14 y 28 días, el porcentaje de mármol fue de 62% para todas las dosificaciones variando en los otros elementos, obteniendo resultados favorables e incrementando con el tiempo de curado con un máximo de 6.9 Mpa. De este trabajo de investigación tomamos en cuenta hacer ensayos previos como: Los ensayos, granulométricos y químicos del polvo de mármol, que emplearemos para ver la cantidad de contaminante y sus componentes (Comprobándose luego que, en su mayoría está compuesto por calcita principal componente del cemento), también tomaremos en cuenta los tiempos de curado de acuerdo a las indicaciones.

En la revista de Arquitectura e Ingeniería presentan una investigación: **Comportamiento de mezclas de mortero con residuos de mármol(polvo), cáscara de nuez y mucílago de nopal** donde (Betancourt Chávez, Cortés Martínez, Rentería Soto, Díaz Sierra, & Vaquera Celaya, 2019) como objetivo plantean obtener una mezcla que cumpla con los parámetros establecidos para este tipo de materiales y mejorar las características con respecto a las mezclas de mortero tradicional. Se elaboraron varias dosificaciones considerando materiales reciclables: polvo de mármol, cáscara de nuez y el mucílago de nopal, en las que se variaron los porcentajes de sus componentes en las etapas del experimento, en la tercera etapa del desarrollo de la investigación se encontró que el polvo del mármol estaba contaminado con un componente llamado floculante que utilizan los productores de piezas de mármol para mejorar la separación de los lodos y el agua, este componente afecta la resistencia del concreto como se observan en los resultados de la investigación, alcanzando un máximo de 138 kg/cm² y el polvo del mármol separado ya de floculante alcanza una resistencia de 180 kg/cm². Concluyendo así que, los usos de estas materias primas reciclables son factibles. Esta investigación aporta a nuestro trabajo de manera informativa, recomendando hacer un análisis químico al polvo del mármol que emplearemos, analizar sus componentes, también tomamos en cuenta los parámetros de porcentajes en el uso del material y los tiempos de fraguados.

(Riquett Ramón, 2018) en su tesis: **Concreto de alto desempeño: Métodos de diseño y su implementación** para optar el título como ingeniero civil, este trabajo de investigación tiene como objetivo presentar una explicación detallada de la diferencia de los concretos convencionales y los concretos de alto desempeño profundizando en su importancia, usos, componentes (incorporación de materiales reciclados o minerales) y sus características con avances a nivel mundial. En el trabajo se detalla los resultados que obtuvieron de unos ensayos de probetas que en su diseño remplazaron hasta un 15% del cemento por polvo de mármol, para la producción de concretos de alto desempeño

ayudando al medio ambiente, aprovechando el uso de un material excesivamente contaminante y disminuyendo a la vez el uso de cemento portland. En sus resultados, la resistencia a la compresión obtenida por las mezclas arrojó valores de resistencia para el concreto de referencia y concreto de alto rendimiento con polvo de mármol variables, de 26 a 48 MPa y de 49 a 65 MPa respectivamente, dependiendo principalmente del contenido de polvo de mármol, las condiciones de curado y la edad del concreto. El resultado indica que hubo una ganancia sistemática en la resistencia a la compresión con el contenido de polvo de mármol. Se observó que la relación entre la resistencia a la compresión de las muestras sometidas a curado con agua y las curadas con agua agresiva para el concreto de referencia se desvió hasta el 29%. Sin embargo, esta relación para los concretos que contienen polvo de mármol estaba dentro de un rango de 3%, dependiendo principalmente del contenido de polvo de mármol y la edad de prueba. Esto implica que los hormigones de referencia son más sensibles al medio agresivo que el concreto con polvo de mármol. Por lo tanto, el aumento de la resistencia es notable después de 28 días.

2.2. Marco Conceptual

Concreto: Es el resultado de una mezcla de materiales que necesita de agua para ser moldeado de acuerdo a las necesidades, esta alcanza altas resistencias a la compresión y tracción.

Cemento Portland: Es un material molido inorgánico que trabajado adecuadamente logra una resistencia alta, las propiedades que este posee permite que sea empleado en varias áreas.

Marmolina: Residuo en forma de polvo proveniente del mármol.

Concreto patrón: El diseño de mezcla no tiene ningún particular más que las determinadas de sus elementos comunes, con cantidades determinadas.

Concreto Adicionado: El diseño de mezcla incluye elementos no frecuentes cuando lo requiera según las necesidades al momento de emplearla.

2.3. Marco Teórico

Como en toda industria, el sector de construcción está dando un enfoque primordial a la sostenibilidad ecológica, estudios reflejan la clara necesidad de buscar soluciones, ante la contaminación y más en el sector de la construcción ya que estamos en constante crecimiento. Particularmente en este trabajo estamos empleando la marmolina, con la finalidad de aportar en esta corriente, que al final de este trabajo experimental, el análisis estadístico nos proporcionará valores, los cuales nos permitirán determinar, si el uso de esta materia prima es factible en este sector.

Se han realizado numerosas investigaciones referente a los componentes del concreto y la finalidad principal es mejorar la resistencia y debido a la revolución de ideología en el cuidado del medio ambiente, este se convierte en un reto constante para todos los involucrados en esta área principalmente, ya que es uno de los sectores que más afecta al medio ambiente incluso en otros países han establecido estándares ambientales riguroso, llegando a reusar material de construcción.

En la historia de la construcción existen numerosas propuestas con respecto a la modificación del concreto tratando de implementar recursos de reciclaje para contribuir con el medio ambiente, nosotros tomamos como referencia la cantidad de desperdicios en minerales, dando así con la marmolina que es el residuo del mármol, como sabemos es uno de los materiales más empleados en acabados en el sector de la construcción.

2.3.1. El concreto

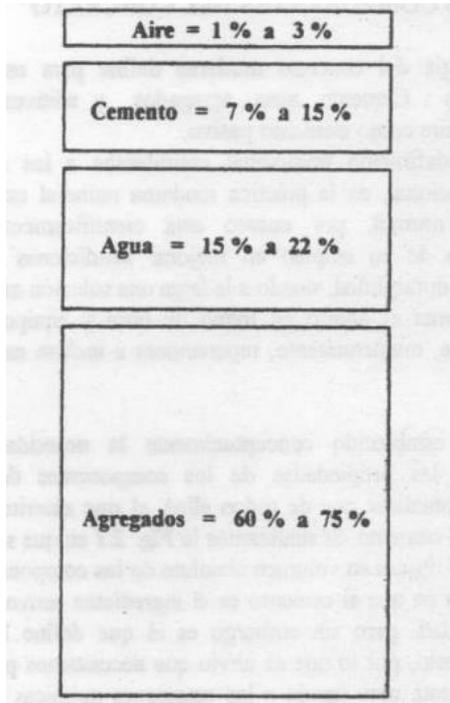
Actualmente con el adelanto de la tecnología del concreto moderno, definimos como conglomerante hidráulico compuesto por cuatro elementos mezclados homogéneamente en su composición: cemento, agregados (arena y grava), agua, y de requerirlo también se emplean aditivos.

(Gutiérrez, 2003). Define que el concreto es una roca fabricada por el hombre por su resistencia a la compresión, diseñada y producida de acuerdo a normas establecidas para fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado, esta cuenta con características económicas, facilidad de colocación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación.

(Pasquel, 1998). A lo largo de sus investigaciones, analizando las proporciones típicas en el esquema de volúmenes absolutos de los componentes del concreto concluye que: El cemento es el componente activo que interviene en menor cantidad, pero es este el componente principal ya que define las tendencias del comportamiento del concreto.

Imagen 1

Proporciones Típicas en Volumen Absoluto de los Componentes del Concreto.



Fuente: Libro Pasquel Carbajal

2.3.1.1. Componentes del concreto.

2.3.1.1.1. Cemento portland.

El cemento es el producto obtenido al pulverizar el Clinker y ser mezclado con yeso. El Clinker es la fusión incipiente debidamente dosificada de materiales síliceos, calcáreo y férricos con el fin de obtener reacciones químicas equilibradas. La Norma Técnica Peruana (NTP 339.047, 2006) nos dice que es un cemento hidráulico.

Actualmente a los cementos comerciales se les adicionan otras sustancias en la etapa de molienda del Clinker, por razones comerciales (económicas), entre estas tenemos; el cemento portland siderúrgico y el puzolánico a los cuales se les denomina cementos portland adicionados.

Imagen 2

Esquema de Composición del Cemento.



Fuente: *Elaboración Propia*

Como observamos sus principales compuestos de materias primas, siempre serán: la sílice (SiO_2), cal (CaO), alúmina (Al_2O_3), y óxido de hierro (Fe_2O_3) que son añadidas en mayor proporción, cabe mencionar que esto es mediante el sistema de fabricación llamado “por vía seca” ya que es la más económica, porque es la que emplea menos energía, por ende, es la más comercial en

nuestro país, Estas son las típicas proporciones en volumen absoluto de las proporciones del cemento. Como se muestra en la imagen:

Imagen 3

Proporciones Típicas en Volumen Absoluto de los Componentes del Cemento "por vía seca"

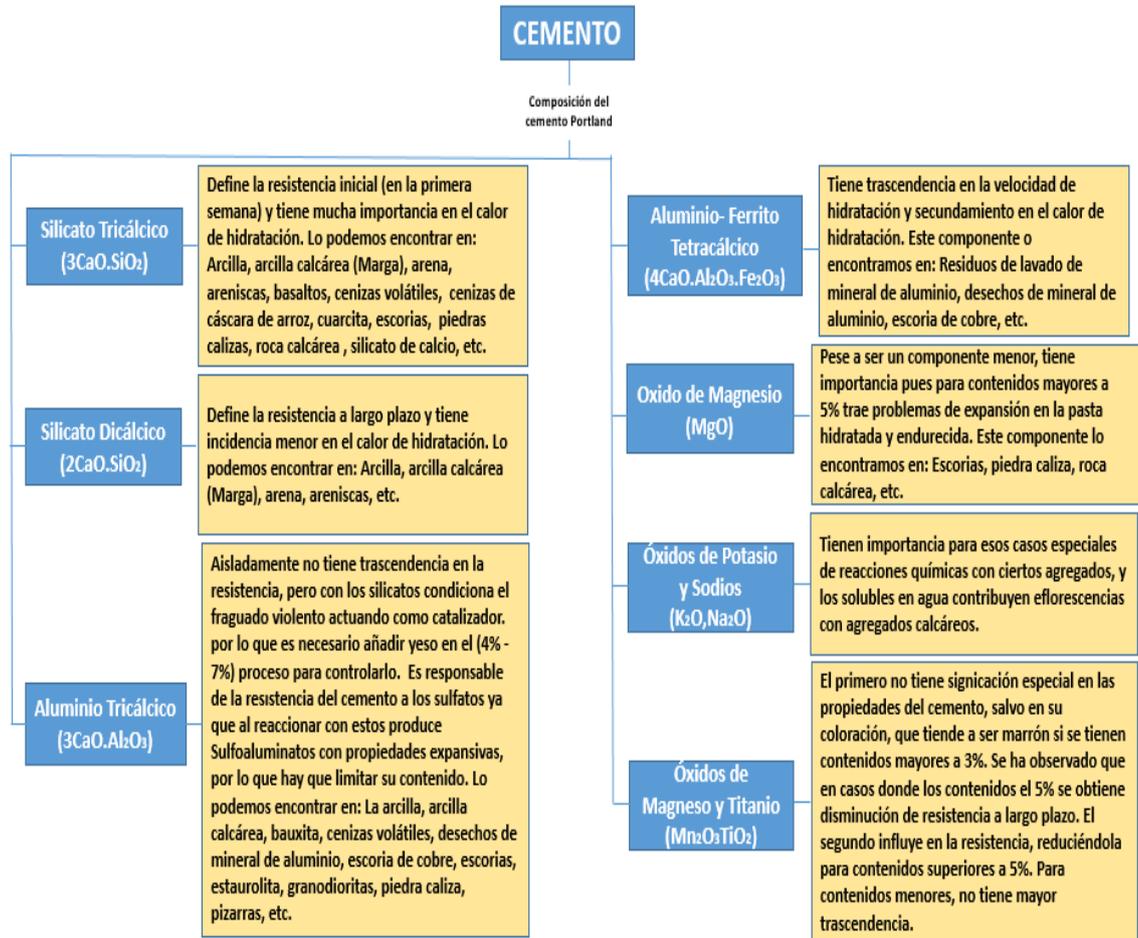
Oxido Componente	Porcentaje Típico
CaO	61% - 67%
SiO ₂	20% - 27%
Al ₂ O ₃	4% - 7%
Fe ₂ O ₃	2% - 4%
SO ₃	1% - 3%
MgO	1% - 5%
K ₂ O y Na ₂ O	0.25% - 1.5%

Fuente: Libro Pasquel Carbajal

Para que cada tipo de cemento cumpla con los estándares establecidos según indica la norma, deben ejecutarse controles minuciosos durante su elaboración siendo esto ya un reto. Ahora con la corriente de pensamiento ecológico, los laboratoristas han elevado esos retos, se han enfocado en reusar materias primas contaminantes aplicándolo en este campo, teniendo como objetivo incluso mejorar los estándares requeridos establecidos en la norma. Hay muchos proyectos con resultados satisfactorios por eso es que existen una serie de pruebas físicas y químicas estandarizadas donde podemos observar fuentes de materias primas que se encuentran en la naturaleza, de las cuales es posible apreciar componentes para fabricar cemento y su función en esta:

Imagen 4

Elementos del Cemento en Materia Prima y Función.



Fuente: *Elaboración Propia, Basada en la Información del Libro Tópicos de Tecnología del Concreto de Pasquel Carbajal.*

2.3.1.1.1. Tipos de cementos.

a) Cemento Portland sin Adición: Tenemos

- Tipo I: Es de uso en obras en general, al cemento no se le exigen propiedades especiales de ningún tipo.
- Tipo II: Este cemento resiste a la acción moderada de sulfato y moderado calor de hidratación, es decir el desprendimiento de calor es menor que en un cemento normal.
- Tipo III: Este cemento tiene alta resistencia inicial.
- Tipo IV: El cemento tiene bajo desprendimiento de calor (bajo calor de hidratación).
- Tipo V: Este cemento tiene alta resistencia a los sulfatos.

b) Cemento Portland con Adicionados: A estos cementos se añaden dos o más constituyentes inorgánicos, las más comunes actualmente son las puzolanas, escoria de alto horno y fillers estos se incorporan al cemento con el fin de mejorar sus propiedades.

Según La Norma Técnica Peruana (NTP 334.090, 2013)

- Tipo IP: Conocido como Cemento Puzolánico que tiene una adición de 15% - 40%.

-Tipo IPM: Cemento Puzolánico Modificado su adición es menos del 15%.

-Tipo IS: Cemento de escoria, su adición varía de 25% - 70%.

-Tipo ICo: Cemento compuesto contiene una adición de hasta 30%, Que es el que emplearemos en este proyecto de investigación, por sus características:

Imagen 5

Ficha Técnica del Cemento ICo.

Cemento Portland tipo ICo					
Requisitos Normalizados					
NTP 334.090					
REQUERIMIENTOS QUÍMICOS					
ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
SO ₃	Máximo	4.0	%	NTP 334.086	1.2
MgO	Máximo	6.0	%	NTP 334.086	2.5
REQUERIMIENTOS FÍSICOS					
ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADO
Contenido de aire	Máximo	12.0	%	NTP 334.048	4
Finura					
Superficie específica	-	-	cm ² /g	NTP 334.002	4350
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	2.5
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.06
Contracción en autoclave	Máximo	0.20	%	NTP 334.004	-
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	13.0 (1890)	MPa (psi)	NTP 334.051	25.8 (3740)
7 días	Mínimo	20.0 (2900)	MPa (psi)	NTP 334.051	31.5 (4570)
28 días	Mínimo	25.0 (3630)	MPa (psi)	NTP 334.051	36.6 (5310)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	255
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	360

Fuente: <https://www.pacasmayoprofesional.com/soluciones?category=7&prod=1>

- Cementos especificación de la performance: No existen restricciones de la composición del cemento con sus constituyentes (NTP 334.082, 2000):

- * Tipo GU: Uso general.
- * Tipo HE: De alta resistencia inicial.
- * Tipo MS: De moderada resistencia a los sulfatos.
- * Tipo HS: De alta resistencia a los sulfatos.
- * Tipo MH: De moderado calor de hidratación.
- * Tipo LH: De bajo calor de hidratación.

-Tipo CAB: Cemento Albañilería (NTP 334.069, 2007).

2.3.1.1.2. Agua.

El agua es un elemento indispensable para la elaboración del concreto, es el encargado de la hidratación del cemento y que este desarrolle sus propiedades, por lo tanto, es importante la cantidad de agua que interviene en la mezcla, para el hidratado del cemento, para que actúe como lubricante y contribuir con la trabajabilidad, para que la estructura logre los vacíos necesarios para desarrollarse.

(Rivva, 2000). Explica que el agua presente en la mezcla de concreto reacciona químicamente con el material cementante para lograr:

- La formación del conglomerante.
- Permitir que los elementos adquieran las propiedades que en estado fresco facilite su manipulación y colocación y que en el estado endurecido sea un producto con las características necesarias.

La Norma Técnica Peruana (NTP 339.088, 2006) establece requisitos que se deberá cumplir con el agua para poder emplearla en este sector, he indica que toda agua potable puede ser empleada para la elaboración del concreto.

Imagen 6

Límites Permisibles Para Agua de Mezcla y de Curado Según la Norma NTP 339.88.

Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm.
Sales solubles totales	500 ppm.
pH.	mayor de 7
Sólidos en suspensión	1,500 ppm.
Materia orgánica	10 ppm.

Fuente: Naturaleza y Materiales de Concreto

2.3.1.1.3. Agregados.

En las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto, los agregados ocupan de un 60% a 75%, por ende, es el elemento con más porcentaje interviniente en la unidad cúbica de concreto. Es por esto que los agregados tienen influencia determinante sobre las propiedades de concreto, tanto en estado fresco (trabajabilidad, consistencia) como en estado endurecido (durabilidad, resistencia) por sus características físicas, químicas y mecánicas.

Como sabemos la eficiencia del concreto radica en: La resistencia del concreto y el porcentaje de contenido de cemento, como lo observamos esto va de la mano, mientras más sea el $f'c$ requerido menor es el tamaño máximo para que la eficiencia aumente.

La Norma Técnica Peruana (NTP 339.047, 2006) define el agregado como un conjunto de partículas de origen natural o artificial que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la norma (NTP 400.037, 2017).

2.3.1.1.3.1 Clasificación de los agregados.

Este tipo de clasificación se da por relaciones prácticas, con el fin de establecer un control más preciso en su procesamiento y empleo. Por ejemplo, el concreto que requiera una resistencia baja y mediana, mientras más grande sea el tamaño máximo mayor es la eficiencia. Para alcanzar el $f'c$ requerido de un concreto se deberá tener en cuenta en los agregados: granulometría, módulo de fineza, tamaño máximo, dureza, resistencia, superficie específica, limpieza (que no tenga materia orgánica).

(Rivva, 2000), en su libro *Naturaleza y Materiales de Concreto*, detalla que el agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en:

a) Agregado Fino: La (NTP 339.047, 2006), lo define como el agregado artificial de rocas o piedras provenientes de la desagregación natural o artificial, que pasa en tamiz normalizado 9.5mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037.

La función de este agregado es cohesiva entre mayor sea su porcentaje este aumenta, también es la que hace conservar la relación agua-cemento, ya que actúa como lubricante entre el aglomerante y los agregados gruesos dándole la manejabilidad al concreto. Es recomendable emplear un agregado bien gradado para que pueda llenar los vacíos, y que este no tenga presencia de materia orgánica ya que interrumpe, parcial o totalmente el proceso del fraguado.

b) Agregado Grueso: Es el que queda retenido en el tamiz normalizado 4.75mm (N° 4), este proviene de la desagregación natural o artificial de las rocas, así lo define la norma (NTP 339.047, 2006), este debe cumplir con los límites establecidos en la NTP 400.037.

Una de sus funciones principales de este agregado es reducir los cambios de volúmenes producidos por el proceso del fraguado y endurecimiento. Este hace que la unidad de

volumen del concreto sea menos costosa. Es recomendable que tenga una buena gradación, de forma esféricas y cúbicas (estas tienen mayor resistencia al desgaste). De preferencia no usar las de forma plana o rectangular porque reduce la resistencia del concreto.

c) Hormigón: También se le conoce como el agregado integral, este naturalmente tiene en proporciones arbitrarias la mezcla de arena y grava y así como se extrae, así se emplea.

2.3.1.2. Principales propiedades del concreto.

2.3.1.2.1. Propiedades en estado fresco.

a) Trabajabilidad: Está definida por el grado de dificultad del mezclado, la capacidad de ser transportado, colocado y compactado (de este depende la segregación y exudación, por ende, este tiene que ser compactado adecuadamente). La Reología quien se encarga de estudiar el desplazamiento de los materiales, estableció tres conceptos que dan más entendimiento a esta propiedad:

- Estabilidad. -Es el desplazamiento que se produce en el concreto fresco sin la aplicación de fuerzas externas.
- Compactibilidad. - Es la medida de la facilidad de compactarse (distribuir bien el concreto en la parte estructural a realizarse, con la finalidad de llenar vacíos que se producen al momento de realizarse el vaciado), esto también es conocida también como el factor de compactación.
- Movilidad. – Es el grado de facilidad de desplazar el concreto, al lugar del trabajo a realizar si este lo amerita. Este es definido por su viscosidad que es la fricción entre las capas de la pasta del cemento, por su cohesión que es la adherencia entre la pasta de cemento y los agregados, y por su resistencia interna al corte que es proveniente de la rotación y desplazamiento de las partículas de los agregados dentro de la pasta del cemento.

b) Segregación: Es la separación de los elementos, que es producida por las diferencias de densidades entre los materiales que conforman el concreto. Es una tendencia natural que desciendan los más pesados, en este caso el agregado grueso ya que según Pasquel su densidad de este, es mayor aproximadamente un 20% que el agregado fino, en agregados normales. Para evitar la segregación en las estructuras a elaborar se debe tener en cuenta que la mezcla del concreto debe contener; un agregado bien distribuido y para esto debe tener una buena granulometría, también debe contener una adecuada fluidez en la pasta del cemento, y hacer que los procesos sean adecuados con respecto al mezclado, transporte, colocación y compactación.

c) Exudación: Es una propiedad inherente a la estructura del concreto, también es conocida como sangrado. Este sucede cuando parte del agua sube a la superficie de la mezcla del concreto, puede causar problemas al concreto cuando la velocidad de evaporación es menor a la de exudación, ya que esta afecta la relación agua-cemento.

2.3.1.2.2. Propiedades en estado endurecido.

a) Elasticidad: (Pasquel, 1998) define que es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. Menciona que los módulos de elasticidad del concreto oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm² y están en relación directa con la resistencia en compresión. Se sabe también que las dosificaciones con en f_c más altos tienen mayor módulo de elasticidad.

b) Resistencia: Es la característica más importante del concreto, esta es definida como la capacidad de soportar cargas y esfuerzos. Como sabemos el concreto se diseña de acuerdo al factor de requerimiento del proyecto para el que se empleará, este se realiza con la finalidad de evaluar su calidad, los factores que

pueden hacer deficiente la mezcla del concreto es; la calidad de sus componentes (cemento, agregados y agua), hacer una dosificación inadecuada (tener mucho cuidado en la relación agua-cemento) y el procedimiento para elaborarla (mezclado, transporte, colocación, compactación y curado). Tenemos dos tipos de resistencia en el concreto:

- Resistencia a la Compresión. - Esta es la característica mecánica más importante del concreto y se da debido a las propiedades adherentes de la pasta del cemento. Esta resistencia es evaluada en una máquina de compresión donde influye la velocidad de descarga que es aplicada a los testigos (concreto con forma cilíndrica generalmente de 30cm de alto por 15cm de diámetro), su unidad de medida es kg/cm^2 y estos se realizan en los días 1,3,7,14 y 28 de curado del concreto.

- Resistencia a la Tensión. - Esta resistencia se aplica también a las características de los testigos mencionado en la resistencia a la compresión, solo que es más complicado ya que la posición cambia (horizontal).

c) Extensibilidad: Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse, depende de la elasticidad y del flujo plástico (este tiene la peculiaridad de ser parcialmente recuperable) y se define como la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurra fisuraciones.

d) Durabilidad: Es la que mantiene en forma original a la estructura con los problemas a los que se encuentre expuesto ejemplo: condiciones ambientales, clima, temperatura, químicos, etc.

2.3.2. La marmolina o polvo de mármol

La marmolina es el residuo del mármol después de realizar los acabos de algún tallado, ser laminado o realizado algún corte, y se caracteriza por su estructura fina, que es similar a la de la piedra caliza triturada, tiene partículas cristalizadas que ayuda a su trabajabilidad.

2.3.2.1.- Mármol.

Según la página web (Minerales, 2019) define que el Mármol es una roca metamórfica de textura maciza, formada por rocas calizas o dolomitas que, sometidas a altas temperaturas, sufren un proceso de recristalización. (Betancourt Chávez, Lizárraga Mendiola, Narayanasamy, Olguín Coca, & Sáenz López, 2015) en la revista Revisión sobre el uso de residuos de Mármol para elaborar materiales para la construcción, menciona que posteriormente de que se realizan los acabados de un bloque, por cada metro cúbico manufacturado se producen alrededor de 808.77 kg de residuos eso implica aproximadamente un 80%.

Los residuos de Mármol causan la degradación de aguas superficiales y subterráneas, contaminan el aire, provocan alteraciones en la topografía, además contaminan y ocupan el suelo. Con el pensamiento ecoambiental hoy en día se han visto en la necesidad de buscar alternativas de solución.

2.3.2.1.1.- El Mármol en el mundo:

Es la piedra más lujosa y usada en residencias de una clase poblacional media-alta, La explotación del mármol es importante económicamente para algunos países que cuentan con este mineral y su producción es muy grande e importante, es por eso que es relevante el que hacer con los desperdicios que esta actividad económica genera. Las canteras más grandes del mundo se encuentran en los países de Italia, España, Portugal, Turquía, y Grecia y los principales productores de Mármol tenemos a Italia, China, Turquía, Estados Unidos y en América destacan por su producción exportada a Canadá; Estados Unidos, Brasil y Perú.

Imagen 7

Principales Exportadores de Mármol, Travertinos y Alabastro a Canadá, Según Participación en el año 2015

Países exportadores	Valor (USD miles)	Participación (%)
Italia	17 119	50
China	4 632	14
Turquía	3 632	11
Estados Unidos	2 686	8
Brasil	1 939	6
India	993	3
Grecia	902	3
España	840	2
Taiwán	341	1
Portugal	236	1
Perú	204	1
Singapur	155	---
Francia	131	---
Pakistán	119	---
Vietnam	87	---
Otros países	138	---
Total	34 154	100

Fuente: https://www.mincetur.gob.pe/wpcontent/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/P_enx_2025/PDM/canada/images/files/pdf/pp6.pdf

Actualmente el mármol es utilizado en el sector de construcción como: baldosas, losetas, pisos, en la parte decorativa y en la parte estructura es utilizada en la fabricación de concreto, como agregados que viene a ser la piedra de mármol triturada. Un estudio realizado en la (Universidad Politécnica de Madrid, 2007) detalla:

Imagen 8

Principales Aplicaciones de las Rocas Ornamentales.

Principales aplicaciones de las rocas Ornamentales	
Revestimiento de suelo	35.20%
Uso Externo (fachadas)	22.80%
Peldaños y vestíbulos	7.20%
Otros trabajos en la construcción	7.20%
Uso Interno (Interiores)	5.20%
Otros productos no homologados	4.20%
Trabajos Especiales	3.50%
Arte Funerario	14.70%

Fuente: http://oa.upm.es/21840/1/071120_L3_ROCA_ORNAMENTAL.pdf

2.3.2.1.2.- El Mármol en el Perú:

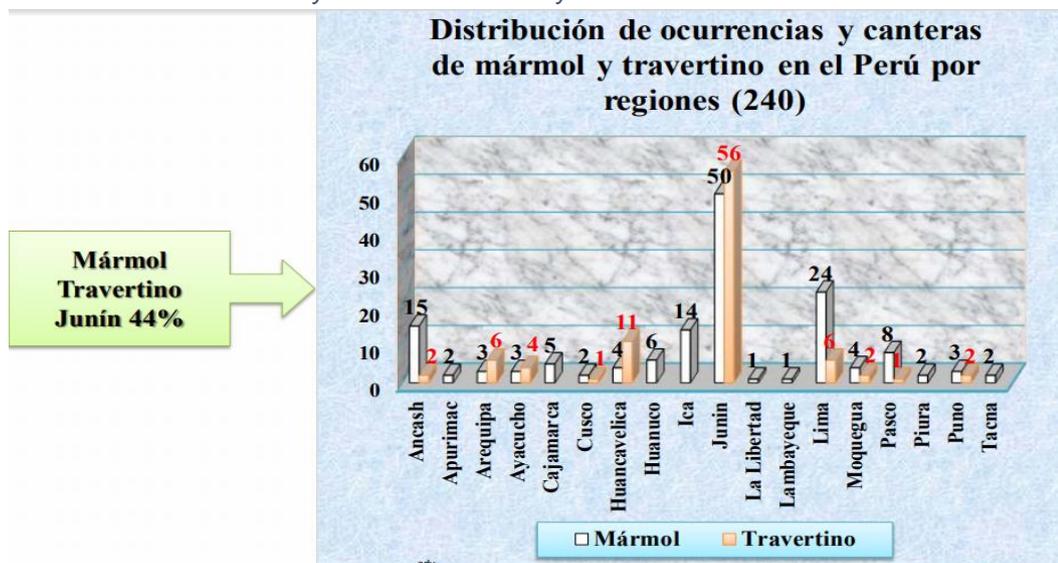
En el Perú, existe un importante potencial en recursos de mármol en varias regiones. La mayor cantidad se encuentra en la región sierra (Ancash, Cajamarca, Huánuco, Pasco), pero principalmente en el departamento de Junín.

(El Comercio, 2010) después del Primer Seminario Tecnológico al que asistieron expertos en mármol y travertinos, menciona que Junín tiene la veta y reserva más importante del Perú. Las canteras se localizan en Jauja, Concepción, Huancayo y en Chongos Altos donde se encuentra la de mejor calidad, expertos nacionales y extranjeros reconocen que es uno de los más finos del mundo, mostrando interés por invertir en este mercado.

Las estadísticas mostradas en el Foro Panel Internacional del Mármol y Travertino en el año 2016, por INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) en colaboración con el Ministerio de Energía y Minas, reafirma a Junín como líder en producción de Mármol.

Imagen 9

Distribución de Ocurrencias y Canteras de Mármol y Travertino en el Perú



Mármol
Travertino
Junín 44%

Fuente: https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/688/1/Diaz-2016-09-Foro_Rocas_marmol....pdf

El mármol, es considerado un mineral no metálico de una belleza especial para esculturas y para la industria de la construcción, este es extraído de sus canteras a cielo abierto. El gobierno peruano trabajando con Sierra Exportadora que tiene como objetivo la productividad y la diversificación de los bienes o servicios que son producidos en la Región Andina, ayudan a regularizar y orientar a los empresarios a promover su producto a nivel de exportación cumpliendo con todas las normas y requisitos necesarios.

En el sector de construcción actualmente el mármol es empleado como piedras ornamentales para la construcción y decoración tanto en interiores como exteriores como pisos, muebles, adornos, baldosas.

2.3.2.2.- Usos de la marmolina en la actualidad.

En la actualidad no es muy conocida en el Perú pero en otros países según la revista Residuo de Construcción, (Santos, Villegas, & Betancourt, 2012) los detalla:

Entre los usos más comunes de los residuos del mármol se puede destacar: en la industria del cemento, desulfurante, aplicaciones en la industria del papel (hasta un 25%), elaboración de pinturas (hasta un 30%) mejorando las características reológicas de la emulsión, usos agrícolas para reducir la acidez de los suelos (hasta niveles aceptables), prefabricados en la construcción consumo de media tonelada de residuo por cada m³ de elemento prefabricado, fabricación de mármoles artificiales, objetos de decoración, restauración de elementos constructivos, entre otros.

2.3.2.3.- Características de la marmolina.

Este análisis químico se llevó a cabo en la ciudad de Trujillo, la marmolina es residuos de tallados de mármol por vinientes del departamento de Cajamarca.

Tabla 1

Ficha Técnica de la Marmolina Empleada en Esta Investigación.

ANÁLISIS QUÍMICO	
COLOR	BLANCA
SÍLICE (SiO ₂)	0.40%
ALUMINA (AL ₂ O ₃)	0.10%
FIERRO (Fe ₂ O ₃)	0.12%
SODIO (Na ₂ O)	0.50%
AZUFRE (SO ₄)	<0.50%
MAGNESIO (MgO)	0.30%
INSOLUBLES DEN ÁCIDO	0.10%
CALCIO COMO CARBONATO (CaCO ₃)	97.02%
CALCIO COMO CALCIO TOTAL (Ca)	38.88%

Fuente: Ing. Ernesto S. Wong López Docente en la Universidad Nacional de Trujillo

2.4. Hipótesis

- Si adicionamos el 10% de marmolina en un concreto patrón $f'c=350\text{kg/cm}^2$; entonces obtendremos una proporción no menos al 20% de la resistencia.

- Si adicionamos el 10% de marmolina en un concreto patrón $f'c=400\text{kg/cm}^2$; entonces mejoraremos las propiedades del concreto en estado fresco o endurecido.

- Si adicionamos el 10% de marmolina en concretos de patrones $f'c=350\text{kg/cm}^2$ y $f'c=400\text{kg/cm}^2$, entonces tendrán comportamiento similar respectivamente en las propiedades del concreto.

2.5. Variables e indicadores

- Variable Independiente (V1):

- Porcentajes de adición de marmolina.
- Concreto de resistencia 350kg/cm^2
- Concreto de resistencia 400kg/cm^2

- Variable Dependiente (V2):

- Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

2.5.1. Cuadro de operacionalización de variables

Tabla 2

Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN	ESQUEMA DE MARCO TEÓRICO
Variable independiente	% La marmolina	$\frac{Wm}{Wc}$	kg	Dinanómetro	Ensayos del agregado NTP 400.012
Variable dependiente	Temperatura	Ensayo de temperatura	°C / °F / °K	((NTP 339.184), 2002)	Ensayo de temperatura NTP 339.184
	Asentamiento	Asentamiento en cono de Abrams	Cm	((NTP 339.035), 1999)	Ensayo asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 - ASTM 143
	Fraguado	Tiempo de fraguado	Minutos	((NTP 339.082), 2017)	Ensayo tiempo de fraguado NTP 339.082
	Peso unitario	Ensayo de peso unitario	Kg	(NTP 339.046, 2008)	Ensayo peso unitario y rendimiento NTP 339.046 - ASTM C138
	Resistencia a la compresión	Fuerza/área	Kg/cm ²	(NTP 339.034, 2008)	Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034 - ASTM C39
Variable Interviniente:	Tiempo	3,7,14 y 28	Días	(NTP 339.034, 2008)	NTP 339.034 - ASTM C39

Fuente: *Elaboración Propia*

III. Metodología Empleada

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

Nuestro trabajo califica como una investigación Cuantitativa ya que demostraremos nuestros resultados a través de datos estadísticos. El método que empleamos es el experimental, porque emplearemos marmolina como un nuevo material para poder mejorar las características del concreto en estado fresco y endurecido en un laboratorio.

3.2. Población y Muestra de Estudio

3.2.1. Población

Tipo Probabilístico – conglomerado. La población está representada por 176 probetas de concreto; 44 por el concreto patrón 350 kg/cm², 44 por el concreto 350kg/cm² con 10% de marmolina, 44 para el concreto patrón 400 kg/cm² y 44 por el concreto 400 kg/cm² con 10% marmolina. Los concretos mencionados con f'c= 350 y 400 Kg/cm². Serán rotas en laboratorio a las edades de 1,3, 7 y 28 días para determinar la resistencia a la compresión.

3.2.2. Muestra

Para realizar esta investigación se emplearon agregados de la cantera “Franco” en la elaboración de especímenes de 350 kg/cm² y 400 kg/cm² de acuerdo con las Normas: Para la elaboración de la dosificación con la ACI y para el análisis de los materiales con la Norma Técnica Peruana y ASTM.

Las normas de la ASTM y NTP recomiendan que 11 especímenes son los más adecuados por cada tiempo, en nuestro trabajo se elaboraron 176 especímenes que corresponde a:

- 44 especímenes de concreto patrón normal de 350 kg/cm².
- 44 especímenes de concreto patrón normal de 400 kg/cm².
- 44 especímenes de concreto patrón 350 kg/cm², adicionado 10% de marmolina.
- 44 especímenes de concreto patrón 400 kg/cm², adicionado 10% de marmolina.

3.3. Diseño de la Investigación

Para realizar nuestra investigación nos regimos al método ACI 211.1 y para lograrlo realizaremos diferentes ensayos en los laboratorios de la Universidad Privada Antenor Orrego con el fin de encontrar las propiedades mecánicas y químicas de los elementos del concreto que elaboraremos.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Para lograr desarrollar esta investigación se realizaron diferentes ensayos a los agregados con la finalidad de obtener sus propiedades necesarias para elaborar los diseños de mezcla, concretos patrones convencionales de 350 kg/cm² y 400 kg/cm² según establece el ACI 211.1, posteriormente se elaborarán los diseños para los concretos añadidos con 10 % de marmolina. Concluyendo el diseño de mezcla se elaborarán los especímenes de concreto utilizando cilindros normados de 15cm de diámetro por 30cm de alto, a los cuales se les realizará el curado a los días: 1, 3,7 y 28 días.

- Norma:

(NTP 400.010, 2001), AGREGADOS. Extracción de las muestras.

Imagen 10

Extracción del Material en Cantera "Franco"



Fuente: *Propia*

3.5. Técnicas Para el Procesamiento y Análisis de Datos

3.5.1. Ensayos de los agregados

3.5.1.1. Granulometría.

- Normas:

* (NTP 400.037, 2017). AGREGADOS. Especificaciones Normalizadas para Agregados en Concreto.

* (NTP 400.012, 2001) AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

-Resultados:

- Agregado Grueso:

Tabla 3.

Granulometría del Agregado Grueso Muestra M-1.

CANTERA "FRANCO" - M1					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 2 Kg					
TAMIZ	Peso Retenido	Peso	Retenido	Pasante Acumulado	
Pulg.	mm	(gr)	Retenido (%)	Acumulado (%)	(%)
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	59.20	2.96	2.96	97.04
3/8"	9.51	578.30	28.92	31.88	68.13
# 4	4.75	1185.10	59.26	91.13	8.87
# 8	2.36	157.10	7.86	98.99	1.01
# 16	1.18	17.80	0.89	99.88	0.12
FONDO		2.50	0.13	100.00	0.00
TOTAL		2000.00	100.00	-	-

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 4

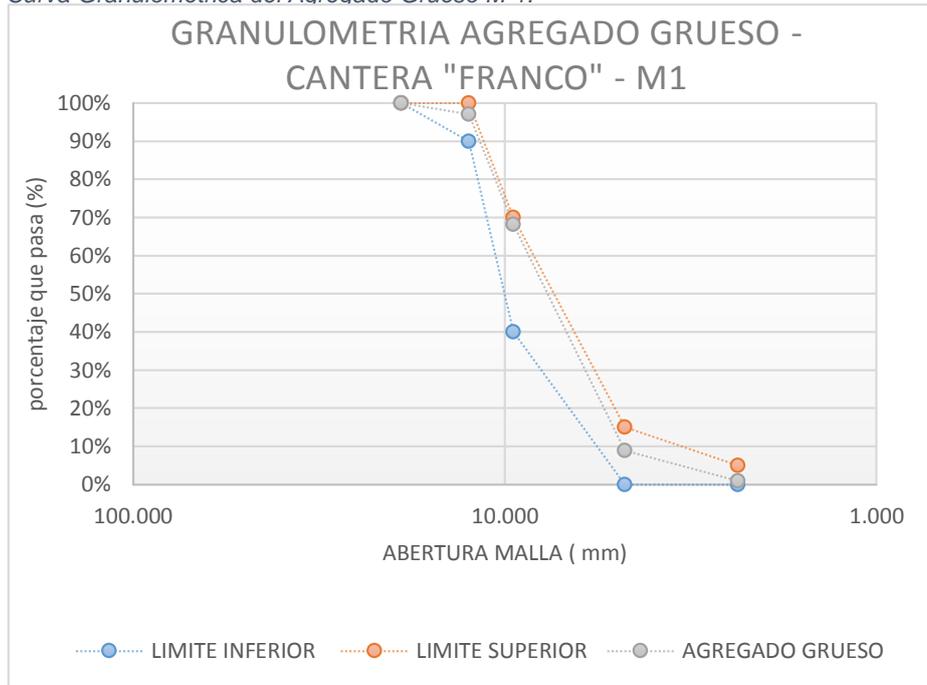
Límites Granulométricos Para el Agregado Grueso M-1.

TAMIZ	Límite Inferior	Pasante acumulado (%)	Limite Superior
Pulg.	Mm		
3/4"	19.000	100%	100%
1/2"	12.500	90%	100%
3/8"	9.500	40%	70%
N° 4	4.750	0%	15%
N° 8	2.360	0%	5%

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 1

Curva Granulométrica del Agregado Grueso M-1.



Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 5

Granulometría del Agregado Grueso Muestra M-2.

CANTERA "FRANCO" - M2					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 2 Kg					
TAMIZ		Peso	Peso Retenido	Retenido	Pasante
Pulg.	mm	Retenido (gr)	(%)	Acumulado (%)	Acumulado (%)
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	36.60	1.83	1.83	98.17
3/8"	9.51	593.50	29.68	31.51	68.50
# 4	4.75	1230.20	61.51	93.02	6.98
# 8	2.36	123.30	6.17	99.18	0.82
# 16	1.18	9.60	0.48	99.66	0.34
FONDO		6.80	0.34	100.00	0.00
TOTAL		2000.00	100.00	-	-

Fuente: *Elaboración Propia*

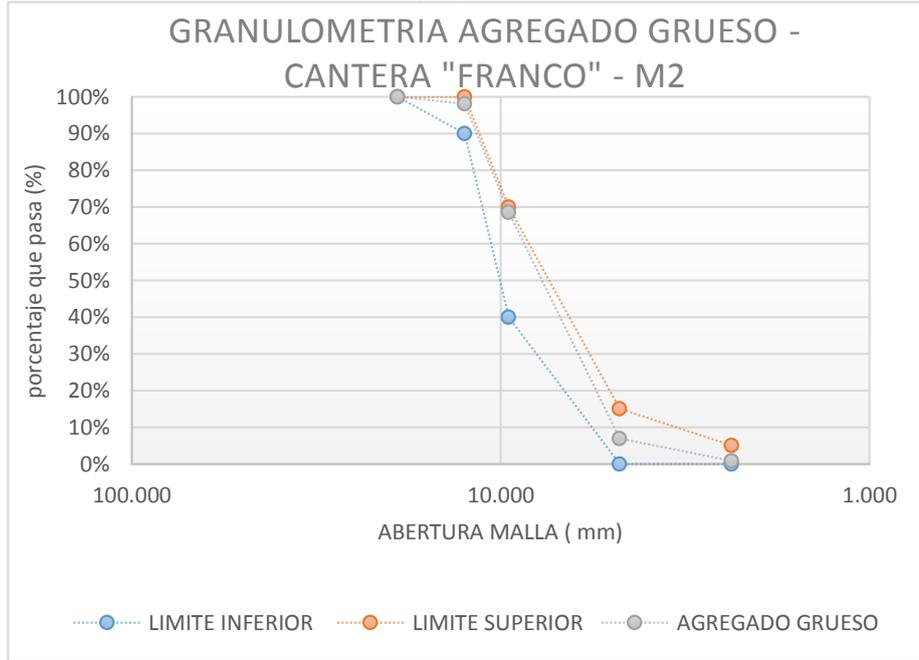
Tabla 6

Límites Granulométricos Para el Agregado Grueso M-2

TAMIZ		Límite Inferior	Pasante acumulado (%)	Límite Superior
Pulg.	Mm			
3/4"	19.000	100%	100.00%	100%
1/2"	12.500	90%	98.17%	100%
3/8"	9.500	40%	68.50%	70%
N° 4	4.750	0%	6.98%	15%
N° 8	2.360	0%	0.82%	5%

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 2 Curva Granulométrica del Agregado Grueso M-2.



Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 7

Granulometría del Agregado Grueso Muestra M-3.

CANTERA "FRANCO" - M3					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 2 Kg					
TAMIZ	Peso	Peso Retenido	Retenido	Pasante	
Pulg.	mm	Retenido (gr)	(%)	Acumulado (%)	Acumulado (%)
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	140.80	7.04	7.04	92.96
3/8"	9.51	732.70	36.64	43.68	56.33
# 4	4.75	1044.30	52.22	95.89	4.11
# 8	2.36	72.30	3.62	99.51	0.49
# 16	1.18	7.40	0.37	99.88	0.12
FONDO		2.50	0.13	100.00	0.00
TOTAL		2000.00	100.00	-	-

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 8

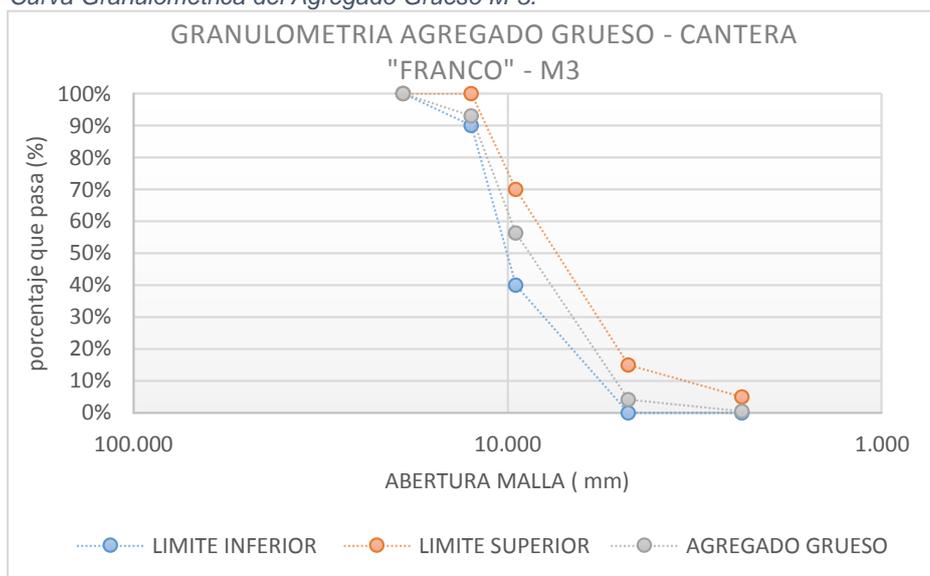
Límites Granulométricos Para el Agregado Grueso M-3.

TAMIZ	Límite Inferior	Pasante	Limite Superior
Pulg.	Mm	acumulado (%)	
3/4"	19.000	100.00%	100%
1/2"	12.500	92.96%	100%
3/8"	9.500	56.33%	70%
N° 4	4.750	4.11%	15%
N° 8	2.360	0.49%	5%

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 3

Curva Granulométrica del Agregado Grueso M-3.



Fuente: *Elaboración Propia*

- Agregado Fino:

Tabla 9

Granulometría del Agregado Fino Muestra M-1.

CANTERA "FRANCO" - M1					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 1000 gr					
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante Acumulado (%)
Pulg.	mm				
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.750	25.00	2.50	2.50	97.50
N° 08	2.360	158.70	15.90	18.40	81.60
N° 16	1.180	169.70	17.00	35.40	64.60
N° 30	0.600	143.90	14.41	49.81	50.19
N° 50	0.300	211.20	21.16	70.97	29.03
N° 100	0.150	251.00	25.14	96.11	3.89
N° 200	0.075	34.30	3.44	99.55	0.45
FONDO		4.50	0.45	100.00	0.00
TOTAL		998.30	100.00	-	-

Fuente: *Elaboración Propia*

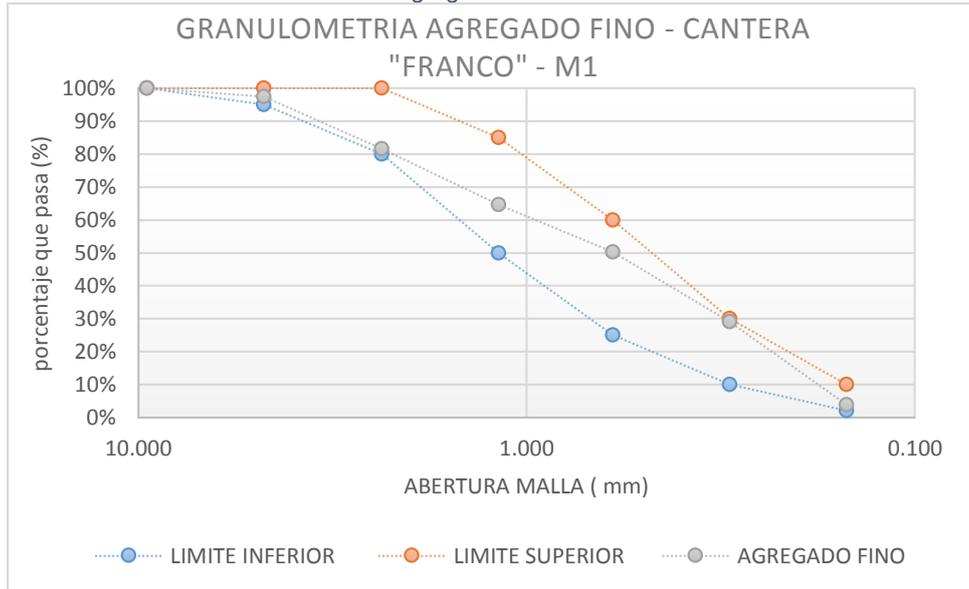
Tabla 10

Límites Granulométricos Para el Agregado Fino M-1.

TAMIZ		Límite Inferior	Pasante acumulado (%)	Limite Superior
Pulg.	Mm			
3/8"	9.500	100%	100.00%	100%
N° 4	4.750	95%	97.50%	100%
N° 8	2.360	80%	81.60%	100%
N° 16	1.180	50%	64.60%	85%
N° 30	0.600	25%	50.19%	60%
N° 50	0.300	10%	29%	30%
N° 100	0.150	2%	3.89%	10%

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 4 Curva Granulométrica del Agregado Fino M-1.



Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 11

Granulometría del Agregado Fino Muestra M-2.

CANTERA "FRANCO" - M2					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 1000 gr					
TAMIZ		Peso Retenido	Peso Retenido	Retenido	Pasante
Pulg.	mm	(gr)	(%)	Acumulado(%)	Acomunado (%)
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.750	26.80	2.68	2.68	97.32
N° 08	2.360	177.00	17.72	20.40	79.60
N° 16	1.180	181.60	18.18	38.58	61.42
N° 30	0.600	141.70	14.18	52.76	47.24
N° 50	0.300	193.80	19.40	72.16	27.84
N° 100	0.150	239.70	23.99	96.16	3.84
N° 200	0.075	33.40	3.34	99.50	0.50
FONDO		5.00	0.50	100.00	0.00
TOTAL		999.00	100.00	-	-

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 12

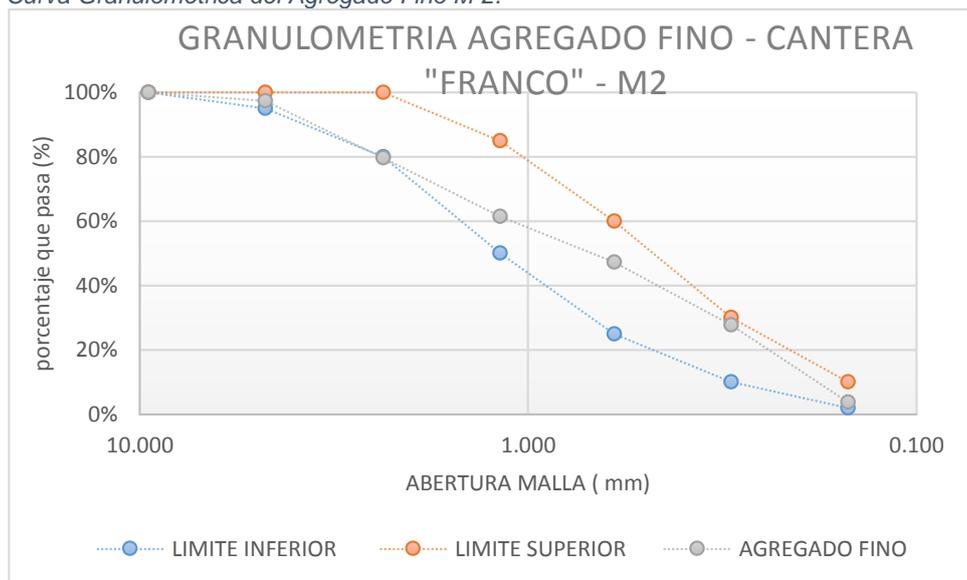
Límites Granulométricos Para el Agregado Fino M-2.

TAMIZ		Límite Inferior	Pasante acumulado (%)	Limite Superior
Pulg.	Mm			
3/8"	9.500	100%	100.00%	100%
N° 4	4.750	95%	97.32%	100%
N° 8	2.360	80%	79.60%	100%
N° 16	1.180	50%	61.42%	85%
N° 30	0.600	25%	47.24%	60%
N° 50	0.300	10%	28%	30%
N° 100	0.150	2%	3.84%	10%

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 5

Curva Granulométrica del Agregado Fino M-2.



Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 13 Granulometría del Agregado Fino Muestra M-3

CANTERA "FRANCO" - M3					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 1000 gr					
TAMIZ		Peso	Peso	Retenido	Pasante
Pulg.	mm	Retenido (gr)	Retenido (%)	Acomunado (%)	Acomunado (%)
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.750	26.20	2.62	2.62	97.38
N° 08	2.360	172.10	17.23	19.85	80.15
N° 16	1.180	183.30	18.35	38.20	61.80
N° 30	0.600	144.90	14.50	52.70	47.30
N° 50	0.300	201.80	20.20	72.90	27.10
N° 100	0.150	233.90	23.41	96.32	3.68
N° 200	0.075	32.50	3.25	99.57	0.43
FONDO		4.30	0.43	100.00	0.00
TOTAL		999.00	100.00	-	-

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 14

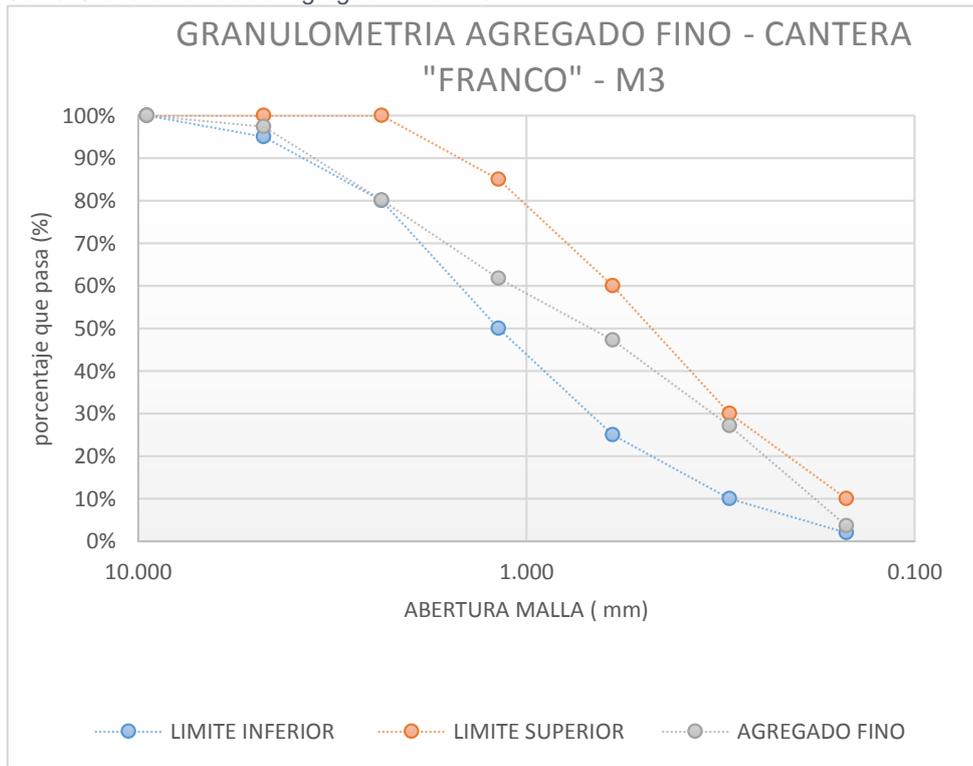
Límites Granulométricos Para el Agregado Fino M-3.

TAMIZ		Límite Inferior	Pasante	Límite Superior
Pulg.	Mm		acumulado (%)	
3/8"	9.500	100%	100.00%	100%
N° 4	4.750	95%	97.38%	100%
N° 8	2.360	80%	80.15%	100%
N° 16	1.180	50%	61.80%	85%
N° 30	0.600	25%	47.30%	60%
N° 50	0.300	10%	27%	30%
N° 100	0.150	2%	3.68%	10%

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 6

Curva Granulométrica del Agregado Fino M-3.



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.2. Módulo de fineza.

- Normas:

* (NTP 400.012, 2001), AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 15

Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Grueso M-1.

CANTERA "FRANCO" - M1				
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 2 Kg				
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido acumulado (%)
Pulg.	mm			
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	12.70	59.20	2.96	2.96
3/8"	9.51	578.30	28.92	31.88
# 4	4.75	1185.10	59.26	91.13
# 8	2.36	157.10	7.86	98.99
# 16	1.18	17.80	0.89	99.88
MODULO DE FINEZA = 6.23				

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 16*Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Grueso M-2.*

CANTERA "FRANCO" - M2				
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 2 Kg				
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido acumulado (%)
Pulg.	mm			
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	12.70	36.60	1.83	1.83
3/8"	9.51	593.50	29.68	31.51
# 4	4.75	1230.20	61.51	93.02
# 8	2.36	123.30	6.17	99.18
# 16	1.18	9.60	0.48	99.66
FONDO		6.80	0.34	100.00
TOTAL		2000.00	100.00	-

MODULO DE FINEZA = 6.25

Fuente: *Elaboración Propia***Tabla 17***Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Grueso M-3.*

CANTERA "FRANCO" - M3				
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 2 Kg				
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido acumulado (%)
Pulg.	mm			
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00
1/2"	12.70	140.80	7.04	7.04
3/8"	9.51	732.70	36.64	43.68
# 4	4.75	1044.30	52.22	95.89
# 8	2.36	72.30	3.62	99.51
# 16	1.18	7.40	0.37	99.88
FONDO		2.50	0.13	100.00
TOTAL		2000.00	100.00	-

MODULO DE FINEZA = 6.40

Fuente: *Elaboración Propia***- Agregado Fino****Tabla 18***Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Fino M-1.*

CANTERA "FRANCO" - M-1					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 1000 gr					
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante acumulado (%)
Pulg.	mm				
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.750	25.00	2.50	2.50	97.50
N° 08	2.360	158.70	15.90	18.40	81.60
N° 16	1.180	169.70	17.00	35.40	64.60
N° 30	0.600	143.90	14.41	49.81	50.19
N° 50	0.300	211.20	21.16	70.97	29.03
N° 100	0.150	34.30	3.44	74.41	25.59

MODULO DE FINEZA = 2.51

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 19

Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Fino M-2.

CANTERA "FRANCO" - M-2					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 1000 gr					
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante acumulado (%)
Pulg.	mm				
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.750	26.80	2.68	2.68	97.32
N° 08	2.360	177.00	17.73	20.41	79.59
N° 16	1.180	181.60	18.19	38.61	61.39
N° 30	0.600	141.70	14.19	52.80	47.20
N° 50	0.300	193.80	19.41	72.21	27.79
N° 100	0.150	239.70	24.01	96.22	3.78
MODULO DE FINEZA =			2.83		

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 20

Resultados del Módulo de Fineza del Agregado Fino M-3.

CANTERA "FRANCO" - M-3					
PESO INICIAL DE LA MUESTRA = 1000 gr					
TAMIZ		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante acumulado (%)
Pulg.	mm				
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.750	26.20	2.62	2.62	97.38
N° 08	2.360	172.10	17.24	19.86	80.14
N° 16	1.180	183.30	18.36	38.22	61.78
N° 30	0.600	144.90	14.51	52.74	47.26
N° 50	0.300	201.80	20.21	72.95	27.05
N° 100	0.150	233.90	23.43	96.38	3.62
MODULO DE FINEZA =			2.83		

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.3. Contenido de humedad.

- Normas:

* (NTP 339.185, 2013), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 21

Resultados del Contenido de Humedad del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.

CANTERA "FRANCO"			
MUESTRA	Peso Natural De La Muestra En (gr)	Peso Seco de La Muestra (gr)	Contenido de Humedad (%)
M-1	2000.00	1965.90	1.73
M-2	2000.00	1970.30	1.51
M-3	2000.00	1966.30	1.71

Fuente: *Elaboración Propia*

- Agregado Fino

Tabla 22

Resultados del Contenido de Humedad del Agregado Fino M-1, M-2 y M-3.

CANTERA "FRANCO"			
MUESTRA	Peso Natural De La Muestra En (gr)	Peso Seco de La Muestra (gr)	Contenido de Humedad (%)
M-1	1000.00	984.90	1.53
M-2	1000.00	984.20	1.61
M-3	1000.00	985.10	1.51

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.4. Contenido de pasante de la malla N° 4.

- Normas:

* (NTP 400.012, 2001), AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 23

Resultados del Contenido de Pasante de la Malla N° 4 del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "			
MUESTRA	Tamiz		Contenido de Humedad (%)
	pulg	mm	
M-1	# 4	12.70	8.87
M-2	# 4	12.70	6.98
M-3	# 4	12.70	4.11

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.5. Pasante de la malla N° 200.

- Normas:

* (NTP 400.018, 2002), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado N° 200 por lavado de agregados.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 24

Resultados del Contenido de Pasante por la Malla N° 200 del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "					
MUESTRA	Tamiz		Peso Seco Original (gr)	Peso Seco Después del Lavado (gr)	% Que Pasa N° 200
	pulg	um			
M-1	# 200	75.00	1965.90	1929.10	1.87
M-2	# 200	75.00	1970.30	1947.30	1.17
M-3	# 200	75.00	1966.30	1944.20	1.12

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.6. Peso específico.

- Normas:

* (NTP 400.021, 2002), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

* (NTP 400.022, 2013), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 25

Resultados del Peso Específico del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso Saturado Superficialmente Seco (Wsss)	gr	3056.9	3058.2	3049.6
Peso de Muestra Seca (Ws)	gr	2937.8	2953.2	2930.9
Peso de Muestra Sumergida (Wsum)	gr	1889.0	1879.1	1880.5
Volumen de Muestra (Vdes)	cm ³	1167.9	1179.1	1169.1
Peso Específico Seco (PE)	gr/cm ³	2.52	2.50	2.51
P.E. Saturado Superficialmente Seco (Pesss)	gr/cm ³	2.62	2.59	2.61

Fuente: *Elaboración Propia*

- Agregado Fino

Tabla 26

Resultados del Peso Específico del Agregado Fino M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso Saturado Superficialmente Seco (Wsss)	gr	500	500	500
Peso de picnómetro + Arena (Wfa)	gr	926.1	926.1	926.1
Peso del Picnómetro + Agua + Arena (Wp)	gr	1637.8	1637.3	1638.0
Peso de la Muestra Seca (Ws)	gr	494.1	494.1	494.1
Peso del Picnómetro + Agua (Wa)	gr	1323.20	1323.20	1322.90
Peso Específico de la Masa	gr/cm ³	2.67	2.66	2.67
Factor Corrección Por Temperatura		1.00	1.00	1.00
Peso Específico de Masa Corregida (Pem)	gr/cm ³	2.67	2.66	2.67
P.E Saturado Superficialmente Seco (Pesss)	gr/cm ³	2.70	2.69	2.70
Peso Específico Aparente (Pea)	gr/cm ³	2.75	2.75	2.76

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.7. Absorción.

- Normas:

* (NTP 400.021, 2002), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

* (NTP 400.022, 2013), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 27

Resultados del Ensayo de Absorción del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso Saturado Superficialmente Seco (Wsss)	gr	3056.9	3058.2	3049.6
Peso de Muestra Seca (Ws)	gr	2937.8	2953.2	2930.9
Absorción	%	4.05	3.56	4.05

Fuente: *Elaboración Propia*

- Agregado Fino

Tabla 28

Resultados del Ensayo de Absorción del Agregado Fino M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso Saturado Superficialmente Seco (Wsss)	gr	500	500	500
Peso de Muestra Seca (Ws)	gr	494.1	494.2	494.3
Absorción	%	1.19	1.17	1.15

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.8. Peso unitario suelto.

- Normas:

* (NTP 400.017, 1999), AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 29

Resultados del Ensayo Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso de Muestra + Peso de Molde (Pm+mld))	gr	18324	18354	18331
Peso del Molde (Pmld)	gr	5018.7	5018.7	5018.7
Peso de la Muestra (Pm)	gr	13305.3	13335.3	13312.3
Volumen del Molde (Vmld)	cm ³	9320.0	9322.0	9320.0
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	gr/cm ³	1.43	1.43	1.43

Fuente: *Elaboración Propia*

- Agregado Fino

Tabla 30

Resultados del Ensayo Peso Unitario Suelto del Agregado fino M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso de Muestra + Peso de Molde (Pm+mld))	gr	7300.1	7257.9	7301.6
Peso del Molde (Pmld)	gr	2736.1	2736.1	2740
Peso de la Muestra (Pm)	gr	4564.0	4521.8	4561.6
Volumen del Molde (Vmld)	cm ³	2790.2	2790.2	2790.2
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	gr/cm ³	1.64	1.62	1.63

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.9. Peso unitario compactado.

- Normas:

* (NTP 400.017, 1999), AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 31

Resultados del Ensayo Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso de Muestra + Peso de Molde (Pm+mld))	gr	19252.0	19331.0	19440.0
Peso del Molde (Pmld)	gr	5018.7	5018.7	5018.7
Peso de la Muestra (Pm)	gr	14233.3	14312.3	14421.3
Volumen del Molde (Vmld)	cm ³	9320.0	9322.0	9320.0
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	gr/cm ³	1.53	1.54	1.55

Fuente: *Elaboración Propia*

- Agregado Fino

Tabla 32

Resultados del Ensayo Peso Unitario Compactado del Agregado Fino M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso de Muestra + Peso de Molde (Pm+mld))	gr	7713.9	7719.6	7746.7
Peso del Molde (Pmld)	gr	2736.1	2736.1	2736.1
Peso de la Muestra (Pm)	gr	4977.8	4983.5	5010.6
Volumen del Molde (Vmld)	cm ³	2790.2	2790.2	2790.2
Peso Unitario Suelto (P.U.S.)	gr/cm ³	1.78	1.79	1.80

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.1.10. Ensayo de resistencia al desgaste.

- Normas:

* (NTP 400.019, 2014), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

- Resultados:

- Agregado Grueso

Tabla 33

Resultados del Ensayo de Abrasión del Agregado Grueso M-1, M-2 y M-3.

CANTERA " FRANCO "				
DESCRIPCION	Und	M-1	M-2	M-3
Peso de la Muestra Seca Inicial (Po)	gr	5000.0	5000.0	5000.0
Peso de la Muestra Retenido en Tamiz #12	gr	3795	3797	3793
Desgaste	%	24.10%	24.06%	24.14%

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.2. Diseño de mezclas para concretos convencionales de $f'c = 350$ y 400 kg/cm^2 y concretos añadidos de 10% de marmolina en los concretos patrones de $f'c = 350$ y 400 kg/cm^2

3.5.2.1. Características de los elementos del concreto.

Tabla 34

Características de los Elementos del Concreto.

Características de los Elementos del Concreto	
1	Cemento
Tipo de Cemento:	ICo Extraforte
Marca:	Pacasmayo
Peso Específico:	3 (gr/cm ³)
2	Agua
Agua:	Potable, de la red de servicio público
Peso Específico:	3 (gr/cm ³)
3	Agregados Cantera "Franco"
3.1	Agregado Grueso
Tamaño Máximo Nominal:	1/2"
Módulo de Fineza:	6.29
Peso Unitario Suelto:	1428.83 kg/m ³
Peso Unitario Compactado:	1536.62 kg/m ³
Contenido de Humedad:	1.65%
Peso Especifico Seco:	2.51 gr/cm ³
% de Absorción:	3.89%
3.2	Agregado Fino
Tamaño Máximo Nominal:	N° 04
Módulo de Fineza:	2.72
Peso Unitario Suelto:	1630.38 kg/m ³
Peso Unitario Compactado:	1788.61 kg/m ³
Contenido de Humedad:	1.55%
Peso Específico Seco:	2.67 gr/cm ³
% de Absorción:	1.17%

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.2.2. Diseño para un concreto convencional patrón de $f'c = 350$ kg/cm².

Tabla 35

Diseño de un Concreto Patrón 350 kg/cm².

Diseño de concreto $f'c = 350$ kg/cm² con el Método del ACI 211.1

Determinamos la resistencia promedio requerida para el diseño

$$F'_{cr} = F'c + 84$$

$$F'_{cr} = 350 + 84$$

$$F'_{cr} = \underline{434} \quad \underline{\text{Kg/cm}^2}$$

Selección y determinación de Asentamiento

El tipo de estructura serán zapatas y muros de cimentaciones reforzadas , entonces se usara un asentamiento seca - plástica, es decir :

$$\text{Slump} = 3'' - 1''$$

Cálculo del aire atrapado

TMN del Agregado Grueso	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
4"	0.2

El tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso es de 1/2" entonces :

$$\text{Aire atrapado} = 2.50\%$$

Calculo de la cantidad de agua de mezclado

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

$$\text{Slump} = 3'' - 1''$$

$$\text{Agua de mezclado} = 216 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{TMN} = 1/2''$$

Calculo de relación agua - cemento (a/c)

f'_{cr} kg/cm ²	Relacion Agua/Cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	***
450	0.38	***

El valor de $f'_{cr} = 434$ kg/cm²

F'_{cr} a/c

450 0.38

434 X

400 0.43

Interpolación:

$$X = 0.396$$

Relación agua - cemento:

$$\left[\frac{R}{C} \right] = 0.396$$

Cálculo de la cantidad del cemento estimado

$$\left[\frac{A}{C}\right] = 0.396 \rightarrow C = \frac{A}{0.396} \rightarrow C = \frac{216}{0.396} \rightarrow C = 545.45$$

Cemento= 545.45 kg/m³

Cemento= 12.83 bolsas/m³

Cálculo de la cantidad de agregado grueso

T.M.N. DEL AGREGADO O GRUESO	Volumen del agregado grueso seco, compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del agregado fino (b/bo)			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
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

MF (Agregado Fino)= 2.72

TMN (Agregado Grueso)= 1/2"

2.6 0.57

2.72 X

2.8 0.55

Interpolación:

X= 0.558

Volumen del Agregado Grueso = 0.558

Peso Agregado Grueso = Vol. Agregado grueso X P.U.C

Peso Agregado Grueso = 857.43 kg/m³

Calculamos volúmenes absolutos de los agregados

Vol. Cemento= 0.182 m³

Vol. Agua= 0.216 m³

Vol. aire= 0.025 m³

Vol. Agregado grueso= 0.342 m³

Volumen Parcial= 0.764 m³

Calculamos volúmenes del agregado fino

Vol. Agregado fino = Vol. Parcial - 1m³

Vol. Agregado fino = 0.236 m³

Calculamos peso del agregado fino

Peso Agregado fino = Vol. Agregado fino X Peso Específico del Agr, fino X 1000

Peso Agregado fino = 628.98 kg/m³

Cuadro resumen de los pesos por m³ de concreto

Material	Peso	Und
Cemento	545.45	kg/m ³
Ag. Fino	628.98	kg/m ³
Ag. Grueso	857.43	kg/m ³
Agua	216	lt/m ³

Corrección por humedad relativa de los agregados

Peso Agregado (H) = P Ag(s) x [1 + (H%/100)]

P. Ag (s)= Peso del agregado seco

H[%] = Contenido de Humedad

Agregado fino = 638.73 kg/m³

Agregado grueso = 871.58 kg/m³

Corrección por absorción de agregados y agua efectiva

$$\text{Peso Agregado (Abs)} = P \text{ Ag(s)} \times [(\%H - \%Abs)]$$

P. Ag (s)= Peso del agregado seco
H[%] = Contenido de Humedad
Abs[%] = Absorción (%)

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino (y)} &= 2.43 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado grueso (x)} &= -19.52 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Humedad de los agregados

$$\begin{aligned} \text{Humedad de agregados} &= \text{Ag. Fino (Abs)} + \text{Ag. Grueso (Abs)} \\ \text{Humedad de agregados} &= -17.10 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

Cálculo de agua neta efectiva

$$\begin{aligned} \text{Agua Efectiva} &= \text{Agua diseño} - \text{humedad de los agregados} \\ \text{Agua Efectiva} &= 233.10 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

Cálculo de la relación agua - cemento efectiva

$$\left[R \frac{A}{C} \right] \text{ Efectiva} = \frac{233.10}{545.45}$$

$$\left[R \frac{A}{C} \right] \text{ Efectiva} = 0.427$$

Diseño final por m³ de Concreto

Material	Peso	Und
Cemento	545	kg/m ³
Ag. Fino	639	kg/m ³
Ag. Grueso	872	kg/m ³
Agua	233	lt/m ³

Dosificación

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1	1.17	1.6	18.16

Dosificación: 1 : 1.17 : 1.60 / 18.16

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.2.3. Diseño para un concreto convencional patrón de $f'c = 400$ kg/cm².

Tabla 36

Diseño de un Concreto Patrón 400 kg/cm².

Diseño de concreto $f'c = 400$ kg/cm² con el Método del ACI 211.1

Determinamos la resistencia promedio requerida para el diseño

$$F'_{cr} = F'c + 84$$

$$F'_{cr} = 350 + 84$$

$$F'_{cr} = \underline{498} \quad \text{Kg/cm}^2$$

Selección y determinación de Asentamiento

El tipo de estructura serán zapatas y muros de cimentaciones reforzadas , entonces se usara un asentamiento seca - plástica, es decir :

$$\text{Slump} = 3'' - 1''$$

Cálculo del aire atrapado

TMN del Agregado Grueso	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
4"	0.2

El tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso es de 1/2" entonces :

$$\text{Aire atrapado} = 2.50\%$$

Calculo de la cantidad de agua de mezclado

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

$$\text{Slump} = 3'' - 1''$$

$$\text{Agua de mezclado} = 216 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{TMN} = 1/2''$$

Calculo de relación agua - cemento (a/c)

f'_{cr} kg/cm ²	Relacion Agua/Cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	***
450	0.38	***

El valor de $f'_{cr} = 434$ kg/cm²

$$F'_{cr} \quad a/c$$

$$400 \quad 0.43$$

$$450 \quad 0.38$$

$$498 \quad X$$

Interpolación:

$$X = 0.33$$

Relación agua - cemento:

$$\left[R \frac{A}{C} \right] = 0.33$$

Cálculo de la cantidad del cemento estimado

$$\left[\frac{A}{C}\right] = 0.33 \rightarrow C = \frac{A}{0.33} \rightarrow C = \frac{216}{0.33} \rightarrow C = 654.55$$

Cemento= 654.55 kg/m³

Cemento= 15.14 bolsas/m³

Cálculo de la cantidad de agregado grueso

T.M.N. DEL AGREGADO O GRUESO	Volumen del agregado grueso seco, compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de fineza del agregado fino (b/bo)			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
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

MF (Agregado Fino)= 2.72

TMN (Agregado Grueso)= 1/2"

2.6 0.57

2.72 X

2.8 0.55

Interpolación:

X= 0.558

Volumen del Agregado Grueso = 0.558

Peso Agregado Grueso = Vol. Agregado grueso X P.U.C

Peso Agregado Grueso = 857.43 kg/m³

Calculamos volúmenes absolutos de los agregados

Vol. Cemento= 0.218 m³

Vol. Agua= 0.216 m³

Vol. aire= 0.025 m³

Vol. Agregado grueso= 0.342 m³

Volumen Parcial= 0.342 m³

Calculamos volúmenes del agregado fino

Vol. Agregado fino = Vol. Parcial - 1m³

Vol. Agregado fino = 0.199 m³

Calculamos peso del agregado fino

Peso Agregado fino = Vol. Agregado fino X Peso Específico del Agr, fino X 1000

Peso Agregado fino = 531.89 kg/m³

Cuadro resumen de los pesos por m³ de concreto

Material	Peso	Und
Cemento	654.55	kg/m ³
Ag. Fino	531.89	kg/m ³
Ag. Grueso	857.43	kg/m ³
Agua	216	lt/m ³

Corrección por humedad relativa de los agregados

Peso Agregado (H) = P Ag(s) x [1 + (H%/100)]

P. Ag (s)= Peso del agregado seco

H[%] = Contenido de Humedad

Agregado fino = 540.14 kg/m³

Agregado grueso = 871.58 kg/m³

Corrección por absorción de agregados y agua efectiva

$$\text{Peso Agregado (Abs)} = P \text{ Ag(s)} \times [(\%H - \%Abs)]$$

P. Ag (s)= Peso del agregado seco
H[%] = Contenido de Humedad
Abs[%] = Absorción (%)

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino (y)} &= 2.05 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado grueso (x)} &= -19.52 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Humedad de los agregados

$$\begin{aligned} \text{Humedad de agregados} &= \text{Ag. Fino (Abs)} + \text{Ag. Grueso (Abs)} \\ \text{Humedad de agregados} &= -17.47 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

Cálculo de agua neta efectiva

$$\begin{aligned} \text{Agua Efectiva} &= \text{Agua diseño} - \text{humedad de los agregados} \\ \text{Agua Efectiva} &= 233.47 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

Cálculo de la relación agua - cem4to efectiva

$$\left[R \frac{A}{C} \right] \text{Efectiva} = \frac{233.47}{654.55}$$

$$\left[R \frac{A}{C} \right] \text{Efectiva} = 0.36$$

Diseño final por m³ de Concreto

Material	Peso	Und
Cemento	655	kg/m ³
Ag. Fino	540	kg/m ³
Ag. Grueso	872	kg/m ³
Agua	233	lt/m ³

Dosificación

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1	0.82	1.33	15.12

Dosificación: 1 : 0.82 : 1.33 / 15.12

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.2.4. Diseño para un concreto patrón de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido con 10% de marmolina.

Tabla 37

Diseño de un Concreto Patrón 350 kg/cm^2 Añadido con 10% de Marmolina

Fuente. Elaboración Propia

Diseño de concreto $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido con 10% de marmolina por el Método del ACI 211.1

Determinamos la resistencia promedio requerida para el diseño

$$F'_{cr} = F'c + 84$$

$$F'_{cr} = 350 + 84$$

$$F'_{cr} = \underline{434} \quad \underline{\text{Kg/cm}^2}$$

Selección y determinación de Asentamiento

El tipo de estructura serán zapatas y muros de cimentaciones reforzadas , entonces se usara un asentamiento seca - plástica, es decir :

$$\text{Slump} = 3'' - 1''$$

Cálculo del aire atrapado

TMN del Agresado Grueso	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
4"	0.2

El tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso es de 1/2" entonces :

$$\text{Aire atrapado} = 2.50\%$$

Calculo de la cantidad de agua de mezclado

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

$$\text{Slump} = 3'' - 1''$$

$$\text{Agua de mezclado} = 216 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{TMN} = 1/2''$$

Calculo de relación agua - cemento (a/c)

f'_{cr} kg/cm^2	Relacion Agua/Cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	***
450	0.38	***

El valor de $f'_{cr} = 434 \text{ kg/cm}^2$

F'_{cr} a/c

450 0.38

434 X

400 0.43

Interpolación:

$$X = 0.396$$

Relación agua - cemento:

$$\left[R \frac{A}{C} \right] = 0.396$$

Cálculo de la cantidad del cemento estimado

$$\left[\frac{A}{C}\right] = 0.396 \rightarrow C = \frac{A}{0.396} \rightarrow C = \frac{216}{0.396} \rightarrow C = 545.45$$

Cemento= 600 kg/cm³ (INCLUYE 10% DE MARMOLINA QUE ES 54.55 kg/cm³)

Cemento= 14.12 bolsas/m³

Cálculo de la cantidad de agregado grueso

T.M.N. DEL AGREGADO GRUESO	Volumen del agregado grueso seco, compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de finiza del agregado fino (b/ba)			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
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

MF (Agregado Fino)= 2.72

TMN (Agregado Grueso)= 1/2"

2.6 0.57

2.72 X

2.8 0.55

Interpolación:

X= 0.558

Volumen del Agregado Grueso = 0.558

Peso Agregado Grueso = Vol. Agregado grueso X P.U.C

Peso Agregado Grueso = 857.43 kg/m³

Calculamos volúmenes absolutos de los agregados

Vol. Cemento= 0.200 m³

Vol. Agua= 0.216 m³

Vol. aire= 0.025 m³

Vol. Agregado grueso= 0.342 m³

Volumen Parcial= 0.783 m³

Calculamos volúmenes del agregado fino

Vol. Agregado fino = Vol. Parcial - 1m³

Vol. Agregado fino = 0.217 m³

Calculamos peso del agregado fino

Peso Agregado fino = Vol. Agregado fino X Peso Específico del Agr, fino X 1000

Peso Agregado fino = 580.44 kg/m³

Cuadro resumen de los pesos por m³ de concreto

Material	Peso	Und
Cemento	600.00	kg/m ³
Ag. Fino	628.98	kg/m ³
Ag. Grueso	857.43	kg/m ³
Agua	216	lt/m ³

Corrección por humedad relativa de los agregados

Peso Agregado (H) = P Ag(s) x [1 + (H%/100)]

P. Ag (s)= Peso del agregado seco
H[%] = Contenido de Humedad

Agregado fino = 689.44 kg/m³

$$\text{Agregado grueso} = 871.58 \text{ kg/m}^3$$

Corrección por absorción de agregados y agua efectiva

$$\text{Peso Agregado (Abs)} = P \text{ Ag(s)} \times [(\%H - \%Abs)]$$

P. Ag (s) = Peso del agregado seco
H[%] = Contenido de Humedad
Abs[%] = Absorción (%)

Agregado fino (y) =	2.24 kg/m ³
Agregado grueso (x) =	-19.52 kg/m ³

Humedad de los agregados

$$\text{Humedad de agregados} = \text{Ag. Fino (Abs)} + \text{Ag. Grueso (Abs)}$$

$$\text{Humedad de agregados} = -17.28 \text{ lt/m}^3$$

Cálculo de agua neta efectiva

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Agua diseño} - \text{humedad de los agregados}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 233.28 \text{ lt/m}^3$$

Cálculo de la relación agua - cemento efectiva

$$\left[\frac{R}{C} \right]_{\text{Efectiva}} = \frac{233.28}{600.00}$$

$$\left[\frac{R}{C} \right]_{\text{Efectiva}} = 0.389$$

Diseño final por m³ de Concreto

Material	Peso	Und
Cemento	600	kg/m ³
Ag. Fino	589	kg/m ³
Ag. Grueso	872	kg/m ³
Agua	233	lt/m ³

Dosificación

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1	0.98	1.45	16.50

$$\text{Dosificación: } 1 : 0.98 : 1.45 / 16.50$$

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.2.5. Diseño para un concreto patrón de $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ añadido con 10% de marmolina.

Tabla 38

Diseño de un Concreto Patrón 400 kg/cm^2 Añadido 10% de Marmolina.

Diseño de concreto $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ con 10% de marmolina por el Método del ACI 211.1

Determinamos la resistencia promedio requerida para el diseño

$$F'_{cr} = F'c + 84$$

$$F'_{cr} = 350 + 84$$

$$F'_{cr} = \mathbf{498 \quad Kg/cm^2}$$

Selección y determinación de Asentamiento

El tipo de estructura serán zapatas y muros de cimentaciones reforzadas , entonces se usara un asentamiento seca - plástica, es decir :

$$\text{Slump} = 3'' - 1''$$

Cálculo del aire atrapado

TMN del Agregado Grueso	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
4"	0.2

El tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso es de 1/2" entonces :

$$\text{Aire atrapado} = \mathbf{2.50\%}$$

Calculo de la cantidad de agua de mezclado

Asentamiento	Agua, en lt/m3, 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

$$\text{Slump} = 3'' - 1''$$

$$\text{TMN} = 1/2''$$

$$\text{Agua de mezclado} = 216 \text{ lt/m}^3$$

Calculo de relación agua - cemento (a/c)

f'_{cr} kg/cm ²	Relacion Agua/Cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	***
450	0.38	***

El valor de $f'_{cr} = 434 \text{ kg/cm}^2$

F'_{cr}	a/c
400	0.43
450	0.38
498	X

Interpolación:

$$X = 0.33$$

Relación agua - cemento:

$$\left[\frac{R}{C} \right] = 0.33$$

Cálculo de la cantidad del cemento estimado

$$\left[\frac{A}{C}\right] = 0.33 \rightarrow C = \frac{A}{0.33} \rightarrow C = \frac{216}{0.33} \rightarrow C = 654.55$$

Cemento= 720.00 kg/m³ (INCLUYE 10% DE MARMOLINA QUE ES 64.55 kg/cm³)

Cemento= 16.94 bolsas/m³

Cálculo de la cantidad de agregado grueso

T.M.N. DEL AGREGADO O GRUESO	Volumen del agregado grueso seco, compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diversos módulos de finiza del agregado fino (b/bo)			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
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

MF (Agregado Fino)= 2.72

TMN (Agregado Grueso)= 1/2"

2.6 0.57

2.72 X

2.8 0.55

Interpolación:

X= 0.558

Volumen del Agregado Grueso = 0.558

Peso Agregado Grueso = Vol. Agregado grueso X P.U.C

Peso Agregado Grueso = 857.43 kg/m³

Calculamos volúmenes absolutos de los agregados

Vol. Cemento= 0.240 m³

Vol. Agua= 0.216 m³

Vol. aire= 0.025 m³

Vol. Agregado grueso= 0.342 m³

Volumen Parcial= 0.823 m³

Calculamos volúmenes del agregado fino

Vol. Agregado fino = Vol. Parcial - 1m³

Vol. Agregado fino = 0.177 m³

Calculamos peso del agregado fino

Peso Agregado fino = Vol. Agregado fino X Peso Específico del Agr, fino X 1000

Peso Agregado fino = 473.64 kg/m³

Cuadro resumen de los pesos por m³ de concreto

Material	Peso	Und
Cemento	720.00	kg/m ³
Ag. Fino	473.64	kg/m ³
Ag. Grueso	857.43	kg/m ³
Agua	216	lt/m ³

Corrección por humedad relativa de los agregados

Peso Agregado (H) = P Ag(s) x [1 + (H%/100)]

P. Ag (s)= Peso del agregado seco

H[%] = Contenido de Humedad

Agregado fino = 480.98 kg/m³

Agregado grueso = 871.58 kg/m³

Corrección por absorción de agregados y agua efectiva

$$\text{Peso Agregado (Abs)} = P \text{ Ag(s)} \times [(\%H - \%Abs)]$$

P. Ag (s) = Peso del agregado seco
H[%] = Contenido de Humedad
Abs[%] = Absorción (%)

$$\begin{aligned} \text{Agregado fino (y)} &= 1.83 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agregado grueso (x)} &= -19.52 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Humedad de los agregados

$$\begin{aligned} \text{Humedad de agregados} &= \text{Ag. Fino (Abs)} + \text{Ag. Grueso (Abs)} \\ \text{Humedad de agregados} &= -17.70 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

Cálculo de agua neta efectiva

$$\begin{aligned} \text{Agua Efectiva} &= \text{Agua diseño} - \text{humedad de los agregados} \\ \text{Agua Efectiva} &= 233.70 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

Cálculo de la relación agua - cem4to efectiva

$$\left[R \frac{A}{C} \right] \text{Efectiva} = \frac{233.70}{720.00}$$

$$\left[R \frac{A}{C} \right] \text{Efectiva} = 0.324$$

Diseño final por m³ de Concreto

Material	Peso	Und
Cemento	720	kg/m ³
Ag. Fino	481	kg/m ³
Ag. Grueso	872	kg/m ³
Agua	234	lt/m ³

Dosificación

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
1	0.7	1.21	13.79

Dosificación: 1 : 0.7 : 1.21 / 13.79

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.3. Ensayos en el concreto estado fresco

3.5.3.1. Asentamiento o SLUMP.

-Norma:

* (NTP 339.035, 2009), CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

-Resultados:

Tabla 39

Resultados de los Ensayos de Asentamiento.

ASENTAMIENTO						
CONCRETO PATRÓN $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$						
TIPO DE CONCRETO	ENSAYOS					SLUMP MÁXIMO
	1 día	3 día	7 día	28 día	28 día	
PATRON NORMAL	3.8	4.0	3.6	3.5	3.6	4"
PATRON AÑADIDO	3.5	3.3	3.5	3.4	3.5	3.5"
CONCRETO PATRÓN $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$						
TIPO DE CONCRETO	ENSAYOS					SLUMP MÁXIMO
	1 día	3 día	7 día	28 día	28 día	
PATRON NORMAL	3.6	3.5	3.6	3.6	3.5	3.6"
PATRON AÑADIDO	3.3	3.2	3.4	3.2	3.3	3.4"

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.3.2. Peso Unitario en estado fresco.

-Norma:

* (NTP 339.046, 2008), CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (Método gravimétrico) del concreto.

-Resultados:

Tabla 40

Resultados de los Ensayos de Peso Unitario.

PESO UNITARIO CONCRETO EN ESTADO FRESCO					
TIPO DE CONCRETO	ENSAYOS			PROMEDIO	
	1	2	3		
CONCRETO PATRÓN $f'c= 350 \text{ kg/cm}^3$					
Peso molde (Kg)	10.00	9.98	9.97	10.00	
Peso del molde+ peso concreto fresco(kg)	22.72	22.87	22.80	22.81	
Peso del concreto fresco (kg)	12.72	12.89	12.83	12.81	
Volumen del molde (m^3)	0.01	0.01	0.01	0.01	
PESO UNITARIO CONCRETO (Kg/m^3)	2399.75	2433.00	2420.60	2417.79	2417.79
CONCRETO PATRÓN $f'c= 350 \text{ kg/cm}^3 + \text{MARMOLINA}$					
Peso molde (Kg)	10.02	9.99	9.97	10.02	
Peso del molde+ peso concreto fresco(kg)	22.79	22.89	22.82	22.86	
Peso del concreto fresco (kg)	12.77	12.90	12.86	12.84	
Volumen del molde (m^3)	0.01	0.01	0.01	0.01	
PESO UNITARIO CONCRETO (Kg/m^3)	2409.87	2433.68	2425.87	2423.14	2423.14
CONCRETO PATRÓN $f'c= 400 \text{ kg/cm}^3$					
Peso molde (Kg)	10.00	9.98	9.97	10.00	
Peso del molde+ peso concreto fresco(kg)	22.92	22.97	22.90	22.95	
Peso del concreto fresco (kg)	12.92	12.99	12.93	12.95	
Volumen del molde (m^3)	0.01	0.01	0.01	0.01	
PESO UNITARIO CONCRETO (Kg/m^3)	2437.62	2450.92	2439.75	2442.77	2442.77
CONCRETO PATRÓN $f'c= 400 \text{ kg/cm}^3 + \text{MARMOLINA}$					
Peso molde (Kg)	10.02	9.99	9.97	10.00	
Peso del molde+ peso concreto fresco(kg)	22.90	22.96	22.98	22.95	
Peso del concreto fresco (kg)	12.88	12.96	13.02	12.95	
Volumen del molde (m^3)	0.01	0.01	0.01	0.01	
PESO UNITARIO CONCRETO (Kg/m^3)	2430.62	2445.92	2456.00	2444.18	2444.18

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.3.3. Contenido de aire.

-Norma:

* (NTP 339.046, 2008), CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (Método gravimétrico) del concreto.

-Resultados:

Tabla 41

Resultados de Ensayos Contenido de Aire.

CONTENIDO DE AIRE					
CONCRETO PATRÓN $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$					
TIPO DE CONCRETO	ENSAYOS (%)				PROMEDIO
	1 día	3 día	7 día	28 día	
PATRON NORMAL	1.6	1.5	1.6	1.6	1.57
PATRON AÑADIDO	1.5	1.6	1.7	1.7	1.63

CONCRETO PATRÓN $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$					
TIPO DE CONCRETO	ENSAYOS (%)				PROMEDIO
	1 día	3 día	7 día	28 día	
PATRON NORMAL	1.5	1.5	1.5	1.5	1.50
PATRON AÑADIDO	1.5	1.5	1.4	1.5	1.47

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.3.4. Temperatura.

-Norma:

* (NTP 339.184, 2002), CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto.

-Resultados:

Tabla 42

Resultados del Ensayo de Temperatura.

Tipo de $f'c$	TEMPERATURA			
	1 día	3 días	7 día	28 día
350 kg/cm^2	21.5	23.1	23.3	22.1
350 kg/cm^2 + 10% Marmolina	22.4	21.8	22.2	21.2
400 kg/cm^2	22.6	23.8	23.7	22.2
400 kg/cm^2 + 10% Marmolina	23.7	22.5	23.1	23.4

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.4 Ensayos en el concreto endurecido

3.5.4.1. Resistencia a la compresión.

-Norma:

* (NTP 339.034, 2008), CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.

* (ACI 318-08, 2008), Requisitos de reglamento para concreto estructural. U.S.A.

* (ACI 211.1-91, 1997), Práctica estándar para seleccionar proporciones de concreto normal y en masa.

-Resultados:

a) Resistencia del concreto (kg/cm²) día 1:

Tabla 43

Resistencia de los Concretos al Día 1.

Resistencia a la Compresión del Concreto							
DÍA 1							
Concreto patrón f'c = 350 kg/cm ²				Concreto f'c = 350 kg/cm ² Adicionado			
Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)	Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)
CP-01	203.3			CAM-01	191.5		
CP-02	229.3			CAM-02	189.2		
CP-03	229.3			CAM-03	194.5		
CP-04	217.9			CAM-04	192.4		
CP-05	206.7			CAM-05	193.5		
CP-06	220.4	220.6	63.04%	CAM-06	191.8	191.8	54.81%
CP-07	221.7			CAM-07	191.2		
CP-08	213.5			CAM-08	190.3		
CP-09	228.5			CAM-09	192.6		
CP-10	227.4			CAM-10	192.2		
CP-11	229.1			CAM-11	191.1		
Concreto patrón f'c = 400 kg/cm ²				Concreto f'c = 400 kg/cm ² Adicionado			
Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)	Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)
CP-01	288.5			CAM-01	295.4		
CP-02	288.3			CAM-02	260.2		
CP-03	291.6			CAM-03	290.9		
CP-04	288.1			CAM-04	266.6		
CP-05	288.4			CAM-05	270.4		
CP-06	290.2	289.6	72.41%	CAM-06	273.6	277.9	69.48%
CP-07	291.4			CAM-07	272.9		
CP-08	288.3			CAM-08	280.8		
CP-09	289.3			CAM-09	279.6		
CP-10	290.7			CAM-10	293.7		
CP-11	291.1			CAM-11	272.8		

Fuente: *Elaboración Propia*

b) Resistencia del concreto (kg/cm²) día 3:

Tabla 44

Resistencia de los Concretos al Día 3.

Resistencia a la Compresión del Concreto							
DÍA 3							
Concreto patrón f'c = 350 kg/cm ²				Concreto f'c = 350 kg/cm ² Adicionado			
Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)	Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)
CP-01	273.2			CAM-01	245.3		
CP-02	271.4			CAM-02	249.1		
CP-03	271.9			CAM-03	243.2		
CP-04	280.0			CAM-04	274.8		
CP-05	281.4			CAM-05	281.7		
CP-06	271.4	274.6	78.46%	CAM-06	287.2	263.6	75.31%
CP-07	271.8			CAM-07	260.6		
CP-08	276.1			CAM-08	275.6		
CP-09	274.5			CAM-09	270.6		
CP-10	272.6			CAM-10	254.7		
CP-11	276.4			CAM-11	256.8		
Concreto patrón f'c = 400 kg/cm ²				Concreto f'c = 400 kg/cm ² Adicionado			
Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)	Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)
CP-01	409.9			CAM-01	354.7		
CP-02	399.9			CAM-02	356.7		
CP-03	411.8			CAM-03	353.9		
CP-04	400.8			CAM-04	355.8		
CP-05	410.2			CAM-05	356.3		
CP-06	400.6	404.2	101.05%	CAM-06	354.9	355.4	88.85%
CP-07	400.5			CAM-07	356.5		
CP-08	401.8			CAM-08	354.1		
CP-09	399.9			CAM-09	354.9		
CP-10	404.7			CAM-10	355.6		
CP-11	405.9			CAM-11	355.9		

Fuente: *Elaboración Propia*

c) Resistencia del concreto (kg/cm²) día 7:

Tabla 45

Resistencia de los Concretos al Día 7.

Resistencia a la Compresión del Concreto							
DÍA 7							
Concreto patrón f'c = 350 kg/cm ²				Concreto f'c = 350 kg/cm ² Adicionado			
Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)	Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)
CP-01	272.1			CAM-01	288.4		
CP-02	287.4			CAM-02	302.6		
CP-03	288.4			CAM-03	282.4		
CP-04	281.8			CAM-04	285.4		
CP-05	294.3			CAM-05	279.6		
CP-06	292.6	286.5	81.85%	CAM-06	290.7	287.7	82.21%
CP-07	286.9			CAM-07	282.3		
CP-08	287.1			CAM-08	285.6		
CP-09	283.2			CAM-09	300.2		
CP-10	287.2			CAM-10	288.1		
CP-11	290.1			CAM-11	279.8		
Concreto patrón f'c = 400 kg/cm ²				Concreto f'c = 400 kg/cm ² Adicionado			
Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)	Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)
CP-01	389.8			CAM-01	438.6		
CP-02	390.0			CAM-02	424.8		
CP-03	389.7			CAM-03	441.3		
CP-04	382.9			CAM-04	439.7		
CP-05	385.6			CAM-05	430.9		
CP-06	387.1	386.7	96.68%	CAM-06	427.5	435.1	108.78%
CP-07	383.6			CAM-07	425.4		
CP-08	386.9			CAM-08	440.1		
CP-09	386.2			CAM-09	439.2		
CP-10	385.7			CAM-10	437.5		
CP-11	386.6			CAM-11	441.1		

Fuente: *Elaboración Propia*

d) Resistencia del concreto (kg/cm²) día 28:

Tabla 46

Resistencia de los Concretos al Día 28.

Resistencia a la Compresión del Concreto							
DÍA 28							
Concreto patrón f'c = 350 kg/cm ²				Concreto f'c = 350 kg/cm ² Adicionado			
Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)	Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)
CP-01	381.4			CAM-01	368.8		
CP-02	359.8			CAM-02	351.7		
CP-03	363.9			CAM-03	377.7		
CP-04	373.2			CAM-04	363.1		
CP-05	357.1			CAM-05	398.1		
CP-06	369.6	362.4	103.54%	CAM-06	396.4	382.9	109.41%
CP-07	366.3			CAM-07	407.2		
CP-08	363.1			CAM-08	399.6		
CP-09	357.3			CAM-09	387.4		
CP-10	356.9			CAM-10	372.1		
CP-11	337.7			CAM-11	390.2		
Concreto patrón f'c = 400 kg/cm ²				Concreto f'c = 400 kg/cm ² Adicionado			
Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)	Código de testigo	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio	f'c alcanzado (%)
CP-01	415.9			CAM-01	432.1		
CP-02	409.4			CAM-02	441.3		
CP-03	422.0			CAM-03	443.3		
CP-04	389.2			CAM-04	446.5		
CP-05	406.8			CAM-05	438.6		
CP-06	412.6	414.336	103.58%	CAM-06	453.7	441.827	110.46%
CP-07	428.7			CAM-07	443.5		
CP-08	417.2			CAM-08	437.3		
CP-09	420.7			CAM-09	440.2		
CP-10	416.4			CAM-10	444.7		
CP-11	418.8			CAM-11	438.9		

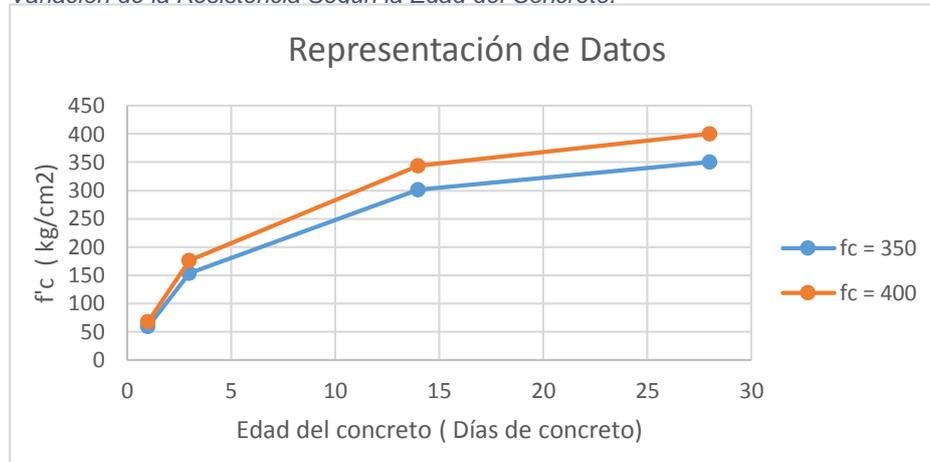
Fuente: *Elaboración Propia*

e) Representación de datos.

Se emplearán los formatos en representación de las variables a investigar, donde sus dimensiones estarán expresadas en las edades de concreto vs su resistencia a la compresión alcanzada.

Gráfico 7

Variación de la Resistencia Según la Edad del Concreto.

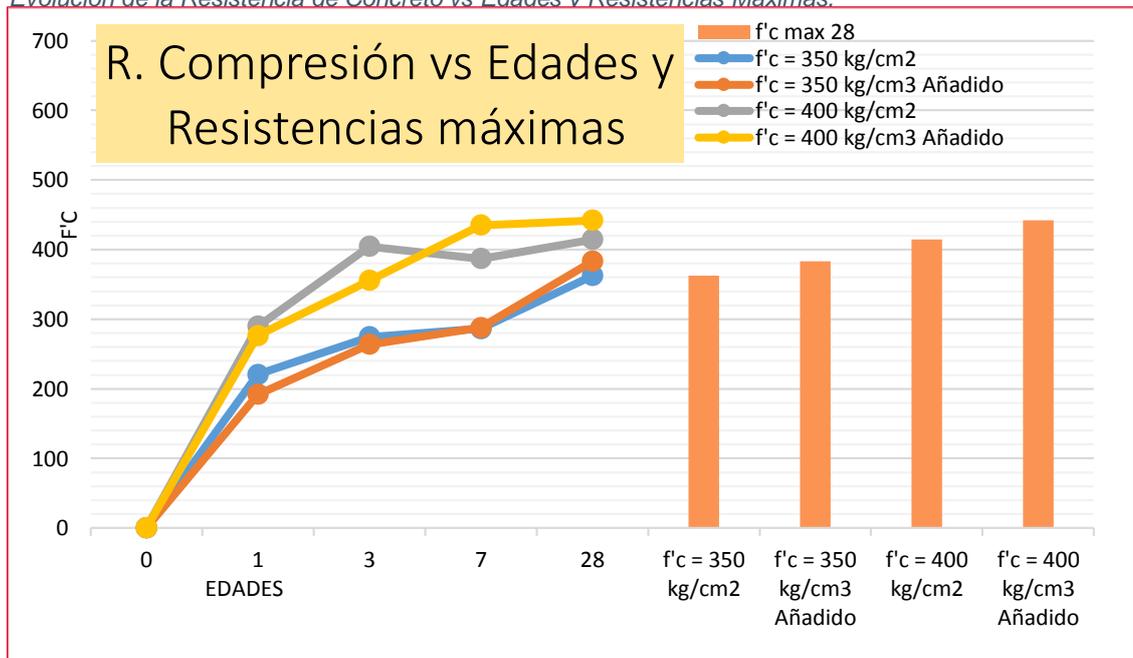


Fuente: Elaboración Propia

f) Evolución de la resistencia del concreto (kg/cm^2): resistencia vs edades y resistencias máximas:

Gráfico 8

Evolución de la Resistencia de Concreto vs Edades v Resistencias Máximas.



Fuente: Elaboración Propia

g) Criterios de aceptación de los resultados.

Las evaluaciones de los especímenes no necesariamente representan la resistencia del concreto para el elemento estructural que ellos representan. Estos especímenes son evaluados a los 28 días de curado en la prensa para ensayos de resistencia a la compresión. Los criterios se emplearán para el análisis de los resultados:

- Primer criterio: El promedio de resistencia alcanzada de dos especímenes consecutivos, debe ser superior a la resistencia requerida.
- Segundo Criterio: Ningún resultado de los especímenes sometidos al ensayo de resistencia está más de 35 kg/cm² por debajo de la resistencia requerida.
- Tercer Criterio: Ningún resultado de los especímenes sometidos al ensayo de resistencia debe ser menor que el 0.10f^{'c}, cuando el f^{'c} es mayor a 350kg/cm².

Tabla 47

Criterios de Evaluación y Aceptación de Resistencia a la Compresión del Concreto.

Criterios de Evaluación y Aceptación de Resistencia a la Compresión del Concreto								
Edad del concreto: 28 días								
Concreto	Código	Resistencia Requerida f ^{'c} (kg/cm ²)	Resistencia alcanzada (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	% resistencia alcanzada	Primer Criterio Según ACI 318	Segundo Criterio Según ACI 318	Tercer Criterio Según ACI 318
Patrón	CP-01	350	381.4	370.6	108.97	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	CP-02	350	359.8		102.80			
	CP-03	350	363.9	368.55	103.97	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	CP-04	350	373.2		106.63			
	CP-05	350	357.1	363.35	102.03	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	CP-06	350	369.6		105.60			
	CP-07	350	366.3	364.7	104.66	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	CP-08	350	363.1		103.74			
	CP-09	350	357.3	357.1	102.09	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	CP-10	350	356.9		101.97			
	CP-11	350	337.7	337.7	96.49	–	CUMPLE	CUMPLE
Añadido	CAM-01	350	368.8	360.25	105.37	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	CAM-02	350	351.7		100.49			

	CAM-03	350	377.7		107.91		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-04	350	363.1	370.4	103.74		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-05	350	398.1		113.74		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-06	350	396.4	397.25	113.26		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-07	350	407.2		116.34		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-08	350	399.6	403.4	114.17		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-09	350	387.4		110.69		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-10	350	372.1	379.75	106.31		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-11	350	390.2	390.2	111.49	–	CUMPLE	CUMPLE
	CP-01	400	415.9		103.98		CUMPLE	CUMPLE
	CP-02	400	409.4	412.65	102.35		CUMPLE	CUMPLE
	CP-03	400	422.0		105.50		CUMPLE	CUMPLE
	CP-04	400	389.2	405.6	97.30		CUMPLE	CUMPLE
	CP-05	400	406.8		101.70		CUMPLE	CUMPLE
Patrón	CP-06	400	412.6	409.7	103.15		CUMPLE	CUMPLE
	CP-07	400	428.7		107.18		CUMPLE	CUMPLE
	CP-08	400	417.2	422.95	104.30		CUMPLE	CUMPLE
	CP-09	400	420.7		105.18		CUMPLE	CUMPLE
	CP-10	400	416.4	418.55	104.10		CUMPLE	CUMPLE
	CP-11	400	418.8	418.8	104.70	–	CUMPLE	CUMPLE
	CAM-01	400	432.1		108.03		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-02	400	441.3	436.7	110.33		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-03	400	443.3		110.83		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-04	400	446.5	444.9	111.63		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-05	400	438.6		109.65		CUMPLE	CUMPLE
Añadido	CAM-06	400	453.7	446.15	113.43		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-07	400	443.5		110.88		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-08	400	437.3	440.4	109.33		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-09	400	440.2		110.05		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-10	400	444.7	442.45	111.18		CUMPLE	CUMPLE
	CAM-11	400	438.9	438.9	109.73	–	CUMPLE	CUMPLE

Fuente: *Elaboración Propia*

De acuerdo con los resultados, se considera satisfactorios los resultados.

3.5.5. Procesamiento y análisis de datos

3.5.5.1. Concreto en estado fresco.

Resumen de resultados en los ensayos de temperatura y peso unitario en concretos patrones y concretos añadidos.

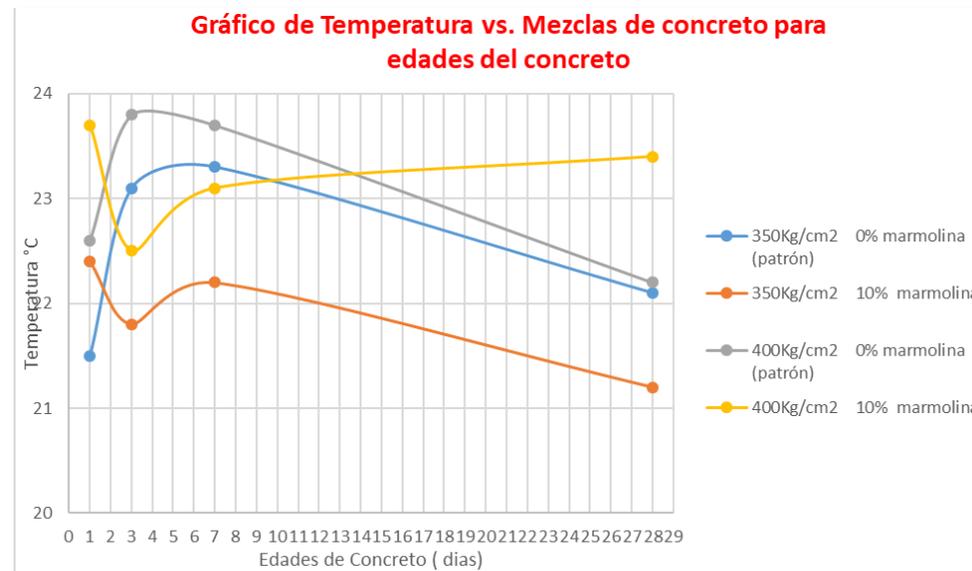
Tabla 48

Resumen de Resultados en Ensayos de Temperatura y Peso Unitario.

Edad	Cemento Portland Tipo ICo		Tipo de concreto (Kg/cm ²)
	Temperatura	γ Unitario	
1	21.5 °C	2.3998	350Kg/cm ² 0% marmolina (patrón)
3	23.1 °C	2.433	
7	23.3 °C	2.4206	
28	22.1 °C	2.4178	
1	22.4 °C	2.4099	350Kg/cm ² 10% marmolina
3	21.8 °C	2.4337	
7	22.2 °C	2.4259	
28	21.2 °C	2.4231	
1	22.6 °C	2.4376	400Kg/cm ² 0% marmolina (patrón)
3	23.8 °C	2.4509	
7	23.7 °C	2.4398	
28	22.2 °C	2.443	
1	23.7 °C	2.4306	400Kg/cm ² 10% marmolina
3	22.5 °C	2.4459	
7	23.1 °C	2.456	
28	23.4 °C	2.4442	

Gráfico 9

Temperatura vs Edades del Concreto.

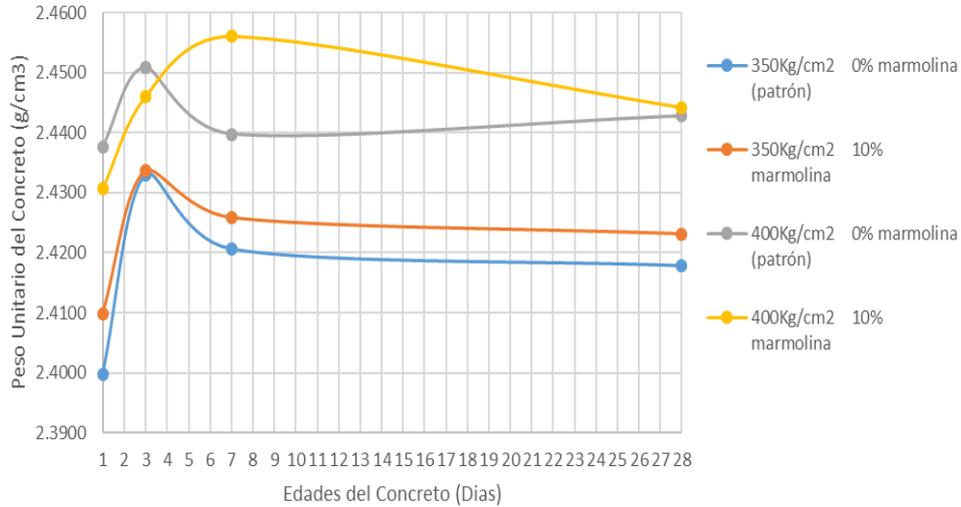


Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 10

Peso Unitario vs Edades del Concreto

Gráfico Peso Unitario vs. Mezclas de concreto para edades del concreto



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.1.1. Ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.

-Lectura Temperatura

Tabla 49

Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi - Xo) ²	((Xi - Xo) ²)*fi
1	21.50	21.86	1	1	21.68	21.68	470.02	-0.79	0.63	0.63
2	21.86	22.22	1	2	22.04	22.04	485.76	-0.43	0.19	0.19
3	22.22	22.58	1	3	22.40	22.40	501.76	-0.07	0.01	0.01
4	22.58	22.94	0	3	22.76	0.00	0.00	0.29	0.08	0.00
5	22.94	23.30	2	5	23.12	46.24	1069.07	0.65	0.42	0.84
			$\sum fi = n =$	5	$\sum f * y =$	112.36	2526.61	$\sum ((Xi - Xo)^2) * fi =$		1.66

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 50

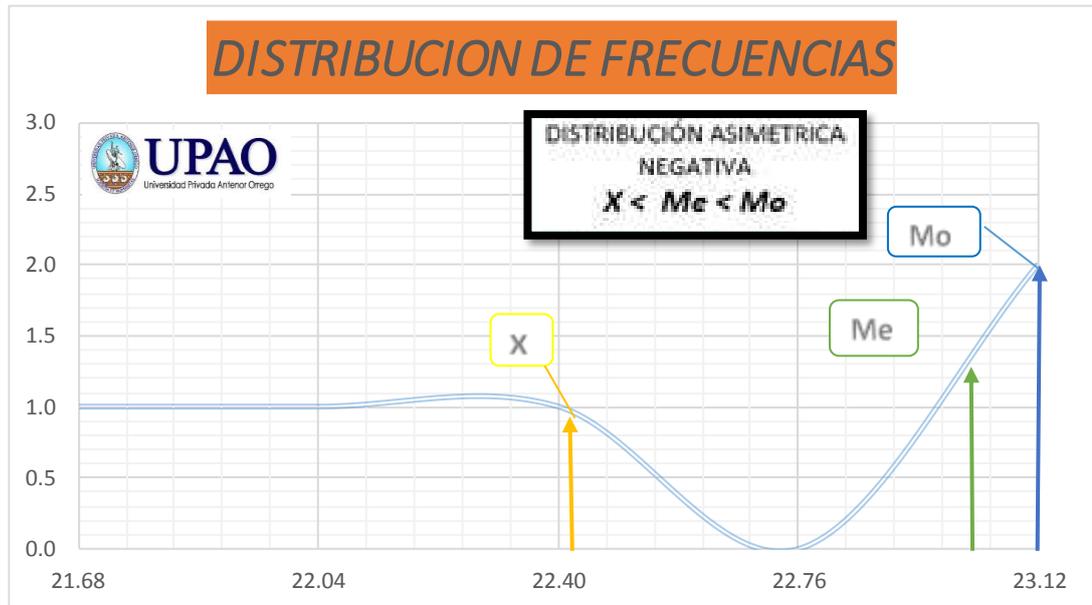
Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Temperatura ($f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$).

$\sum ((Xi - Xo)^2) * fi / (n - 1) = (S^2) =$	0.33	°C	= Varianza (S^2)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.58	°C	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	2.56	%	= Coef. Variación
$3(X - Me)/s = AS =$	-2.9062		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	0.50	°C	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	22.47	°C	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	23.03	°C	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	23.12	°C	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 11

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).



Fuente: Elaboración Propia

-Medición del Asentamiento o SLUM.

Tabla 51

Distribución de las Frecuencias en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).

K	Min	Max	f _i	F	X _i	X _i x f _i	f * y ²	(X _i - X _o)	(X _i - X _o) ²	((X _i - X _o) ²) * f _i
1	3.50	3.60	3	3	3.55	10.65	37.81	-0.12	0.01	0.04
2	3.60	3.70	0	3	3.65	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
3	3.70	3.80	1	4	3.75	3.75	14.06	0.08	0.01	0.01
4	3.80	3.90	0	4	3.85	0.00	0.00	0.18	0.03	0.00
5	3.90	4.00	1	5	3.95	3.95	15.60	0.28	0.08	0.08
			$\sum f_i = n = 5$		$\sum f_i y =$	18.35	67.47		$\sum ((X_i - X_o)^2) * f_i =$	0.13

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52

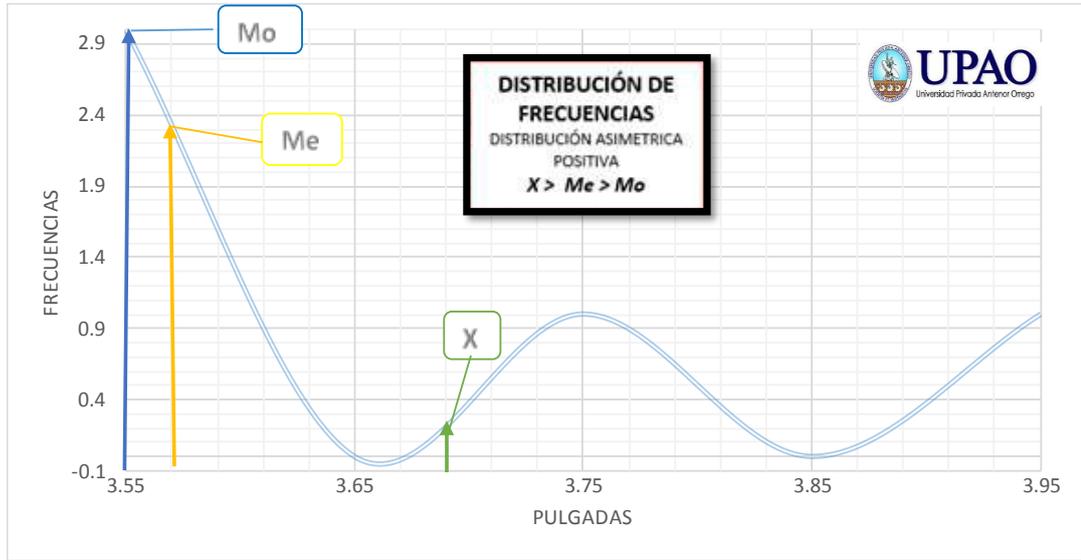
Medidas de Variación o Dispersión en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).

$\sum ((X_i - X_o)^2) * f_i / (n-1) = (S^2) =$	0.03	Pulgadas ^2	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	0.16	Pulgadas	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	4.36	%	= Coef. Variación
$3(X - Me) / s = AS =$	1.6250		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	2.50	Pulgadas	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	3.67	Pulgadas	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta f_i / f_i) * A =$	3.58	Pulgadas	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	3.55	Pulgadas	= Moda (Mo)

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 12

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Asentamiento ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).



Fuente: *Elaboración Propia*

-Medición del Peso Unitario.

Tabla 53 Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi - Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	2.400	2.407	1	1	2.403	2.40	5.78	-0.01	0.00	0.00
2	2.407	2.413	0	1	2.410	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
3	2.413	2.420	2	3	2.417	4.83	11.68	0.00	0.00	0.00
4	2.420	2.427	1	4	2.423	2.42	5.87	0.01	0.00	0.00
5	2.427	2.433	1	5	2.430	2.43	5.90	0.01	0.00	0.00
			$\sum fi = n =$	5	$\sum f*y =$	12.09	29.23	$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$		0.00

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 54

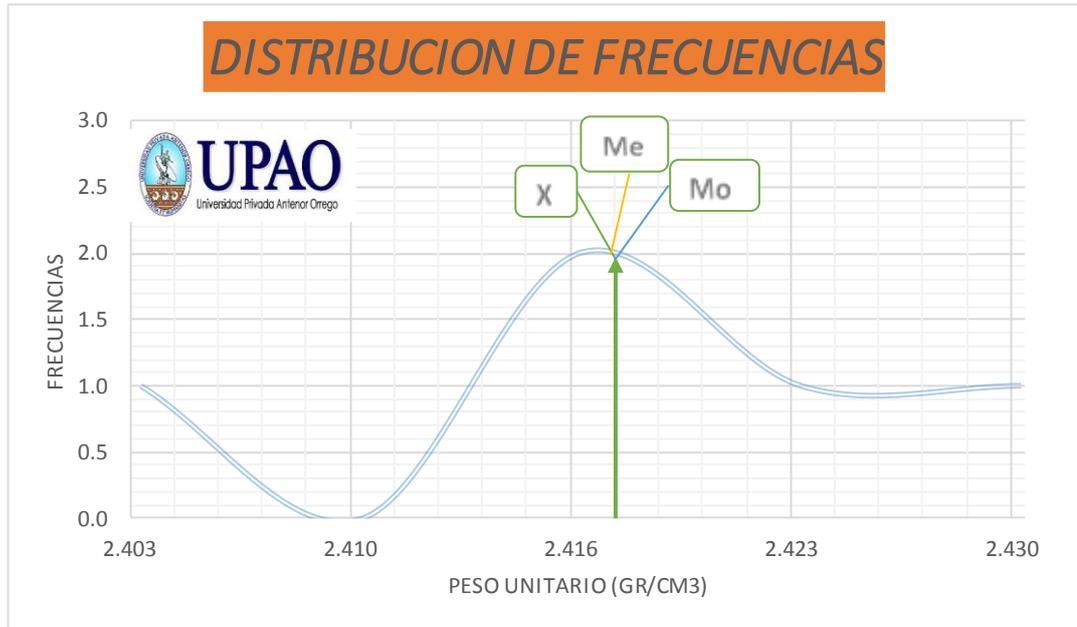
Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	0.00	(g/cm ³) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.01	g/cm ³	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	0.36	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.1131		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i - 1 =$ 1.50 g/cm ³			
$(\sum f * y)/n = (X) =$ 2.418 g/cm ³ =Media Aritmética(X)			
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$ 2.418 g/cm ³ = Mediana (Me)			
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$ 2.418 g/cm ³ = Moda (Mo)			

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 13

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.1.2. Ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto patrón $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10%. de marmolina.

-Lectura Temperatura

Tabla 55

Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

K	Min	Max	f i	F	Xi	Xi x f i	f * y^2	(Xi -Xo)	(Xi -Xo)^2	
1	21.20	21.44	1	1	21.32	21.32	454.54	-0.58	0.33	0.33
2	21.44	21.68	0	1	21.56	0.00	0.00	-0.34	0.11	0.00
3	21.68	21.92	2	3	21.80	43.60	950.48	-0.10	0.01	0.02
4	21.92	22.16	0	3	22.04	0.00	0.00	0.14	0.02	0.00
5	22.16	22.40	2	5	22.28	44.56	992.80	0.38	0.15	0.29
			$\sum f_i = n =$	5	$\sum f \cdot y =$	109.48	2397.82	$\sum((Xi -Xo)^2) \cdot f_i =$		0.65

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 56

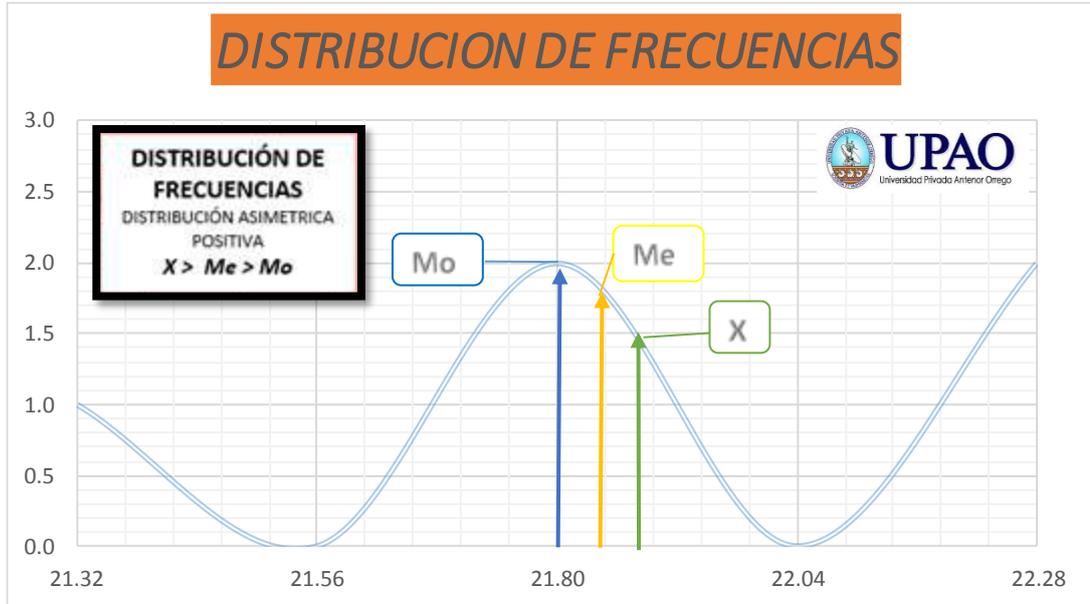
Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

$\sum((Xi -Xo)^2) \cdot f_i / (n-1) = (S^2) =$	0.13	°C ²	= Varianza (S^2)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.36	C	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	1.64	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.3007		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 \cdot n - F_{i-1} =$	1.50	°C	
$(\sum f \cdot y) / n = (X) =$	21.90	°C	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta f_i / f_i) \cdot A =$	21.86	°C	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2)) \cdot A =$	21.80	°C	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 14

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).



Fuente: *Elaboración Propia*

-Medición del Asentamiento o SLUM.

Tabla 57

Distribución de las Frecuencias en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

K	Min	Max	f _i	F	X _i	X _i x f _i	f * y ²	(X _i - X _o)	(X _i - X _o) ²	((X _i - X _o) ²) * f _i
1	3.30	3.34	1	1	3.32	3.32	11.02	-0.11	0.01	0.01
2	3.34	3.38	0	1	3.36	0.00	0.00	-0.07	0.01	0.00
3	3.38	3.42	1	2	3.40	3.40	11.56	-0.03	0.00	0.00
4	3.42	3.46	0	2	3.44	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
5	3.46	3.50	3	5	3.48	10.44	36.33	0.05	0.00	0.01
			$\sum f_i = n =$	5	$\sum f * y =$	17.16	58.91	$\sum ((X_i - X_o)^2) * f_i =$		0.02

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 58

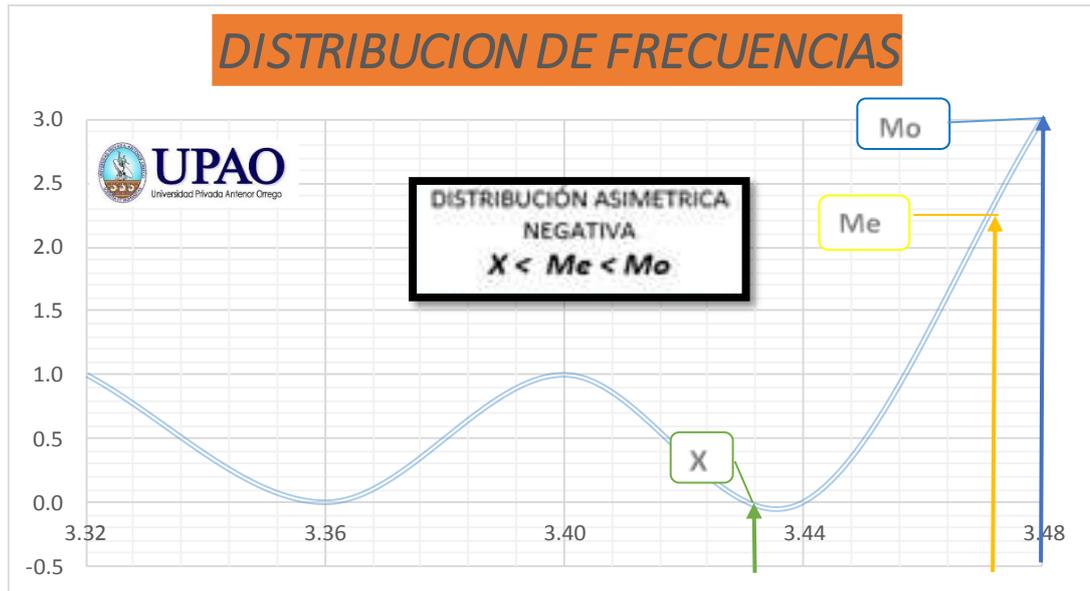
Medidas de Variación o Dispersión en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

$\sum ((X_i - X_o)^2) * f_i / (n-1) = (S^2) =$	0.00	Pulgadas ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	0.06	Pulgadas	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	1.86	%	= Coef. Variación
$3(X - Me) / s = AS =$	-1.6250		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50	Pulgadas	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	3.43	Pulgadas	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta f_i / f_i) * A =$	3.47	Pulgadas	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	3.48	Pulgadas	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 15

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Asentamiento ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).



Fuente: *Elaboración Propia*

-Medición del Peso Unitario.

Tabla 59

Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y^2	(Xi - Xo)	(Xi -Xo)^2	((Xi -Xo)^2)*fi
1	2.410	2.415	1	1	2.412	2.41	5.82	-0.01	0.00	0.00
2	2.415	2.420	0	1	2.417	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
3	2.420	2.424	2	3	2.422	4.84	11.73	0.00	0.00	0.00
4	2.424	2.429	1	4	2.427	2.43	5.89	0.00	0.00	0.00
5	2.429	2.434	1	5	2.432	2.43	5.91	0.01	0.00	0.00
			$\sum fi = n =$	5	$\sum f*y =$	12.11	29.35	$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$		0.00

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 60

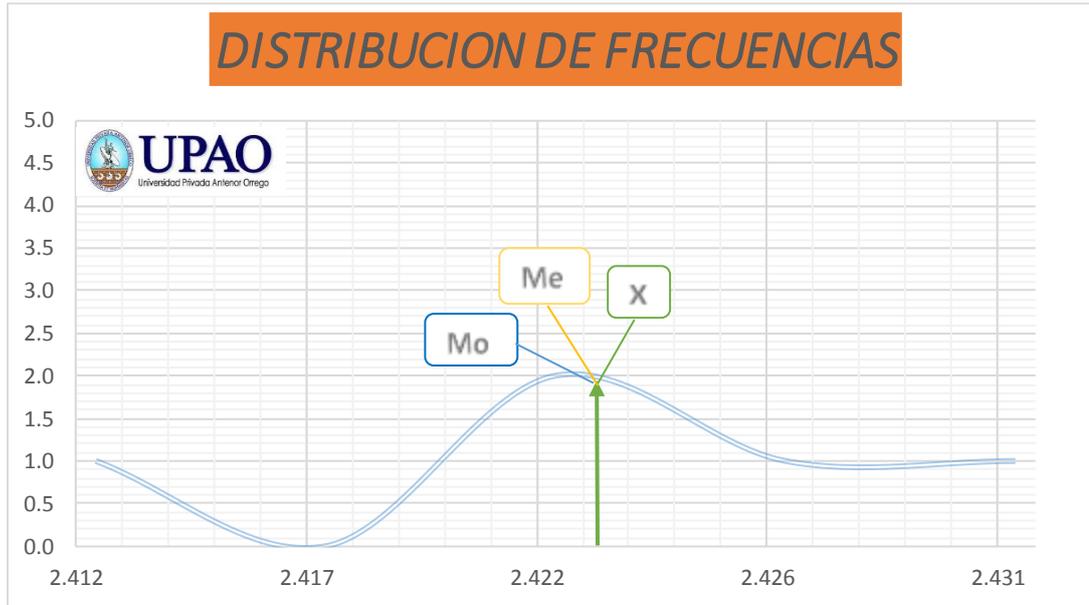
Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de marmolina).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	0.00	$(\text{g/cm}^3)^2$	= Varianza (S^2)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.01	g/cm^3	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	0.26	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.1131		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi - 1 =$	1.50	g/cm^3	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	2.423	g/cm^3	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	2.423	g/cm^3	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2)) * A =$	2.423	g/cm^3	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 16

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.1.3. Ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto patrón $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$.

Lectura Temperatura

Tabla 61

Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi -Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	22.20	22.52	1	1	22.36	22.36	499.97	-0.70	0.50	0.50
2	22.52	22.84	1	2	22.68	22.68	514.38	-0.38	0.15	0.15
3	22.84	23.16	1	3	23.00	23.00	529.00	-0.06	0.00	0.00
4	23.16	23.48	0	3	23.32	0.00	0.00	0.26	0.07	0.00
5	23.48	23.80	2	5	23.64	47.28	1117.70	0.58	0.33	0.66
			$\sum fi = n =$		$\sum f^*y =$	115.32	2661.05		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$	1.31

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 62

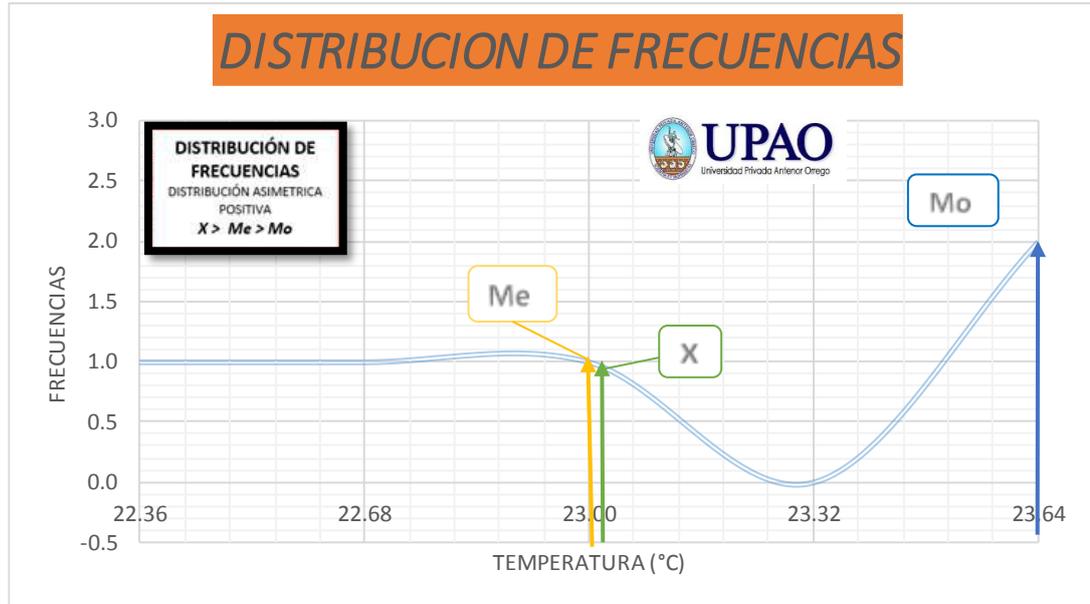
Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	0.26	°C ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.51	°C	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	2.22	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.3750		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi - 1 =$	0.50	°C	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	23.06	°C	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	23.00	°C	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2)) * A =$	23.64	°C	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 17

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).



Fuente: *Elaboración Propia*

-Medición del Asentamiento o SLUM.

Tabla 63

Distribución de las Frecuencias en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi - Xo) ²	((Xi - Xo) ²) * fi
1	3.50	3.52	2	2	3.51	7.02	24.64	-0.05	0.00	0.00
2	3.52	3.54	0	2	3.53	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00
3	3.54	3.56	0	2	3.55	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00
4	3.56	3.58	0	2	3.57	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
5	3.58	3.60	3	5	3.59	10.77	38.66	0.03	0.00	0.00
			$\sum fi = n =$		$\sum f * y =$	17.79	63.30	$\sum ((Xi - Xo)^2) * fi =$		0.01

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 64

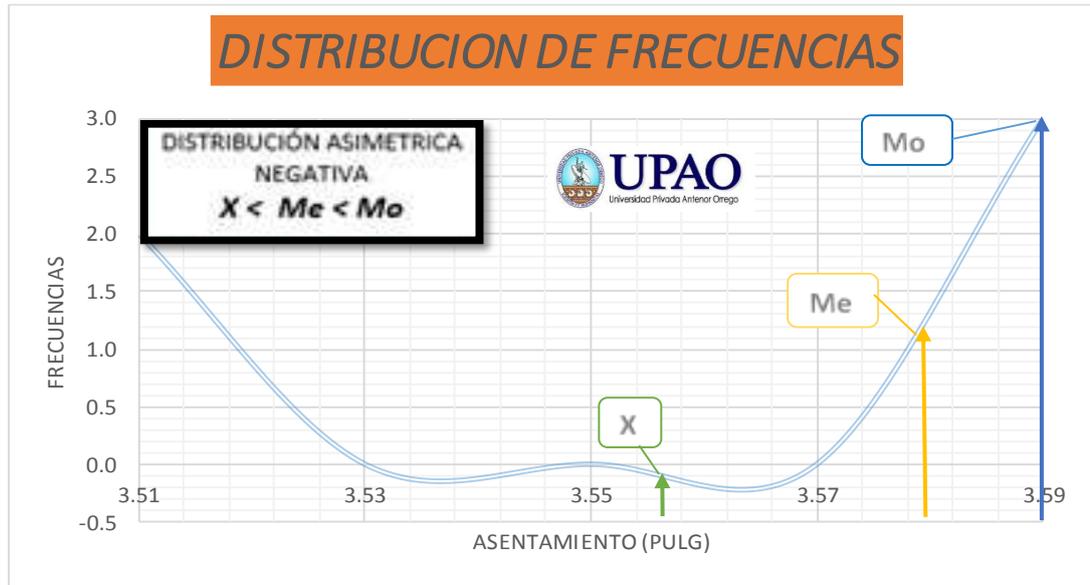
Medidas de Variación o Dispersión en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).

$\sum ((Xi - Xo)^2) * fi / (n - 1) = (S^2) =$	0.00	Pulgadas ²	= Varianza (S^2)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	0.04	Pulgadas	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	1.10	%	= Coef. Variación
$3(X - Me) / s = AS =$	-1.9392		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50	Pulgadas	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	3.56	Pulgadas	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	3.58	Pulgadas	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	3.59	Pulgadas	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 18

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Asentamiento ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).



Fuente: *Elaboración Propia*

-Medición del Peso Unitario.

Tabla 65

Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).

K	Min	Max	f _i	F	X _i	X _i x f _i	f * y ²	(X _i -X _o)	(X _i -X _o) ²	((X _i -X _o) ²)*f _i
1	2.438	2.440	2	2	2.439	4.88	11.90	-1.12	1.25	2.50
2	2.440	2.443	2	4	2.442	4.88	11.92	-1.12	1.25	2.49
3	2.443	2.446	0	4	2.444	0.00	0.00	-1.11	1.24	0.00
4	2.446	2.448	0	4	2.447	0.00	0.00	-1.11	1.23	0.00
5	2.448	2.451	1	5	2.450	2.45	6.00	-1.11	1.23	1.23
			$\sum f_i = n =$	5	$\sum f_i y =$	12.21	29.82	$\sum ((X_i - X_o)^2) * f_i =$		6.23

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 66

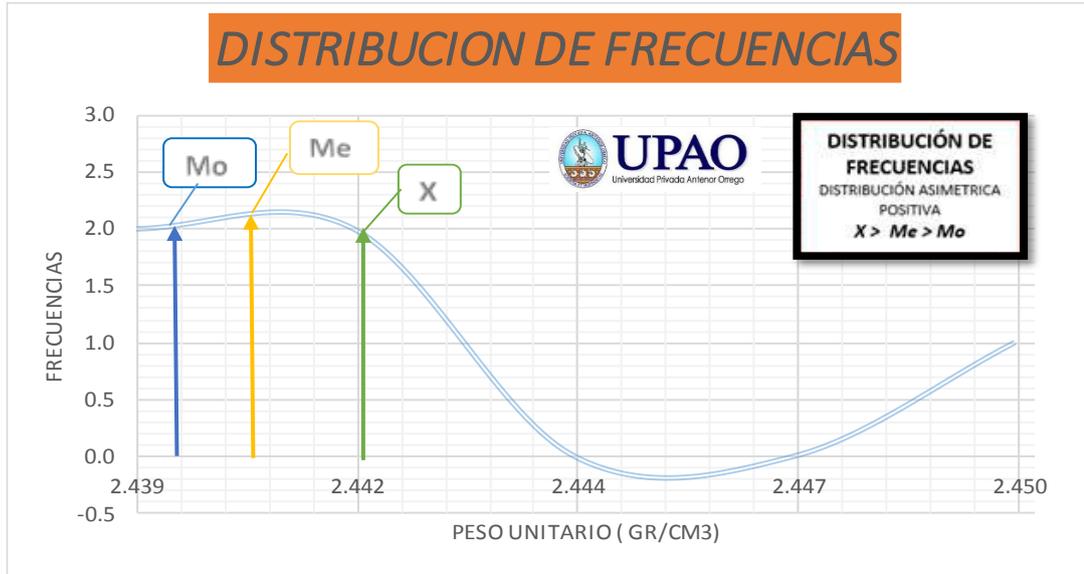
Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).

$\sum ((X_i - X_o)^2) * f_i / (n-1) = (S^2) =$	1.25	(g/cm ³) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	1.12	g/cm ³	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	45.69	%	= Coef. Variación
$3(X - Me) / s = AS =$	0.0033		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50	g/cm ³	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	2.442	g/cm ³	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta f_i / f_i) * A =$	2.441	g/cm ³	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	2.440	g/cm ³	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 19

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.1.4. Ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto patrón $f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ ñadido 10%. de marmolina.

-Lectura Temperatura

Tabla 67

Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de marmolina).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi -Xo)	(Xi -Xo) ²
1	22.50	22.74	1	1	22.62	22.62	511.66	-0.53	0.28
2	22.74	22.98	0	1	22.86	0.00	0.00	-0.29	0.08
3	22.98	23.22	2	3	23.10	46.20	1067.22	-0.05	0.00
4	23.22	23.46	1	4	23.34	23.34	544.76	0.19	0.04
5	23.46	23.70	1	5	23.58	23.58	556.02	0.43	0.19
			$\sum fi = n =$	5	$\sum f*y =$	115.74	2679.66	$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$	0.51

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 68

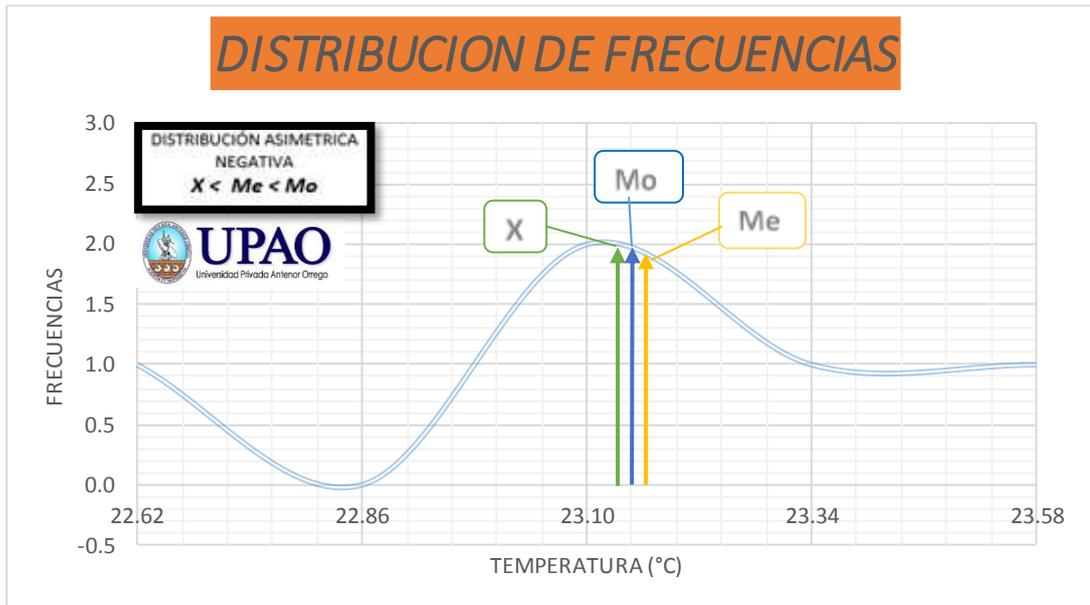
Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	0.10	°C ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.32	°C	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	1.38	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.1131		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi - 1 =$	1.50	°C	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	23.15	°C	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	23.16	°C	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2)) * A =$	23.14	°C	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 20

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Temperatura ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).



Fuente: *Elaboración Propia*

-Medición del Asentamiento o SLUM.

Tabla 69

Distribución de las Frecuencias en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	3.20	3.24	2	2	3.22	6.44	20.74	-0.06	0.00	0.01
2	3.24	3.28	0	2	3.26	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.00
3	3.28	3.32	2	4	3.30	6.60	21.78	0.02	0.00	0.00
4	3.32	3.36	0	4	3.34	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00
5	3.36	3.40	1	5	3.38	3.38	11.42	0.10	0.01	0.01
		$\sum fi = n$	5		$\sum f*y=$	16.42	53.94		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi=$	0.02

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 70

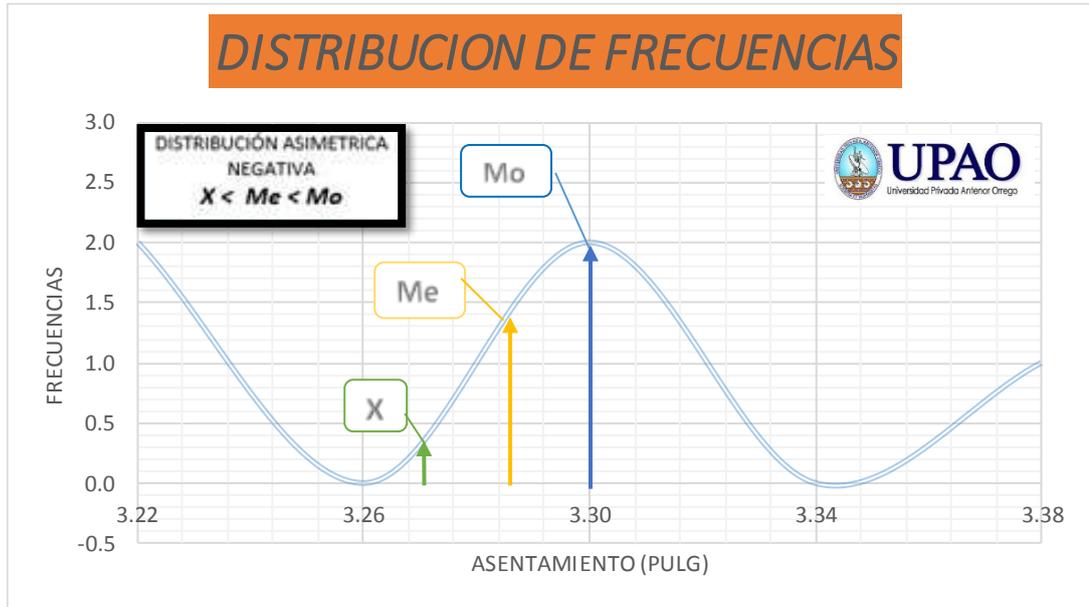
Medidas de Variación o Dispersión en Ensayo de Asentamiento ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	0.00	pulgadas ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S=$	0.06	pulgadas	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV=	1.82	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.3007		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi-1 =$	0.50	pulgadas	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	3.28	pulgadas	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	3.29	pulgadas	= Mediana (Me)
$Mo = Li +(d1/(d1+d2))*A=$	3.30	pulgadas	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 21

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Asentamiento ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).



Fuente: *Elaboración Propia*

-Medición del Peso Unitario.

Tabla 71

Distribución de las Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y^2	(Xi -Xo)	(Xi -Xo)^2	((Xi-Xo)^2)*fi
1	2.431	2.436	1	1	2.433	2.43	5.92	-0.85	0.72	0.72
2	2.436	2.441	0	1	2.438	0.00	0.00	-0.85	0.72	0.00
3	2.441	2.446	3	4	2.443	7.33	17.91	-0.84	0.71	2.12
4	2.446	2.451	0	4	2.448	0.00	0.00	-0.84	0.70	0.00
5	2.451	2.456	1	5	2.454	2.45	6.02	-0.83	0.69	0.69
			$\sum fi = n = 5$		$\sum Xi = 12.22$	$\sum f * y = 29.85$			$\sum ((Xi-Xo)^2) * fi = 3.53$	

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 72

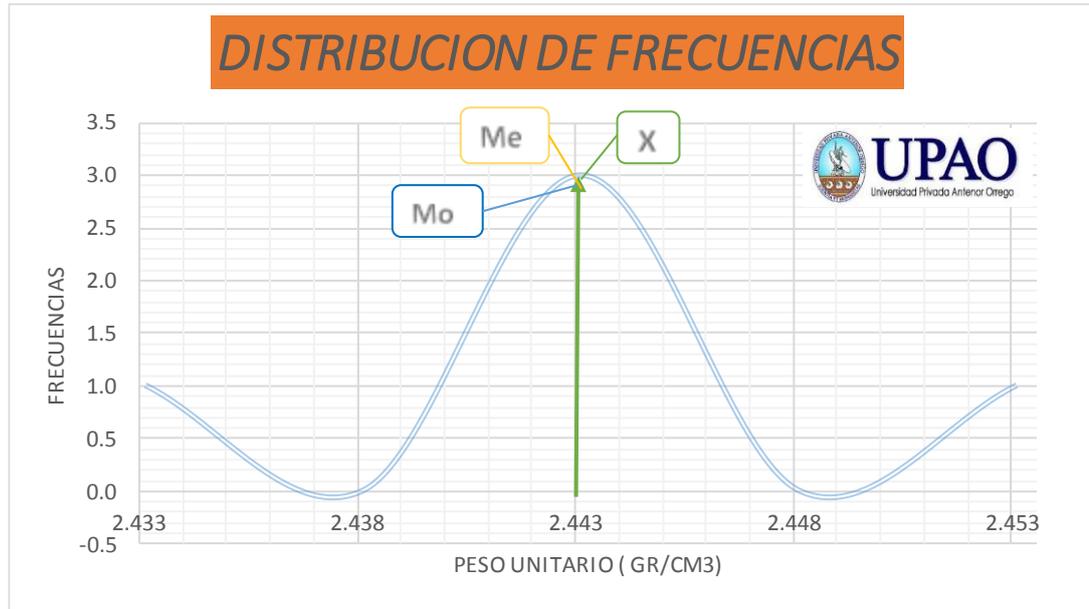
Medidas de Variación o Dispersión en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).

$\sum ((Xi-Xo)^2) * fi / (n-1) = (S^2) =$	0.71	$(\text{g/cm}^3)^2$	= Varianza (S^2)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.84	g/cm^3	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	34.41	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.0000		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	1.50	g/cm^3	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	2.443	g/cm^3	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	2.443	g/cm^3	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	2.443	g/cm^3	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 22

Distribución de Frecuencias en el Ensayo de Peso Unitario ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Marmolina).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2. Concreto en estado endurecido.

3.5.5.2.1. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ al día 1.

Tabla 73

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 1).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi -Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	203.30	208.50	2	2	205.90	411.80	84789.62	-13.71	187.94	375.88
2	208.50	213.70	1	3	211.10	211.10	44563.21	-8.51	72.40	72.40
3	213.70	218.90	1	4	216.30	216.30	46785.69	-3.31	10.95	10.95
4	218.90	224.10	2	6	221.50	443.00	98124.50	1.89	3.58	7.15
5	224.10	229.30	5	11	226.70	1133.50	256964.45	7.09	50.28	251.40
			$\sum fi = n =$	11		$\sum f * y =$	2415.70		$\sum ((Xi-Xo)^2) * fi =$	717.79

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 74

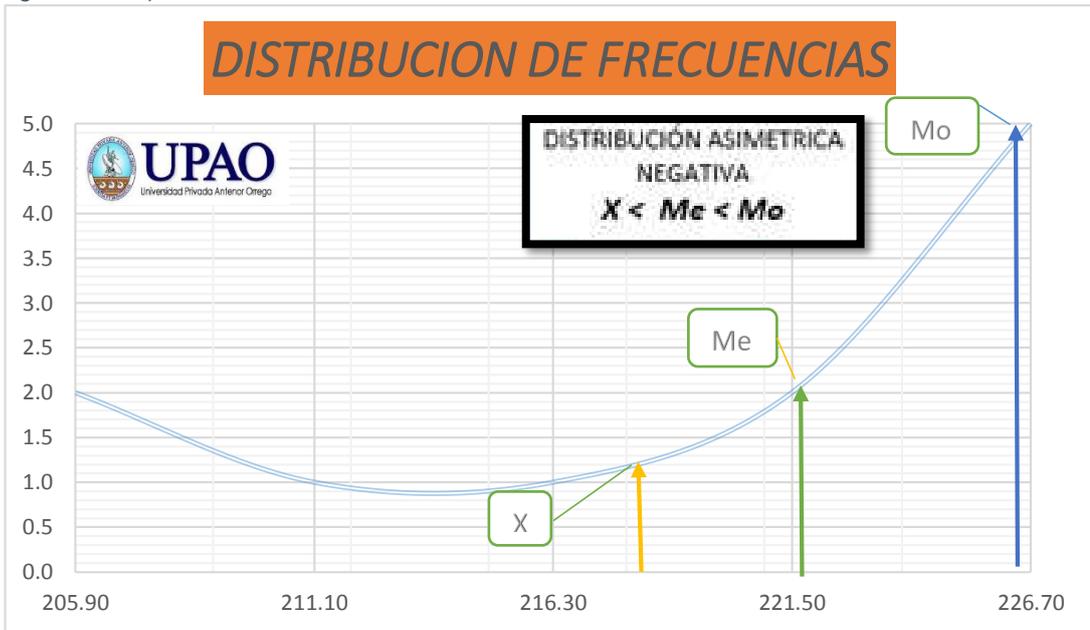
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ - día 1)

$\sum ((Xi-Xo)^2) * fi / (n-1) = (S^2) =$	65.25	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	8.08	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	3.68	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-1.1850		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	1.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	219.61	Kg/cm ²	= Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	222.80	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	226.05	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 23

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm²- día 1).



Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.2.2. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 350$ kg/cm² al día 3.

Tabla 75

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350$ kg/cm²- día 3).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi -Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	271.40	273.40	6	6	272.40	1634.40	445210.56	-2.36	5.59	33.52
2	273.40	275.40	1	7	274.40	274.40	75295.36	-0.36	0.13	0.13
3	275.40	277.40	2	9	276.40	552.80	152793.92	1.64	2.68	5.36
4	277.40	279.40	0	9	278.40	0.00	0.00	3.64	13.22	0.00
5	279.40	281.40	2	11	280.40	560.80	157248.32	5.64	31.77	63.54
			$\sum fi = n = 11$		$\sum f*y =$	3022.40	830548.16		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$	102.55

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 76

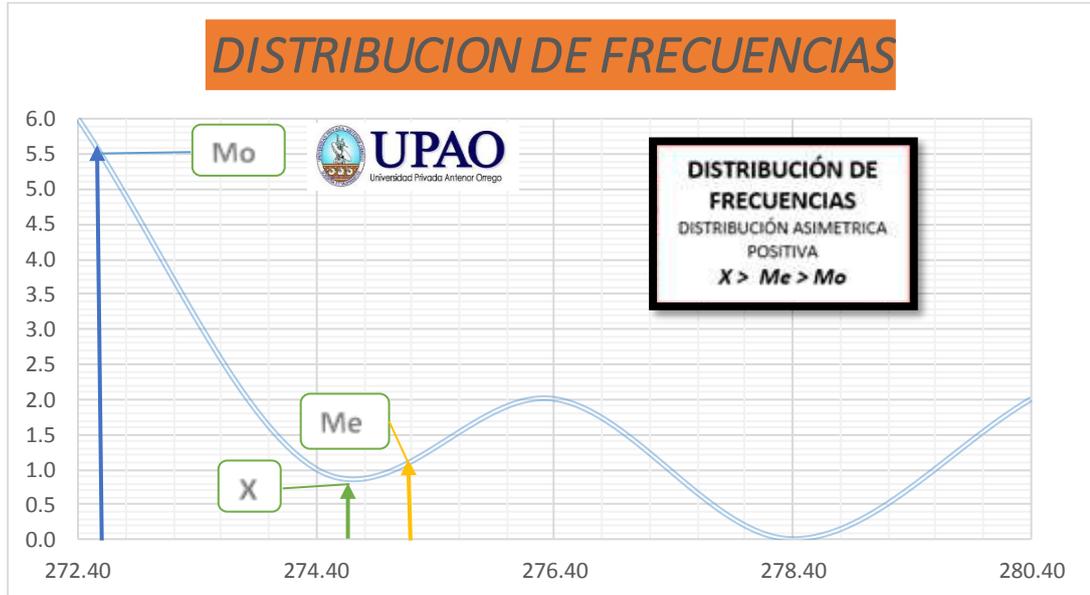
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm²- día 3).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	9.32	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	3.05	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	1.11	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	1.5036		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi - 1 =$	5.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	274.76	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) \times A =$	273.23	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2)) * A =$	272.49	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 24

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm²- día 3).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.3. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 350$ kg/cm² al día 7.

Tabla 77

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350$ kg/cm²- día 7).

K	Min	Max	f _i	F	X _i	X _i x f _i	f * y ²	(X _i -X _o)	(X _i -X _o) ²	((X _i -X _o) ²)*f _i
1	272.10	276.54	1	1	274.32	274.32	75251.46	-12.51	156.57	156.57
2	276.54	280.98	0	1	278.76	0.00	0.00	-8.07	65.17	0.00
3	280.98	285.42	2	3	283.20	566.40	160404.48	-3.63	13.20	26.39
4	285.42	289.86	5	8	287.64	1438.20	413683.85	0.81	0.65	3.26
5	289.86	294.30	3	11	292.08	876.24	255932.18	5.25	27.53	82.60
			$\sum f_i = n = 11$		$\sum f \cdot y =$	3155.16	905271.97		$\sum ((X_i - X_o)^2) \cdot f_i =$	268.82

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 78

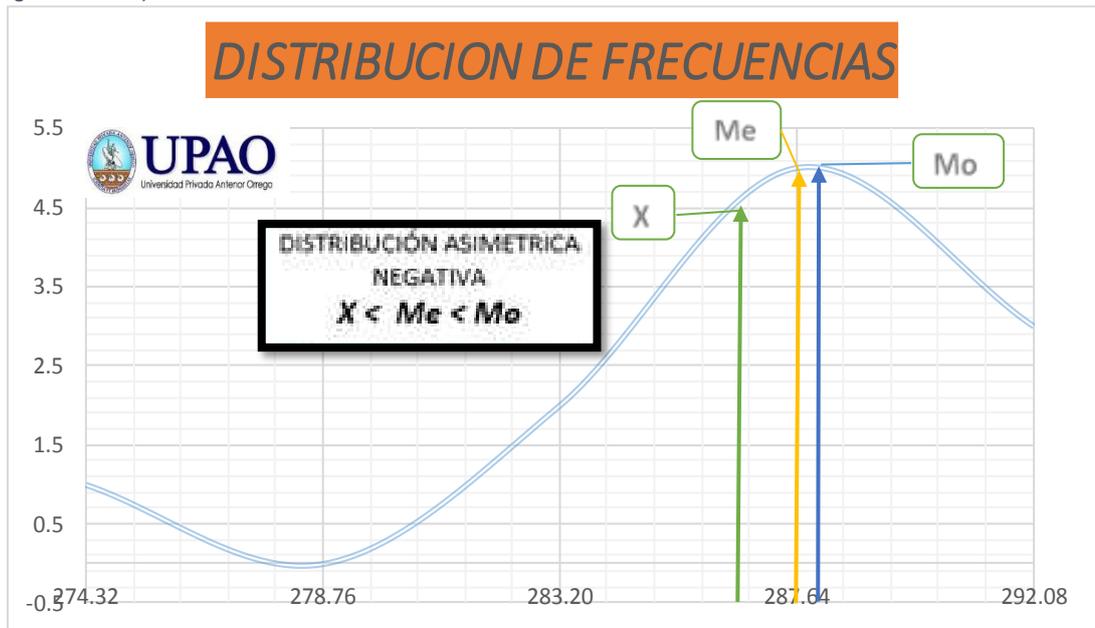
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm²- día 7).

$\sum ((X_i - X_o)^2) \cdot f_i / (n-1) = (S^2) =$	24.44	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	4.94	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	1.72	%	= Coef. Variación
$3(X - Me) / s = AS =$	-0.4899		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 \cdot n - F_{i-1} =$	2.50	Kg/cm ²	
$(\sum f \cdot y) / n = (X) =$	286.83	Kg/cm ²	= Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta f_i / f_i) \times A =$	287.64	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) \cdot A =$	288.08	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 25

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm²- día 7).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.4. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 350$ kg/cm² al día 28.

Tabla 79

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350$ kg/cm²- día 28).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	337.70	346.44	1	1	342.07	342.07	117011.88	-20.66	426.76	426.76
2	346.44	355.18	0	1	350.81	0.00	0.00	-11.92	142.04	0.00
3	355.18	363.92	6	7	359.55	2157.30	775657.22	-3.18	10.10	60.61
4	363.92	372.66	2	9	368.29	736.58	271275.05	5.56	30.93	61.87
5	372.66	381.40	2	11	377.03	754.06	284303.24	14.30	204.54	409.08
			$\sum fi = n$							
			= 11		$\sum f*y=$	3990.01	1448247.39		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi=$	958.32

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 80

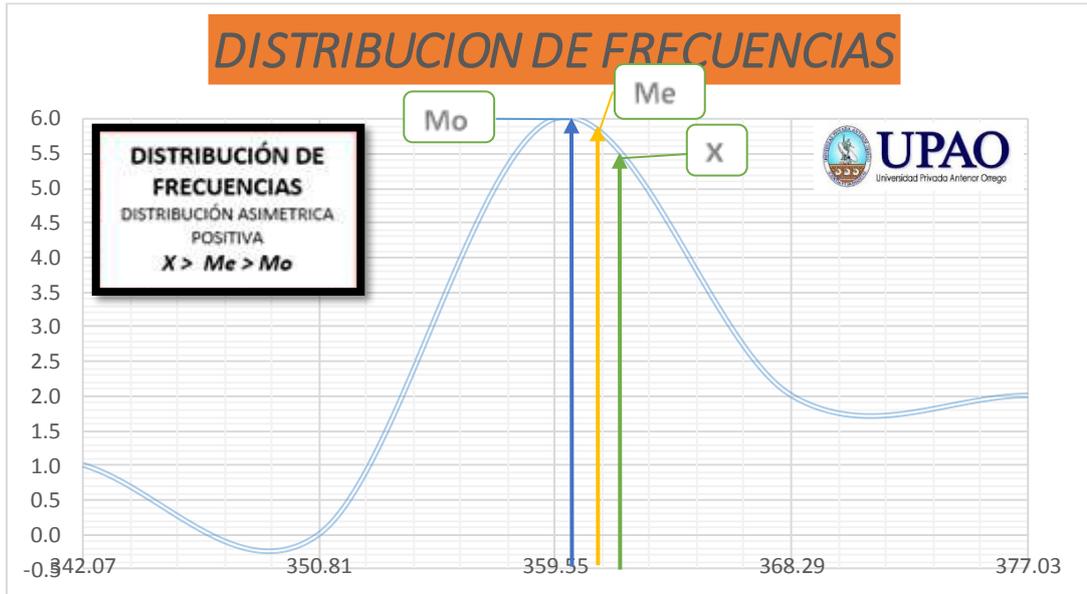
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm²- día 28)

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	87.12	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S=$	9.33	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV=	2.57	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.3192		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i-1 =$	4.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	362.73	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	361.74	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo =Li +(d1/(d1+d2))*A=$	360.42	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráfico 26

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm²- día 28).



Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.2.5. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 350$ kg/cm² adicionado 10% de marmolina al día 1.

Tabla 81

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina - día 1).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	189.20	190.26	1	1	189.73	189.73	35997.47	-2.22	4.91	4.91
2	190.26	191.32	3	4	190.79	572.37	109202.47	-1.16	1.34	4.01
3	191.32	192.38	3	7	191.85	575.55	110419.27	-0.10	0.01	0.03
4	192.38	193.44	2	9	192.91	385.82	74428.54	0.96	0.93	1.86
5	193.44	194.50	2	11	193.97	387.94	75248.72	2.02	4.10	8.19
		$\sum fi = n$	11		$\sum Xi =$	2111.41	405296.47		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi=$	19.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 82

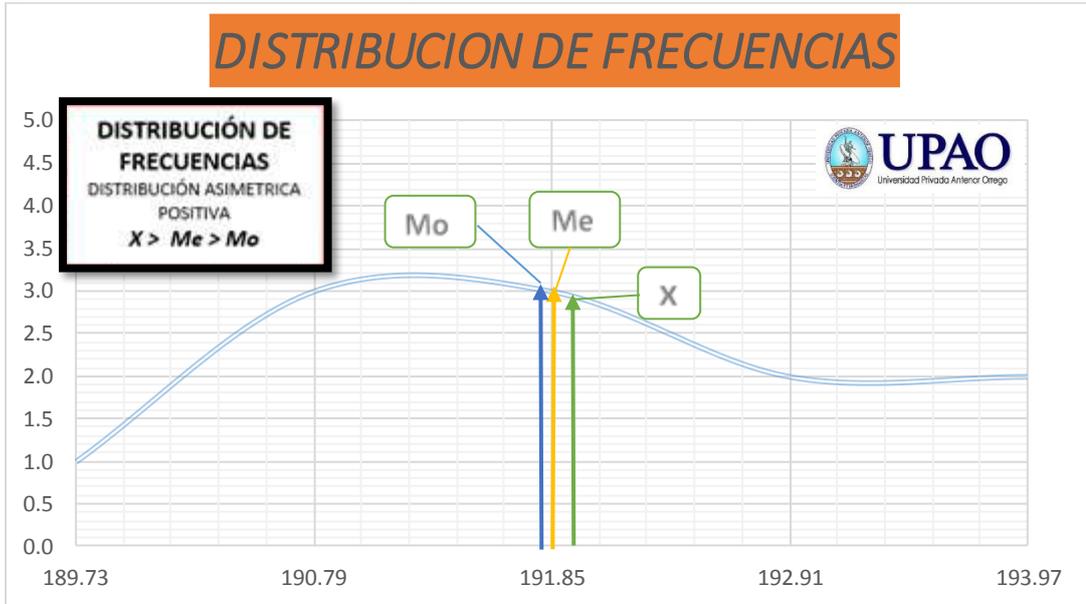
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 1).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	1.73	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	1.31	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV=	0.68	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.2200		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i-1 =$	1.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	191.95	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	191.85	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li +(d1/(d1+d2))*A =$	191.32	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 27

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 1).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.6. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 350$ kg/cm² adicionado 10% de marmolina al día 3.

Tabla 83

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina - día 3).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi -Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	243.20	252.00	3	3	247.60	742.80	183917.28	-16.00	256.00	768.00
2	252.00	260.80	3	6	256.40	769.20	197222.88	-7.20	51.84	155.52
3	260.80	269.60	0	6	265.20	0.00	0.00	1.60	2.56	0.00
4	269.60	278.40	3	9	274.00	822.00	225228.00	10.40	108.16	324.48
5	278.40	287.20	2	11	282.80	565.60	159951.68	19.20	368.64	737.28
			$\sum fi = n =$	11	$\sum f*y =$	2899.60	766319.84		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$	1985.28

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 84

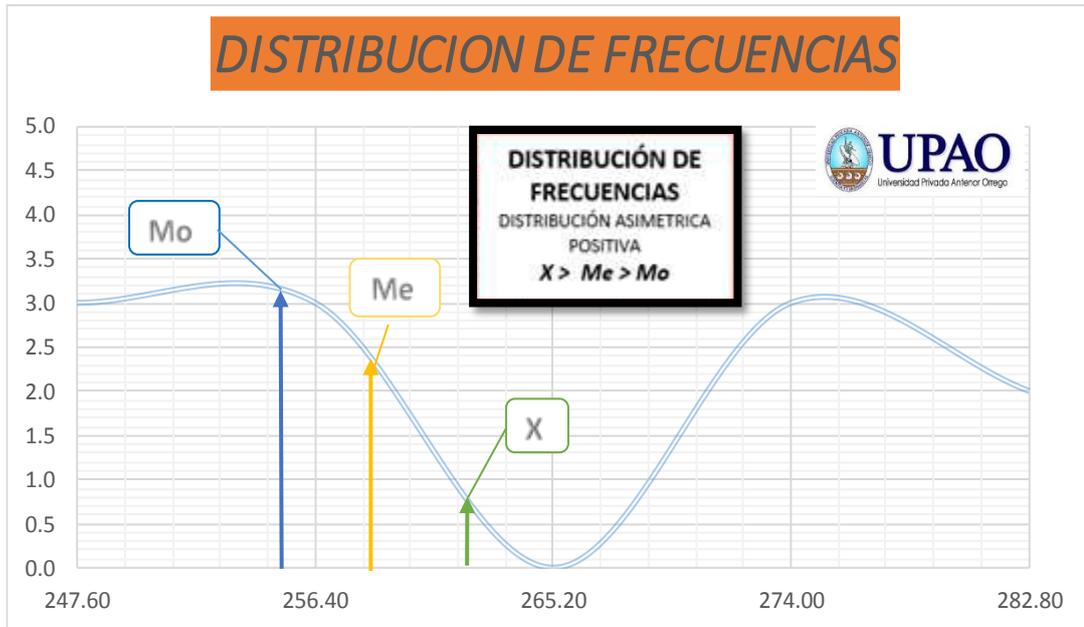
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 3).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	180.48	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	13.43	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	5.10	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.9528		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F_{i-1} =$	2.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	263.60	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	259.33	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$	252.00	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 28

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 3).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.7. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 350$ kg/cm² adicionado 10% de marmolina al día 7.

Tabla 85

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina - día 7).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	279.60	284.20	4	4	281.90	1127.60	317870.44	-5.85	34.28	137.10
2	284.20	288.80	4	8	286.50	1146.00	328329.00	-1.25	1.57	6.30
3	288.80	293.40	1	9	291.10	291.10	84739.21	3.35	11.19	11.19
4	293.40	298.00	0	9	295.70	0.00	0.00	7.95	63.13	0.00
5	298.00	302.60	2	11	300.30	600.60	180360.18	12.55	157.39	314.78
			$\sum fi = n = 11$		$\sum f*y =$	3165.30	911298.83		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$	469.37

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 86

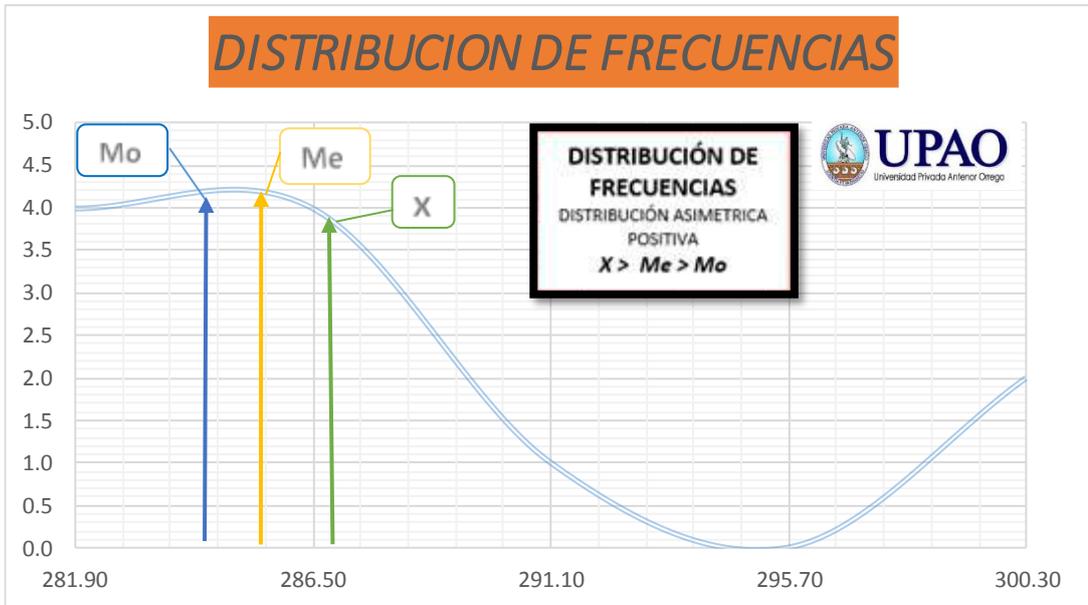
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 7).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	42.67	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	6.53	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	2.27	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.8402		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi - 1 =$	1.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	287.75	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) \times A =$	285.93	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$	284.20	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 29

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 7).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.8. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 350$ kg/cm² adicionado 10% de marmolina al día 28.

Tabla 87

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 28).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi- Xo) ²)*fi
1	351.70	362.80	1	1	357.25	357.25	127627.56	-27.25	742.31	742.31
2	362.80	373.90	3	4	368.35	1105.05	407045.17	-16.15	260.68	782.03
3	373.90	385.00	1	5	379.45	379.45	143982.30	-5.05	25.46	25.46
4	385.00	396.10	2	7	390.55	781.10	305058.61	6.05	36.66	73.32
5	396.10	407.20	4	11	401.65	1606.60	645290.89	17.15	294.28	1177.11
			$\sum fi = n=$	11		$\sum f*y=$	4229.45		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi=$	2800.23

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 88

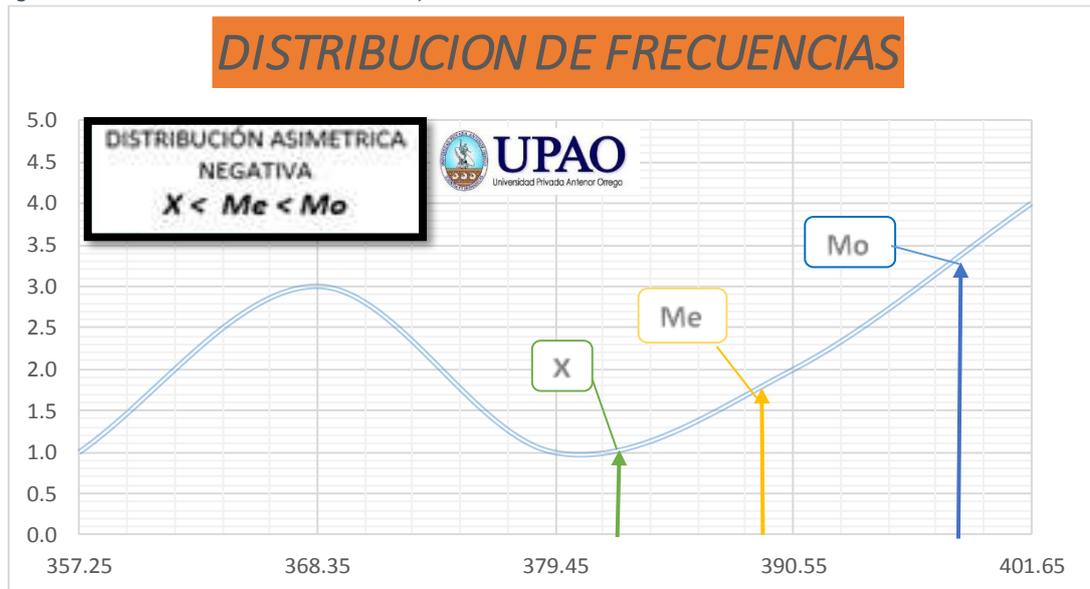
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 28).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	254.57	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S=$	15.96	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV=	4.15	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.6166		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i-1 =$	0.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	384.50	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) \times A =$	387.78	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo =Li +(d1/(d1+d2))*A=$	399.80	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 30

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 350$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 28).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.9. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 400$ kg/cm² al día 1.

Tabla 89

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 400$ kg/cm²- día 1).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi -Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	288.10	288.80	5	5	288.45	1442.25	416017.01	-1.02	1.04	5.18
2	288.80	289.50	1	6	289.15	289.15	83607.72	-0.32	0.10	0.10
3	289.50	290.20	1	7	289.85	289.85	84013.02	0.38	0.15	0.15
4	290.20	290.90	3	10	290.55	871.65	253257.91	1.08	1.17	3.51
5	290.90	291.60	1	11	291.25	291.25	84826.56	1.78	3.17	3.17
			$\sum fi = n =$	11	$\sum f*y =$	3184.15	921722.23		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$	12.12

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 90

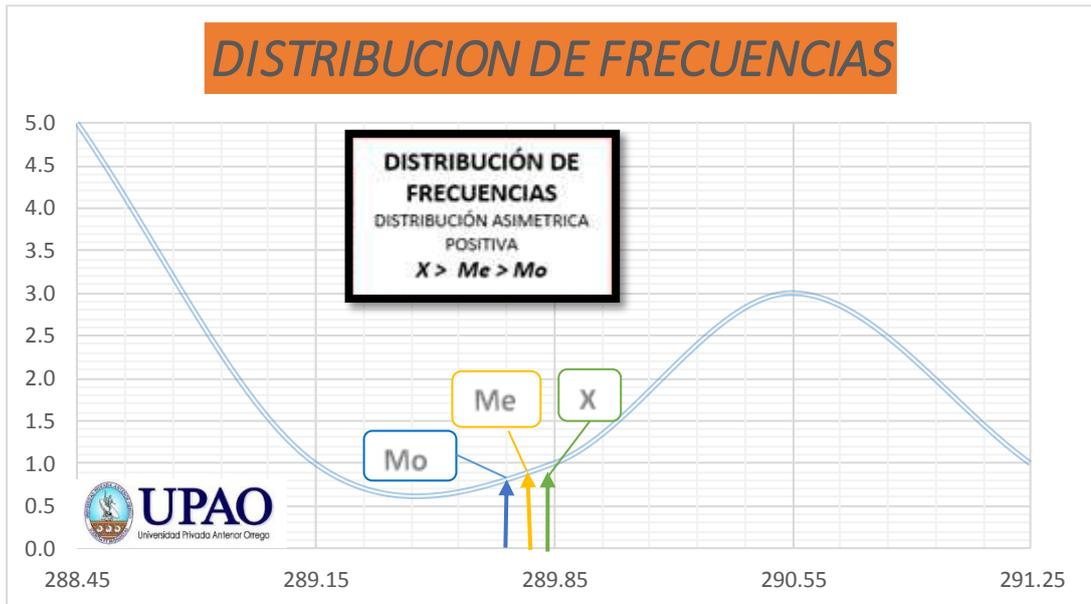
Medidas de variación o dispersión de los ensayos a compresión de probetas de concreto ($f'c= 400$ kg/cm² - día 1).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	1.10	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	1.05	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	0.36	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.9095		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i-1 =$	0.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	289.47	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	289.15	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$	288.68	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 31

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm²- día 1).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.10. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 400$ kg/cm² al día 3.

Tabla 91

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 400$ kg/cm²- día 3).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi -Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	399.90	402.28	6	6	401.09	2406.54	965239.13	-3.46	11.98	71.91
2	402.28	404.66	0	6	403.47	0.00	0.00	-1.08	1.17	0.00
3	404.66	407.04	2	8	405.85	811.70	329428.45	1.30	1.69	3.37
4	407.04	409.42	0	8	408.23	0.00	0.00	3.68	13.53	0.00
5	409.42	411.80	3	11	410.61	1231.83	505801.72	6.06	36.70	110.10
			$\sum fi = n =$	11	$\sum f*y =$	4450.07	1800469.29	$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$		185.38

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 92

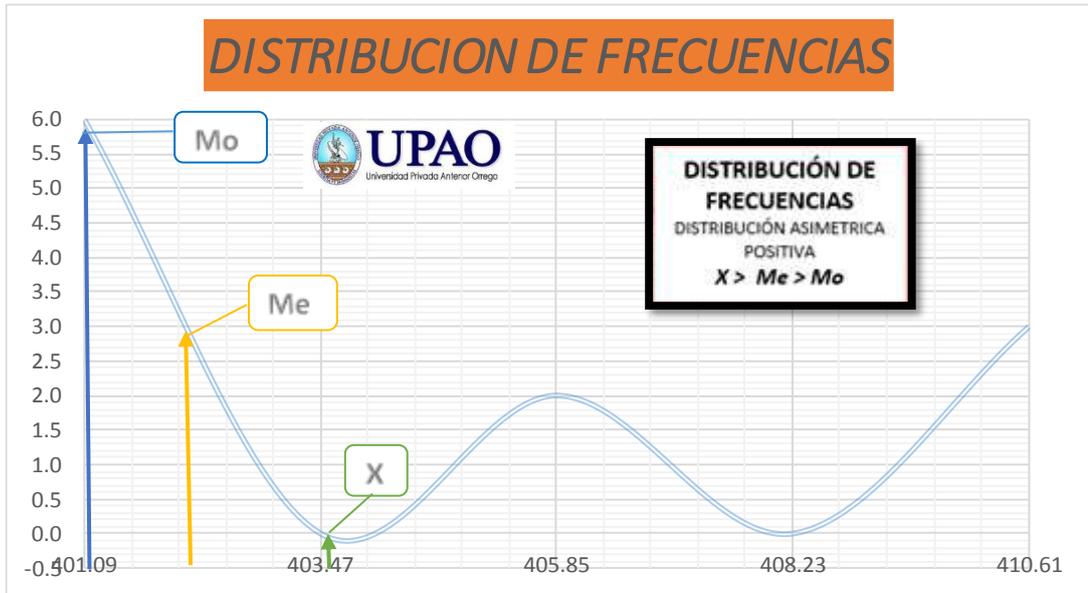
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² - día 3).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	16.85	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	4.11	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	1.01	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	1.8051		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi - 1 =$	5.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	404.55	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	402.08	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$	401.09	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 32

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm²- día 3).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.11. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 400$ kg/cm² al día 7.

Tabla 93

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 400$ kg/cm²- día 7).

K	Min	Max	f _i	F	X _i	X _i x f _i	f * y ²	(X _i - X _o)	(X _i - X _o) ²	((X _i - X _o) ²)*f _i
1	382.90	384.32	2	2	383.61	767.22	294313.26	-2.84	8.07	16.13
2	384.32	385.74	2	4	385.03	770.06	296496.20	-1.42	2.02	4.03
3	385.74	387.16	4	8	386.45	1545.80	597374.41	0.00	0.00	0.00
4	387.16	388.58	0	8	387.87	0.00	0.00	1.42	2.02	0.00
5	388.58	390.00	3	11	389.29	1167.87	454640.11	2.84	8.07	24.20
			$\sum f_i = n =$	11	$\sum f*y =$	4250.95	1642823.99	$\sum((X_i - X_o)^2)*f_i =$		44.36

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 94

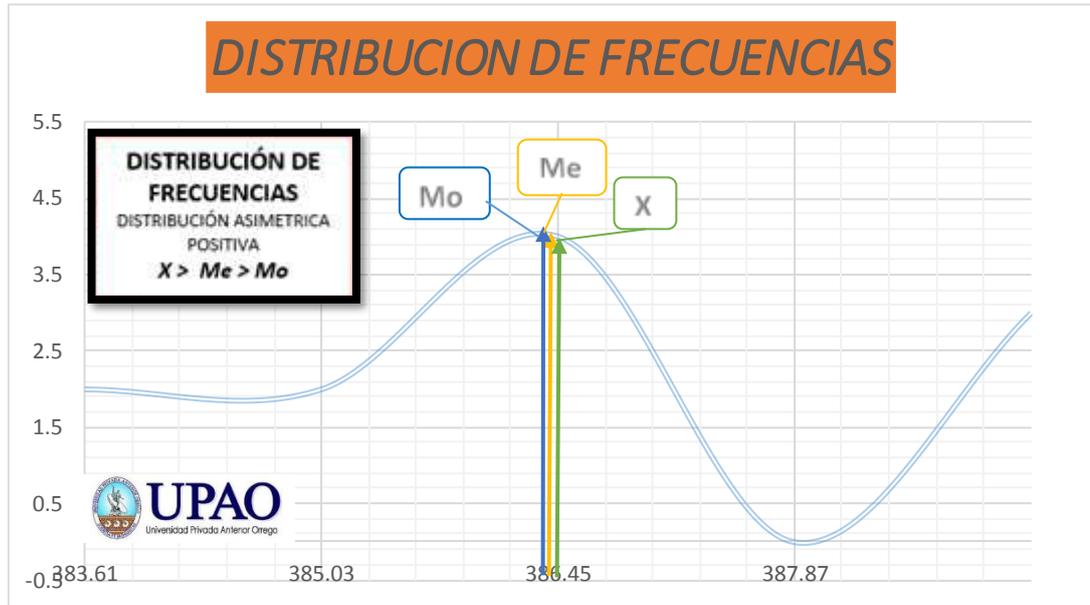
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² - día 7).

$\sum((X_i - X_o)^2)*f_i / (n-1) = (S^2) =$	4.03	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	2.01	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	0.52	%	= Coef. Variación
$3(X - Me)/s = AS =$	0.2652		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5*n - F_{i-1} =$	1.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	386.45	Kg/cm ²	= Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta f_i / f_i) * A =$	386.27	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$	386.21	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 33

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm²- día 7).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.12. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c=400$ kg/cm² al día 28.

Tabla 95

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 400$ kg/cm²- día 28).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	389.20	397.10	1	1	393.15	393.15	154566.92	-20.83	433.78	433.78
2	397.10	405.00	0	1	401.05	0.00	0.00	-12.93	167.11	0.00
3	405.00	412.90	3	4	408.95	1226.85	501720.31	-5.03	25.27	75.82
4	412.90	420.80	5	9	416.85	2084.25	868819.61	2.87	8.25	41.26
5	420.80	428.70	2	11	424.75	849.50	360825.13	10.77	116.05	232.10
			$\sum fi = n =$		$\sum f^*y =$	4553.75	1885931.97		$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$	782.96

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 96

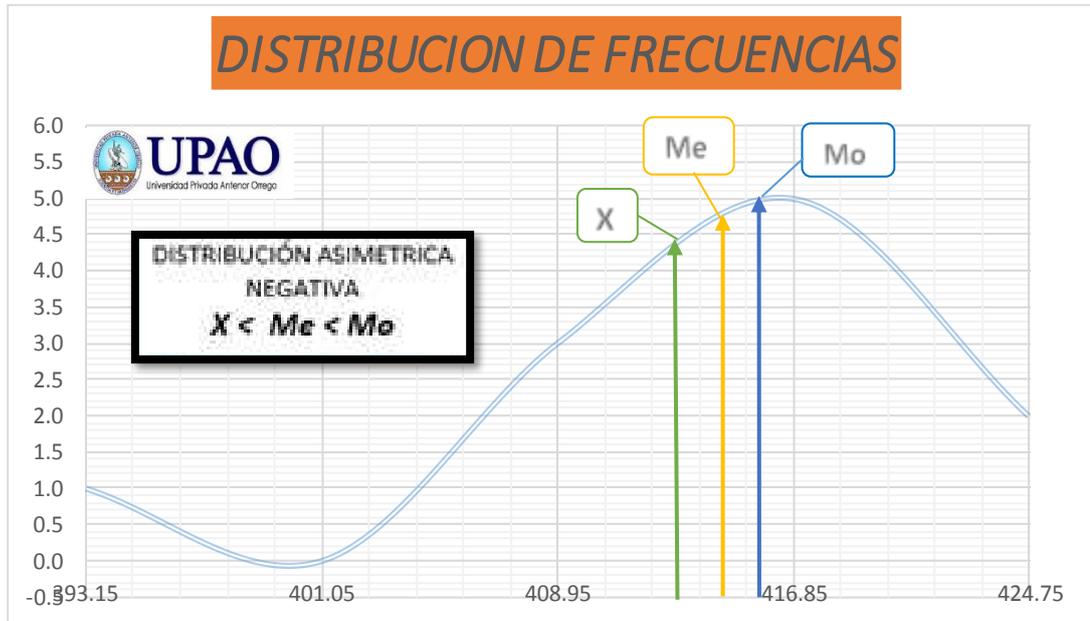
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm²- día 28).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	71.18	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	8.44	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	2.04	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.4597		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i -1 =$	1.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	413.98	Kg/cm ²	=Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) x A =$	415.27	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$	416.06	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 34

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm²- día 28).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.13. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 400$ kg/cm² adicionado 10% de marmolina al día 1.

Tabla 97

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 1).

K	Min	Max	f _i	F	X _i	X _i x f _i	f * y ²	(X _i - X _o)	(X _i - X _o) ²	((X _i - X _o) ²) * f _i
1	260.20	267.24	2	2	263.72	527.44	139096.48	-12.80	163.84	327.68
2	267.24	274.28	4	6	270.76	1083.04	293243.91	-5.76	33.18	132.71
3	274.28	281.32	2	8	277.80	555.60	154345.68	1.28	1.64	3.28
4	281.32	288.36	0	8	284.84	0.00	0.00	8.32	69.22	0.00
5	288.36	295.40	3	11	291.88	875.64	255581.80	15.36	235.93	707.79
			$\sum f_i = n = 11$		$\sum f * y =$	3041.72	842267.87		$\sum ((X_i - X_o)^2) * f_i =$	1171.46

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 98

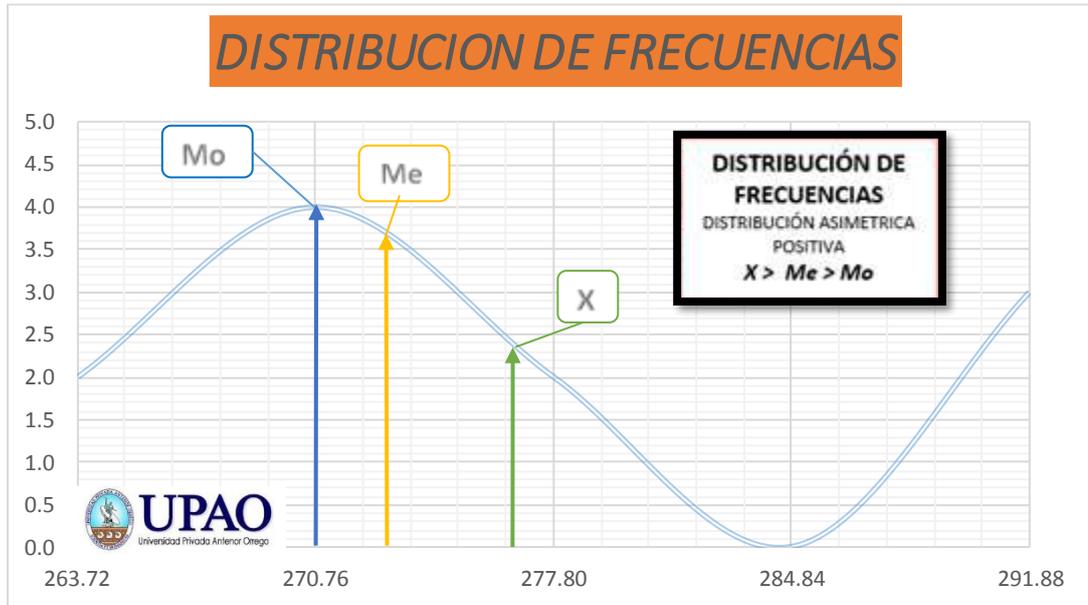
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 1).

$\sum ((X_i - X_o)^2) * f_i / (n-1) = (S^2) =$	106.50	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	10.32	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	3.73	%	= Coef. Variación
$3(X - Me) / s = AS =$	1.1628		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	-0.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	276.52	Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta f_i / f_i) * A =$	272.52	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	270.76	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 35

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 1).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.14. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 400$ kg/cm² adicionado 10% de marmolina al día 3.

Tabla 99

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 3).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	353.90	354.46	2	2	354.18	708.36	250886.94	-1.22	1.49	2.99
2	354.46	355.02	3	5	354.74	1064.22	377521.40	-0.66	0.44	1.31
3	355.02	355.58	0	5	355.30	0.00	0.00	-0.10	0.01	0.00
4	355.58	356.14	3	8	355.86	1067.58	379909.02	0.46	0.21	0.63
5	356.14	356.70	3	11	356.42	1069.26	381105.65	1.02	1.04	3.11
			$\sum fi = n =$	11	$\sum f*y =$	3909.42	1389423.02	$\sum((Xi-Xo)^2)*fi =$		8.04

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 100

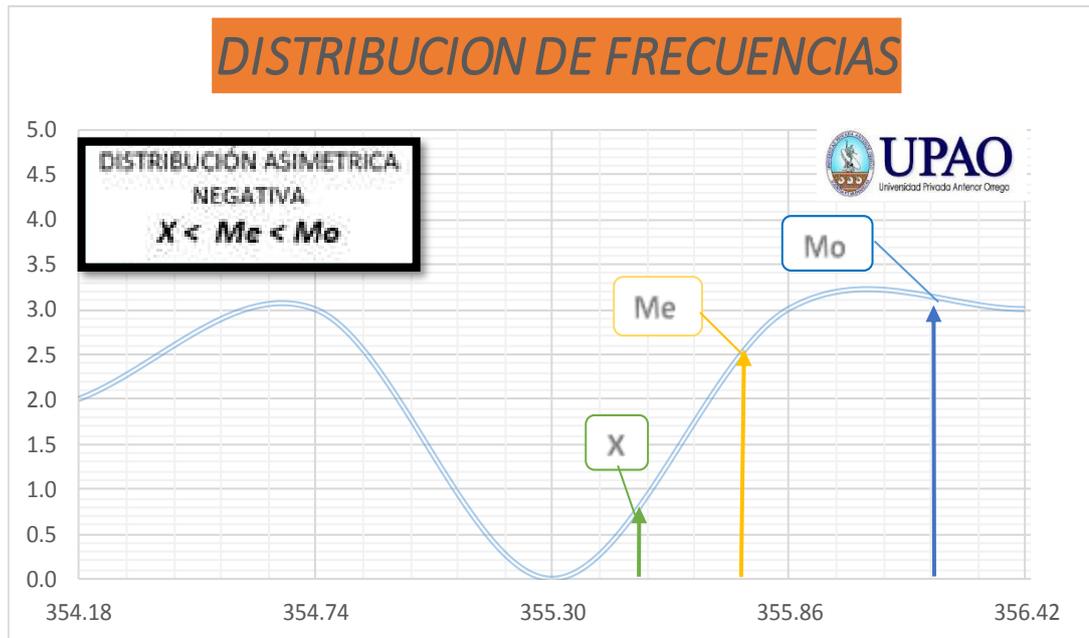
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto. ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 3).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	0.73	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	0.85	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	0.24	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.9528		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i -1 =$	0.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	355.40	Kg/cm ²	= Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	355.67	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$	356.14	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 36

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 3).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.15. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 400$ kg/cm² adicionado 10% de marmolina al día 7.

Tabla 101

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 7).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi -Xo) ²	((Xi-Xo) ²)*fi
1	424.80	428.10	3	3	426.45	1279.35	545578.81	-8.40	70.56	211.68
2	428.10	431.40	1	4	429.75	429.75	184685.06	-5.10	26.01	26.01
3	431.40	434.70	0	4	433.05	0.00	0.00	-1.80	3.24	0.00
4	434.70	438.00	1	5	436.35	436.35	190401.32	1.50	2.25	2.25
5	438.00	441.30	6	11	439.65	2637.90	1159752.74	4.80	23.04	138.24
			$\sum fi = n =$	11	$\sum f*y =$	4783.35	2080417.93		$\sum ((Xi-Xo)^2)*fi =$	378.18

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 102

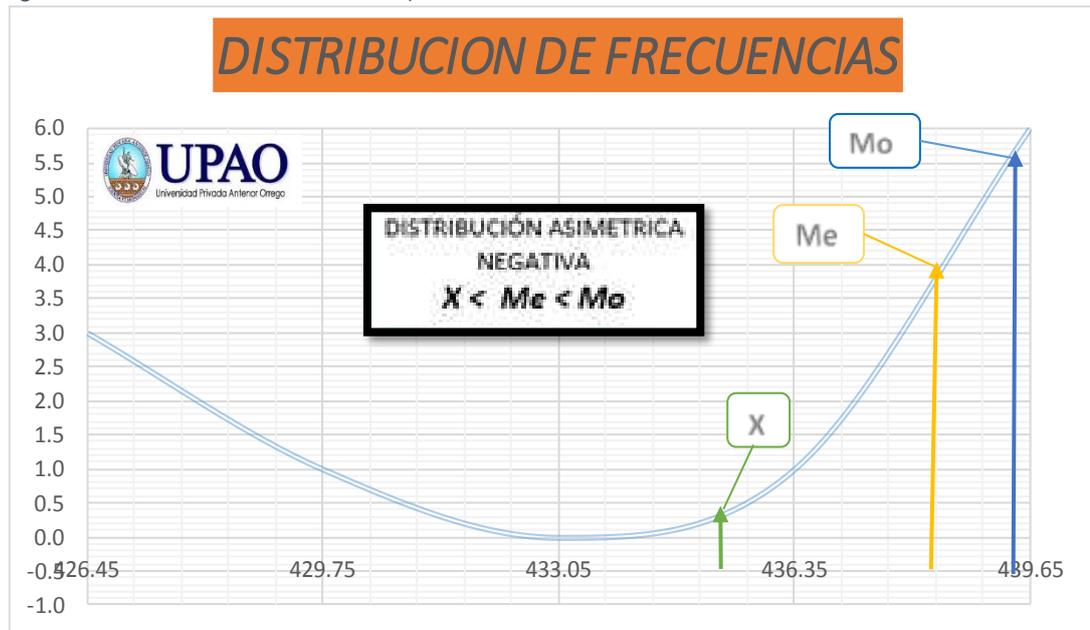
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 7).

$\sum((Xi-Xo)^2)*fi / (n-1) = (S^2) =$	34.38	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	5.86	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	1.35	%	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-1.7524		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - F i - 1 =$	0.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	434.85	Kg/cm ²	= Media Aritmética(X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) \times A =$	438.28	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1/(d1+d2))*A =$	439.50	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 37

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 7).



Fuente: *Elaboración Propia*

3.5.5.2.16. Ensayo de rotura. probetas de concreto $f'c= 400$ kg/cm² adicionado 10% de marmolina al día 28.

Tabla 103

Distribución de las Frecuencias de los Ensayos a la Compresión ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 28).

K	Min	Max	fi	F	Xi	Xi x fi	f * y ²	(Xi - Xo)	(Xi - Xo) ²	((Xi - Xo) ²) * fi
1	432.10	436.42	1	1	434.26	434.26	188581.75	-7.46	55.68	55.68
2	436.42	440.74	4	5	438.58	1754.32	769409.67	-3.14	9.87	39.48
3	440.74	445.06	4	9	442.90	1771.60	784641.64	1.18	1.39	5.55
4	445.06	449.38	1	10	447.22	447.22	200005.73	5.50	30.23	30.23
5	449.38	453.70	1	11	451.54	451.54	203888.37	9.82	96.40	96.40
			$\sum fi = n =$	11	$\sum f * y =$	4858.94	2146527.15	$\sum ((Xi - Xo)^2) * fi =$		227.34

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 104

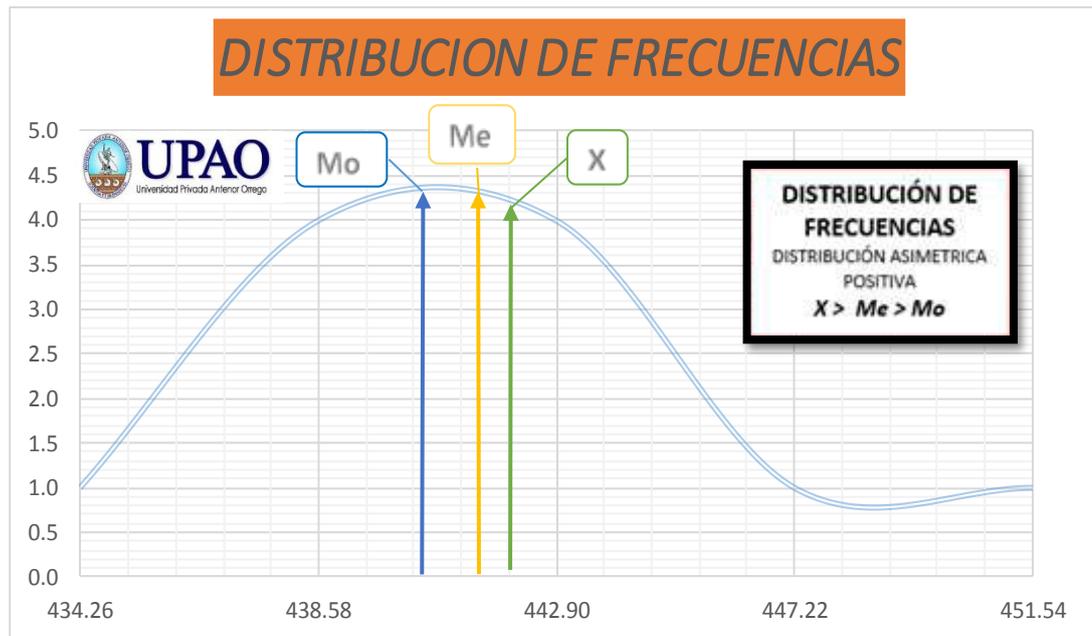
Medidas de Variación o Dispersión de los Ensayos a Compresión de Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 28).

$\sum ((Xi - Xo)^2) * fi / (n - 1) = (S^2) =$	20.67	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	4.55	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
(S/X) = CV =	1.03	%	= Coef. Variación
$3(X - Me) / s = AS =$	0.2916		= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	0.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	441.72	Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + (\Delta fi / fi) * A =$	441.28	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + (d1 / (d1 + d2)) * A =$	440.74	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 38

Distribución de Frecuencias de los Ensayos a Compresión de las Probetas de Concreto ($f'c= 400$ kg/cm² más 10% de Marmolina- día 28).



Fuente: *Elaboración Propia*

IV. Presentación de Resultados

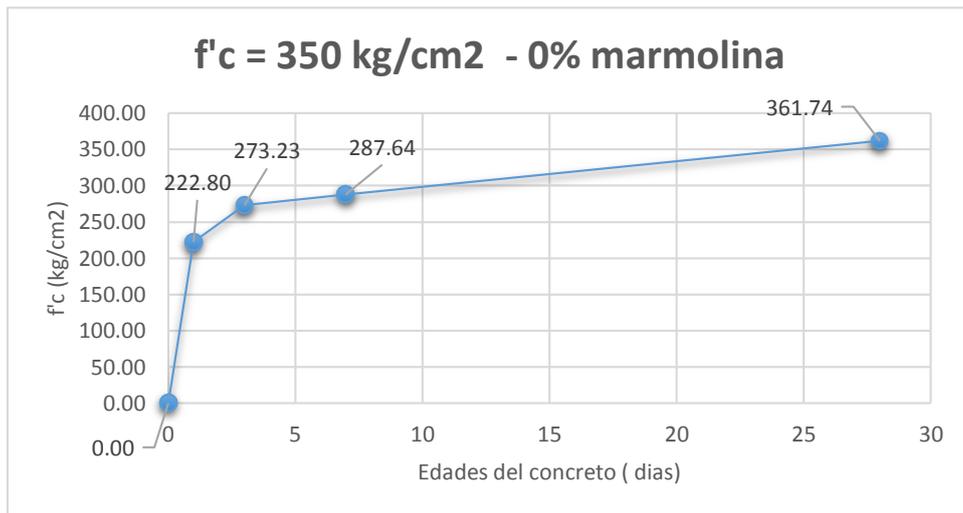
4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

Evaluamos el comportamiento de la resistencia a la compresión de los concretos estudiados en esta investigación.

-Concreto Patrón Normal $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$, como podemos observar su evolución es constante.

Gráfico 39

Evolución de la Resistencia del Concreto Patrón ($f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$).

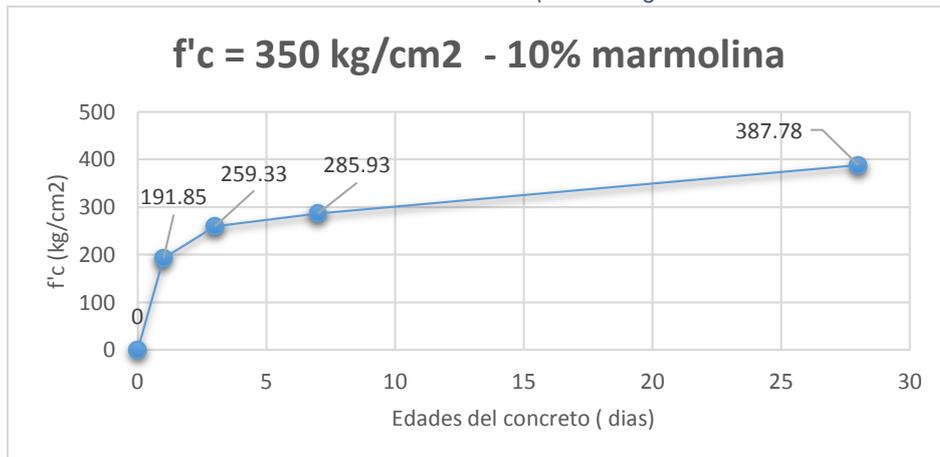


Fuente: *Elaboración Propia*

-Concreto Patrón $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina. Desde el día 3 observamos su evolución constante.

Gráfico 40

Evolución de la Resistencia del Concreto Patrón ($f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina)

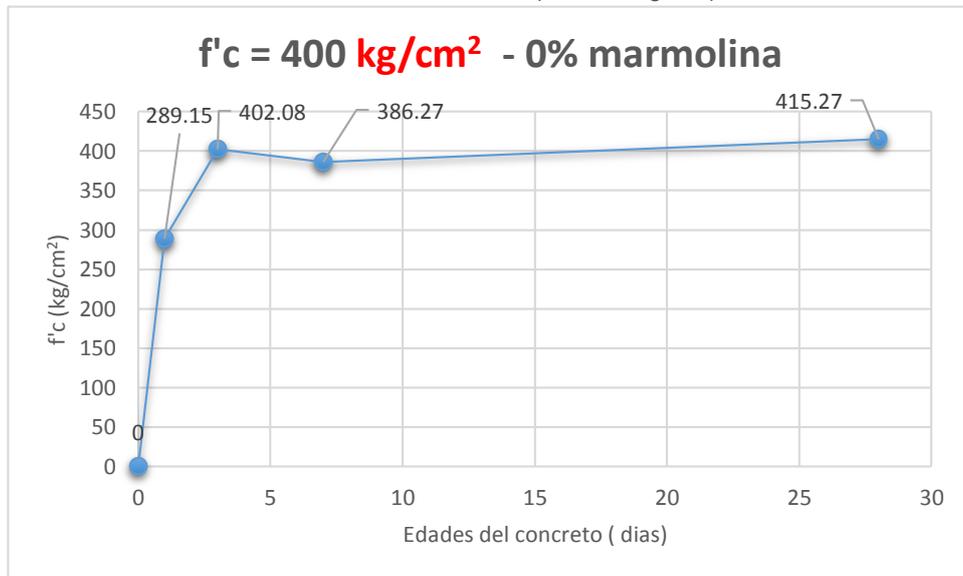


Fuente: *Elaboración Propia*

-Concreto Patrón Normal $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$, como podemos observar hay una variación entre los días 3 y 5.

Gráfico 41

Evolución de la Resistencia del Concreto Patrón ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$).

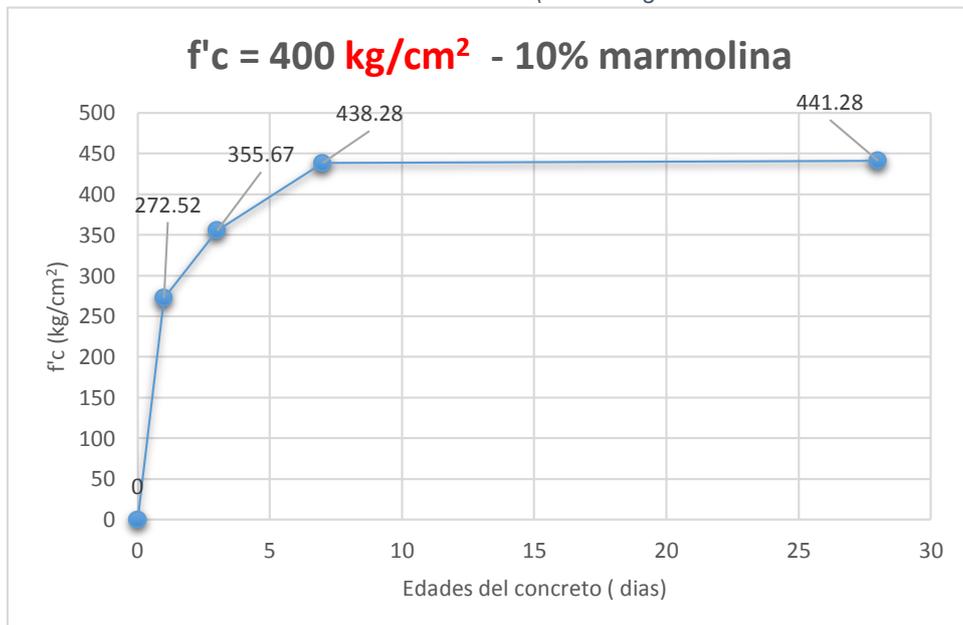


Fuente: *Elaboración Propia*

-Concreto Patrón $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina. Como podemos observar su evolución es constante.

Gráfico 42

Evolución de la Resistencia del Concreto Patrón ($f'c= 400 \text{ kg/cm}^2$ más 10% de Marmolina).



Fuente: *Elaboración Propia*

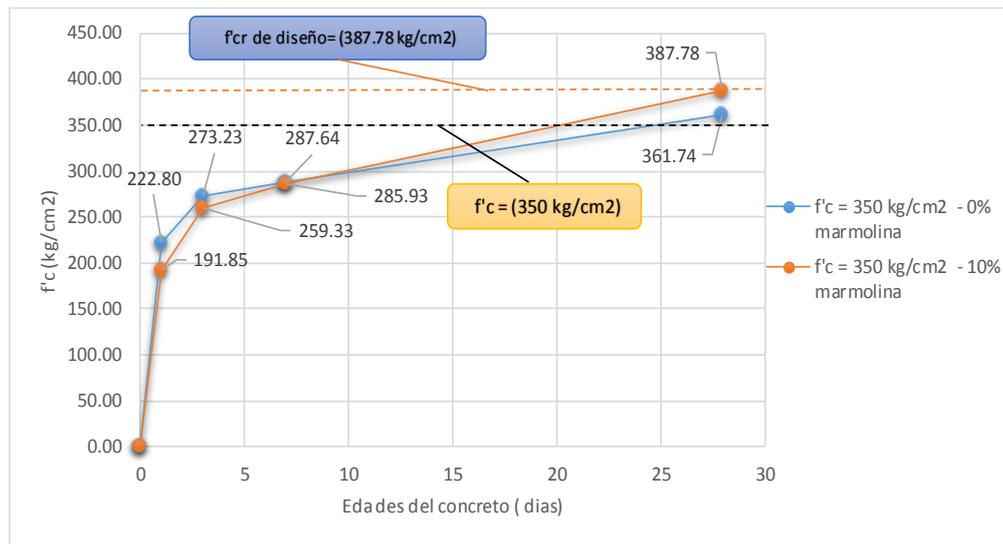
4.2. Prueba de Hipótesis

✓ Si adicionamos el 10% de marmolina en un concreto patrón normal $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$, entonces obtendremos una proporción no menos al 20% de la resistencia.

- Para comprobar la hipótesis se muestra el siguiente gráfico.

Gráfico 43

Comparación de la Evolución de Resistencia del Concreto Patrón $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.



Fuente: *Elaboración Propia*

-Al día 28 como se puede apreciar en el gráfico, el concreto de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina logra alcanzar una resistencia de 387.78 kg/cm^2 , que es 37.78 kg/cm^2 más que la resistencia requerida, este es equivalente al 10.79%. Concluyendo que el patrón añadido no cumple con el porcentaje planteado en la hipótesis, que correspondía al 20% de la resistencia requerida.

✓ Si adicionamos el 10% de marmolina en un concreto patrón normal $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$, entonces mejoramos las propiedades del concreto en estado fresco o endurecido.

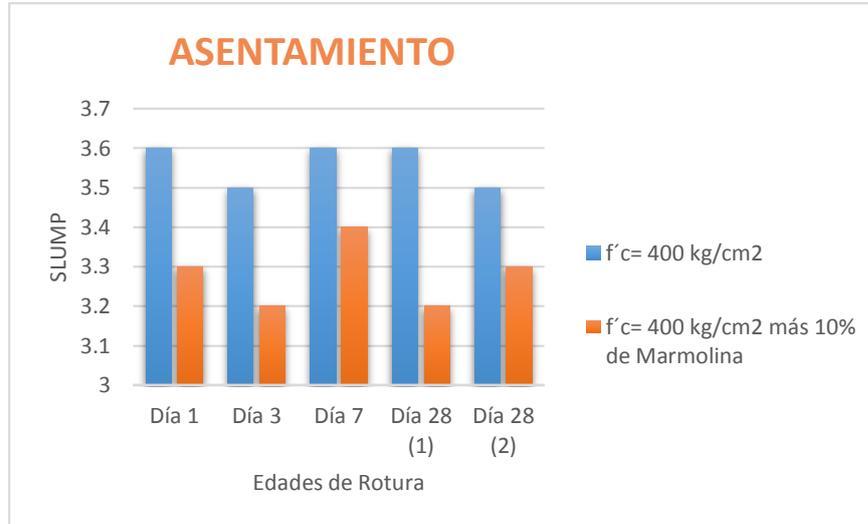
-Para comprobar la hipótesis se muestran los siguientes gráficos que se evaluarán respecto a los resultados de los análisis estadísticos de los ensayos.

*Propiedades en estado Fresco.

+Asentamiento

Gráfico 44

Comparación del Ensayo de Asentamiento del Concreto Patrón $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.



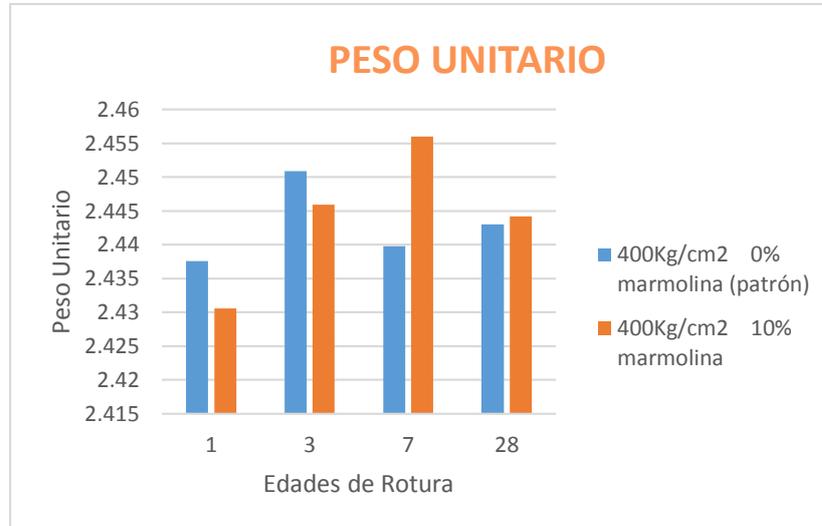
Fuente: *Elaboración Propia*

-Como se puede apreciar en el gráfico, el asentamiento del concreto patrón añadido 10% de marmolina es menor que el concreto patrón normal, respecto a estos resultados se elegirá mediante la moda (M_o) por ser el valor más común, que es, en el caso del concreto patrón normal de 3.6", mientras que por el concreto añadido es 3.3" del análisis estadístico por cada patrón evaluado. Por lo tanto, concluimos que en esta propiedad el comportamiento del concreto añadido no es mejor que el concreto patrón normal.

+Peso Unitario

Gráfico 45

Comparación del Ensayo de Peso Unitario del Concreto Patrón $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.



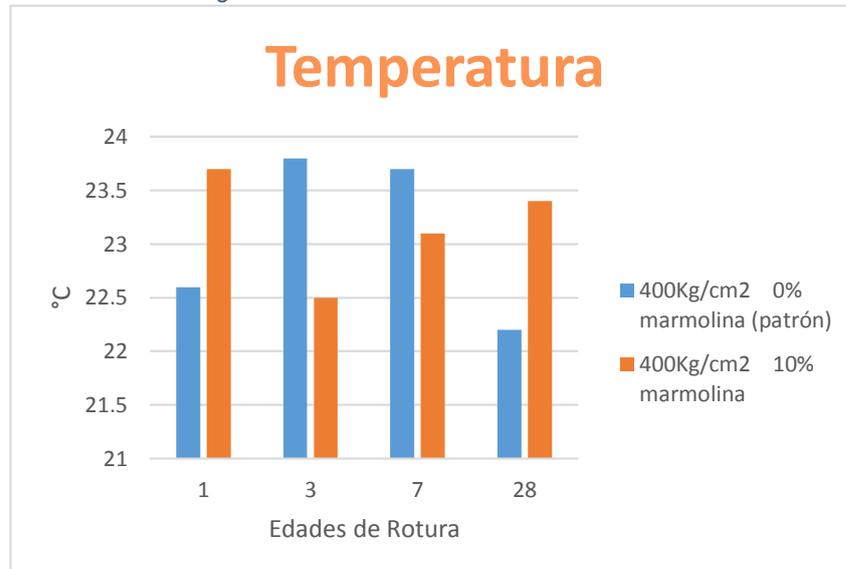
Fuente: *Elaboración Propia*

-Cómo podemos apreciar en el gráfico el comportamiento del concreto añadido no es consecutivo respecto al concreto patrón normal, pese que, en este, la dosificación del concreto añadido tiene más volumen en elementos finos, por lo tanto, este debe de ser más compacto. Por consecuente esto se debe a factores externos (Mala elaboración de probetas, inadecuado manejo de mezcla, mala compactación y otros factores respecto a los materiales). Por las razones mencionadas en el análisis estadístico trabajamos con la mediana (Me) para optar por un valor típico, esto se debe a los desvíos extremos entre altos y bajos de los resultados, ya expuestas las razones concluimos que siendo el peso unitario en el concreto patrón normal de 2.441 kg/m^3 y de concreto añadido 2.443 kg/m^3 , determinamos que el concreto añadido es más compacto.

+ Temperatura

Gráfico 46

Comparación del Ensayo de Temperatura del Concreto Patrón $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Normal y del Concreto $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina.



Fuente: Elaboración Propia.

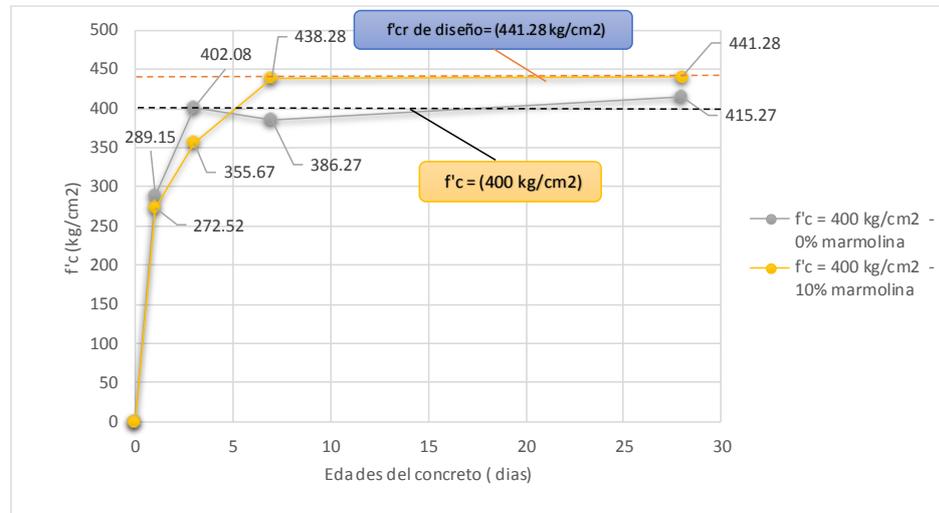
- En los análisis estadísticos del cual interpretaremos mediante la media aritmética (\bar{x}) con la finalidad de utilizar un resultado promedio por cada patrón estudiado, siendo del concreto patrón normal $23.06 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y del concreto añadido $23.15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ambas están en el rango permitido según la norma (NTP 339.184, 2002) para la fabricación de los especímenes, podemos apreciar que la marmolina empleada en los especímenes no afecta directamente al concreto. Por lo tanto, concluiremos que la temperatura del concreto añadido es menos variada y más predecible.

*Propiedades en estado Endurecido.

+Resistencia a la Compresión.

Gráfico 47

Comparación del Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $f'c=400$ kg/cm^2 Normal y del Concreto $f'c=400$ kg/cm^2 Añadido 10% de Marmolina.



Fuente: *Elaboración Propia*

-Al día 28 como se puede apreciar en el gráfico, el concreto de $f'c= 400$ kg/cm^2 añadido 10% de marmolina logra alcanzar una resistencia de 441.28 kg/cm^2 , que es 41.28 kg/cm^2 más que la resistencia requerida, este es equivalente al 10.32%. Concluyendo que el patrón añadido aumentó la resistencia de un concreto patrón normal.

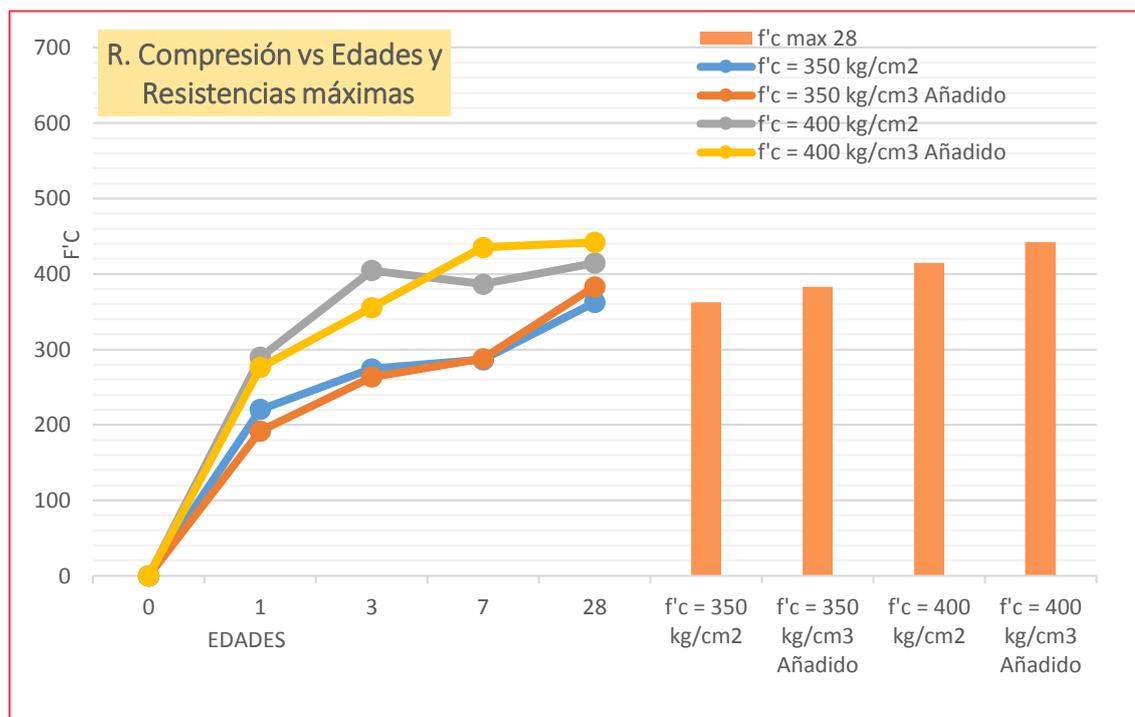
-Concluyendo la hipótesis de que si adicionamos 10% de marmolina a un concreto patrón normal este mejorará sus características en sus propiedades, los resultados evaluados individualmente por propiedad determinan que en algunas si y en otras no por diversos factores. Siendo verás la hipótesis en resistencia a la compresión la propiedad por la que se caracteriza principalmente el concreto.

✓ Si añadimos el 10% de marmolina en concretos de patrones normales $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$, entonces tendrán comportamiento similar respectivamente en las propiedades del concreto en estado endurecido.

- Para comprobar la hipótesis se muestran los siguientes gráficos.

Gráfico 48

Comparación de la Evolución de Resistencia del Concreto Patrón $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$, $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Añadido 10% de Marmolina y, $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina.



Fuente: *Elaboración Propia*

-Al día 28 como se puede apreciar en el gráfico, el concreto de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina logra alcanzar una resistencia de 387.78 kg/cm^2 , que es 37.78 kg/cm^2 más que la resistencia requerida, este es equivalente al 10.79%. El concreto de $f'c=400 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina logra alcanzar una resistencia de 441.28 kg/cm^2 , que es 41.28 kg/cm^2 más que la resistencia requerida, este es equivalente al 10.32%. Concluyendo que el patrón añadido aumentó la resistencia de un concreto patrón normal aproximadamente un 10% de ambos patrones, entonces los resultados confirman la hipótesis.

V. Discusión de los Resultados

5.1. Propuesta de investigación

Determinar la influencia de la marmolina en las propiedades de concreto de resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco y estado endurecido.

5.2. Concreto Fresco

5.2.1. Asentamiento

En la tabla número 38 muestra los resultados obtenidos de los ensayos, donde podemos ver los asentamientos máximos.

- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ igual a 4"
- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 3.5"
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ igual a 3.6"
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 3.4"

Podemos observar que la marmolina reduce la plasticidad en el concreto.

5.2.2. Peso unitario

En la tabla número 39 muestra los resultados obtenidos de los ensayos, donde podemos ver las densidades máximas.

- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ igual a 2433.00 kg/cm^3 .
- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 2433.68 kg/cm^3 .
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ igual a 2450.92 kg/cm^3 .
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 2456.00 kg/cm^3 .

Podemos observar que la marmolina reduce la cantidad de vacíos haciendo al concreto más compacto.

5.2.3. Contenido de aire

En la tabla número 40 muestra los resultados obtenidos de los ensayos, donde podemos ver el mayor contenido de aire atrapado.

- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ igual a 1.6%.

- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 1.7%.
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ igual a 1.5%.
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 1.5%

Podemos observar que no es promisorio. Siendo el máximo de 1.7% para el patrón añadido.

5.3.4. Temperatura

En la tabla número 41 muestra los resultados obtenidos de los ensayos, donde podemos ver la temperatura máxima por patrón.

- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ igual a 21.5 °C.
- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 22.4 °C
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ igual a 23.8 °C
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 23.7 °C.

Podemos observar que al añadir un porcentaje de marmolina no interfiere directamente con el concreto.

5.3. Concreto Endurecido

5.3.1. Resistencia a la compresión

En la tabla número 45 muestra los resultados obtenidos de los ensayos, donde podemos ver las resistencias máximas.

- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ igual a 381.4 kg/cm^2 .
- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 407.2 kg/cm^2 .
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ igual a 428.7 kg/cm^2 .
- $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ añadido 10% de marmolina igual a 453.7 kg/cm^2 .

Podemos observar que la marmolina incrementa la resistencia del concreto.

Conclusiones

- Se determinaron las características de los agregados, en el cual los resultados se encontraban dentro de los parámetros que establecen las normas.

Agregados Cantera "Franco"	
1	Agregado Grueso
Tamaño Máximo Nominal:	1/2"
Módulo de Fineza:	6.29
Peso Unitario Suelto:	1428.83 kg/m ³
Peso Unitario Compactado:	1536.62 kg/m ³
Contenido de Humedad:	1.65%
Peso Específico Seco:	2.51 gr/cm ³
% de Absorción:	3.89%
2	Agregado Fino
Tamaño Máximo Nominal:	N° 04
Módulo de Fineza:	2.72
Peso Unitario Suelto:	1630.38 kg/m ³
Peso Unitario Compactado:	1788.61 kg/m ³
Contenido de Humedad:	1.55%
Peso Específico Seco:	2.67 gr/cm ³
% de Absorción:	1.17%

-Se realizaron los diseños de mezclas para los patrones de concretos estudiados, donde obtuvimos los siguientes resultados- que están dentro de las normas:

RESUMEN DE ENSAYOS EN ESTADO FRESCO:					
CONCRETO		ASENTAMIENTO	P.UNITARIO	CONTENIDO DE AIRE	TEMPERATURA
f'c= 350	PATRON	4"	2417.79	1.5	22.50
kg/cm2	AÑADIDO	3.5"	2423.14	1.63	21.90
f'c= 350	PATRON	3.6"	2442.77	1.5	23.08
kg/cm2	AÑADIDO	3.4"	2444.18	1.47	23.18

- Obtuvimos un asentamiento de 4" como máximo y de 3.2" como mínima por lo que es satisfactorio.
- Cuando añadimos el porcentaje de la marmolina el peso unitario va incrementándose ya que este llena espacios vacíos y el concreto resulta más compactado.
- El uso de la marmolina no interfiere directamente con la temperatura del concreto.

RESUMEN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION			
CONCRETO		DIA 28	
		<i>f'c Promedio</i>	<i>f'c Alcanzado (%)</i>
f'c= 350 kg/cm ²	PATRON	362.4	103.54%
	AÑADIDO	382.9	109.41%
f'c= 350 kg/cm ²	PATRON	414.34	103.58%
	AÑADIDO	441.83	110.46%

- Al añadir 10% marmolina a la mezcla del concreto incrementa su resistencia a la compresión aproximadamente en un 10% en ambos patrones estudiados, pero a la edad de los 28 días.
- En los criterios de aceptación de un concreto de acuerdo con lo que establece la (ACI 318-08, 2008) para concretos estructurales, nuestros resultados son satisfactorios, ya que todos cumplen con los parámetros establecidos.

Recomendaciones

- Se recomienda continuar con la investigación, analizar por qué se invirtió la tendencia del aumento de la resistencia ¿a qué se debe?, ¿por qué y cuándo se da?, en los patrones de concretos normal f'c= 350 kg/cm² y f'c= 400 kg/cm² y en el concreto patrón añadido de f'c= 350 kg/cm², para poder obtener un ajuste de la curva, para eso tendrían que hacerse más especímenes en las edades de 14 y 21 días, para ver de comportamiento de la curva.
- Investigar sobre la permeabilidad de los concretos patrones añadidos, ya que se pudo demostrar que hay un aumento en el peso unitario, y que la marmolina podría funcionar como filler.
- Se recomienda tener cuidado al momento de elegir la cantera de la extracción del agregado, este debe tener las menores impurezas posibles ya que afecta directamente a la resistencia del concreto.
- En cuanto a la adición de marmolina al concreto, se recomienda utilizar el material libre de contaminación o con alguna otra sustancia y que la granulometría sea uniforme con un tamaño máximo nominal de 0.25mm.

Referencias Bibliográficas

- ACI 211.1-91, C. (1997). *Práctica estándar para seleccionar proporciones en concreto pesado normal y en masa.*
- ACI 318-08, N. (2008). *Requisitos de reglamento para concreto estructural.* U.S.A.
- Betancourt Chávez, J. R., Lizárraga Mendiola, L. G., Narayanasamy, R., Olgúin Coca, F. J., & Sáenz López, A. (2015). Revisión sobre el uso de residuos de mármol, para elaborar materiales para la construcción. *Revista de Arquitectura e Ingeniería* .
- Cruz, O. A. (2017). *Comparación de la resistencia mecánica a la compresión del concreto elaborado con residuos de mármol.* Universidad de Huánuco, Huánuco, Huánuco, Perú.
- El Comercio. (29 de 03 de 2010). *Junín tiene la veta de mármol más importante.* Obtenido de Diario el Comercio:
https://archivo.elcomercio.pe/sociedad/lima/junin-tiene-veta-marmol-mas-importante_1-noticia-453673
- Fuentes, L. B. (2014). *Diseño de Mezcla de concreto polimérico utilizando resina, catalizador, arena de río, polvo de mármol, puzolana, balastro, mármol y piedrín.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Gutiérrez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción* (Vol. 2). (R. Arango, Ed.) Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Minerales, R. y. (25 de 11 de 2019). *Rocas y Minerales.net.* Obtenido de Rocas y Minerales.net: <https://www.rocasyminales.net/marmol/>
- NTP 334.069, N. T. (2007). *CEMENTOS. Cemento de Albañilería.* Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 334.090, N. T. (2013). *CEMENTOS. Cementos Portland Adicionados. Requisitos.* Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias.
- NTP 339.034, N. T. (2008). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.* Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.035, N. T. (2009). *CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.* Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización.

- (NTP 339.082), N. T. (2017). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas por medio de su resistencia a la penetración*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.046, N. T. (2008). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso Unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto*. Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales.
- NTP 339.047, N. T. (2006). *CONCRETO. Definiciones y Terminología Relativas al Ormigón y Agregados*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.088, N. T. (2006). *CONCRETO. Agua de Mezcla Utilizada en la Producción de Concreto de Cemento Portland. Requisitos*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.184, N. T. (2002). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 339.185, N. T. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Comerciales no Arancelarias.
- NTP 400.010, N. T. (2001). *AGREGADOS. Extracción de las muestras*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 400.012, N. T. (2001). *Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 400.017, N. T. (1999). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 400.018, N. T. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado N° 200 por lavado de agregados*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- NTP 400.019, N. T. (2014). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos*

- de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.* Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización.
- NTP 400.021, N. T. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.* Lima, Perú: Comisión de Reglamentos técnicos y Comerciales.
- NTP 400.022, N. T. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización.
- NTP 400.037, N. T. (2017). *AGREGADOS. Especificaciones Normalizadas para Agregados en Concreto.* Lima, Perú: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias.
- Pasquel, C. E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto.* Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Quiliche, J. (2018). *Influencia del polvo de mármol y superplastificante sobre la comprensión, porosidad capacidad al paso y relleno de un concreto autocompactante, Trujillo 2018.* Universidad Privada del Norte, Trujillo, La Libertad, Perú.
- Redacción Perú 21. (16 de 05 de 2017). *Emprendedor.21: Mármol, fuerza y estilo juntos. Perú21.*
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto.* (Á. Gómez, Ed.) Lima, Perú.
- Santos, A., Villegas, N., & Betancourt, J. (24 de 07 de 2012). *Residuo de mármol como insumo en la construcción civil- diagnóstico de la Comarca Lagunera. Revista de la Construcción, 12(22), 17-26.*
- Turismo, M. d. (2016). *Gobierno del Perú.* Obtenido de Gobierno del Perú: https://www.mincetur.gob.pe/wpcontent/uploads/documentos/comercio_exterior/plan_exportador/Penx_2025/PDM/canada/images/files/pdf/pp6.pdf
- Universidad Politécnica de Madrid. (2007). *Exportaciones de Roca Ornamental. Diseño de exportaciones y selección de maquinaria y equipos.* Obtenido de Universidad Politécnica de Madrid: http://oa.upm.es/21840/1/071120_L3_ROCA_ORNAMENTAL.pdf

Anexo 1 (Resultados de Laboratorios)

Ficha Técnica de Investigación
Universidad Privada Antenor Orrego
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: La Marmolina y su Influencia en las propiedades de concretos de alta resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ para la ciudad de Trujillo

Dosificación según el método de diseño del ACI 211.1

Ubicación: Trujillo - Trujillo - La Libertad

Tipo de Ensayo: Resistencia a la Compresión de testigos cilíndricos.

Norma: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034

Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Código de Testigos	Día 1- Fecha de Rotura: 16/07/2019			Código de Testigos	Día 3- Fecha de Rotura: 19/07/2019		
	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)		$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)
CP-01	203.3			CP-01	273.2		
CP-02	229.3			CP-02	271.4		
CP-03	229.3			CP-03	271.9		
CP-04	217.9			CP-04	280.0		
CP-05	206.7			CP-05	281.4		
CP-06	220.4	220.6	63.04%	CP-06	271.4	274.6	78.46%
CP-07	221.7			CP-07	271.8		
CP-08	213.5			CP-08	276.1		
CP-09	228.5			CP-09	274.5		
CP-10	227.4			CP-10	272.6		
CP-11	229.1			CP-11	276.4		

Código de Testigos	Día 7 -Fecha de Rotura: 03/07/2019			Código de Testigos	Día 28 -Fecha de Rotura: 19/07/2019		
	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)		$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)
CP-01	272.1			CP-01	381.4		
CP-02	287.4			CP-02	359.8		
CP-03	288.4			CP-03	363.9		
CP-04	281.8			CP-04	373.2		
CP-05	294.3			CP-05	357.1		
CP-06	292.6	286.5	81.85%	CP-06	369.6	362.4	103.54%
CP-07	286.9			CP-07	366.3		
CP-08	287.1			CP-08	363.1		
CP-09	283.2			CP-09	357.3		
CP-10	287.2			CP-10	356.9		
CP-11	290.1			CP-11	337.7		

Ficha Técnica de Investigación

Universidad Privada Antenor Orrego

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: La Marmolina y su Influencia en las propiedades de concretos de alta resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ para la ciudad de Trujillo

Dosificación según el método de diseño del ACI 211.1

Ubicación: Trujillo - Trujillo - La Libertad

Tipo de Ensayo: Resistencia a la Compresión de testigos cilíndricos.

Norma: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034

Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$

Código de Testigos	Día 1- Fecha de Rotura:06/09/2019			Código de Testigos	Día 3- Fecha de Rotura:16/07/2019		
	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)		$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)
CP-01	288.5			CP-01	409.9		
CP-02	288.3			CP-02	399.9		
CP-03	291.6			CP-03	411.8		
CP-04	288.1			CP-04	400.8		
CP-05	288.4			CP-05	410.2		
CP-06	290.2	289.6	72.41%	CP-06	400.6	404.2	101.05%
CP-07	291.4			CP-07	400.5		
CP-08	288.3			CP-08	401.8		
CP-09	289.3			CP-09	399.9		
CP-10	290.7			CP-10	404.7		
CP-11	291.1			CP-11	405.9		

Código de Testigos	Día 7- Fecha de Rotura:02/09/2019			Código de Testigos	Día 28- Fecha de Rotura:29/08/2019		
	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)		$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)
CP-01	389.8			CP-01	415.9		
CP-02	390.0			CP-02	409.4		
CP-03	389.7			CP-03	422.0		
CP-04	382.9			CP-04	389.2		
CP-05	385.6			CP-05	406.8		
CP-06	387.1	386.7	96.68%	CP-06	412.6	414.336	103.58%
CP-07	383.6			CP-07	428.7		
CP-08	386.9			CP-08	417.2		
CP-09	386.2			CP-09	420.7		
CP-10	385.7			CP-10	416.4		
CP-11	386.6			CP-11	418.8		

Ficha Técnica de Investigación

Universidad Privada Antenor Orrego

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: La Marmolina y su Influencia en las propiedades de concretos de alta resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ para la ciudad de Trujillo

Dosificación según el método de diseño del ACI 211.1

Ubicación: Trujillo - Trujillo - La Libertad

Tipo de Ensayo: Resistencia a la Compresión de testigos cilíndricos.

Norma: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034

Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 10% de marmolina

Código de Testigos	Día 1- Fecha de Rotura:06/09/2019			Código de Testigos	Día 3- Fecha de Rotura:19/07/2019		
	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)		$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)
CAM-01	191.5			CAM-01	245.3		
CAM-02	189.2			CAM-02	249.1		
CAM-03	194.5			CAM-03	243.2		
CAM-04	192.4			CAM-04	274.8		
CAM-05	193.5			CAM-05	281.7		
CAM-06	191.8	191.8	54.81%	CAM-06	287.2	263.6	75.31%
CAM-07	191.2			CAM-07	260.6		
CAM-08	190.3			CAM-08	275.6		
CAM-09	192.6			CAM-09	270.6		
CAM-10	192.2			CAM-10	254.7		
CAM-11	191.1			CAM-11	256.8		

Código de Testigos	Día 7- Fecha de Rotura:11/07/2019			Código de Testigos	Día 28- Fecha de Rotura:23/07/2019		
	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)		$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)
CAM-01	288.4			CAM-01	368.8		
CAM-02	302.6			CAM-02	351.7		
CAM-03	282.4			CAM-03	377.7		
CAM-04	285.4			CAM-04	363.1		
CAM-05	279.6			CAM-05	398.1		
CAM-06	290.7	287.7	82.21%	CAM-06	396.4	382.9	109.41%
CAM-07	282.3			CAM-07	407.2		
CAM-08	285.6			CAM-08	399.6		
CAM-09	300.2			CAM-09	387.4		
CAM-10	288.1			CAM-10	372.1		
CAM-11	279.8			CAM-11	390.2		

Ficha Técnica de Investigación

Universidad Privada Antenor Orrego

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis: La Marmolina y su Influencia en las propiedades de concretos de alta resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ para la ciudad de Trujillo

Dosificación según el método de diseño del ACI 211.1

Ubicación: Trujillo - Trujillo - La Libertad

Tipo de Ensayo: Resistencia a la Compresión de testigos cilíndricos.

Norma: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034

Resistencia a la compresión del concreto patrón $f'c = 400 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 10% de marmolina

Código de Testigos	Día 1- Fecha de Rotura:11/09/2019			Código de Testigos	Día 3- Fecha de Rotura:20/08/2019		
	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)		$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)
CAM-01	295.4			CAM-01	354.7		
CAM-02	260.2			CAM-02	356.7		
CAM-03	290.9			CAM-03	353.9		
CAM-04	266.6			CAM-04	355.8		
CAM-05	270.4			CAM-05	356.3		
CAM-06	273.6	277.9	69.48%	CAM-06	354.9	355.4	88.85%
CAM-07	272.9			CAM-07	356.5		
CAM-08	280.8			CAM-08	354.1		
CAM-09	279.6			CAM-09	354.9		
CAM-10	293.7			CAM-10	355.6		
CAM-11	272.8			CAM-11	355.9		

Código de Testigos	Día 7- Fecha de Rotura:16/08/2019			Código de Testigos	Día 28- Fecha de Rotura:20/08/2019		
	$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)		$f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ promedio	$f'c$ alcanzado (%)
CAM-01	438.6			CAM-01	432.1		
CAM-02	424.8			CAM-02	441.3		
CAM-03	441.3			CAM-03	443.3		
CAM-04	439.7			CAM-04	446.5		
CAM-05	430.9			CAM-05	438.6		
CAM-06	427.5	435.1	108.78%	CAM-06	453.7	441.827	110.46%
CAM-07	425.4			CAM-07	443.5		
CAM-08	440.1			CAM-08	437.3		
CAM-09	439.2			CAM-09	440.2		
CAM-10	437.5			CAM-10	444.7		
CAM-11	441.1			CAM-11	438.9		

Anexo 2 (Fichas Técnicas)



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La colina No. 190 Urb. El Vivero de Monterrey Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 460 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono: 317 - 6001



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

CEMENTO EXTRAFORTE

Cemento Portland Compuesto Tipo ICO

Periodo de despacho 01 de Mayo de 2018 - 31 de Mayo de 2018

20 de junio de 2018

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.090 Tablas 1 y 2

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.4
SO ₃ (%)	4.0 máx.	2.4

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	4
Superficie específica (cm ² /g)	^A	5270
Retenido M325 (%)	^A	2.1
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.07
Contracción en autoclave (%)	0.20 máx.	0.00
Densidad (g/ml.)	^A	3.00
Resistencia a la compresión min. (MPa)		
1 día	^A	12.0
3 días	13.0	24.3
7 días	20.0	30.8
28 días	25.0	35.2
Tiempo de fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	111
Final, no mayor que:	420	237

^A No especifica

La resistencia a 28 días corresponde al mes de Abril del 2018.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.090.2016.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



LAB. E.S.W.

SAN ANDRÉS 5TA ETAPA MZ. V-3 LOTE 5 – TRUJILLO / TELÉFONO: 044 282597

REPORTE DE ANÁLISIS

Reporte: 05-11-2018-1

INTERESADO: NEYSER JHAMPIER INGA CRUZ
(Att. N. Inga C.)

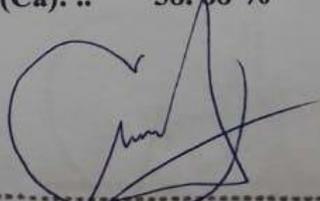
DETALLE: Análisis Químico de una muestra de mineral

MUESTRA “ MARMOLINA MOLIDA “ - Noviembre 2018

RESULTADOS:

COLOR:	BLANCA
SÍLICE (SiO ₂):	0.40 %
ALUMINA (Al ₂ O ₃):	0.10 %
FIERRO (Fe ₂ O ₃):	0.12 %
SODIO (Na ₂ O):	0.50 %
AZUFRE (SO ₄ =):	< 0.05 %
MAGNESIO (MgO):	0.30 %
INSOLUBLES EN ACIDO:	0.10 %
<u>CALCIO COMO CARBONATO (CaCO₃): ..</u>	97.20 %
<u>CALCIO COMO CALCIO TOTAL (Ca): ..</u>	38.88 %




Ing. Ernesto S. Wong López
CIP 40771



LAB. E.S.W.

SAN ANDRÉS STA ETAPA MZ. V-3 LOTE 5 – TRUJILLO / TELÉFONO: 044 282597

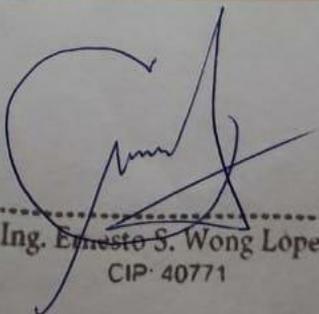
REPORTE DE ANALISIS

REPORTE: 05-11-2018-1 FECHA: 05/11/2018
INTERESADO: NEYSER JHAMPIER INGA CRUZ
MUESTRA : " MARMOLINA MOLIDA (02 Noviembre 2018) "

GRANULOMETRIA

MALLA	IGUAL A	% RETENIDO
2 mm	2 mm	0 %
1 mm	1 mm	7.1 %
0.5 mm	0.5 mm	9.3 %
0.25 mm	0.25 mm	11.6 %
	100 0.15 mm	18.3 %
	200 0.074 mm	21.5 %
PASANTE	200 0.074 mm	32.2 %




Ing. Ernesto S. Wong Lopez
CIP: 40771

Anexo 3 (Panel Fotográfico)

3.1. Seleccionando los agregados en la cantera Franco



3.2. Cuarteando los agregados.



3.3 Ensayo de granulometría.



3.4. Pesado de materiales retirado de horno



3.5. Lavado de material.



3.6 Colocación de agregado grueso en horno.



3.7. Máquina de los ángeles para ensayo de Abrasión.



3.8. Material pesado, listo para la mezcladora



3.9 Colocación de elementos del concreto en mezcladora.



3.10. Compactación en ensayo del SLUMP



3.11. Realizando pruebas del SLUMP



3.12 Curado de probetas



3.14. Codificando y ordenando probetas para el ensayo de compresión



3.15. Probeta en la compresora Hidráulica.



3.16 Rotura de probeta al día 1.



3.17. Rotura de probeta al día 7.



3.18. Rotura de Probeta al día 28.



3.19 Rotura de probeta al día 28.



Anexo 3 (Ubicación Cantera)

