

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

P.A. DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“COMPARACION DE LA RESISTENCIA MECANICA A LA
COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON
RESIDUOS DE MARMOL”**

Para optar el título profesional de ingeniero Civil

Autor:

Bach. ALBERTH HANNIBAL CRUZ ORDUÑA

Asesor:

ING. JOSUE CHOQUEVILCA CHINGUEL

Huánuco – Perú
2017

DEDICATORIA.

*A mis padres Aníbal y Pastora,
por el apoyo incondicional y la
motivación constante para salir adelante
en este mundo competitivo.*

*A mis hermanos Joel, Ericka,
Melissa y Roberto, por estar siempre
presente en cada uno de mis logros.*

AGRADECIMIENTO.

A Dios por darme la fortaleza para terminar este trabajo de investigación.

A todos los docentes de la Universidad de Huánuco que fueron parte esencial de mi formación como profesional y en especial a los docentes que me asesoraron en este trabajo de investigación.

A todas las personas que influenciaron directa e indirectamente en este trabajo de investigación.

INDICE DE TABLAS.

Tabla N°01: Numero de muestras totales.	73
Tabla N°02: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón.	80
Tabla N°03: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	80
Tabla N°04: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón.	81
Tabla N°05: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de Concreto.	81
Tabla N°06: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón.	82
Tabla N°07: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de Concreto.	82
Tabla N°08: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón.	83
Tabla N°09: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	83
Tabla N°10: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%.	84
Tabla N°11: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	84
Tabla N°12: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%.	85
Tabla N°13: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	85
Tabla N°14: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%.	86
Tabla N°15: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	86
Tabla N°16: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%.	87

Tabla N°17: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días.	87
Tabla N°18: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%.	88
Tabla N°19: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	88
Tabla N°20: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 20%.	89
Tabla N°21: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	89
Tabla N°22: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 20%.	90
Tabla N°23: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	90
Tabla N°24: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 20%.	91
Tabla N°25: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.	91
Tabla N°26: Datos obtenidos del concreto en estado fresco, temperatura, y peso unitario.	92
Tabla N°27: Distribución de frecuencias-Temperatura concreto patrón.	94
Tabla N°28: Medidas de dispersión-Temperatura concreto patrón.	94
Tabla N°29: Distribución de frecuencias-Slump de concreto patrón.	95
Tabla N°30: Medidas de dispersión-Slump de concreto patrón.	95
Tabla N°31: Distribución de frecuencias-Peso Unitario de concreto patrón.	96
Tabla N°32: Medidas de dispersión-Peso Unitario de concreto patrón.	96

Tabla N°33: Distribución de frecuencias-Temperatura con 10% residuos de Mármol. **97**

Tabla N°34: Medidas de dispersión-Temperatura con 10% residuos de Mármol. **97**

Tabla N°35: Distribución de frecuencias-Peso unitario con 10% residuos de Mármol. **98**

Tabla N°36: Medidas de dispersión-Peso unitario con 10% residuos de Mármol. **98**

Tabla N°37: Distribución de frecuencias-Temperatura con 20% de residuos de Mármol. **99**

Tabla N°38: Medidas de dispersión-Temperatura con 20% de residuos de Mármol. **99**

Tabla N°39: Distribución de frecuencias-Peso unitario con 20% de residuos de Mármol. **100**

Tabla N°40: Medidas de dispersión--Peso unitario con 20% de residuos de Mármol. **100**

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Grafico N°01: Presentaciones del cemento.	30
Grafico N°02: Componentes químicos para la fabricación del cemento.	31
Grafico N°03: Extracción de materia prima de yacimientos.	32
Grafico N°04: Molido de material.	32
Grafico N°05: Pre calentador.	33
Grafico N°06: Cocción de materias primas.	34
Grafico N°07: Enfriado del Clinker.	35
Grafico N°08: Molienda del Clinker.	35
Grafico N°09: Expedición del Clinker.	36
Grafico N°10: Componentes químicos del cemento.	36
Grafico N°11: Componentes químicos secundarios del cemento.	37
Grafico N°12: Tipos de cemento.	40
Grafico N°13: Requisitos de Granulometría para agregados finos.	43
Grafico N°14: Módulo de Fineza del Agrego Fino.	44
Grafico N°15: Módulo de Fineza del Agrego Grueso.	47
Grafico N°16: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.	50
Grafico N°17: Vertimiento del concreto hasta un tercio.	51
Grafico N°18: Vertimiento del concreto terminado para determinación del asentamiento.	52
Grafico N°19: Medición del Slump para determinar el asentamiento.	52
Grafico N°20: Trabajabilidad y revenimiento de concretos.	59
Grafico N°21: Mármol.	60
Grafico N°22: Propiedades del mármol.	62
Grafico N°23: Representación de datos.	75
Grafico N°24: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 3 días.	80
Grafico N°25: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 7 días.	81
Grafico N°26: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 14 días.	82
Grafico N°27: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 28 días.	83

Grafico N°28: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 28 días.	84
Grafico N°29: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 7 días.	85
Grafico N°30: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días.	86
Grafico N°31: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 28 días.	87
Grafico N°32: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 3 días.	88
Grafico N°33: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 7 días.	89
Grafico N°34: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días.	90
Grafico N°35: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 28 días.	91
Grafico N°36: Temperatura vs. Mezclas de concreto para edades del concreto.	92
Gráfico N°37: Peso Unitario vs. Mezclas de concreto para edades del concreto.	93
Gráfico N°38: Distribución de frecuencias-Temperatura concreto patrón.	94
Gráfico N°39: Distribución de Frecuencias-Slump concreto patrón.	95
Gráfico N°40: Distribución de frecuencias-Peso unitario concreto patrón.	96
Gráfico N°41: Distribución de frecuencias-Temperatura con 10% residuo de Mármol.	97
Gráfico N°42: Distribución de frecuencias-Peso unitario con 10% residuo de Mármol.	98
Gráfico N°43: Distribución de frecuencias-Temperatura con 20% de residuo de Mármol.	99
Gráfico N°44: Distribución de frecuencias-Peso unitario con 20% de residuos de marmol.	100
Gráfico N°45: Medición de Temperatura.	101
Gráfico N°46: Peso Unitario.	101

Gráfico N°47: Evolución del concreto patrón.	102
Gráfico N°48: Evolución del concreto $f'c=210$ Kg/cm ² CON 10% de residuo de Mármol.	103
Gráfico N°49: Evolución del concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 20% de residuo de Mármol.	103
Gráfico N°50: Comparación de $f'c$ a 28 días.	104
Gráfico N°51: Comparación de $f'c$ de concreto patrón y concreto con residuos de mármol 10% y 20%.	105
Gráfico N°52: Comparación de $f'c$ a 28 días.	106
Gráfico N°53: Evolución del concreto con residuos de mármol.	106

INDICE.

DEDICATORIA.	02
AGRADECIMIENTO.	03
INDICE DE TABLAS.	04
INDICE DE GRAFICOS.	07
RESUMEN.	14
SUMARY.	15
INTRODUCCION.	16

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.

1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.	17
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.	18
1.2.1. Problema General.	18
1.2.2. Problema Específico.	18
1.3. OBJETIVOS GENERAL.	18
1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	18
1.5. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.	19
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION.	20
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION.	

CAPITULO II

MARCO TEORICO.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.	21
2.2. BASES TEORICAS.	24
2.2.1. Concreto.	24
2.2.2. Proporcionamiento de mezclas de concreto de peso normal.	24
2.2.3. Dosificación de mezclas de concreto Dosificación.	25
2.2.4. Relación agua cemento.	25
2.2.5. Método de los pesos volumétricos.	25
2.2.6. Método de los volúmenes.	26
2.2.7. Características mecánicas del concreto.	26
2.2.8. Cemento Portland Gris.	26
2.2.9. Fabricación del cemento Portland.	29

10

2.2.10. Tipos de cemento y sus aplicaciones.	37
2.2.11. Propiedades físicas y mecánicas de los cementos.	40
2.2.12. Agregado grueso.	44
2.2.13. Propiedades físicas de los agregados.	46
2.2.14. Agua.	47
2.2.15. Ensayo y pruebas del concreto.	48
2.2.16. Mármol.	58
2.2.17. Características del mármol.	59
2.2.18. Propiedades del mármol.	60
2.2.19. Aplicaciones de residuos de mármol en el mundo.	61
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.	65
2.4. HIPOTESIS.	67
2.4.1. Hipótesis General.	67
2.4.2. Hipótesis Específicos.	67
2.5. VARIABLES.	67
2.5.1. Variable Dependiente.	67
2.5.2. Variable Independiente.	68
2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.	69

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.

3.1. TIPO DE INVESTIGACION.	70
3.1.1. Enfoque.	70
3.1.2. Alcance.	70
3.1.3. Diseño.	70
3.2. POBLACION Y MUESTRA.	71
3.2.1. Población.	71
3.2.2. Muestra.	72
3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.	
3.3.1. Para la recolección de datos.	73
3.3.2. Para la presentación de datos.	74
3.3.3. Para el análisis e interpretación de datos.	75

CAPITULO IV

RESULTADOS.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.	80
4.1.1. Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 3 días.	80
4.1.2. Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 7 días.	81
4.1.3. Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 14 días.	82
4.1.4. Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 28 días.	83
4.1.5. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 3 días con residuos de mármol 10%.	84
4.1.6. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 7 días con residuos de mármol 10%.	85
4.1.7. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 14 días con residuos de mármol 10%.	86
4.1.8. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 28 días con residuos de mármol 10%..	87
4.1.9. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 3 días con residuos de mármol 20%.	88
4.1.10. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 7 días con residuos de mármol 20%.	89
4.1.11. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 14 días con residuos de mármol 20%.	90
4.1.12. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 28 días con residuos de mármol 20%.	91
4.1.13. Comparación de la temperatura, peso unitario del concreto patrón y los concretos con 10% y 20% de residuos de mármol.	92
4.1.14. Lectura de Temperatura del concreto patrón.	94
4.1.15. Medición del SLUMP del concreto patrón.	95
4.1.16. Medición del Peso Unitario del concreto patrón.	96
4.1.17. Medición de Temperatura para concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 10% de residuo de mármol.	97
4.1.18. Medición del peso unitario para concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 10% de residuo de mármol.	98
4.1.19. Medición de Temperatura para concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 20% de residuo de mármol.	99
4.1.20. Medición del peso unitario para concreto $f'c=210$ Kg/cm ² con 20% de residuo de mármol.	100
4.1.21. Comparación de resultados: TEMPERATURA.	101
4.1.22. Comparación de resultados: PESO UNITARIO.	101
4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS	104

CAPITULO V
DISCUSION DE RESULTADOS.

5.1. CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS.	109
CONCLUSIONES.	110
RECOMENDACIONES.	111
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	112
ANEXOS.	115

RESUMEN.

El trabajo de investigación denominado “Comparación de la Resistencia Mecánica a la Compresión del Concreto elaborado con Residuos de Mármol” consistió en una investigación con metodología de tipo descriptiva. El diseño de investigación es experimental, prospectivo longitudinal. Tiene como objetivo realizar el análisis comparativo del concreto convencional y el concreto elaborado con residuos de mármol; para determinar sus propiedades más significativas en estado fresco y endurecido. Se estudiaron las propiedades de los agregados; normas técnicas peruanas e internacionales. Conocimientos que se utilizaron para determinar el comportamiento de los concretos en estudio luego de haber sido interpretados a través de tablas y gráficos de los resultados obtenidos. El estudio del concreto se realizó a los 3, 7, 14, 28 días.

Finalmente, la investigación determina que el comportamiento del concreto elaborado con residuos de mármol es mejor que la del concreto convencional en consistencia, resistencia a la compresión, y trabajabilidad. El concreto convencional (patrón) a los 28 días alcanzo una resistencia de 268.01 Kg/cm², el concreto elaborado con 10% de residuos de mármol a los 28 días alcanzo una resistencia de 279.18 km/cm².

Palabras claves: cemento Portland, residuos de mármol, Diseño de Mezcla del Concreto, materiales para la construcción.

SUMMARY.

The research work titled "Comparison of Mechanical Resistance to Compression of Concrete Made with Marble Residues" consisted of a research with descriptive methodology. The research design is experimental, longitudinal prospective. Its objective is to carry out the comparative analysis of conventional concrete and the concrete elaborated with marble residues; To determine their most significant properties in fresh and hardened state. The properties of the aggregates were studied; Peruvian and international technical standards. Knowledge that was used to determine the behavior of the concrete in study after having been interpreted through tables and graphs of the obtained results. The concrete study was performed at 3, 7,14,28 days.

Finally, the investigation determines that the behavior of concrete made from marble waste is better than that of conventional concrete in consistency, compressive strength, and workability. The conventional concrete (standard) at 28 days reached a resistance of 268.01 kg / cm², the concrete made with 10% of marble residues at 28 days reached a resistance of 279.18 km / cm².

Keywords: Portland cement, marble waste, concrete mix design, building materials.

INTRODUCCION.

En los países desarrollados, el mármol se viene empleando en la construcción con usos muy variados, principalmente en aquellos países que cuentan con canteras como es el caso de España, Portugal, Grecia; como industrias generan toneladas de residuos, sin embargo no cuentan con un programa para una adecuada gestión.

En el mundo se viene generando una revolución en cuanto al cuidado del medio ambiente a raíz de ello surgieron regulaciones como el protocolo de Kioto sobre el cambio climático, el cual es un protocolo de la Convención Marco de las naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), actualmente se viene desarrollando Conferencia de las Partes (COP21). El Perú no es ajeno a esta problemática mundial, a raíz de ello se han generado un conjunto de normatividad ambiental orientado específicamente al cuidado del medio ambiente.

El tema del trabajo de investigación fue producto de buscar una alternativa en el empleo de nuevos materiales que mejoren el concreto, en este caso se pretende estudiar la utilización de residuos de mármol, con la finalidad de determinar su resistencia mediante ensayos de laboratorio, y de esta forma para aplicarlo en el campo de la construcción en la ciudad de Huánuco. Lo que propone este trabajo de investigación es evaluar la resistencia mecánica a la compresión mediante estudio experimental del concreto a base de residuos de mármol.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Las infraestructuras a base de concreto cumple un papel fundamental en la actividad humana, con el paso de los años ha ido evolucionando significativamente. El empleo del mismo con el tiempo ha conducido a innovar el material para satisfacer las necesidades.

En los diferentes trabajos de ingeniería civil generalmente los profesionales realizan procedimientos y diseños de mezcla del concreto convencionales. Dichos profesionales al momento de realizar los diseños respectivos, optan a que este concreto pueda cumplir su función estructural de acuerdo a lo planificado.

Estas decisiones siempre han sido consideradas desde la planificación de la obra. Si bien es cierto que, el correcto empleo del concreto garantiza que el proyecto se desarrolle eficientemente, también como profesionales tenemos que buscar alternativas que contribuyan significativamente en mejorar los procedimientos constructivos, empleo de aditivos (acelerantes, retardantes), empleo del epoxicos (para juntas de concreto antiguo con nuevos), además de ello materiales para satisfacer los nuevos requerimientos como es el caso de los residuos de mármol.

En ese contexto se constata que en nuestro medio se dispone de residuos de mármol, los cuales surgen de trabajos realizados en cocinas, SS.HH, trabajos funerarios. En ese sentido se buscara el empleo de los residuos de mármol en el concreto, para contribuir a revertir los efectos negativos que causa al medio ambiente y a la población del área de influencia

Estos hechos han motivado de llevar a cabo la presente investigación con el fin de proponer el empleo de residuos de mármol para mejorar la resistencia del concreto, y contribuir con el cuidado del medio ambiente.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

¿De qué manera el residuo de mármol influenciara en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm² elaborado para elementos estructurales?

1.2.2. Problemas Específicos.

- ¿De qué manera se verá influenciado la resistencia del concreto al reforzarlo con residuos de mármol?
- ¿La resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210$ kg/cm² aumentara o disminuirá con la adición de residuos de mármol?
- ¿La elaboración del concreto de $f'c=210$ kg/cm² reforzado con residuos de mármol será económicamente adecuada?

1.3. OBJETIVOS GENERAL.

Determinar la influencia del concreto convencional (concreto estructural de $f'c=210$ kg/cm²) adhiriendo residuos de mármol con el fin de obtener un concreto de alta calidad.

1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210$ kg/cm² elaborado con residuos de mármol.
- Determinar si la adición de la dosis de residuos de mármol incrementa o disminuye de la resistencia a compresión del concreto.
- Analizar los beneficios en el uso de residuos de mármol considerando el aspecto técnico y económico.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El proyecto de investigación se justifica porque el concreto elaborado con residuos de mármol todavía no es aplicado en la ciudad de Huánuco, esto se constató porque no se ha encontrado antecedentes, trabajos de investigación al respecto. Razón por la cual es importante estudiar esta nueva tecnología para poder aplicarlo en las construcciones de edificaciones en la ciudad.

Además de ello, se ha percibido que hay poco conocimiento referente al tema concerniente en construcción, sin embargo en las indagaciones realizadas hay profesionales que han escuchado de esta tecnología sin embargo no lo aplican debido a que no hay un sustento técnico profesional comprobado en la cual determina mayor resistencia del concreto.

Este trabajo de investigación en base a ensayos de laboratorio permitirá dar a conocer si el empleo de residuos de mármol en el concreto, va mejorar significativamente la calidad de la misma.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

Las limitaciones encontradas para el presente trabajo de investigación son:

- Poca información referente a antecedentes de trabajos de investigación en el empleo de residuos de mármol en la elaboración del concreto.
- Limitaciones en cuanto a la normatividad en el empleo de residuos de mármol en la elaboración del concreto.
- No existe experiencia profesional en el medio con relación a empleo de residuos de mármol en la elaboración del concreto.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

El trabajo de investigación es viable por las siguientes razones:

- El investigador cuenta con la disponibilidad de Recursos Financieros y humanos para realizar el trabajo.
- Disponibilidad de materiales para desarrollar los ensayos.
- En la ciudad de Huánuco existen varios laboratorios para poder realizar los ensayos respectivos.
- Es un proyecto que aporta información a futuras investigaciones acerca de la utilización de materiales sustituyentes en la mezcla de concreto.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO.

Definición. En general la palabra cemento, indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas.

En el medio de la construcción y más específicamente en el de la fabricación de concreto para estructuras, es reconocido que al mencionar la palabra cemento, implícitamente, ésta se refiere a cemento Portland. El cemento Portland es un cemento hidráulico, producido de materiales calcáreos seleccionados, pulverizados y mezclados. Esta mezcla se calcina a 1350°C y da como resultado un Clinker, el cual se muele y se le adiciona yeso para regular el fraguado.

El mármol es una roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización. El componente básico del mármol es la calcita (CaCO_3), cuyo contenido supera el 90%; los demás componentes (arcilla, cuarzo, mica, pirita, óxido de hierro, entre otros), considerados "impurezas", son los que dan gran variedad de colores en los mármoles y definen sus características físicas.

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Santos A., Villegas N., Betancourt J. (2012). Residuo de mármol como insumo en la construcción civil - diagnóstico de la Comarca Lagunera

El consumo desmedido de los recursos naturales, así como el aumento de los residuos generados en la mayor parte de las actividades causantes del desarrollo, han obligado a establecer sistemas de gestión y producción más eficientes, que permitan lograr un proceso de evolución sostenible. Una de las responsables de este progreso es la industria de la construcción civil, y como consecuencia de ello se ha convertido en una de las responsables de la acumulación de residuos. En este estudio, se ahonda en las posibilidades de utilización del residuo de la industria del corte y tratamiento superficial del mármol como filler para la producción de hormigón y como base para la fabricación de ladrillos. Los resultados muestran que es de fundamental importancia reutilizar el residuo de mármol para disminuir el impacto ambiental en la Comarca Lagunera e indica dos posibles soluciones.

Este trabajo ha realizado un estudio en el proceso de la industria de extracción y corte de mármol. Se puede concluir que es imperante que se reaproveche el RM para disminuir el impacto ambiental de la Comarca Lagunera.

En este estudio se demostró que es viable la incorporación de RM para la fabricación de hormigón convencional para su aplicación no estructural, sin embargo se está desarrollando una dosificación que permita su aplicación estructural.

Además se ha mostrado que la fabricación de ladrillos a base de RM es técnicamente posible y su costo puede ser bastante reducido debido a que su composición es 74% de dicho residuo.

Es necesario seguir avanzando en ambas líneas de trabajo para obtener dosificaciones definidas, considerando la humedad del residuo y que evite la pérdida de resistencia a compresión del material.

Betancourt Chávez, Julio Roberto; Lizárraga Mendiola, Liliana Guadalupe; Narayanasamy, Rajeswari; Olgúin Coca, Francisco Javier; Sáenz López, Agustín (2015). Uso de residuos de mármol, para elaborar materiales para la construcción.

En este estudio, se presenta un análisis respecto a los residuos de mármol y de las investigaciones realizadas alrededor del mundo, sobre su posible aplicación en materiales para la construcción. Particularmente al final de artículo se hace una semblanza del proyecto que se está realizando en la Comarca Lagunera (Ubicada en el norte de México), sobre la aplicación de residuos en la elaboración de ladrillos estructurales.

El proyecto, tiene como objetivo, encontrar un uso factible a los residuos de mármol, y contribuir a revertir los efectos negativos que causa al medio ambiente y a la población del área de influencia de estos residuos.

Las aplicaciones realizadas en las investigaciones, en general han sido básicamente para utilizar el residuo de mármol como sustituto de algún material (cemento, arena) para elaborar, concretos, morteros, pavimentos, bloques y ladrillos. Asimismo, se puede apreciar que las mediciones realizadas son principalmente de resistencia a la compresión.

La producción de mármol en el mundo es muy grande e importante para la economía de varios países, por lo que concebir la idea de eliminar sus residuos es prácticamente imposible. Es por esto que resulta relevante, poner en práctica los resultados de las diversas investigaciones, para minimizar el efecto negativo que producen los residuos y que afectan de manera importante el medioambiente y por consecuencia a la población expuesta, principalmente a la más vulnerable: niños y adultos mayores.

Los residuos de mármol (polvos y/o piedras), constituyen un problema que genera pérdidas económicas y de espacio en las marmolerías. Sin embargo, dichos residuos pueden ser utilizados como materia prima en la elaboración de ladrillos, bloques y concretos.

El proyecto que está por concluir en la Comarca Lagunera en México, se perfila como una opción más en la producción de ladrillo, con la ventaja de que al ser ladrillos prensados y que no pasan por un proceso de cocción; tendrán un impacto ecológico mucho menor, contribuyendo de alguna manera a revertir los efectos negativos que éstos residuos están provocando en la actualidad.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Concreto.

El concreto es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto (Abanto, p.11).

2.2.2. Proporcionamiento de mezclas de concreto de peso normal.

El proporcionamiento de mezclas de concreto, más comúnmente llamado diseño de mezclas es un proceso que consiste de pasos dependientes entre sí:

- a) Selección de los ingredientes convenientes (cemento, agregados, agua y aditivos).
- b) Determinación de sus cantidades relativas “proporcionamiento” para producir un concreto, tan económico como sea posible, un concreto de trabajabilidad, resistencia a compresión y durabilidad apropiada.
- c) Estas proporciones dependerán de cada ingrediente en particular los cuales a su vez dependerán de la aplicación particular del concreto.

2.2.3. Dosificación de mezclas de concreto Dosificación.

La dosificación implica establecer las proporciones apropiadas de los materiales que componen el concreto a fin de obtener la trabajabilidad, resistencia durabilidad requerida. La dosificación debe basarse en múltiples factores tales como:

- Qué elementos se van a vaciar
- Qué condiciones ambientales deberán soportar (humedad)
- Qué materiales
- Procedimientos de mezclado
- Colocación
- curado se van a emplear en la obra, etc.
- Dada la complejidad del problema se han desarrollado numerosos métodos de dosificación (Abanto, p.59).

2.2.4. Relación agua cemento.

Todos los métodos de dosificación destacan la importancia de la relación entre las proporciones de agua y cemento en el concreto. Ambos materiales forman una pasta que al endurecer actúa como aglomerante manteniendo unidos los granos de los agregados. A medida que aumente la dosis de agua la pasta de cemento se diluye, el concreto se hace más trabajable, sin embargo, disminuye su resistencia y durabilidad.

2.2.5. Método de los pesos volumétricos.

El procedimiento de pesos volumétricos se basa en una estimación del peso del concreto por volumen unitario, mientras que el procedimiento de volúmenes absolutos se basa en cálculos del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto (Abanto, p.72).

2.2.6. Método de los volúmenes.

Un procedimiento más exacto para calcular la cantidad requerida de agregado fino se basa en el uso de los volúmenes de los ingredientes. En este caso, el volumen total de los ingredientes conocidos –agua, aire, cemento y agregado grueso- se resta del volumen unitario de concreto para obtener el volumen requerido de agregado fino. El volumen que cualquier ingrediente ocupa en el concreto es igual a su peso dividido entre el peso específico de ese material (siendo este último el producto del peso unitario del agua y la densidad del material). El peso específico del agregado utilizado en los cálculos debe ser compatible con la condición de humedad supuesta en los pesos básicos del agregado por mezcla, es decir, de la masa seca si se establecen los pesos del agregado de acuerdo a la base seca y del peso específico a granel si los pesos se establecen con agregados saturados y superficialmente secos (Abanto, p.72).

2.2.7. Características mecánicas del concreto.

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

2.2.8. Cemento Portland Gris.

Aspectos generales del Cemento Portland El cemento es un material inorgánico finamente pulverizado, de color gris o blanco que, al agregarle agua, ya sea sólo o mezclado con arena, grava u otros materiales similares, tiene la propiedad de fraguar y endurecer incluso

bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad. Cuando el cemento es mezclado con agua y arena forma mortero, y cuando es mezclado con arena y piedras pequeñas forma una piedra artificial llamada concreto.

Según Frederick el cemento es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes. (Frederik L.,1988).

En sentido genérico, el cemento se puede definir como un material con propiedades adhesivas y cohesivas que le dan la capacidad de unir fragmentos sólidos, para formar un material resistente y durable. Esta definición incluye gran cantidad de materiales cementantes como las cales, los asfaltos, etc. No obstante, los cementos que más importan, desde el punto de vista de la tecnología del concreto, son los cementos calcáreos que tengan propiedades hidráulicas, es decir, que desarrollen sus propiedades (fraguado y adquisición de resistencia) cuando se encuentran en presencia de agua, como consecuencia de la reacción química entre los dos materiales.

Los cementos utilizados, en la construcción, se denominan en algunas ocasiones por su origen, como el cemento romano, o por su parecido con otros materiales como el caso del cemento Portland, que tiene cierta semejanza con la piedra de Portland, utilizada en Gran Bretaña para la construcción. Los cementos que resisten altas temperaturas se llaman cementos refractantes.

Neville relata que en el año 1824 Joseph Apsdin un constructor inglés, patentó un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiriría, según él, la misma resistencia que la piedra portland cerca del puerto de Dorset, con lo que se marca el punto de partida para el nacimiento de la tecnología del concreto. (Neville A., 1977).

En 1845, cuando se desarrolla el procedimiento industrial del cemento Portland moderno que con algunas variantes persiste hasta nuestros días y que consiste en moler rocas calcáreas con rocas arcillosas en cierta composición y someter este polvo a temperaturas sobre los 1300 °C produciéndose lo que se denomina el Clinker, constituido por bolas endurecidas de diferentes diámetros, que finalmente se muelen añadiéndoseles yeso para tener como producto definitivo un polvo sumamente fino.

Grafico N°01: Presentaciones del cemento.



Fuente: <https://www.google.com.pe/url?sa=i&rct=j&q>

2.2.9. Fabricación del cemento Portland.

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

Grafico N°02: Componentes químicos para la fabricación del cemento.

	COMPONENTE QUIMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Silice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Minerla de Hierro, Piritas
5%	Oxidos de Magnesio, Sodio	Minerales Varios
	Potasio, Titanio, Azufre,	
	Fosforo y Magnesio	

Fuente: Colegio de Ingenieros del Perú "Tópicos de Tecnología del Concreto"

Obtención y preparación de materia primas

El proceso de fabricación del cemento comienza con la extracción de las materias primas que se encuentran en yacimientos, normalmente canteras a cielo abierto. Las canteras se explotan mediante voladuras controladas, en el caso de materiales duros como calizas y pizarras, mientras que en el caso de materiales blandos (arcillas y margas) se utilizan excavadoras para su extracción.

Una vez extraído y clasificado el material, se produce la trituración hasta obtener una granulometría adecuada para el producto de molienda y se traslada a la fábrica mediante cintas transportadoras.

Grafico N°03: Extracción de materia prima de yacimientos.



Fuente: Apaxo-cemento_ http://www.gpolagloria.com.mx/html/apaxco_cemento.html

Homogeneización y molienda crudo.

En el parque de pre homogeneización, el material triturado se almacena en capas uniformes para ser posteriormente seleccionadas de forma controlada. La pre-homogeneización permite preparar la dosificación adecuada de los distintos componentes reduciendo su variabilidad.

Posteriormente, estos materiales se muelen en molinos verticales o de bolas para reducir su tamaño y favorecer así su cocción en el horno. En el molino vertical, se tritura el material a través de presión que ejercen sus rodillos sobre una mesa giratoria. A partir de ahí, la materia prima.

Grafico N°04: Molido de material.

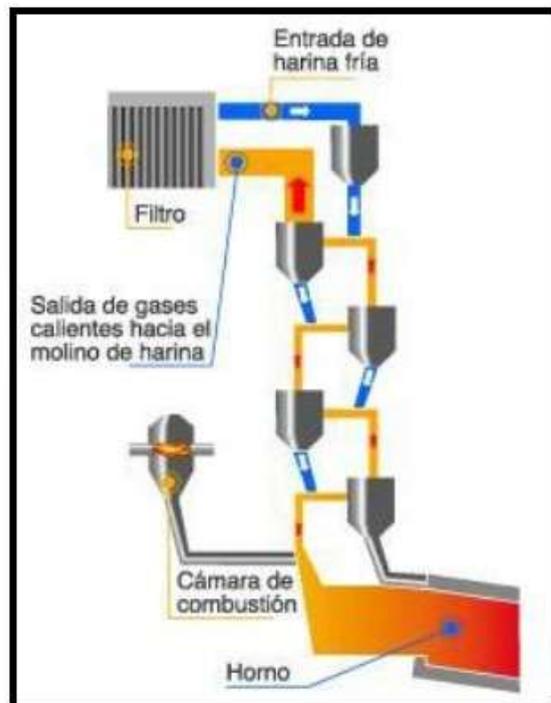


Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Pre-Calentador de ciclones

En función de cómo se procesa el material antes de su entrada en el horno de Clinker, se distinguen cuatro tipos de procesos de fabricación: vía seca, vía semiseca, vía semi húmeda o vía húmeda. En la actualidad, la mayoría de las cementeras peruanas utilizan la vía seca. La alimentación del horno se realiza a través del pre calentador de ciclones, que calienta la materia prima para facilitar su cocción. La harina o crudo (materia prima molida) se introduce por la parte superior de la torre y va descendiendo por ella. Mientras tanto, los gases provenientes del horno, que están a altas temperaturas, ascienden a contracorriente, precalentando así el crudo que alcanza los 1.000°C antes de entrar al horno.

Grafico N°05: Pre calentador.

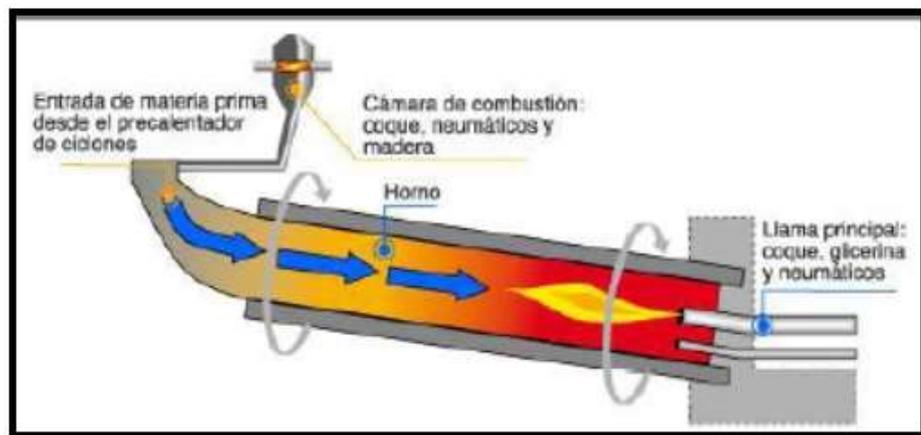


Fabricación de Clinker – Horno

A medida que la harina va avanzando en el interior del horno, mientras está rota, la temperatura va aumentando hasta alcanzar los 1,500 °C a esta temperatura se producen complejas reacciones químicas que dan lugar al Clinker.

Para alcanzar las temperaturas necesarias para la cocción de las materias primas y la producción del Clinker, el horno cuenta con una llama principal que arde a 2,000 °C. En algunos casos, también hay una llama secundaria situada en la cámara de combustión, que se encuentra en la torre del pre calentador. Estas llamas se alimentan con combustibles tradicionales, como el carbón o el coque de petróleo, o alternativos como los neumáticos o los lodos depuradora, entre otros.

Grafico N°06: Cocción de las materias primas.



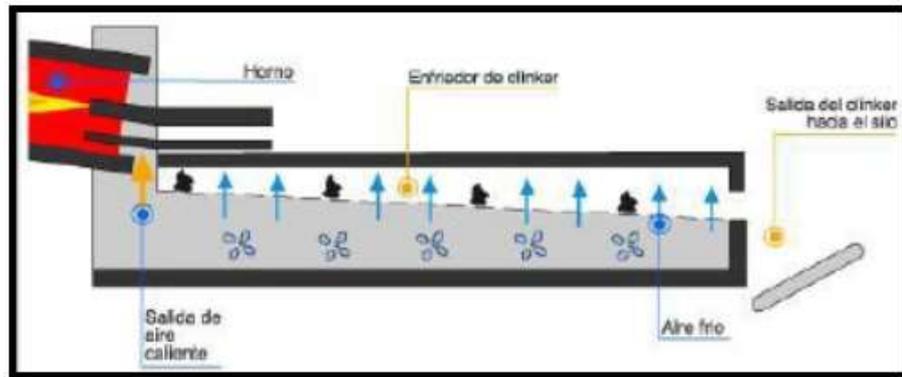
Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Fabricación de Clinker – Enfriado.

A la salida del horno, el Clinker se introduce en el enfriador, que inyecta aire frío del exterior para reducir su temperatura de los 1,400 °C a los 100 °C. El aire caliente generado en este dispositivo se introduce

nuevamente en el horno para favorecer la combustión, mejorando así la eficiencia energética del proceso.

Grafico N°07: Enfriado del Clinker.



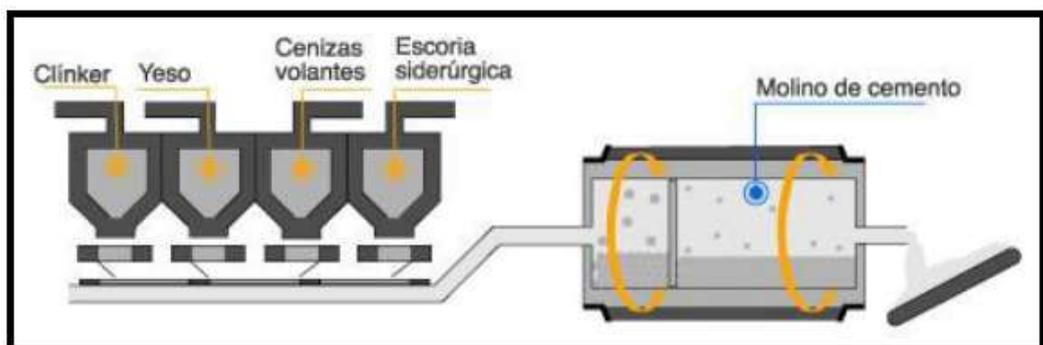
Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Molienda del Clinker

Una vez obtenido, el Clinker se mezcla con yeso y adiciones, en proporciones adecuadas, dentro de un molino de cemento. En su interior, los materiales se muelen, se mezclan y homogeneizan.

Los molinos pueden ser de rodillos (horizontales y verticales) y de bolas. Este último consiste en un gran tubo que rota sobre sí mismo y que contiene bolas de acero en su interior. Gracias a la rotación del molino, las bolas colisionan entre sí, triturando el Clinker y las adiciones hasta lograr un polvo fino y homogéneo, el cemento.

Grafico N°08: Molienda del Clinker.

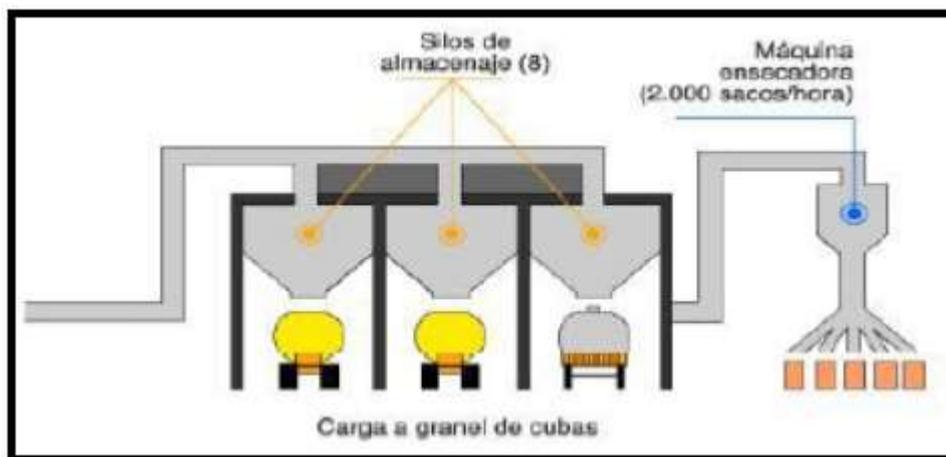


Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Expedición

Por último, el cemento se almacena en silos, separado según sus clases, antes de ser descargado en un camión cisterna para su transporte por carretera o ferrocarril.

Grafico N°09: Expedición del Clinker.



Fuente: ASOCEM Catedra de Concreto 2008

Los componentes químicos del cemento Portland se expresa en porcentaje de óxidos que contienen. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de estos del 95% al 97%, aproximadamente. En pequeñas cantidades, también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así tenemos:

Grafico N°10: Componentes químicos del cemento.

OXIDO COMPONENTE	PORCENTAJE TIPICO	ABREVIATURA
CaO	62.5% - 64.5%	C
SiO ₂	19% - 22%	S
Al ₂ O ₃	4% - 6%	A
Fe ₂ O ₃	3% - 3.5%	F
SO ₃	2.3% - 2.6%	
MgO	0.9% - 2.9	

Fuente: Boletín ASOCEM "Química del cemento".

Los compuestos químicos formados por la combinación de los óxidos entre sí por la cocción a altas temperaturas y forman productos complejos. Los principales compuestos que constituyen, aproximadamente, el 95% del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios.

Grafico N°11: Componentes químicos secundarios del cemento.

DESIGNACION	FORMULA	ABREVIATURA	PORCENTAJE
Silicato tricalcico	$3CaO.SiO_2$	C3S	48% - 52%
Silicato dicalcico	$2CaO.SiO_2$	C2S	17% - 27%
Aluminato tricalcico	$3CaO.Al_2O_3$	C3A	6% - 10%
Ferro aluminato tetracalcico	$4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$	C4AF	9% - 11%

Fuente: Boletín ASOCEM "Química del cemento".

Las propiedades de los compuestos principales son: **Silicato Tricalcico (C3S)** Es el más importante de los compuestos del cemento. Determina la rapidez o velocidad de fraguado. Precisa la resistencia inicial del cemento. Importancia en el calor de hidratación de los cementos. Contribuye a una buena estabilidad de volumen. Contribuye a la resistencia al intemperismo.

Silicato Dicalcico (C2S) Es el segundo en importancia. Endurece con lentitud. Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento). El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr. Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S. Su contribución a la estabilidad de volumen es regular.

Aluminato Tricalcico (C3A) Es el primero en hidratarse. O sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta). Posee poca resistencia mecánica (no incide en la resistencia a la compresión). Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo). Posee mala

estabilidad de volumen. Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos. Calor de hidratación equivalente a 207 cal/gr.

Ferro Aluminato Tetra cálcico (C4AF) Tiene relativa trascendencia en la velocidad de hidratación (es relativamente rápida). El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado). En la resistencia mecánica, no está definida su influencia. La estabilidad de volumen es mala.

El Silicato Tricalcico (C3S) y el Silicato Dicálcico (C2S) ambos constituyen el 75% del cemento. Por lo que la resistencia mecánica se debe a estos dos compuestos.

Composición del cemento Portland Obtención caliza (carbonato de calcio CaCO_3) La caliza es una roca sedimentaria menos compacta que el mármol, compuesta, en su mayoría, por carbonato cálcico. Es muy abundante y su origen puede ser orgánico o químico. Otros componentes presentes en su composición son el óxido de hierro, fósiles y otros minerales. Estos componentes son necesarios para la formación del clínquer en las etapas posteriores.

Para obtener la caliza, existen diferentes métodos de extracción, ya sea a tajo abierto (sobre el manto terrestre), o como también por métodos subterráneos. Este último método es escaso y costoso, pero a diferencia del otro método (a tajo abierto), la caliza extraída es más pura, siendo de mejor calidad.

La caliza es la roca más importante en la fabricación del cemento proporcionando el óxido de calcio (CaO).

Arcillas (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) La arcilla es un mineral procedente de la descomposición de rocas que contienen feldespato por ejemplo granito, originada en un proceso natural que demora decenas de miles de años. Físicamente se considera un coloide de partícula extremadamente pequeña y superficie lisa. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Se caracteriza por adquirir plasticidad al mezclarla con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800°C .

Las arcillas se forman esencialmente por sílice, por alúmina y por hierro. Su contenido es variable de una arcilla a otra. Las arcillas utilizadas están constituidas generalmente por varios minerales en proporciones variables. La arcilla proporciona SiO_2 y Al_2O_3 .

Yeso

Piedra natural, muy suave, de color blanco y rica en sulfatos de calcio que, en pequeña proporción, se adiciona en la fabricación del cemento para que actúe como retardador de fraguado.

Correctores

Muchas veces es necesario equilibrar determinados componentes (óxidos) empleando otros materiales que contengan el óxido que se desea corregir.

2.2.10. Tipos de cemento y sus aplicaciones.

Sin adición.

Según la Norma técnica Peruana NTP 334.009 los cementos Portland están clasificados de acuerdo con sus propiedades específicas y son:

Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.

Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

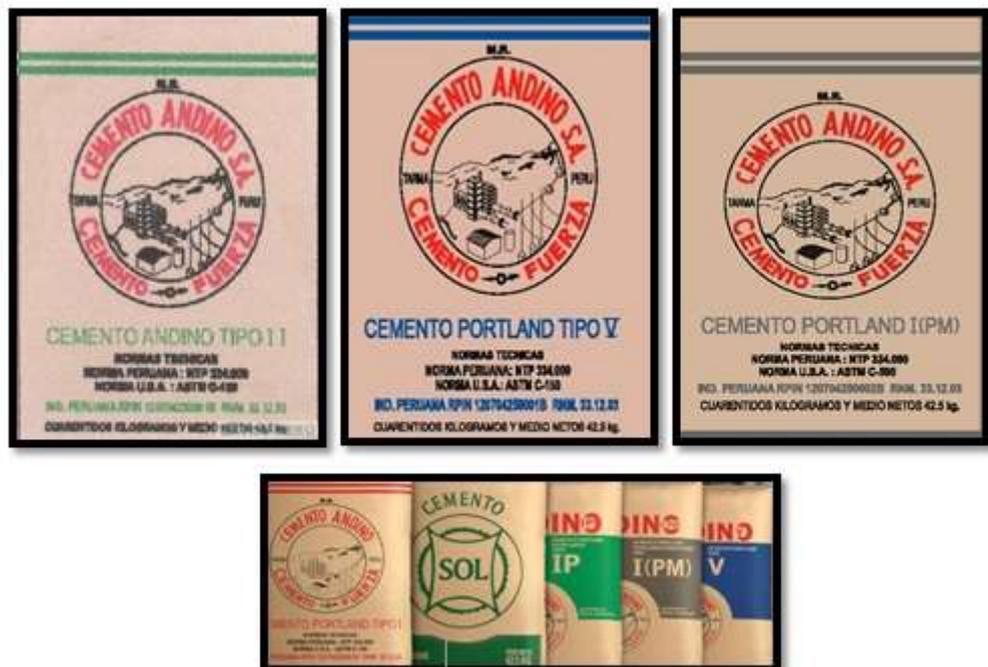
Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Algunos cementos son denominados con un tipo de clasificación combinada, como Tipo I/II, indicando que el cemento reúne los requisitos de los tipos señalados y es ofrecido como adecuado para uso cuando cualquiera de los dos tipos es deseado.

Grafico N°12: Tipos de cemento.



Fuente: <https://www.universidadperu.com/empresas/marca/20129497077-Cemento+Andino+S.A.+Cemento+Fuerza+Tarma+Peru>

Con adición.

Cementos de especificaciones de la Performance (NTP 334.082): cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación. Sus tipos son:

GU: De uso general. Se usa para cuando no se requiera propiedades Especiales.

HH: De alta resistencia inicial.

MS: De moderada resistencia a los sulfatos.

HS: De alta resistencia a los Sulfatos.

MH: De moderado calor de hidratación.

Enfriamiento del Clinquer.

El clinquer sale del horno rotatorio en forma de granos pétreos, menudos, de color verde (característico del cemento blanco) a una temperatura de 1100 a 1200 °C, este calor se reduce en un recinto llamado enfriador. La descarga del horno se produce en forma continua, experimentando un enfriamiento (de 1000 a 100°C) que debe ser rápido, utilizándose para ello sistemas como enfriadores de tambor, enfriadores satélite, etc. Que mediante corrientes de agua absorben la energía calorífica de la pared del refrigerador por conducción.

Si el clinquer formado en el proceso de sinterización se enfría lentamente, puede invertirse el sentido de las reacciones. El clinquer consta esencialmente de cuatro (4) principales minerales señalados en la siguiente tabla:

El contenido en C4AF debería tender a cero en un clínquer de cemento blanco. Este ferrito y el aluminato, se denominan "Fundentes", y son los que funden a temperaturas más bajas, por lo que al casi no aparecer en la composición del cemento blanco hace necesario elevar la temperatura de cocción (fusión), para formar el clínquer blanco. Se suelen añadir otros compuestos que actúen como fundentes, que son guardados celosamente por las cementeras.

2.2.11. Propiedades físicas y mecánicas de los cementos

Las propiedades físicas más importantes del cemento son:

Finura o fineza

Se refiere al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie, y sus unidades están en m^2/Kg . Se determina mediante los siguientes ensayos: Importancia de la propiedad: A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen.

Peso específico

Se refiere al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm^3 . Se determina mediante el siguiente ensayo: Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005) Importancia de la propiedad: Usado en diseño de mezclas de concreto.

Tiempo de fraguado

Se denomina el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta, se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de fraguado Inicial y El tiempo de fraguado Final. Se determina mediante los siguientes ensayos

Importancia de la propiedad: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

Estabilidad de volumen

Representa la verificación de los cambios volumétricos por la presencia de agentes expansivos, se expresa en %. Se determina mediante el siguiente ensayo: Ensayo de Autoclave: NTP (334.004)

Resistencia a la compresión

Mide la capacidad mecánica del cemento, se expresa en Kg/ cm ². Se determina mediante el siguiente ensayo: Ensayo de compresión en probetas cemento-arena normalizada (NTP 334.051) Se ensaya a diferentes edades: 1, 3, 7, 14, y 28 días. Importancia de la propiedad: Es una de las más importantes de las propiedades ya que decide la calidad de los cementos.

Granulometría

Normas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33 La importancia de la granulometría de los agregados radica, en que de estos dependerán las propiedades de los diferentes tipos de concreto, mayor estabilidad volumétrica, resistencia, y por esto conviene que los agregados ocupen la mayor masa del concreto, compatible con la trabajabilidad

Grafico N°13: Requisitos de Granulometría para agregados finos.

REQUERIMIENTOS DE GRANULOMETRIA PARA AGREGADOS FINOS	
Malla	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°4)	95 - 100
2.36 mm (N°8)	80 - 100
1.18 mm (N°16)	50 - 85
600 µm (N°30)	25 - 60
300 µm (N°50)	10 - 30
150 µm (N°100)	2 - 10

Fuente: <https://www.emaze.com/@ATQWLQQ/Unttled>

Se permite el uso que no cumplan con las gradaciones específicas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concretos con la calidad requerida.

La granulometría es la determinación más corriente y una de las más importantes que se realizan al agregado; y representa la distribución de los tamaños que posee el mismo.

La norma NTP 400.012 establece el procedimiento para efectuar el tamizado y determinar la granulometría de los áridos de densidad real normal.

La granulometría permite también obtener el módulo de finura del agregado y su expresión gráfica representada por la curva granulométrica.

Para determinar la granulometría del agregado se considera la masa de una muestra de ensayo; se tamiza la muestra e determina la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Se calculan los porcentajes parciales retenidos y se expresa la granulometría.

Módulo de fineza

Norma: NTP 400.012 Granulometrías que tengan iguales módulos de fineza independientemente, de la gradación de sus partículas requieren la misma cantidad de agua para obtener similares propiedades de trabajabilidad y resistencia. Se calcula de la siguiente manera:

Grafico N°14: Módulo de Fineza del Agregado Fino.

$$M. F = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100}$$

Fuente: <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2010/10/14/la-granulometria/>

Según la Norma ASTM, la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

Peso unitario Suelto (PUS)

Normas: NTP 400.017 – ASTM C29 Se denomina PUS cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una carilla. El concepto PUS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto. Se usará invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir para conocer el consumo de áridos por metro cúbico de hormigón.

Peso unitario Compactado (PUC)

Normas: NTP 400.017 – ASTM C29

Se denomina PUC cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y por lo tanto el valor de la masa unitaria. El PUC es importante desde el punto de vista de diseño de mezclas ya que con él se determina el volumen absoluto de los agregados por cuanto estos van a estar sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del hormigón. Este valor se usará para el conocimiento de volúmenes de materiales apilados y que estén sujetos a acomodamiento o asentamiento provocados por él, tránsito sobre ellos o por la acción del tiempo. También el valor del peso unitario compactado, es de una utilidad extraordinaria para el cálculo de porcentaje de vacíos de los materiales.

Peso unitario Compactado (PUC)

Normas: NTP 400.022 – ASTM C128

Peso específico (densidad) aparente.- Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

Peso específico (densidad) masa.- Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

Peso específico (densidad) de masa saturado superficialmente seco.-

Es lo mismo que peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables

Contenido de humedad

Normas: NTP 339.185 – ASTM C566 Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

2.2.12. Agregado Grueso.

Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (No. 4) proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca, y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.012.

Granulometría.

Normas: NTP 400.012 – ASTM C136/C33 La granulometría se realizó de acuerdo con las normas mencionadas y con los siguientes tamices 1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', y 1/4''. La tabla 7 representa los requisitos para los agregados gruesos.

Requisitos de Granulometría para agregados gruesos

Módulo de Fineza

Norma: NTP 400.012 El módulo de fineza es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. Diferentes granulometrías de agregados pueden tener igual módulo de finura. El módulo de fineza del agregado fino es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto. Se calcula de la siguiente manera:

Gráfico N°15: Módulo de Fineza del Agregado Grueso.

$$M.F = \frac{\sum \% \text{retenido acumulado (1'', 3/4'', 1/2'', 3/8'', 1/4'')}}{100}$$

Fuente: <https://matdeconstruccion.wordpress.com/2010/10/14/la-granulometria/>

Peso unitario Suelto (PUS)

Norma: NTP 400.017 – ASTM C29 El procedimiento es el seguido por la norma mencionada, para la piedra usamos un recipiente metálico de 1/3 pie³, ya que el TMN del agregado grueso es de 3/4''.

Peso unitario Compactado (PUC)

Normas: NTP 400.017 – ASTM C29 El procedimiento es el seguido por la norma mencionada, para la piedra usamos un recipiente metálico de 1/3 pie³, ya que el TMN del agregado grueso es de 3/4''.

Peso Específico y Porcentaje de Absorción

Normas: NTP 400.022 – ASTM C128 Se calcula siguiendo los pasos de la norma en mención, se usa con ciertos cálculos para proporcionamientos de mezcla y control, por ejemplo en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. Ciertos agregados porosos exhiben deterioro acelerado a la congelación-deshielo.

Contenido de humedad

Normas: NTP 339.185 – ASTM C566 Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

2.2.13. Propiedades físicas de los agregados

Generalidades

La calidad de un concreto es un factor determinante en la seguridad de una estructura, pero esta no se obtiene únicamente con un concreto diseño de mezcla para una obra, un eficiente mezclado y colocación, porque aun cumpliendo con estos, los resultados de laboratorio muestran variaciones considerables en la resistencia de un concreto hecho bajo un mismo diseño.

Se considera que los agregados constituyen del 70% al 80% del volumen del concreto, se puede deducir que las variaciones de calidad

en el tiempo de estos afectan en gran medida las propiedades finales del concreto.

Basados en las normas técnicas peruanas e internacionales NTP y ASTM, se evaluarán las propiedades de los agregados para concreto, con lo que se determinará si estos se mantienen dentro de los límites aceptables.

Tipo y procedencia de los materiales

El agregado fino es arena gruesa y proviene de la cantera de CHULLQUI- Santa María Del Valle Provincia de Huánuco departamento de Huánuco.

2.2.14. Agua.

Conceptos generales

Las aguas potables y aquellas que no tengan sabores u olores pueden ser utilizadas para preparar concreto, sin embargo algunas aguas no potables también pueden ser usadas si cumplen con algunos requisitos, en nuestro país es frecuente trabajar con aguas no potables sobre todo cuando se tratan de obras en las afueras de las ciudades.

El estudio de las características del agua a utilizar en la mezcla del concreto adquiere gran importancia ya que este material interviene en la reacción química con el material cementante (cemento).

Requisitos de calidad

El agua empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse.

La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos

de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites.

Grafico N°16: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado.

DESCRIPCION	LIMITES PERMISIBLES		
sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000	ppm	Máximo
Sulfatos (ion SO ₄)	600	ppm	Máximo
Cloruros (ion CL-)	1000	ppm	Máximo
PH	5 a 8		Máximo

Fuente: Norma NTP 339.088

Recomendaciones adicionales:

Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ion férrico, será de 1 ppm. El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio. Si se utiliza aguas no potables, la calidad del agua, determinada por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la Supervisión. La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basará en resultados en los que se ha utilizado en la preparación del concreto el agua de la fuente elegida

2.2.15. ENSAYOS Y PRUEBAS DEL CONCRETO.

CONSISTENCIA NORMAL

Normas: NTP 339.035 – ASTM C143

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “Slump test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba, desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldado.

El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” o sea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla.

El equipo necesario para el ensayo, consiste en un tronco de cono. Los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm.

El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con una varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.

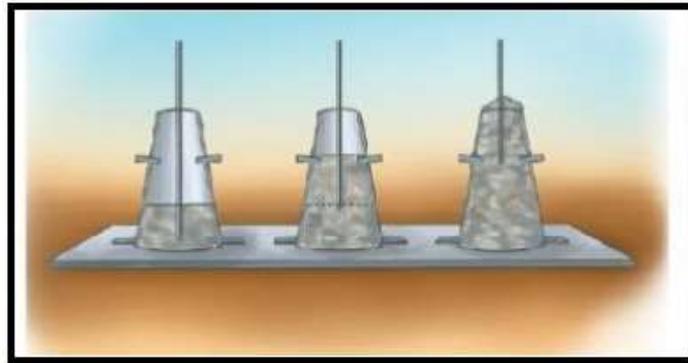
Grafico N°17: Vertimiento del concreto hasta un tercio.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=4oe3Nw3Jty8>

En seguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inferior. La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta -lenta y cuidadosamente en dirección vertical.

Grafico N°18: Vertimiento del concreto terminado para la determinación del asentamiento.

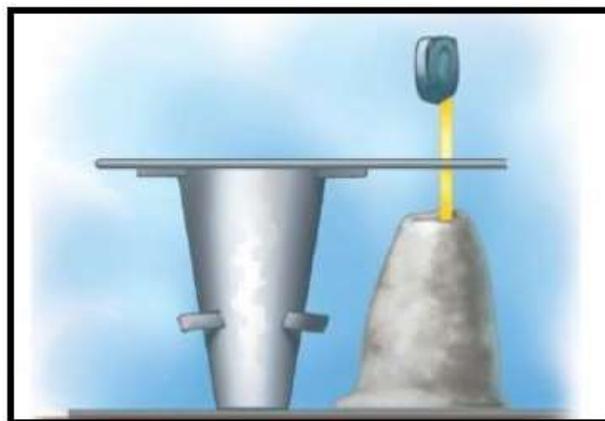


Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=4oe3Nw3Jty8>

El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina **Slump**.

Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 02 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.

Grafico N°19: Medición del Slump para determinar el asentamiento.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=4oe3Nw3Jty8>

PESO UNITARIO.

Normas: NTP 339.046 –ASTM C138.

El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de 2,240 y 2,400 Kg por metro cubico (Kg/m³). El peso unitario (DENSIDAD) del concreto varia, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y cemento, mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado.

Para el diseño de estructuras del concreto convencional y de las barras de refuerzo pesa 2400 Kg/m³. Además del concreto convencional, existe una amplia variedad de otro concretos para hacer frente a diversas necesidades, variando desde concretos aisladores ligeros con pesos unitarios de 240 kg/m³, que se emplean para contrapesos o para blindajes contra radiaciones.

El peso unitario del concreto se emplea principalmente para:

- Determinar o comprobar el rendimiento de la mezcla.
- Determinar el contenido de materiales (cemento, agua y agregados) por metro cubico de concreto, así como el contenido de aire.
- Formarnos una idea de la calidad del concreto y de su grado de compactación.
- El concreto convencional tiene un peso unitario dentro del rango de 2240 y 2400 kg/m³.

El peso unitario del concreto se calcula como:

Fórmula: Peso unitario del concreto (kg/m³)

$$\text{P.U. CONCRETO FRESCO} = \frac{\text{Peso total} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Fuente: Pasquel, E. (1999).

Cuando las mezclas de concreto experimentan incremento de aire, disminuye en el peso unitario.

Según Pasquel el control del peso unitario es muy útil para verificar la uniformidad del concreto y comprobar el rendimiento de la mezcla al comparar el peso unitario del diseño con el real de la obra.

Al depender el peso unitario del diseño teórico de la exactitud con que se hayan determinado las características físicas de los ingredientes, usualmente existe alguna diferencia entre éste y el real, que se cuantifica como el cociente del teórico entre el práctico. Mientras el valor este dentro del rango 0.98 a 1.02, el rendimiento es aceptable y no conviene hacer correcciones a las proporciones hasta obtener un valor estable, en cuyo caso por una regla de 3, se recalculan las proporciones para obtener 1 m³. **(Pasquel E., 1999).**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN F'C.

Normas: NTP 339.034 – ASTM C39.

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia a la compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de

área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura).

La resistencia a la compresión de un concreto ($f'c$) debe ser alcanzado a los 28 días, después del vaciado y realizado el curado respectivo.

Equipo en obra:

Moldes cilíndricos, cuya longitud es el doble de su diámetro (6' 'x12") o(4' 'x8").

Barra compactadora de acero liso. De 5/8" de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud. La barra será terminada en forma de semiesfera.

Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería.

Aceites derivados de petróleo, como grasa mineral blanca.

Los moldes deben ser de material impermeable, no absorbente y no reactivo con el cemento. Los moldes normalizados se construyen de acero. Eventualmente se utilizan de material plástico duro, de hojalata y de cartón parafinado.

TEMPERATURA.

Norma NTP: 339.184 – ASTM C1064.

En condiciones extremas de calor o frío, el concreto debe ser: Manejado, colocado, compactado, acabado y curado cuidadosamente. Las condiciones extremas de calor o frío principalmente causan problemas de agrietamiento.

En el momento de la hidratación de la pasta de concreto, se forman en la superficie de sus granos cristales microscópicos que crecen entrelazándose y después se engranan como los dientes de un cierre.

Mientras más dura la reacción, más cristales se forman. De allí resulta la pasta de cemento endurecida, la cual recubre los agregados.

Cuanto más elevada es la temperatura durante este proceso de endurecimiento, más rápida es la formación de cristales, lo que, al principio es positivo para el desarrollo de la resistencia a la compresión. Pero debido a que los productos reaccionantes tienen una estructura poco ordenada, la pasta de concreto se vuelve más porosa y la resistencia a la compresión a 28 días se debilita cada vez más que con un concreto fresco, que se endurece aproximadamente 20°C. Es por eso que la pérdida de resistencia a 28 días es más de 10 por ciento cuando la temperatura del concreto fresco y la temperatura de endurecimiento pasan de 20 a 30°C.

En clima frío, el agua congelada o muy fría demora el tiempo de fraguado, lo que puede causar costosos retrasos.

El concreto a muy bajas temperaturas el agua se convierte en hielo. Se expande y puede agrietar el concreto endurecido. Para evitar esto se podría mantener todos los materiales calientes, cubrir el encofrado para mantenerlos libres del frío, usar aditivos aceleradores de fragua, mantener el concreto por encima de los 10°C los primeros días, curar el concreto cuidadosamente para mantenerlo tibio, se podría usar aditivo incluso de aire para prolongar durabilidad a largo plazo.

TIEMPO DE FRAGUADO.

Normas: NTP 334.006 – ASTM C 191.

Fraguado y endurecimiento: El fraguado se refiere al paso en una pasta o mezcla, del estado fluido al rígido, esto suele malinterpretarse con el endurecimiento que es solo la ganancia de resistencia de la pasta o mezcla. Vemos dos tiempos de fraguados en el proceso en general:

Fraguado inicial: Tiempo que pasa desde que el cemento entra en contacto con el agua hasta que pierde fluidez y deja de ser plástica.

Fraguado final: Desde que termina el fraguado inicial hasta que comienza a ganar cierta resistencia (endurecimiento). Cuando el cemento entra en contacto con el agua inician las reacciones químicas en las cuales el cemento se transforma en un enlazante, en otras palabras con el paso del tiempo producen una masa firme y dura que envuelve a los componentes de la mezcla y los mantiene juntos.

Después del TFI no es recomendable colocar el concreto, ya que la resistencia del concreto tiende a disminuir.

El TFI del concreto convencional en Lima es de 150 minutos, al tener un clima templado, pero en ciudades donde la temperatura es mayor como Piura el TFI disminuye y por el contrario, en ciudades donde la temperatura es menor como Huancayo TFI aumenta.

El Tiempo de fraguado inicial y final tiene una transcendencia primordial en obra, ya que dará la pauta del tiempo que se dispone en el proceso constructivo para las operaciones de colocación y acabado.

Algunos factores que se ven involucrados en los tiempos de fragua son:

Relación de agua/cemento: entre más líquida sea la pasta más tardará el tiempo de fraguado pues es muy fluida y tardará su tiempo en perder esa fluidez.

Temperatura ambiente: entre más alta sea la temperatura más rápido se secará el agua de la pasta y perderá el componente que le da fluidez.

Humedad relativa: si la saturación de humedad es baja, el ambiente intentará quitarle humedad a la pasta y se secará más rápido.

Finura del cemento: el grado de finura afecta de manera que se necesita más agua para hidratar todas las partículas.

Es posible que se den 2 tipos diferentes de fenómenos durante el proceso de fraguado:

Fraguado relámpago: hay fraguado relámpago cuando la mezcla se vuelve rígida de manera muy rápida perdiendo toda su plasticidad sin poder recuperarla, esto se da debida a una deficiencia de yeso en la mezcla de cemento.

Fraguado falso: la pasta se vuelve rígida en los primeros 10 minutos después de mezclado pero no pierde plasticidad, puede volver a ser fluida solo con batirla sin añadir agua aunque puede perder un poco de la resistencia final, esto se produce posiblemente por malas condiciones de almacenamiento o la mezcla del yeso con Clinker caliente en la elaboración del cemento.

TRABAJABILIDAD.

Normas: NTP 339.035/339.114 – ASTM C143/C94.

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Su evaluación es relativa, por cuanto depende realmente de las facilidades manuales o mecánicas de que se disponga durante las etapas de proceso, ya que un concreto que puede ser trabajable bajo ciertas condiciones de colocación y compactación, no necesariamente resulta tal si dichas condiciones cambian.

Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido en la masa.

El concreto debe ser trabajable pero no se debe segregar excesivamente, ni exudarse durante estas operaciones. La exudación

es la migración del agua hacia la superficie superior del concreto recién mezclado provocada por el asentamiento de los materiales Sólidos – cemento, arena y piedra dentro de la masa.

Debido a la tendencia del concreto recién mezclado a segregarse y exudar, es importante transportar y colocar cada carga lo más cerca posible de su posición final. El aire incluido mejora la trabajabilidad y reduce la tendencia del concreto fresco de segregarse y exudar.

No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad. Por lo general la trabajabilidad se ha medido por muchos años con el método del “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto.

Grafico N°20: Trabajabilidad y revenimiento de concretos.

GRADO DE TRABAJABILIDAD	REVENIMIENTO		USO CONVENIENTE DEL CONCRETO
	mm	in	
Muy baja	0 - 25	0 - 1	En caminos vibrados por maquinarias de poder. En el final mas trabajable de este grupo, el concreto se puede compactarse en ciertos con maquinas manuales.
Baja	25 - 50	.1 - 2	En caminos vibrados con maquinas manuales. En el final mas trabajable de este grupo, el concreto se puede compactar manualmente en caminos usando agregado de forma redonda o irregular. Cimentaciones de concreto en masa sin vibracion o secciones reforzadas ligeramente con vibracion.
Media	50 - 100	.2 - 4	En el final menos trabajable de este grupo, se encuentran las losas planas compactadas manualmente que usan agregdos triturados, concreto reforzado normal, compactado manualmente y secciones muy reforzadas con vibracion
Alta	100 - 75	.4 - 7	Para secciones con refuerzo aglomerado. Normalmente no es adecuado para ser vibrado

Fuente: NTP 339.035/339.114

2.2.16. MARMOL.

Mármol es una roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización. El componente básico del mármol es el carbonato cálcico, cuyo contenido supera el 90 %; los demás componentes, considerados, son los que dan gran variedad de colores en los mármoles y definen sus características físicas. Tras un proceso de pulido por abrasión el mármol alcanza alto nivel de brillo natural, es decir, sin ceras ni componentes químicos. El mármol se utiliza principalmente en la construcción, decoración y escultura. A veces es translúcido, de diferentes colores, como blanco, marrón, rojo, verde, negro, gris, amarillo, azul, y que puede aparecer de coloración uniforme, jaspeado (a salpicaduras), vetado (tramado de líneas) y diversas configuraciones o mezclas entre ellas.

Grafico N°21: Mármol.



Fuente: <http://www.todocoleccion.net/coleccionismo-minerales/mineral-marmol>

2.2.17. CARACTERISTICAS DEL MARMOL.

El mármol es una roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización. El componente básico del mármol es la calcita (CaCO_3), cuyo contenido supera el 90%; los demás componentes (arcilla, cuarzo, mica, piritita, óxido de hierro, entre otros), considerados "impurezas", son los que dan gran variedad de colores en los mármoles y definen sus características físicas.

Es un material de baja conductividad térmica y eléctrica, con una dureza entre 3 y 4 en la escala de Mohs; con una densidad de 2711 kg/m³; su punto de fusión es de 1172 K (899°C). Al microscopio no presenta orientación estructural, es muy compacto. Tiene mayor dureza, resistencia y durabilidad que las calizas.

Es muy utilizado en la industria de la construcción, principalmente como material para pisos, muebles, cubiertas y columnas. El mármol fragmentado es utilizado como agregados en concreto, además de utilizarse como materia prima en la producción de cal viva. En menor escala se utiliza como base para elaborar escultura y arte funerario. "Los mármoles son rocas que admiten el pulimento adquiriendo cierto brillo, como los "mármoles" verdes, que consisten en serpentinas con un contenido nulo de carbonato cálcico, o los travertinos que son rocas calizas sedimentarias y algún tipo de calizas.

Generalmente la extracción del mármol, se realiza en canteras a cielo abierto por medio del corte con barrenos e hilo diamantado y sierras. En algunos casos se utilizan explosivos para facilitar la extracción, también se utilizan galerías subterráneas cuando los bancos son de bajo potencial pero de gran valor.

De esta manera, se obtienen bloques que se llevan a talleres de producción de laminados, los cuales pueden estar cercanos al banco o en lugares próximos a su comercialización. El proceso de elaboración

es sencillo, los cortes se realizan con sierras o laminas diamantadas para dividir el bloque en placas más fáciles de trabajar; posteriormente, se realiza un proceso de pulido y abrillantado, para posteriormente realizar un corte con sierras manuales si fuera necesario para dar las dimensiones requeridas. Finalmente se realiza el proceso de biselado, secado y pulido, quedando las piezas listas para su embarque y transportación.

2.2.18. PROPIEDADES DEL MARMOL.

Las propiedades del mármol son las siguientes:

- Densidad: su densidad oscila entre 2.38 y 2.87 kg/dm³
- Resistencia a la Tracción: entre 100 y 360 kg/cm²
- Dureza: su dureza puede ser entre 3 y 4 kg/cm²
- Absorción: su absorción de agua equivale en peso entre 100 y 360 kg/cm²
- Resistencia a la Compresión: esta oscila entre 699 y 100 kg/cm²

Las propiedades más específicas del mármol son:

- Duración.
- Resistencia Química.
- Coeficiente de Expansión Térmica.

Grafico N°22: Propiedades del mármol.



Fuente: <http://www.agenciasinc.es/Noticias/Analizan-sustancias-que-mejoren-el-aspecto-y-las-propiedades-del-marmol>

2.2.19. APLICACIONES DE RESIDUOS DE MARMOL EN EL MUNDO.

Diversos proyectos se han realizado con la finalidad de dar un uso a éstos residuos y tratar de eliminar su diseminación en los entornos urbanos y rurales. Dichas investigaciones han sido más prolíficas durante los últimos 8 años, principalmente en Asia y Europa y en menor escala en América. A continuación se hace una breve reseña de algunos proyectos que utilizan residuos de mármol.

En Murcia el suelo del Saladar de Lo Poyo que por años ha sido contaminado por vertidos de la minería, se ha mejorado con "enmiendas". Se han empleado residuos de la industria del mármol, aumentando el pH y permitiendo un mejor desarrollo y fijación de las plantas al suelo. En Almería aplicaron los residuos de mármol en un proyecto para convertirlos en un material capaz de controlar la acidez y contaminación de los estériles de minas.

En Egipto se realizaron experimentos para evaluar el uso del polvo de mármol como un adsorbente para la eliminación de contaminantes orgánicos en soluciones acuosas. El polvo de mármol se ha utilizado con éxito para la eliminación de algunos contaminantes orgánicos, como el azul de metileno que es absorbido de manera rápida hasta un 98% dentro de 10 min con la gran ventaja que es de bajo costo y no plantea problemas de eliminación.

Por otro lado, se han desarrollado proyectos con polvo de mármol en soluciones acuosas para eliminar iones de plomo en contaminantes inorgánicos. Se encontró, que la absorción era de naturaleza química y que el proceso de absorción de iones de plomo sobre los desechos de mármol en polvo fue espontáneo y de naturaleza endotérmica, mostrando ser un método eficaz

Recientemente se ha experimentado con mezclas para concreto auto-compactable utilizando polvo de mármol como filler en sustitución del

cemento hasta un 30 %, evaluando su resistencia a la compresión y retracción, llegando a la conclusión que su uso puede representar un filler adecuado para concretos auto-compactables. Otras investigaciones encontraron que puede ser un buen sustituto de arena en éstos concretos. Asimismo, en Turquía encontraron que la adición del polvo de mármol como filler no afecta la trabajabilidad del concreto; sin embargo, su resistencia a la compresión se ve afectada para mezclas por encima de un $f'c=200$ kg/cm².

En algunos países de Asia, se han realizado proyectos que incluyen el uso del polvo de mármol en concretos. Estos autores elaboraron mezclas utilizando como sustituto parcial del cemento el humo de sílice (8 % fijo) y polvo de mármol en diferentes porcentajes (0%,8%,10% y 12 %). Ellos elaboraron elementos cúbicos de 150 mm por lado y elementos cilíndricos de 150X300 mm, para medir su resistencia a la compresión, observando que la trabajabilidad disminuye un poco al agregar éstos elementos y además, la resistencia a la compresión se incrementó al agregar humo de sílice al 8 % en combinación con un 8 % de polvo de mármol.

Por otro lado, se ha encontrado que utilizar residuos de mármol como agregado grueso en concretos, tienen un desempeño similar al concreto tradicional en algunas de sus características físico mecánicas principalmente en términos de durabilidad, descubriendo que es muy factible su uso.

Existen otros estudios que experimentaron con el uso de polvo de cantera y de mármol, además de piedra de mármol en sustitución de los agregados en el concreto. Estos autores llegaron a la conclusión de que utilizando hasta un 75 % de agregados producto de los residuos de mármol es muy beneficioso en su resistencia a la compresión.

Hay algunos intentos de utilizar los residuos en pavimentos y en adoquines de concreto para pavimento y en casos aislados se ha utilizado también en morteros. Un proyecto muy importante respecto al uso de los residuos en bloques de concreto se realizó en Jordán y se le dio seguimiento durante tres años con resultados muy alentadores, motivando su uso de manera significativa ya que los residuos no tienen costo pues las empresas lo que quieren es deshacerse de ellos.

Un caso especial son los proyectos para la elaboración de ladrillos, los cuales se han desarrollado utilizando como sustituto de agregados muchos y muy variados materiales de deshecho. Entre estos estudios, se puede observar que en general se enfocaron en medir la resistencia a la compresión, absorción, densidad y porosidad. Los materiales utilizados son producto de industrias tan diferentes como las que procesan la cáscara de arroz, polvo de cantera y Kenaf en polvo ó barros producto del pulido de loseta de porcelana, cenizas de carbón, cenizas de acerías y de incineradores para la producción de ladrillos.

Otros autores experimentaron con residuos de mármol y granito. Se pudo observar que la resistencia a la compresión; así como, su densidad y absorción son muy similares y cumplen el Código Egipcio de Construcciones.

Con base en esta problemática, en México se han realizado algunas investigaciones para ubicar los “tiraderos” que existen en la región de la Comarca Lagunera en el norte de México. También se realizó un experimento sustituyendo la arena con polvo de mármol en mezclas de concreto tradicional encontrando que la resistencia a la compresión es muy similar al concreto tradicional sustituyendo hasta un 30 % de arena por los residuos de mármol. Al realizar estas pruebas con cantidades mayores, se observa que es muy significativa una disminución en la resistencia a la compresión.

En Puebla, elaboraron un nuevo fertilizante orgánico con residuos de mármol y piedra pómez para las plantas y cultivos, el cual tendría un costo 50% más bajo con respecto a otros que están hechos con productos químicos. Los investigadores encontraron que la mezcla del mármol y piedra pómez ofrece mejores nutrientes que los tradicionales que son elaborados con productos químicos, con la desventaja de que al paso de los años contaminan los suelos de cultivo. Por otro lado, también desarrollaron un cemento a base de polvo de mármol, aditivo y PET (teftalato de polietileno).

En otra investigación desarrollada en Gómez Palacio, Durango, se realizaron experimentos exploratorios para utilizar el polvo de mármol en ladrillos. En dicho estudio, se observó que en elementos tales como: cubos de 5x5 cm y cilindros 7.5x15 cm elaborados con polvo de mármol, arena y cemento Portland previamente comprimidos con varilla en su estado plástico, muestran un buen desempeño a la compresión

En general, las principales afectaciones que producen los residuos de mármol son: la alteración de la topografía, ocupación de suelo, degradación de aguas superficiales y subterráneas, contaminación del aire y la contaminación visual.

Como se puede observar, las diversas investigaciones han encontrado resultados positivos para el uso de los residuos de mármol en distintos materiales. Además, se debe tomar en cuenta que, en general, tienen un impacto menos agresivo al medioambiente, ya que sus puntos rojos son la eficiencia en el uso de la energía, punto que puede mejorar si se realiza un estudio para hacer más eficientes los procesos. Las losetas de mármol tienen un ciclo de vida menos agresivo en comparación con otros materiales de uso similar como las losetas cerámicas, que emiten arsénico debido al proceso de cocción para la aplicación del esmalte.

El mármol también es utilizado en la decoración, construcción y en la escultura. Este tipo de mineral puede aparecer en diferentes colores como: rojo, azul, negro, gris, verde, amarillo, pero también en colores uniformes y variados. El jaspeado es el que le da el aspecto de salpicadura y el vetado el tramado de líneas. Con creatividad y utilización de otros materiales, se puede lograr diversos aspectos en el mármol, otorgándole a estas diferentes texturas hermosas y coloridas.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.

Agregados: Material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulicos (ACI 318S).

Cemento portland: El cemento es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes. (Frederik L., 1988).

Concreto: Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos (ACI 318S).

Consistencia normal: La consistencia normal es la cantidad de agua en porcentaje con respecto a la masa de cemento usada (Rivera G., 1992).

Diseño de mezcla: Es dosificar una mezcla de concreto para determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse (Rivera G., 1992).

Dosificación: Relación de agua y material cementante A/C empleado para confeccionar el concreto. E-060, 2006.

Hidratación: Proceso de reacción química del cemento en presencia del agua, la hidratación requiere la presencia de humedad durante el curado E-060, 2006.

Mármol: es una roca metamórfica compacta formada a partir de rocas calizas que, sometidas a elevadas temperaturas y presiones, alcanzan un alto grado de cristalización. El componente básico del mármol es el carbonato cálcico, cuyo contenido supera el 90 %; los demás componentes son los que dan gran variedad de colores en los mármoles y definen sus características físicas.

Probetas: Muestras para ensayos de forma cilíndrica con una relación de dos veces la altura con relación a la base. ASTM-C39M.

Relación A/C: La relación agua-cemento Es la cantidad de cemento y agua que requerirá el concreto para obtener la dureza y trabajabilidad deseada. E-060, 2006.

Resistencia a la compresión del concreto (f'_c): La resistencia a la compresión es la resistencia que se emplea como control de calidad del cemento. El ensayo se hace preparando un mortero hecho de una parte de cemento y 2,75 partes de agregados naturales, normalizada para el ensayo. (Rivera G., 1992).

Tiempo de fraguado: Fraguado se refiere al paso de la mezcla del estado fluido o plástico al estado sólido (Rivera G., 1992).

Trabajabilidad: La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado-, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue) (Rivera G., 1992).

2.4. HIPÓTESIS.

2.4.1. Hipótesis General.

Mediante la adición de residuos de mármol al concreto convencional se obtendrá un concreto de alto rendimiento en su resistencia.

2.4.2. Hipótesis específicos.

- Los residuos de mármol influye en la resistencia a la compresión del concreto.
- Los residuos de mármol aumenta la resistencia a la compresión del concreto.
- Un concreto reforzado con residuos de mármol será técnico-económicamente factible para su empleo.

2.5. VARIABLES.

Las variables para el presente proyecto son:

2.5.1. Variables Dependientes.

Resistencia a la compresión del concreto.

La resistencia a compresión se puede definir como el esfuerzo máximo que presenta los especímenes de concreto a la compresión sin romperse. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), megapascuales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o psi) a una edad de 28 días. Se pueden usar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades.

2.5.2. Variables Independientes.

Las propiedades mecánicas de los residuos de mármol.

El mármol tiene diferentes propiedades, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos. Entre sus propiedades tenemos:

Cohesión: Resistencia de los átomos a separarse unos de otros.

Dureza: Resistencia que opone el mármol a ser penetrado por otro. Esta propiedad nos informa sobre la resistencia al desgaste contra los agentes abrasivos.

Resistencia: Se refiere a la propiedad que presenta el mármol para soportar las diversas fuerzas. Es la oposición al cambio de forma y a la separación, es decir a la destrucción por acción de fuerzas o cargas.

Plasticidad: Cualidad opuesta a la elasticidad. Indica la capacidad que tiene el mármol de mantener la forma que adquiere al estar sometido a un esfuerzo que lo deformó.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES/ INDICADORES	Sub- Dimensiones / Sub Indicadores	Esquema del Marco Teórico
Variable Independiente Propiedades mecánicas de los residuos de mármol	Los residuos de mármol como agregado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto	Propiedad mecánica del concreto que denota la capacidad de resistencia del mismo frente a cargas.	f'c (kg/cm ²)	Composición química establecida Composición mecánica establecida Fuerza / Área	Ensayos del agregado NTP 400.012 Ensayo de resistencia a la compresión NTP 339.034 - ASTM C39
Variable Dependiente Resistencia a la compresión del concreto	Resistencia específica a la compresión del concreto por medio de los ensayos destructivos establecidos en normas	Características físicas y mecánicas que influyen en el mejoramiento de la resistencia a la compresión	f'c (kg/cm ²)	Asentamiento en el cono de Abrams Peso sobre volumen	Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 – ASTM C143 Peso unitario y rendimiento NTP 339.046 – ASTM C 138
Variable Interviniente Tiempo	Parámetro que determina la edad del concreto que es proporcional al tiempo.		Días	3,7,14 y 28 días	

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.

3.1. TIPO DE INVESTIGACION.

3.1.1. Enfoque.

La presente investigación se clasifica como una investigación **Cuantitativa**, es decir, son datos numéricos que resultan de la condición formal realizados a través de los ensayos en los laboratorios para determinar la resistencia a la compresión del concreto.

De acuerdo en el tema se presenta incógnitas o preguntas de la cual se establece la hipótesis y se determina las variables; posteriormente, se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto (pruebas); se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la hipótesis.

3.1.2. Alcance.

De acuerdo a su nivel de investigación, este trabajo es **DESCRIPTIVA** puesto que describe y toma los datos de información tal como están en los libros, tesis y manuales sin alterarlos ni modificarlos.

3.1.3. Diseño.

EL diseño de Investigación es EXPERIMENTAL-PROSPECTIVOS-LONGITUDINAL.

Experimental.

Es experimental puesto que se hizo uso del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad De Huánuco para sustentar la investigación.

Prospectivos.

Es prospectiva puesto que las pruebas y ensayos determinan la veracidad de la hipótesis general en un futuro cercano.

Longitudinal.

Es longitudinal porque todas las pruebas y ensayos se realizan en laboratorio para obtener las características que sirvieron para diferenciar o asemejar los dos tipos de concretos.

3.2. POBLACION Y MUESTRA.**3.2.1. Población.**

Tipo Probabilístico - conglomerado

La población está representado por 180 probetas de concreto; 60 por el concreto patrón, 60 por el concreto con 10% de residuos de mármol y 60 por el concreto elaborado con 20% de residuos de mármol. Los concretos mencionados con $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. El cual serán ensayadas edades de 3, 7, 14 y 28 días para determinar la resistencia a la compresión.

3.2.2. Muestra.

TIPO DE MUESTREO

Tipo Probabilístico – Conglomerado

Para determinar la muestra se procede a realizar el muestreo probabilístico, específicamente el muestreo aleatorio simple, porque la forma más común de obtener una muestra es la selección al azar. Es decir, cada uno de los individuos de una población tiene la misma posibilidad de ser elegido; si no se cumple este requisito, se dice que la muestra es viciada. Para tener la seguridad de que la muestra aleatoria no es viciada, debe emplearse para su constitución una tabla de números aleatorios.

ELECCION DE LA MUESTRA

Para la elección usamos la fórmula de para determinar el tamaño de la muestra, para estimar la proporción poblacional, para una población finita.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Los coeficientes de Z 1.varían según diferentes seguridades:

- Si Z fuese del 90% el coeficiente seria 1.645
- Si Z fuese del 95% el coeficiente seria 1.96
- Si Z fuese del 97.5% el coeficiente seria 2.24
- Si Z fuese del 99% el coeficiente seria 2.576

Entonces de los datos de la investigación tenemos:

N= 60 (población)
Za= 1.96 seguridad al 90%
P= 0.5 proporción esperada investigación (5%)
q= 0.5
d= 0.30 de precisión de la investigación

Tenemos que: n = 15 por lo que se toma 15 especimenes.

Por lo tanto, para cada ensayo a la compresión a una determinada edad y un determinado tipo de concreto se emplearán 15 especímenes de concreto, a continuación se especifica las muestras distribuidas por edades del concreto y por tipo.

Tabla N°01: Numero de muestras totales.

TIPO DE CONCRETO	ENSAYO A COMPRESION A EDADES (DIAS)				TOTAL
	3	7	14	28	
f'c= 210 Kg/cm ² - 0% de residuo de mármol	15	15	15	15	60
f'c= 210 Kg/cm ² - 10% de residuo de mármol	15	15	15	15	60
f'c= 210 Kg/cm ² - 20% de residuo de mármol	15	15	15	15	60
TOTAL DE PROBETAS					180

Fuente: Elaboración propia

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.

3.3.1. RECOLECCIÓN DE DATOS.

La recolección de datos se basa en diferentes experiencias y procedimientos de diseño en concretos permeables en otros países, esta información primaria es punto de partida para aplicar dichos datos en nuestra realidad; con este fin se programarán y ejecutarán ensayos en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil - UDH; utilizando normas técnicas vigentes para determinar las características de los agregados:

- NTP 400.010: Agregados. Extracción y preparación de muestras.
- NTP 400.037: Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).

- NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP 400.017: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
- NTP 400.019: 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.

Ensayos concreto fresco:

- NTP 339.035: Método de ensayo para la medición de asentamiento del concreto con el cono de Abrams.
- NTP 339.082: Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado.
- NTP 339.187: Método de ensayo normalizado para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en el concreto endurecido.
- NTP 339.184: Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto.

Ensayos (concreto fraguado):

- NTP 339.183: Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

Resistencia:

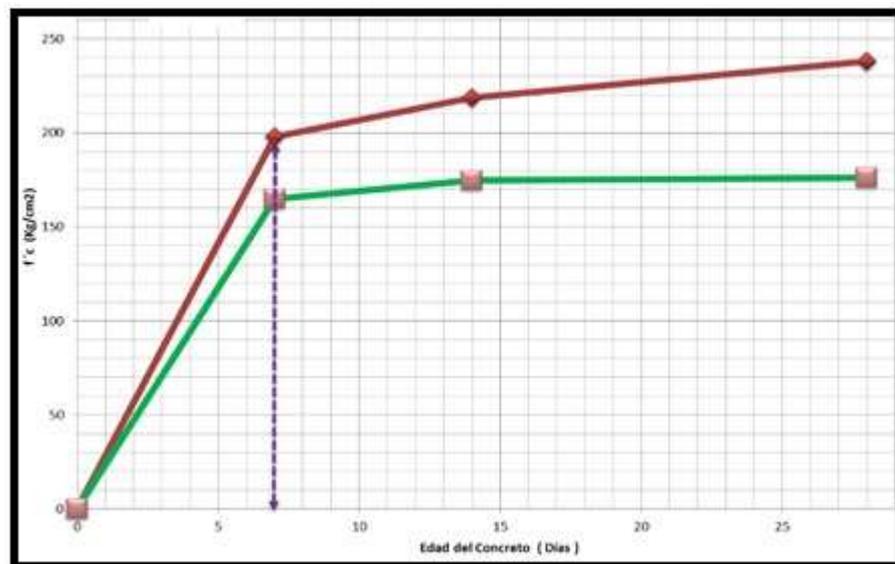
- NTP 339.034: Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

- NTP 339.079: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo.

3.3.2. PARA LA PRESENTACION DE DATOS.

Se requerirán de formatos que permitan la visibilidad de las variables que se presentan en esta investigación, en dicho formato estarán las dimensiones de edad que se presentaran en días y la resistencia a la compresión como se muestra en la figura:

Grafico N°23: Representación de datos



Fuente: Elaboración propia

3.3.3. PARA EL ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS.

Alcances.

Las pruebas que se usaran en los diseños serán la prueba de compresión de probetas de concreto patrón, y probetas de concreto con residuos de mármol.

ENSAYOS.

Generalidades

Una vez transcurridos los 7, 14, 28 días respectivamente desde la fecha de elaboración de las probetas, éstas son ensayadas a compresión. La norma E.060 Ensayo de compresión de probetas cilíndricas, establece el método para efectuar los ensayos hasta rotura por compresión en probetas y cilíndricas, además de los requisitos que deben cumplir los equipos usados en el ensayo.

Los especímenes utilizados para realizar dichos ensayos serán probetas de forma cilíndrica de 15cm X 30cm.

Ensayo para determinar la resistencia a la compresión NTP 339.034 (1999). Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Procedimiento.

Una vez que las probetas son retiradas de la piscina de curado, se trasladan a la sala donde se encuentra la prensa, previo al ensayo las probetas son pesadas y medidas, de acuerdo a lo especificado en la Norma E.060.

- Se retiran los cilindros de concreto de la pila de curado un día antes de las pruebas.
- Se ponen a secar sobre el sol durante un rato para que pierdan el agua superficial.
- Se mide el diámetro \varnothing = Diámetro en centímetros (cm).
- Se calcula el área transversal y el volumen:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} = 0.786 \pi D^2$$

A = Área transversal, en cm.

- Colocamos el concreto a la prensa hidráulica.
- Esperamos la resistencia a la que se agrieta el concreto y apuntamos

Dimensiones y peso de las probetas.

La medición de las probetas se efectúa de acuerdo al diagrama mostrado en la figura del molde, previa identificación de la cara de llenado.

Dichas probetas se fabricarán para un concreto de 210 kg/cm² lo cual es utilizado comúnmente con fines estructurales; además cada serie de probetas contiene un porcentaje determinado de residuos de mármol pero no reemplazando una fracción del árido fino, el cual varía desde un 10% hasta un 20%.

Durante la práctica se trabajará con probetas cuyas dimensiones están especificadas en las normas ASTM C-42 Y ASTM C-39.

La dimensión referencial de la probeta para esta práctica será de 6" (lo equivalente a 15cm. de diámetro y 30cm. de altura)

La densidad de las probetas se obtiene con:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (10)$$

Donde el volumen se calcula:

$$V = S * h \quad (11)$$

Con:

V: volumen de la probeta (cm³)

S: sección de ensayo de la probeta (cm²)

h: altura promedio (cm)

m: masa de la probeta (kg)

La densidad finalmente es expresada en kg/cm³.

Carga y rotura de probetas.

Velocidad de Carga

La carga deberá ser aplicada en forma continua, evitando choques. El desplazamiento del cabezal móvil será de aproximadamente 1,3 mm/min, cuando lo hace libremente.

Tolerancias de Tiempo

Las probetas a ser ensayadas, estarán sujetas a las tolerancias de tiempo indicadas: 0,14 a 0,34 MPa/s. Se aplicará la velocidad de carga continua y constante desde el inicio hasta producir la rotura de la probeta.

Dosificación del Concreto.

La docilidad de la mezcla también se ve afectada por la utilización de residuos de marmol, y presenta variaciones respecto a las muestras patrones, en la tablas siguientes se muestra la dosificación de un concreto convencional de $f'c = 210$ kg/cm² para un metro cúbico, la dosificación de un concreto convencional para una probeta y la dosificación para una probeta de concreto elaborado con residuos de mármol.

Resultados de los ensayos.

Para realizar los ensayos de compresión a las probetas se seleccionó treinta probetas con 7 días de curado de las cuales 15 son de concreto

convencional y las 15 son de concreto con residuos de mármol, también se realizó ensayos a 30 probetas con 14 días de curado tomando el mismo procedimiento que los anteriores al igual que para los 28 días.

Se podrá observar las diferencias medidas de las resistencias, concretos convencionales y el concreto elaborado con residuos de mármol.

La adición de residuos de mármol en la mezcla afecta la docilidad de la misma; según los resultados obtenidos se verifica la hipótesis donde la resistencia a la compresión del concreto elaborado con residuos de mármol es mayor al concreto convencional.

CAPITULO IV RESULTADOS.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.

4.1.1. Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 3 días.

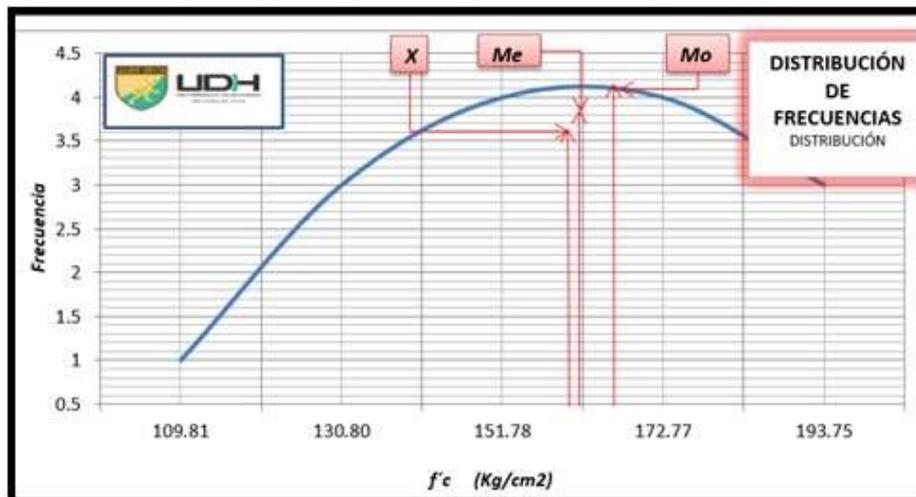
Tabla N°02: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Legenda:
1	99.32	120.30	1	1	109.81	109.81	12058.29	K = N° intervalos
2	120.30	141.29	3	4	130.80	392.39	51322.90	f = Frecuencia
3	141.29	162.28	4	8	151.78	607.13	92151.16	y = Marca Clase
4	162.28	183.26	4	12	172.77	691.07	119395.06	n = N° de datos
5	183.26	204.25	3	15	193.75	581.26	112621.67	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f*y =$	2381.66	387549.08	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°03: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	626.36	(Kg/cm ²) ² '= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	25.03	Kg/cm ² '= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	15.76	% '= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.1048	'= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5*n - Fi-1 =$	3.50	Kg/cm ²
$(\sum f * y)/n = (X) =$	158.78	Kg/cm ² '= Media Aritmética(X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	159.65	Kg/cm ² '= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2)*A =$	162.28	Kg/cm ² '= Moda (Mo)

Grafico N° 24: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 3 días



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 7 días.

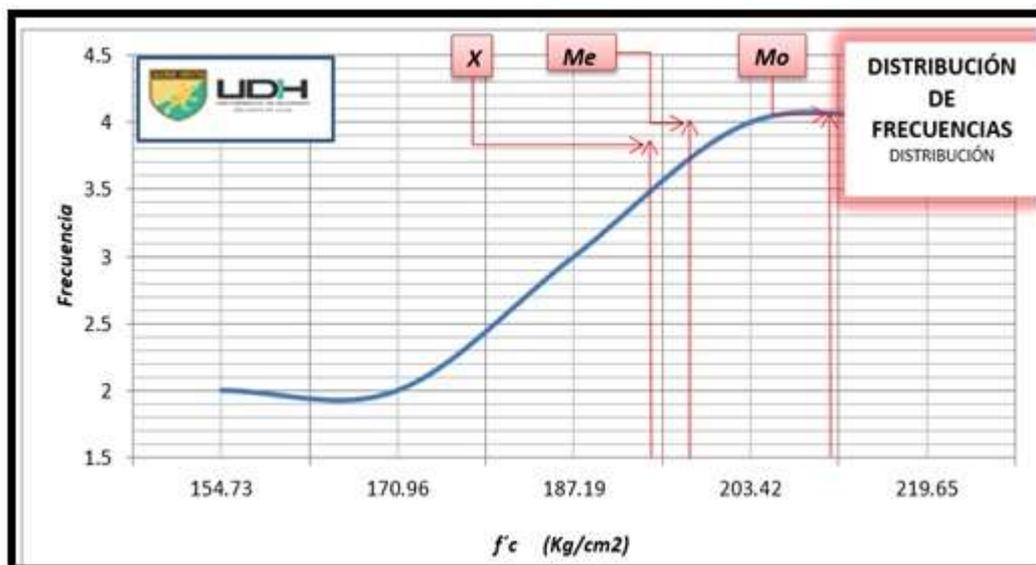
Tabla N°04: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	146.61	162.84	2	2	154.73	309.45	47880.23	K = N° intervalos
2	162.84	179.07	2	4	170.96	341.92	58453.27	f = Frecuencia
3	179.07	195.31	3	7	187.19	561.57	105120.34	y = Marca Clase
4	195.31	211.54	4	11	203.42	813.69	165522.20	n = N° de datos
5	211.54	227.77	4	15	219.65	878.62	192991.79	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	2905.24	569967.82	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°05: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	484.80 (Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	22.02 Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	11.37 %	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.4976	= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	0.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	193.68 Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	197.34 Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	211.54 Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Grafico N° 25: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 7 días



Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 14 días.

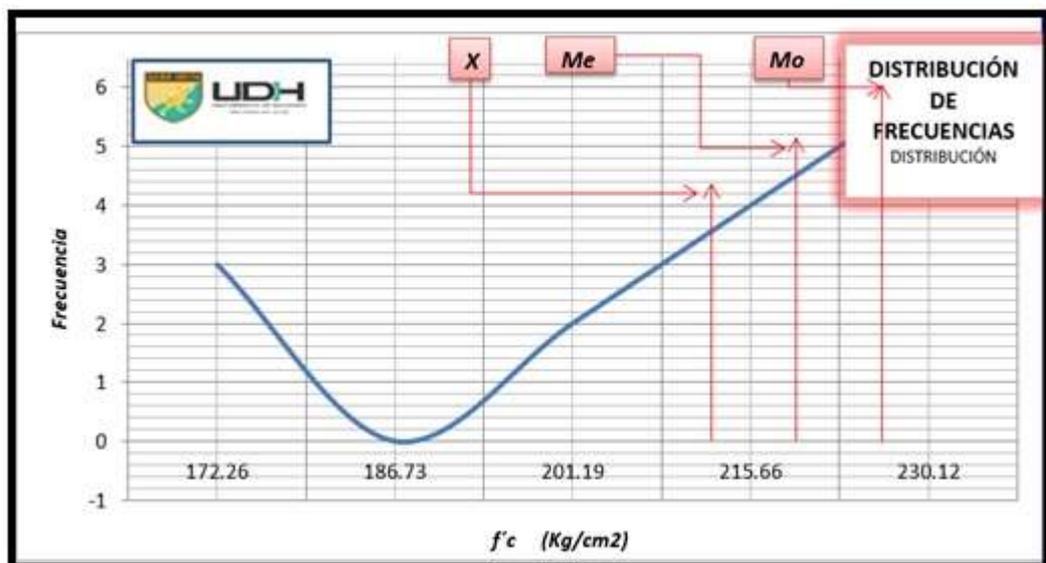
Tabla N°06: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Legenda:
1	165.03	179.49	3	3	172.26	516.79	89022.81	K = N° intervalos
2	179.49	193.96	0	3	186.73	0.00	0.00	f = Frecuencia
3	193.96	208.42	2	5	201.19	402.38	80955.89	y = Marca Clase
4	208.42	222.89	4	9	215.66	862.62	186029.80	n = N° de datos
5	222.89	237.35	6	15	230.12	1380.72	317732.41	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f*y =$	3162.52	673740.90	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°07: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$\sum (X/n - (B/n))^2 = (S^2) =$	464.94 (Kg/cm ²) ²	$\hat{=}$ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	21.56 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	10.23 %	$\hat{=}$ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.9224	$\hat{=}$ Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi-1 =$	2.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	210.83 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	217.46 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	226.50 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Moda (Mo)

Gráfico N° 26: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 14 días



Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Ensayo de rotura para probetas de concreto patrón a 28 días.

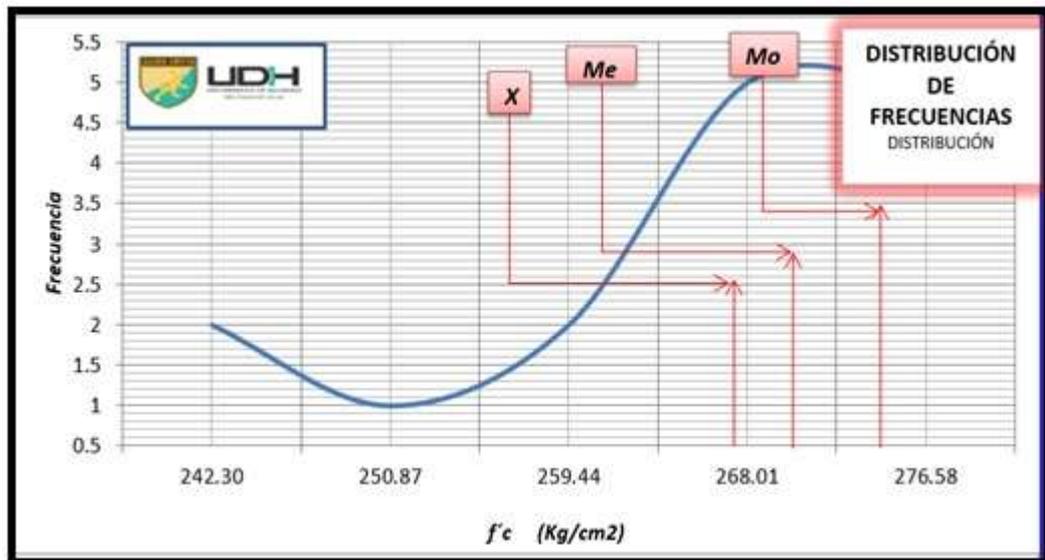
Tabla N°08: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto patrón

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Legenda:
1	238.01	246.58	2	2	242.30	484.60	117417.29	K = N° intervalos
2	246.58	255.15	1	3	250.87	250.87	62934.98	f = Frecuencia
3	255.15	263.72	2	5	259.44	518.88	134616.41	y = Marca Clase
4	263.72	272.29	5	10	268.01	1340.04	359141.57	n = N° de datos
5	272.29	280.86	5	15	276.58	1382.89	382476.51	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f \cdot y =$	3977.27	1056586.76	$\sum f \cdot y^2 = (B)$

Tabla N°09: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	133.83 (Kg/cm ²) ²	'= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	11.57 Kg/cm ²	'= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	4.36 %	'= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.7408	'= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 \cdot n - Fi - 1 =$	2.50 Kg/cm ²	
$(\sum f \cdot y) / n = (X) =$	265.15 Kg/cm ²	'= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi \cdot A =$	268.01 Kg/cm ²	'= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) \cdot A =$	272.29 Kg/cm ²	'= Moda (Mo)

Gráfico N° 27: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto - 28 días



Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 3 días con residuos de mármol 10%.

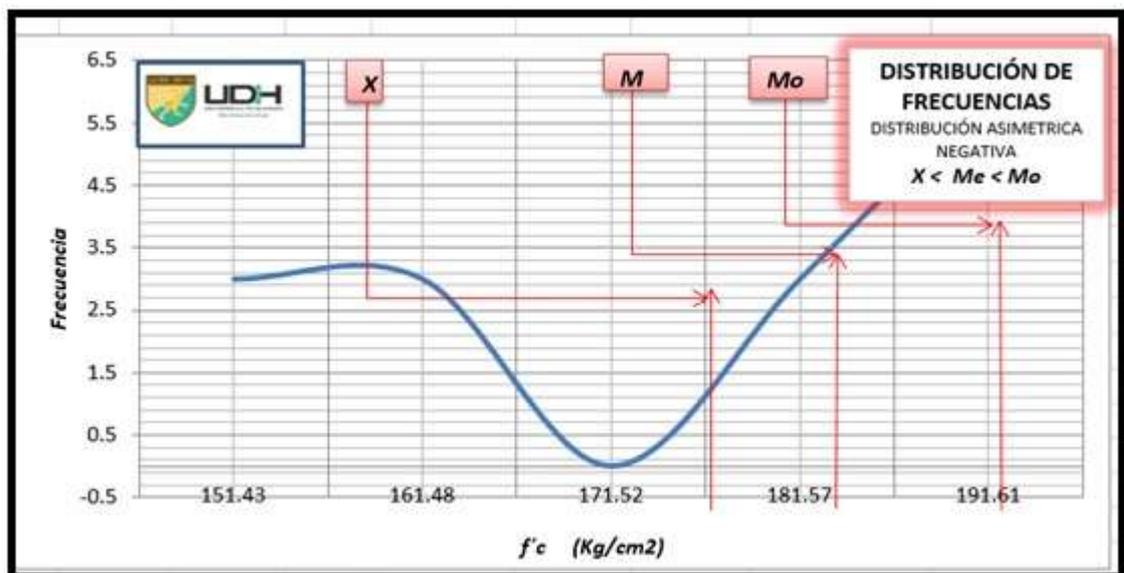
Tabla N°10: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	146.41	156.45	3	3	151.43	454.29	68794.31	K = N° intervalos
2	156.45	166.50	3	6	161.48	484.43	78224.05	f = Frecuencia
3	166.50	176.54	0	6	171.52	0.00	0.00	y = Marca Clase
4	176.54	186.59	3	9	181.57	544.70	98899.87	n = N° de datos
5	186.59	196.64	6	15	191.61	1149.67	220291.89	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	2633.099	466210.1156	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°11: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	266.40 (Kg/cm ²) ²	$\hat{=}$ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = s =$	16.32 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	9.30 %	$\hat{=}$ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-1.1078	$\hat{=}$ Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	1.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	175.54 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	181.57 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	189.94 Kg/cm ²	$\hat{=}$ Moda (Mo)

Gráfico N° 28: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 3 días



Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 7 días con residuos de mármol 10%.

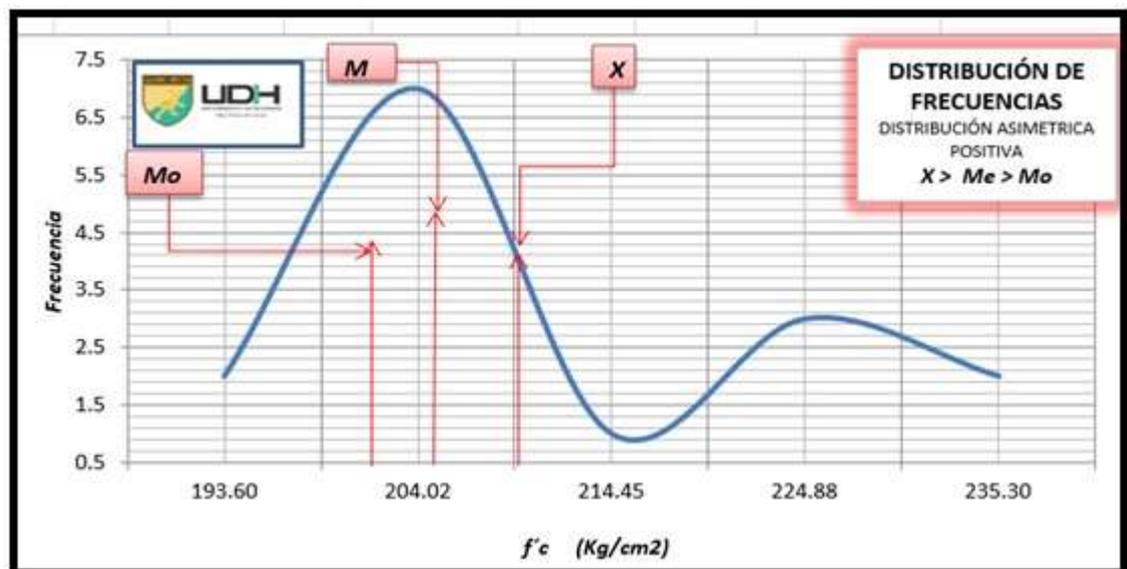
Tabla N°12: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	188.38	198.81	2	2	193.60	387.19	74958.44	K = N° intervalos
2	198.81	209.24	7	9	204.02	1428.16	291375.30	f = Frecuencia
3	209.24	219.66	1	10	214.45	214.45	45988.30	y = Marca Clase
4	219.66	230.09	3	13	224.88	674.63	151706.94	n = N° de datos
5	230.09	240.52	2	15	235.30	470.60	110734.18	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f \cdot y =$	3175.026	674763.1611	$\sum f \cdot y^2 = (B)$

Tabla N°13: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$\frac{\sum f \cdot y - (B/n)^2}{n} = (S^2) =$	180.71 (Kg/cm ²) ²	$\hat{=} \text{ Varianza } (S^2)$
$\sqrt{S^2} = S =$	13.44 Kg/cm ²	$\hat{=} \text{ Desv. Estándar } (S)$
$(S/X) = CV =$	6.35 %	$\hat{=} \text{ Coef. Variación}$
$3(X - Me)/s = AS =$	1.0416	$\hat{=} \text{ Asimetría PEARSON}$
$\Delta f_i = 0.5 \cdot n - F_{i-1} =$	5.50 Kg/cm ²	
$(\sum f \cdot y)/n = (X) =$	211.67 Kg/cm ²	$\hat{=} \text{ Media Aritmética } (X)$
$Me = Li + \Delta f_i / f_i \cdot A =$	207.00 Kg/cm ²	$\hat{=} \text{ Mediana } (Me)$
$Mo = Li + d1/(d1+d2) \cdot A =$	203.55 Kg/cm ²	$\hat{=} \text{ Moda } (Mo)$

Gráfico N° 29: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 7 días



Fuente: Elaboración propia

4.1.7. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 14 días con residuos de mármol 10%.

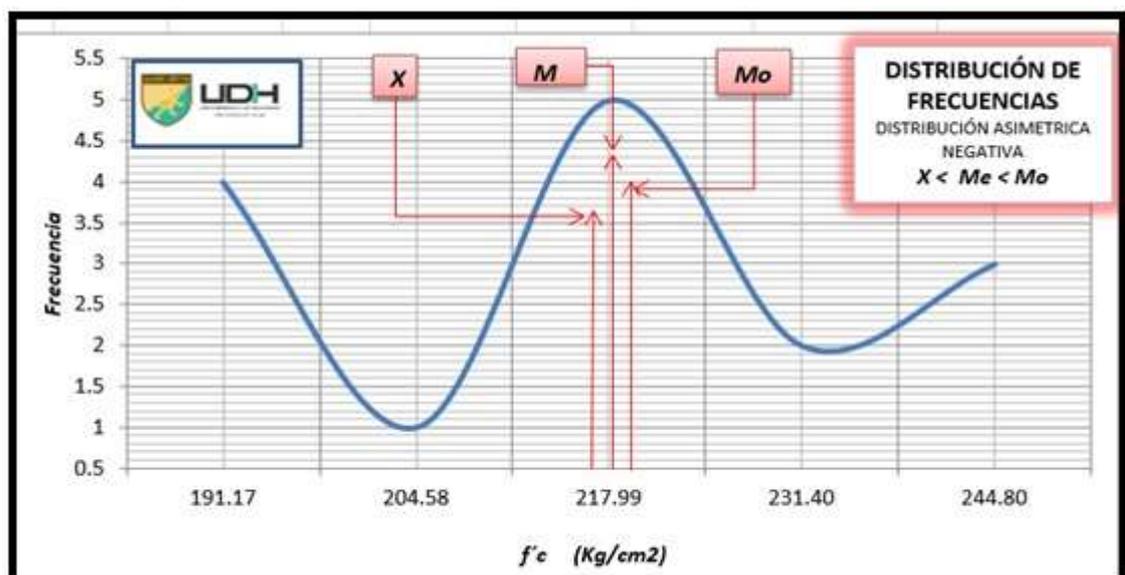
Tabla N°14: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K = N° intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = N° de datos F = Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	184.47	197.88	4	4	191.17	764.69	146186.95	
2	197.88	211.28	1	5	204.58	204.58	41853.07	
3	211.28	224.69	5	10	217.99	1089.94	237594.85	
4	224.69	238.10	2	12	231.40	462.79	107088.86	
5	238.10	251.51	3	15	244.80	734.41	179788.35	
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	3256.419	712512.0843	

Tabla N°15: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN			
$\sum (y - \bar{x})^2 / n = (S^2) =$	370.75	(Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	19.25	Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/\bar{x}) = CV =$	8.87	%	= Coef. Variación
$3(X - Me)/s = AS =$	-0.1393		= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	2.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (\bar{x}) =$	217.09	Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	217.99	Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	218.95	Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Grafico N° 30: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días



Fuente: Elaboración propia

4.1.8. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 28 días con residuos de mármol 10%.

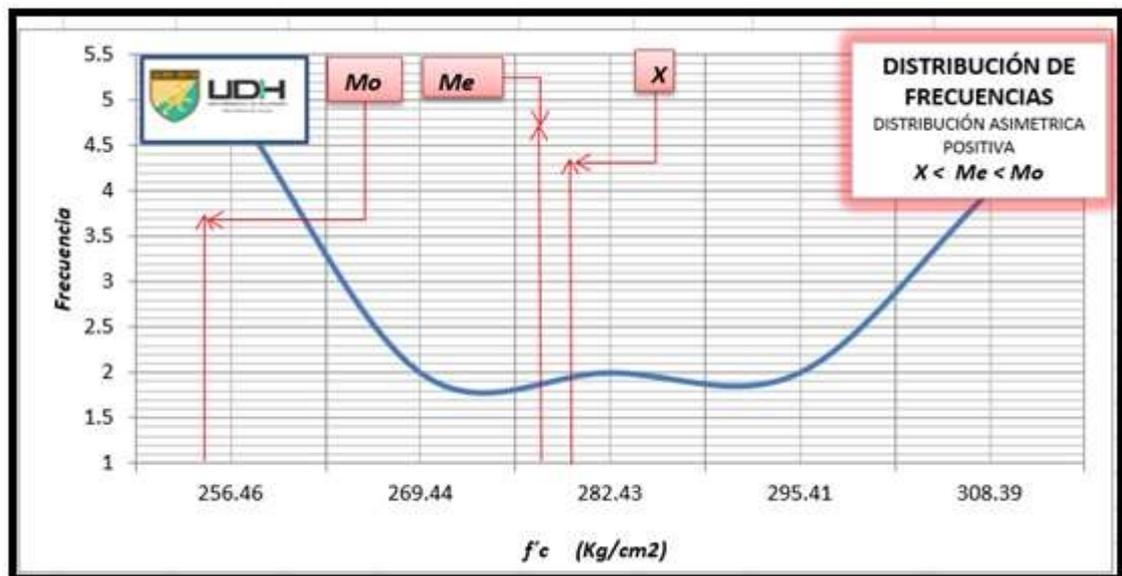
Tabla N°16: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Legenda:
1	249.97	262.95	5	5	256.46	1282.31	328863.31	K = N° intervalos
2	262.95	275.94	2	7	269.44	538.89	145200.90	f = Frecuencia
3	275.94	288.92	2	9	282.43	564.86	159530.69	y = Marca Clase
4	288.92	301.90	2	11	295.41	590.82	174534.71	n = N° de datos
5	301.90	314.88	4	15	308.39	1233.57	380425.91	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f*y =$	4210.448	1188555.52	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°17: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	446.48 (Kg/cm ²) ²	= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	21.13 Kg/cm ²	= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	7.53 %	= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.2150	= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	280.70 Kg/cm ²	= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	279.18 Kg/cm ²	= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	258.08 Kg/cm ²	= Moda (Mo)

Gráfico N° 31: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 28 días



Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 3 días con residuos de mármol 20%.

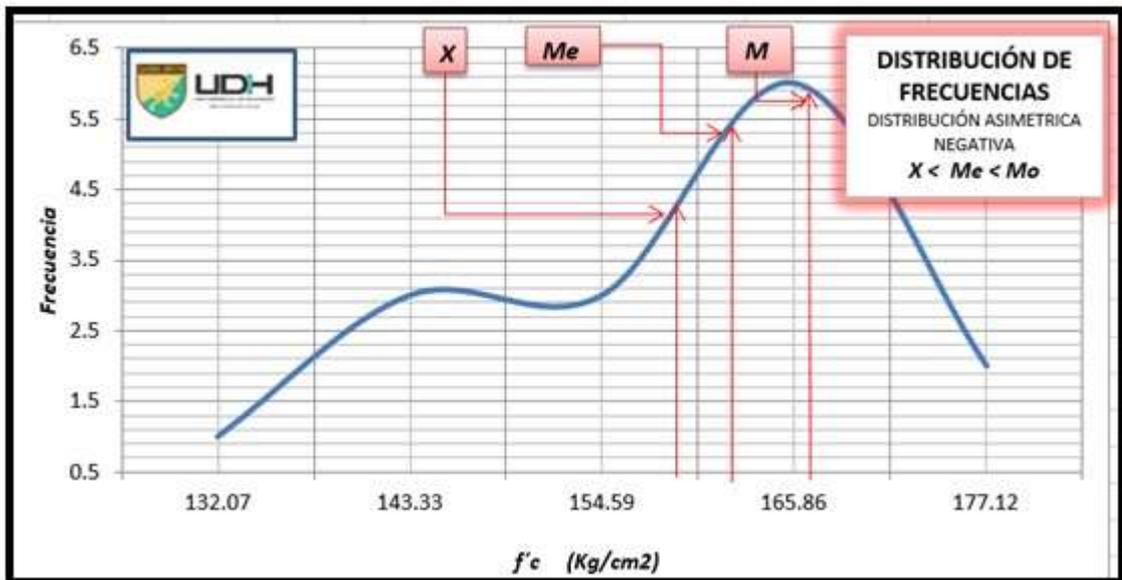
Tabla N°18: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 10%

<i>K</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>y</i>	<i>f * y</i>	<i>f * y²</i>	Leyenda:
1	126.44	137.70	1	1	132.07	132.07	17442.38	<i>K</i> = N° intervalos
2	137.70	148.96	3	4	143.33	430.00	61632.06	<i>f</i> = Frecuencia
3	148.96	160.23	3	7	154.59	463.78	71697.99	<i>y</i> = Marca Clase
4	160.23	171.49	6	13	165.86	995.14	165049.89	<i>n</i> = N° de datos
5	171.49	182.75	2	15	177.12	354.24	62741.96	<i>F</i> = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f*y =$	2375.22	378564.27	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°19: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	163.48 (Kg/cm ²) ²	'= Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	12.79 Kg/cm ²	'= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	8.07 %	'= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.6606	'= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	158.35 Kg/cm ²	'= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	161.16 Kg/cm ²	'= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	165.05 Kg/cm ²	'= Moda (Mo)

Grafico N° 32: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 3 días.



Fuente: Elaboración propia

4.1.10. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 7 días con residuos de mármol 20%.

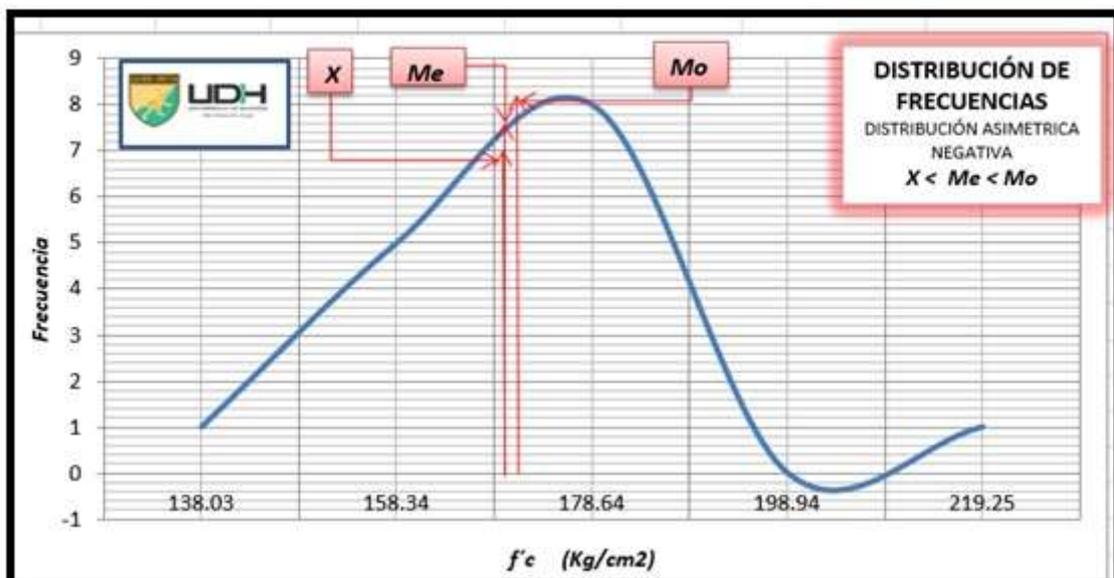
Tabla N°20: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 20%.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	127.88	148.18	1	1	138.03	138.03	19052.83	K = N° intervalos
2	148.18	168.49	5	6	158.34	791.68	125351.58	f = Frecuencia
3	168.49	188.79	8	14	178.64	1429.12	255298.46	y = Marca Clase
4	188.79	209.10	0	14	198.94	0.00	0.00	n = N° de datos
5	209.10	229.40	1	15	219.25	219.25	48069.82	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	2578.08	447772.70	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°21: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	311.48 (Kg/cm ²) ²	' = Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = s =$	17.65 Kg/cm ²	' = Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	10.27 %	' = Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.0719	' = Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	1.50 Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	171.87 Kg/cm ²	' = Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	172.30 Kg/cm ²	' = Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	174.03 Kg/cm ²	' = Moda (Mo)

Gráfico N° 33: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 7 días.



Fuente: Elaboración propia

4.1.11. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 14 días con residuos de mármol 20%.

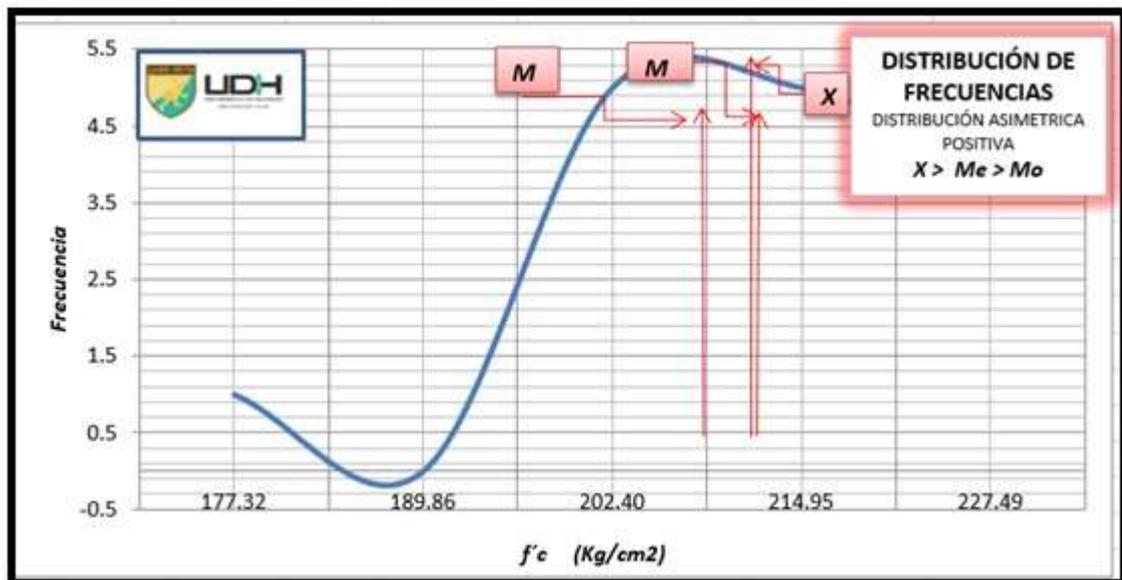
Tabla N°22: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 20%.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	171.04	183.59	1	1	177.32	177.32	31440.86	K = N° intervalos
2	183.59	196.13	0	1	189.86	0.00	0.00	f = Frecuencia
3	196.13	208.67	5	6	202.40	1012.01	204832.80	y = Marca Clase
4	208.67	221.22	5	11	214.95	1074.73	231007.02	n = N° de datos
5	221.22	233.76	4	15	227.49	909.95	207003.63	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f * y =$	3174.00	674284.30	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°23: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n) ^2 = (S^2)=$	177.61 (Kg/cm2) ²	'= Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S=$	13.33 Kg/cm2	'= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV=$	6.30 %	'= Coef. Variación
$3(X-Me)/s= AS=$	-0.1882	'= Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	1.50 Kg/cm2	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	211.60 Kg/cm2	'= Media Aritmética(X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	212.44 Kg/cm2	'= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2) * A =$	208.67 Kg/cm2	'= Moda (Mo)

Gráfico N° 34: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 14 días.



Fuente: Elaboración propia

4.1.12. Ensayo de rotura para probetas de concreto a los 28 días con residuos de mármol 20%.

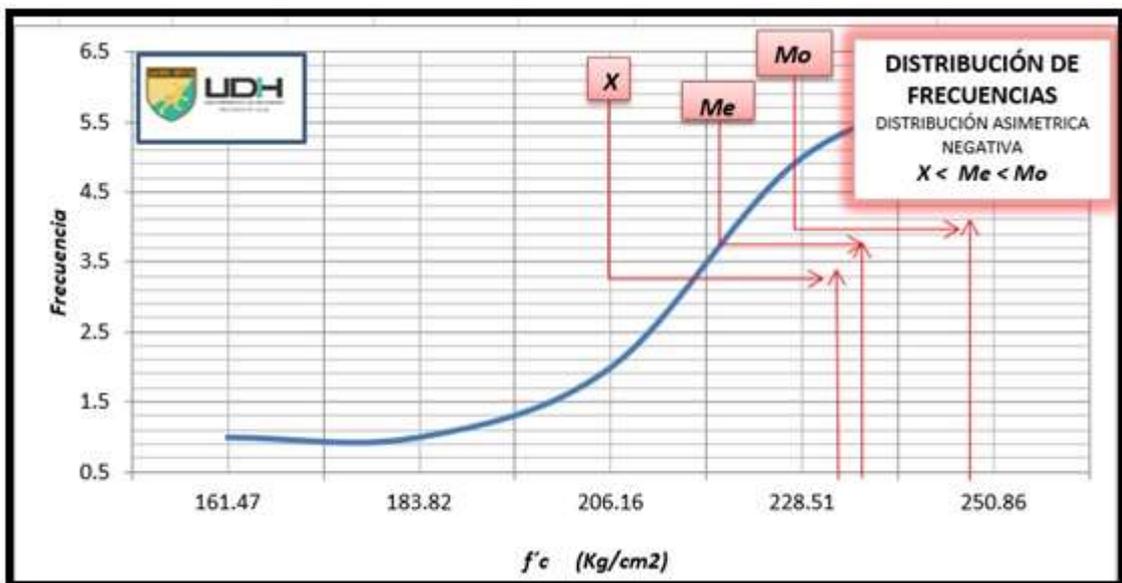
Tabla N°24: Distribución de las frecuencias de los ensayos a compresión para probetas de concreto con residuos de mármol 20%.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda:
1	150.30	172.65	1	1	161.47	161.47	26073.29	K = N° intervalos
2	172.65	194.99	1	2	183.82	183.82	33789.28	f = Frecuencia
3	194.99	217.34	2	4	206.16	412.33	85007.95	y = Marca Clase
4	217.34	239.68	5	9	228.51	1142.56	261086.98	n = N° de datos
5	239.68	262.03	6	15	250.86	1505.15	377577.19	F = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	15		$\sum f*y =$	3405.32	783534.68	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°25: Medidas de dispersión de los ensayos a compresión de las probetas de concreto.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN			
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	696.88	(Kg/cm ²) ²	Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	26.40	Kg/cm ²	Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	11.63	%	Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.6772		Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	3.50	Kg/cm ²	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	227.02	Kg/cm ²	Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	232.98	Kg/cm ²	Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	242.88	Kg/cm ²	Moda (Mo)

Gráfico N° 35: Distribución de frecuencias de los ensayos a compresión de las probetas de concreto – 28 días.



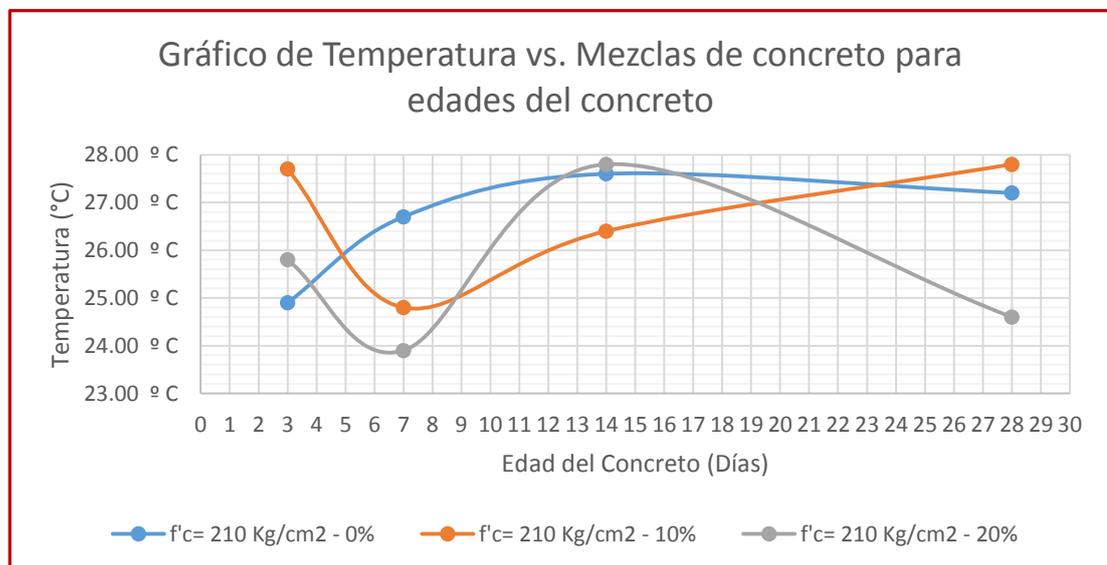
Fuente: Elaboración propia

4.1.13. Comparación de la temperatura, y peso unitario del concreto patrón y los concretos con 10% y 20% de residuos de mármol.

Tabla N°26: Datos obtenidos del concreto en estado fresco, temperatura, y peso unitario.

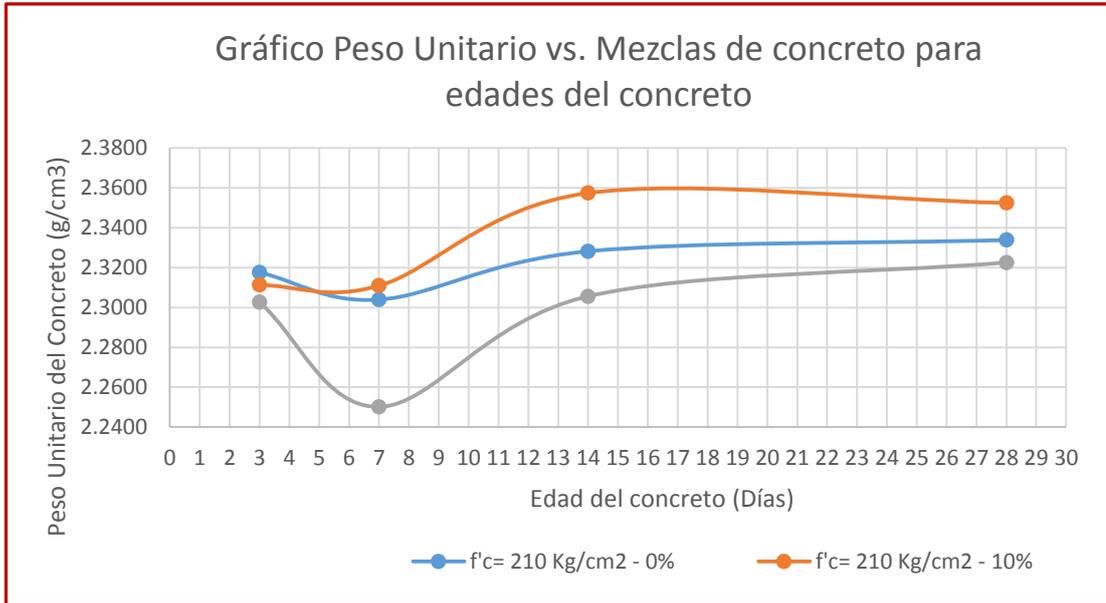
EDAD	CEMENTO PORTLAND TIPO I			Tipo de concreto (Kg/cm ²)
	jul-16			
	Temperatura	Peso (gr.)	γ Unitario	
3	24.90 °C	14599.00	2.3176	210Kg/cm ² 0% res. de mármol (patrón)
7	26.70 °C	14558.00	2.3040	
14	27.60 °C	14631.00	2.3282	
28	27.20 °C	14648.00	2.3338	
3	27.70 °C	14580.00	2.3113	210Kg/cm ² 10% res. De mármol
7	24.80 °C	14579.00	2.3109	
14	26.40 °C	14719.00	2.3574	
28	27.80 °C	14704.00	2.3524	
3	25.80 °C	14554.00	2.3026	210Kg/cm ² 20% res. de mármol
7	23.90 °C	14396.00	2.2502	
14	27.80 °C	14563.00	2.3056	
28	24.60 °C	14614.00	2.3225	

Gráfico N° 36: Temperatura vs. Mezclas de concreto para edades del concreto.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 37: Peso Unitario vs. Mezclas de concreto para edades del concreto.



Fuente: *Elaboración propia*

4.1.14. Lectura de Temperatura del concreto patrón.

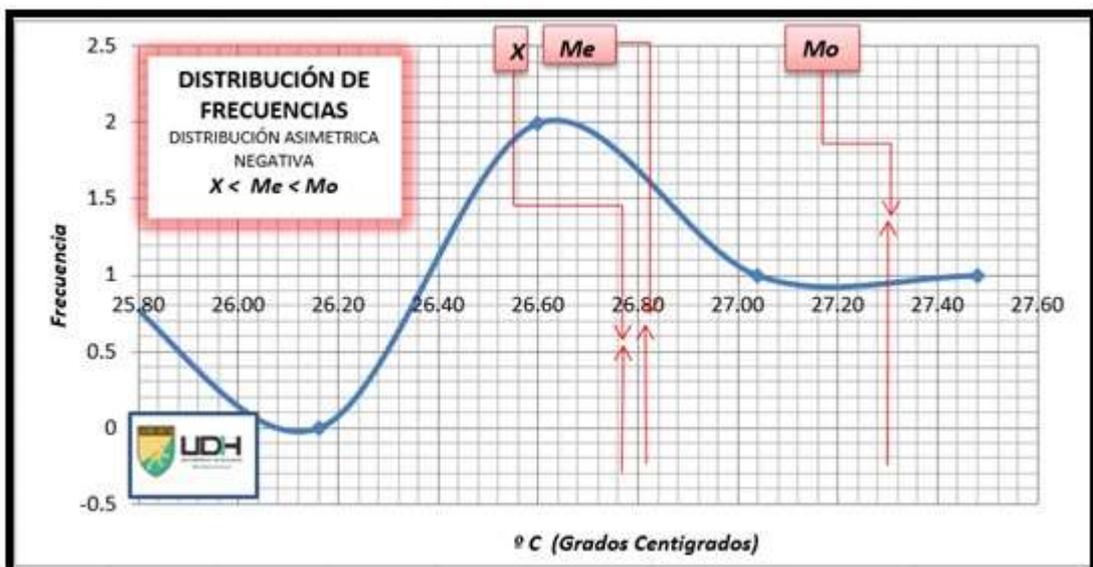
Tabla N°27: Distribución de frecuencias-Temperatura concreto patrón.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K = N° intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = N° de datos F = Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	25.50	25.94	1	1	25.72	25.72	661.52	
2	25.94	26.38	0	1	26.16	0	0.00	
3	26.38	26.82	2	3	26.60	53.2	1415.12	
4	26.82	27.26	1	4	27.04	27.04	731.16	
5	27.26	27.70	1	5	27.48	27.48	755.15	
		$\sum f = n =$	5		$\sum f * y =$	133.44	3562.95	

Tabla N°28: Medidas de dispersión-Temperatura concreto patrón.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	0.34 °C	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = s =$	0.58 °C	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	2.19 %	≡ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.1131	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	1.50 °C	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	26.69 °C	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	26.71 °C	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	27.26 °C	≡ Moda (Mo)

Gráfico N° 18: Distribución de Frecuencias-Temperatura concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

4.1.15. Medición del SLUMP del concreto patrón.

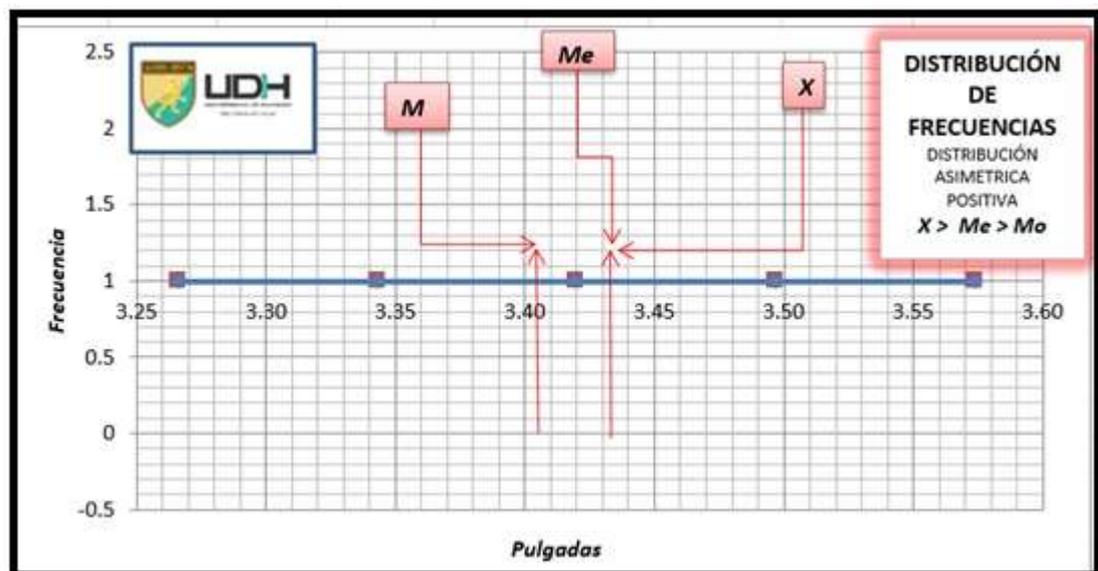
Tabla N°29: Distribución de frecuencias-Slump de concreto patrón.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K = N° intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = N° de datos F = Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	3.23	3.30	1	1	3.27	3.27	10.67	
2	3.30	3.38	1	2	3.34	3.34	11.18	
3	3.38	3.46	1	3	3.42	3.42	11.70	
4	3.46	3.54	1	4	3.50	3.50	12.23	
5	3.54	3.61	1	5	3.57	3.57	12.77	
		$\sum f = n =$	5		$\sum f * y =$	17.10	58.54	

Tabla N°30: Medidas de dispersión-Slump de concreto patrón.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$\sum (f/n - (B/n))^2 = (S^2) =$	0.01 Pulgadas ²	$\hat{=}$ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = s =$	0.11 Pulgadas	$\hat{=}$ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	3.18 %	$\hat{=}$ Coef. Variación
$3(X - Me)/s = AS =$	0.0000	$\hat{=}$ Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50 Pulgadas	
$(\sum f * y)/n = (X) =$	3.42 Pulgadas	$\hat{=}$ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	3.42 Pulgadas	$\hat{=}$ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1/(d1+d2) * A =$	3.38 Pulgadas	$\hat{=}$ Moda (Mo)

Gráfico N° 39: Distribución de Frecuencias-Slump concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

4.1.16. Medición del Peso Unitario del concreto patrón.

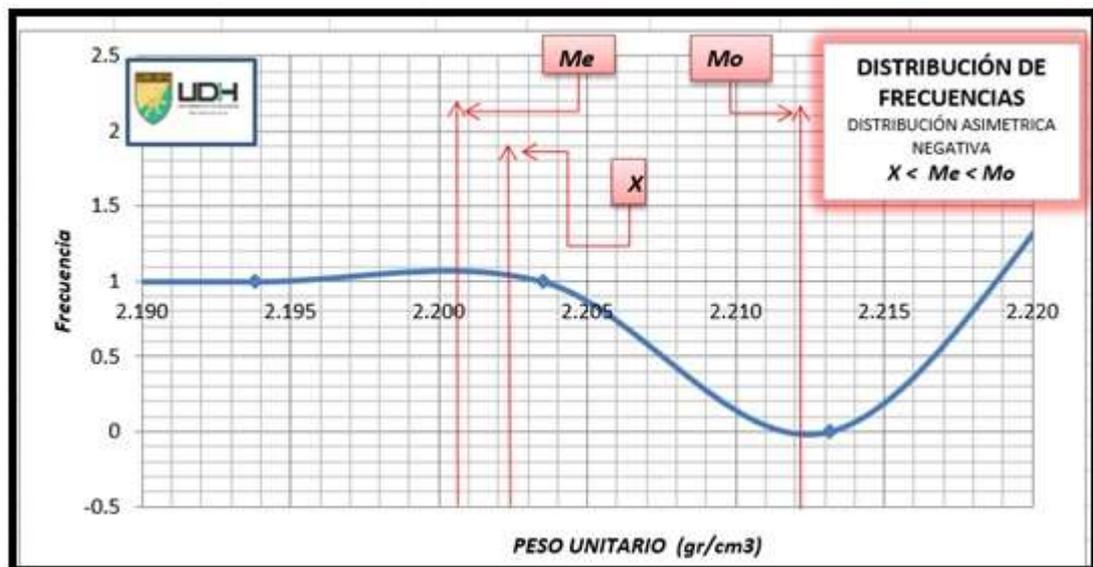
Tabla N°31: Distribución de frecuencias-Peso Unitario de concreto patrón.

PESO UNITARIO		K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K = N° intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = N° de datos F = Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
2.1793	2.234 gr/cm ³	1	2.1793	2.1890	1	1	2.184	2.1842	4.7705	
2.2632	2.231 gr/cm ³	2	2.1890	2.1987	1	2	2.194	2.1938	4.8129	
2.2515	2.197 gr/cm ³	3	2.1987	2.2083	1	3	2.203	2.2035	4.8554	
2.2403	2.246 gr/cm ³	4	2.2083	2.2180	0	3	2.213	0.0000	0.0000	
2.2277	2.235 gr/cm ³	5	2.2180	2.2277	2	5	2.223	4.4457	9.8821	
			$\sum f = n =$		5		$\sum f * y =$	11.0272	24.3209	

Tabla N°32: Medidas de dispersión-Peso Unitario de concreto patrón.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	0.00 (g/cm ³) ²	$\hat{=}$ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	0.02 g/cm ³	$\hat{=}$ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	0.70 %	$\hat{=}$ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	0.3750	$\hat{=}$ Asimetría PEARSON
$\Delta f_i = 0.5 * n - F_{i-1} =$	0.50 g/cm ³	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	2.205 g/cm ³	$\hat{=}$ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta f_i / f_i * A =$	2.203 g/cm ³	$\hat{=}$ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	2.223 g/cm ³	$\hat{=}$ Moda (Mo)

Gráfico N° 40: Distribución de frecuencias-Peso unitario concreto patrón.



Fuente: Elaboración propia

4.1.17. Medición de Temperatura para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 10% de residuo de mármol.

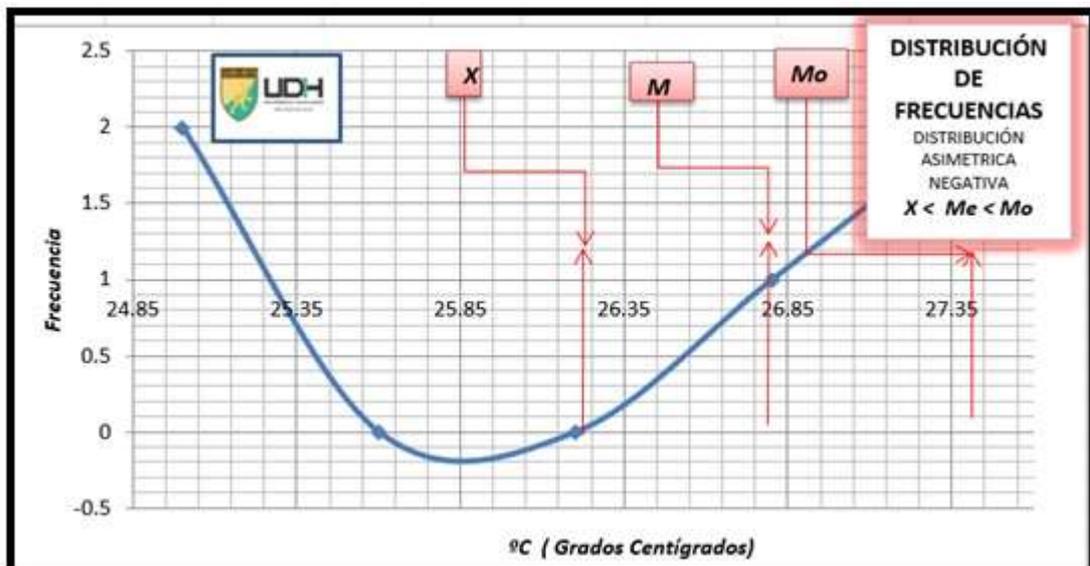
Tabla N°33: Distribución de frecuencias-Temperatura con 10% res. mármol.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K = N° intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = N° de datos F = Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	24.70	25.30	2	2	25.00	50	1250.00	
2	25.30	25.90	0	2	25.60	0	0.00	
3	25.90	26.50	0	2	26.20	0	0.00	
4	26.50	27.10	1	3	26.80	26.8	718.24	
5	27.10	27.70	2	5	27.40	54.8	1501.52	
		$\sum f = n =$	5		$\sum f * y =$	131.6	3469.76	

Tabla N°34: Medidas de dispersión-Temperatura con 10% res. mármol.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	1.21 °C ²	≡ Varianza (S ²)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	1.10 °C	≡ Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	4.18 %	≡ Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-1.3093	≡ Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	0.50 °C	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	26.32 °C	≡ Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	26.80 °C	≡ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	27.30 °C	≡ Moda (Mo)

Gráfico N° 41: Distribución de frecuencias-Temperatura con 10% res. mármol.



Fuente: Elaboración propia

4.1.18. Medición del peso unitario para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 10% de residuo de mármol.

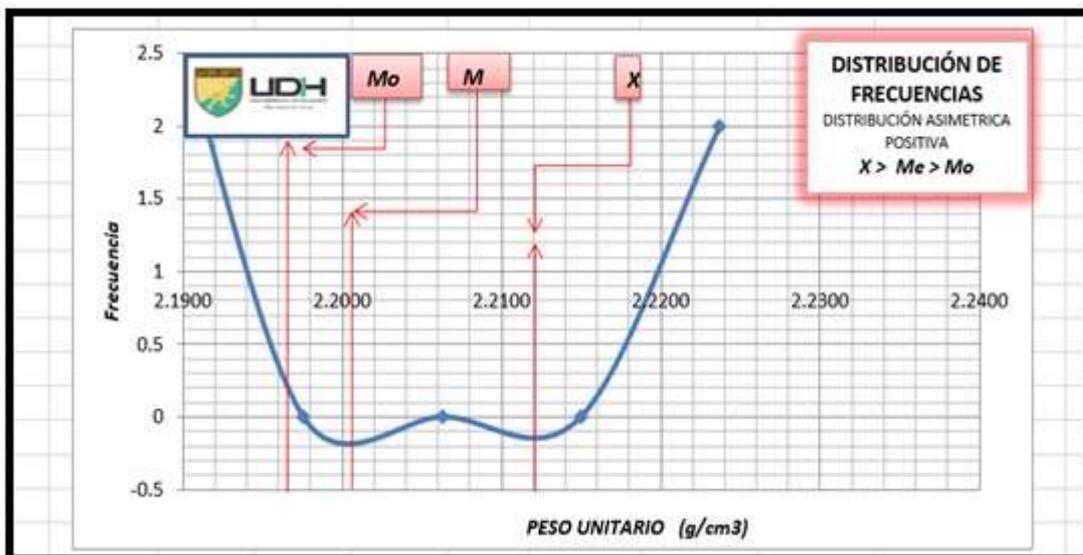
Tabla N°35: Distribución de frecuencias-Peso unitario con 10% res. mármol.

K	Min	Max	f	F	y	f * y	f * y ²	Leyenda: K = N° intervalos f = Frecuencia y = Marca Clase n = N° de datos F = Frec. Acumul. $\sum f * y^2 = (B)$
1	2.1845	2.1932	3	3	2.1888	6.5665	14.3731	
2	2.1932	2.2019	0	3	2.1976	0.0000	0.0000	
3	2.2019	2.2106	0	3	2.2063	0.0000	0.0000	
4	2.2106	2.2193	0	3	2.2150	0.0000	0.0000	
5	2.2193	2.2281	2	5	2.2237	4.4474	9.8897	
		$\sum f = n =$	5		$\sum f * y =$	11.0139	24.2628	

Tabla N°36: Medidas de dispersión-Peso unitario con 10% res. mármol.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION		
$\sum (x_i - \bar{x})^2 / n = (S^2) =$	0.0003	(g/cm ³) ² = Varianza (S ²)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.0171	g/cm ³ = Desv. Estándar (S)
$(S/\bar{X}) = CV =$	0.78	% = Coef. Variación
$3(\bar{X} - Me)/s = AS =$	1.9392	= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	2.50	g/cm ³
$(\sum f * y) / n = (\bar{X}) =$	2.2028	g/cm ³ = Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	2.1917	g/cm ³ = Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	2.1888	g/cm ³ = Moda (Mo)

Gráfico N° 42: Distribución de frecuencias-Peso unitario con 10% res. mármol



Fuente: Elaboración propia

4.1.19. Medición de Temperatura para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 20% de residuo de mármol.

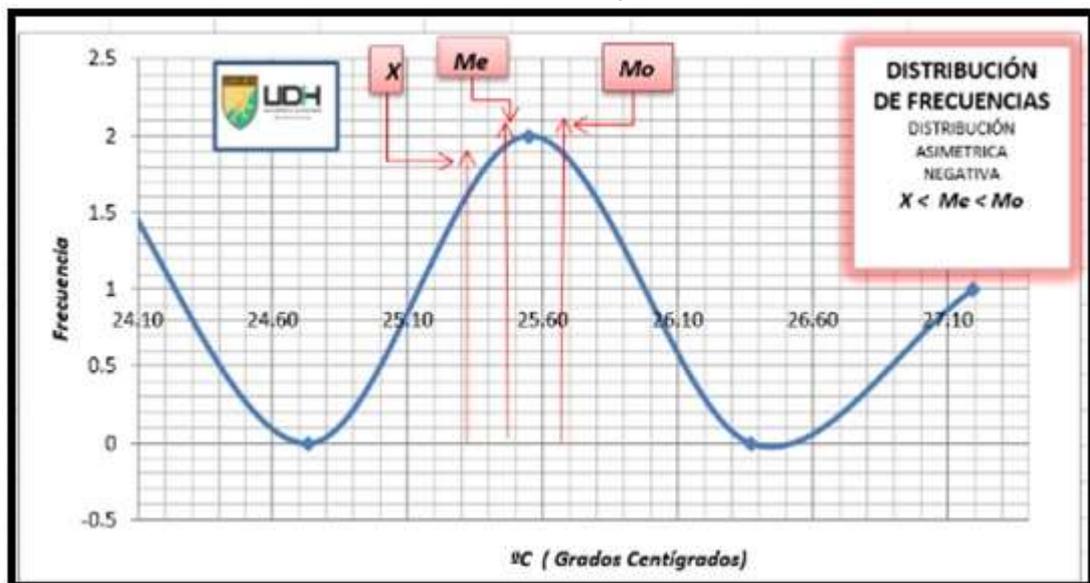
Tabla N°37: Distribución de frecuencias-Temperatura con 20% de res. de mármol.

<i>K</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>y</i>	<i>f * y</i>	<i>f * y²</i>	Leyenda:
1	23.50	24.32	2	2	23.91	47.82	1143.38	$K = N^\circ \text{ intervalos}$
2	24.32	25.14	0	2	24.73	0	0.00	$f = \text{Frecuencia}$
3	25.14	25.96	2	4	25.55	51.1	1305.61	$y = \text{Marca Clase}$
4	25.96	26.78	0	4	26.37	0	0.00	$n = N^\circ \text{ de datos}$
5	26.78	27.60	1	5	27.19	27.19	739.30	$F = \text{Frec. Acumul.}$
		$\sum f = n =$	5		$\sum f * y =$	126.11	3188.28	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°38: Medidas de dispersión-Temperatura con 20% de res. de mármol.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSIÓN		
$X/n - (B/n)^2 = (S^2) =$	1.51 °C ²	°= Varianza (S^2)
$\sqrt{(S^2)} = S =$	1.23 °C	°= Desv. Estándar (S)
$(S/X) = CV =$	4.87 %	°= Coef. Variación
$3(X-Me)/s = AS =$	-0.3007	°= Asimetría PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	0.50 °C	
$(\sum f * y) / n = (X) =$	25.22 °C	°= Media Aritmética (X)
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	25.35 °C	°= Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	25.55 °C	°= Moda (Mo)

Gráfico N° 43: Distribución de frecuencias-Temperatura con 20% de res. de mármol.



Fuente: Elaboración propia

4.1.20. Medición del peso unitario para concreto $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con 20% de residuo de mármol.

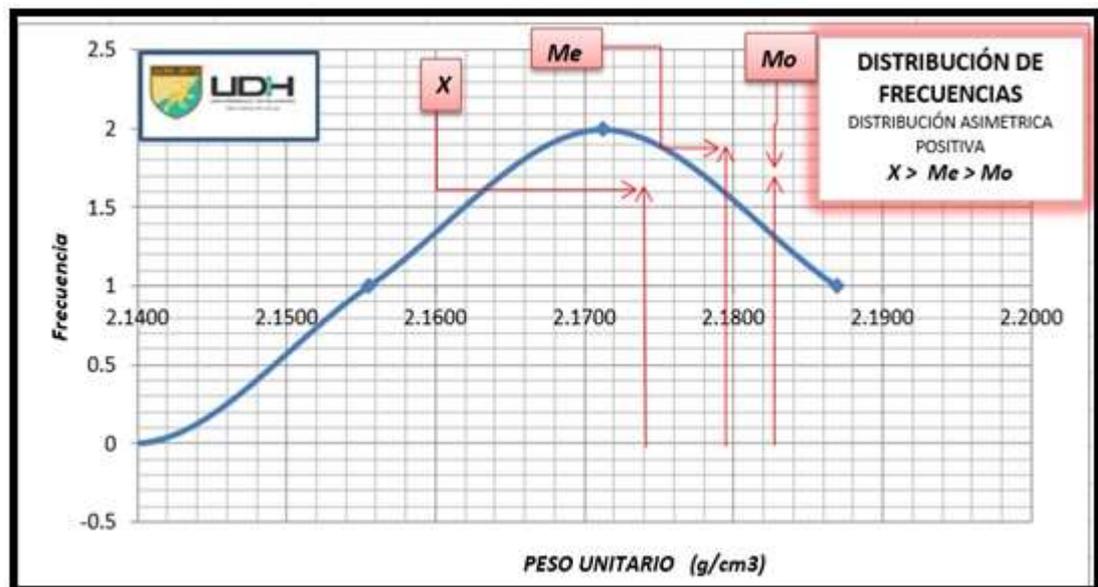
Tabla N°39: Distribución de frecuencias-Peso unitario con 20% de res. de marmol.

<i>K</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>f</i>	<i>F</i>	<i>y</i>	<i>f * y</i>	<i>f * y²</i>	Legenda:
1	2.1162	2.1319	1	1	2.1240	2.1240	4.5115	<i>K</i> = N° intervalos
2	2.1319	2.1476	0	1	2.1398	0.0000	0.0000	<i>f</i> = Frecuencia
3	2.1476	2.1634	1	2	2.1555	2.1555	4.6462	<i>y</i> = Marca Clase
4	2.1634	2.1791	2	4	2.1712	4.3425	9.4286	<i>n</i> = N° de datos
5	2.1791	2.1948	1	5	2.1870	2.1870	4.7829	<i>F</i> = Frec. Acumul.
		$\sum f = n =$	5		$\sum f*y =$	10.8090	23.3691	$\sum f * y^2 = (B)$

Tabla N°40: Medidas de dispersión--Peso unitario con 20% de res. de marmol.

MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION		
$\sum (X - \bar{X})^2 / n = (S^2) =$	0.0005 $(\text{g/cm}^3)^2$	$\hat{=}$ Varianza (S^2)
$\sqrt{S^2} = S =$	0.0213 g/cm^3	$\hat{=}$ Desv. Estándar (S)
$(S/\bar{X}) = CV =$	0.99 %	$\hat{=}$ Coef. Variación
$3(X - Me)/s = AS =$	-0.7741	$\hat{=}$ Asimetria PEARSON
$\Delta fi = 0.5 * n - Fi - 1 =$	0.50 g/cm^3	
$(\sum f * y) / n = (\bar{X}) =$	2.1618 g/cm^3	$\hat{=}$ Media Aritmética (\bar{X})
$Me = Li + \Delta fi / fi * A =$	2.1673 g/cm^3	$\hat{=}$ Mediana (Me)
$Mo = Li + d1 / (d1 + d2) * A =$	2.1712 g/cm^3	$\hat{=}$ Moda (Mo)

Gráfico N° 44: Distribución de frecuencias-Peso unitario con 20% de res. de marmol.

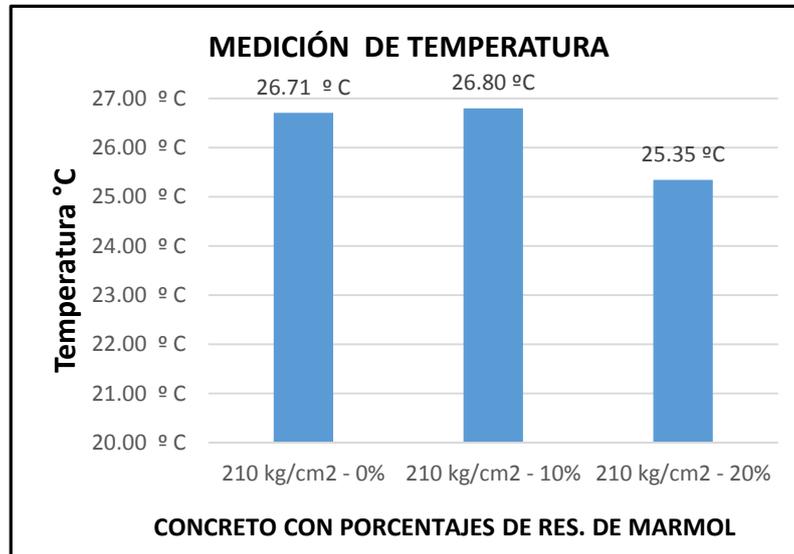


Fuente: Elaboración propia

4.1.21. Comparación de resultados: TEMPERATURA.

La temperatura correspondiente escila entre 25°C a 26°C, a continuación se muestra en el siguiente gráfico.

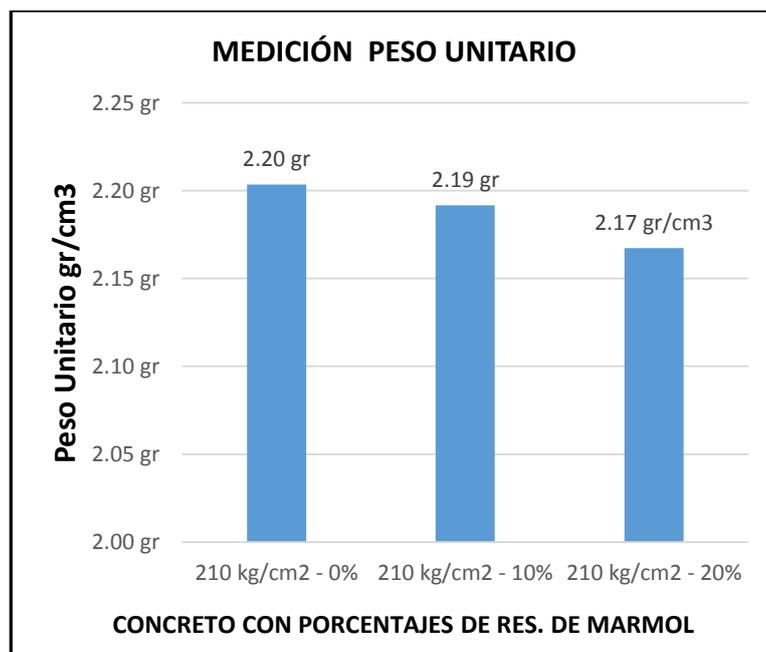
Gráfico N° 45: Medición de Temperatura.



4.1.22. Comparación de resultados: PESO UNITARIO.

Los pesos unitarios de los concretos obtenidos se muestran en el siguiente gráfico.

Gráfico N° 46: Peso Unitario.



Fuente: Elaboración propia

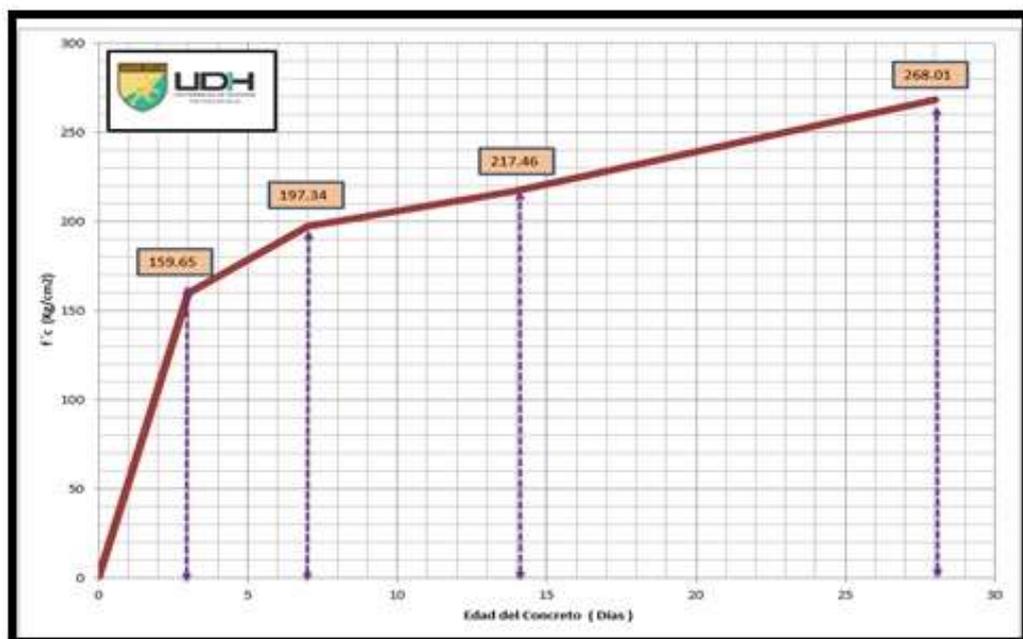
4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS Y PRUEBA DE HIPOTESIS.

HIPOTESIS GENERAL.

Si evaluamos el comportamiento de la resistencia a la compresión de un concreto estructural de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ patrón y reforzado con residuos de mármol en 10% y 20% correspondientemente.

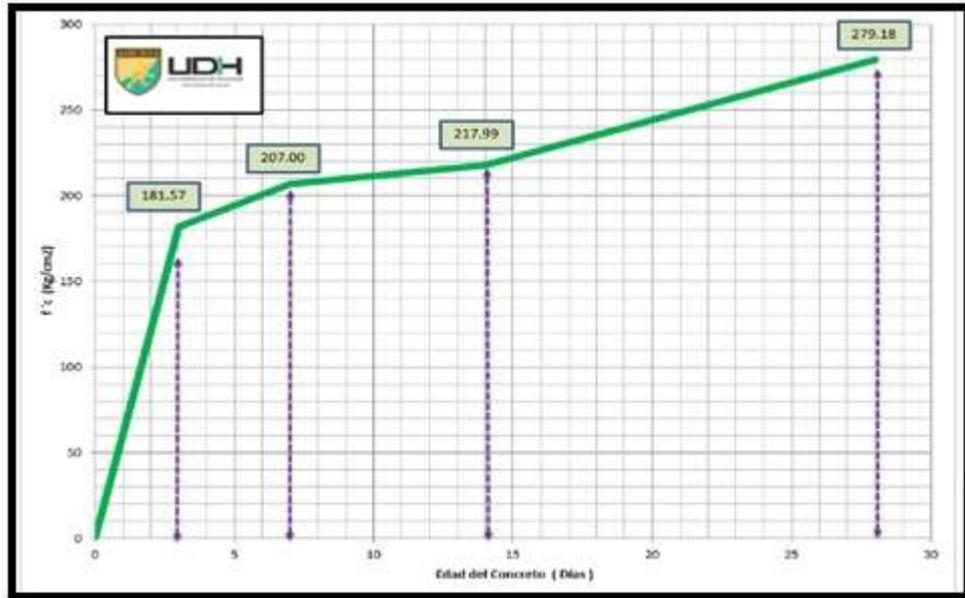
De los datos presentados apreciaremos el cambio de resistencia a la compresión del concreto con respecto al tiempo hasta alcanzar su máximo desarrollo:

Gráfico N° 47: Evolución del concreto patrón.



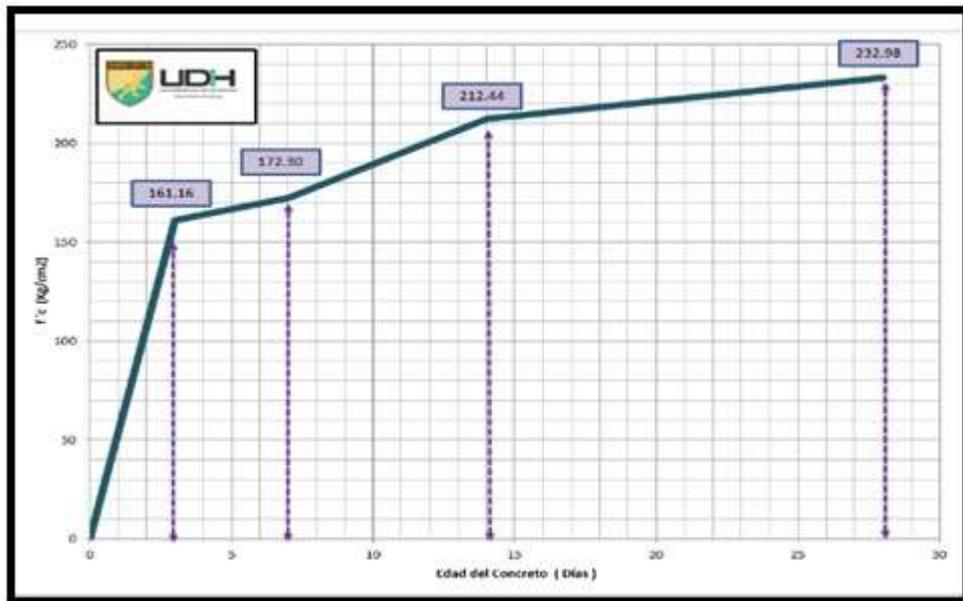
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 48: Evolución del concreto $f'c=210$ Kg/cm² CON 10% de residuo de mármol.



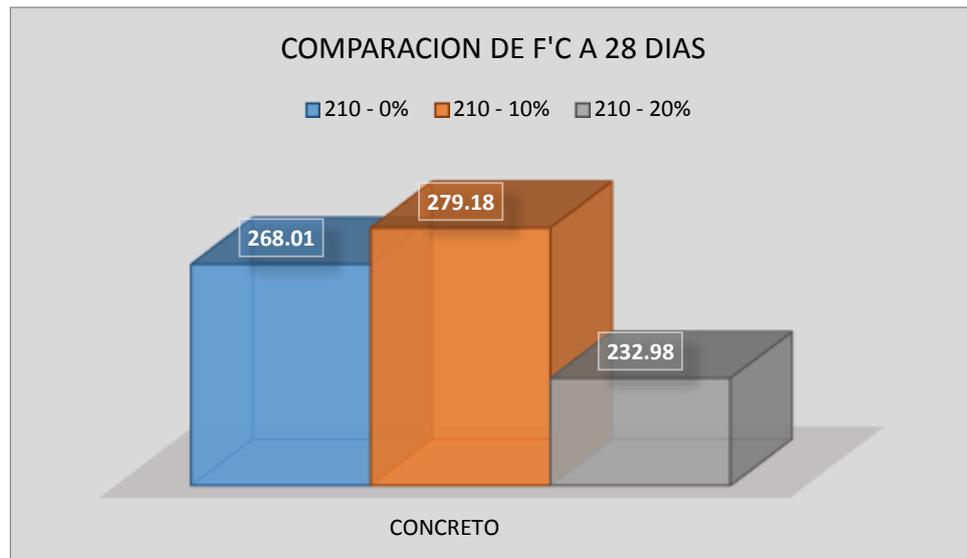
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 49: Evolución del concreto $f'c=210$ Kg/cm² con 20% de res. de mármol.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 50: Comparación de F'c a 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en los cuadros anteriores hay un incremento de resistencia pero a edades tardes, es decir a partir de los 28 días. El incremento con respecto el concreto patrón y con 10% de residuos de mármol es de 11.17 kg/cm², con respecto al empleo de 10% de residuo de mármol con relación al empleo del 20% de residuos de mármol hay un decremento de 46.2% kg/cm².

Obteniendo estos resultados se puede afirmar la hipótesis planteada el cual si se evalúa el comportamiento de la resistencia a la compresión de un concreto estructural de $f'c = 210$ kg/cm² (patrón) reforzado con residuos de mármol entonces se puede afirmar que se incrementa la resistencia a la compresión del concreto pero a edades que superan los 28 días.

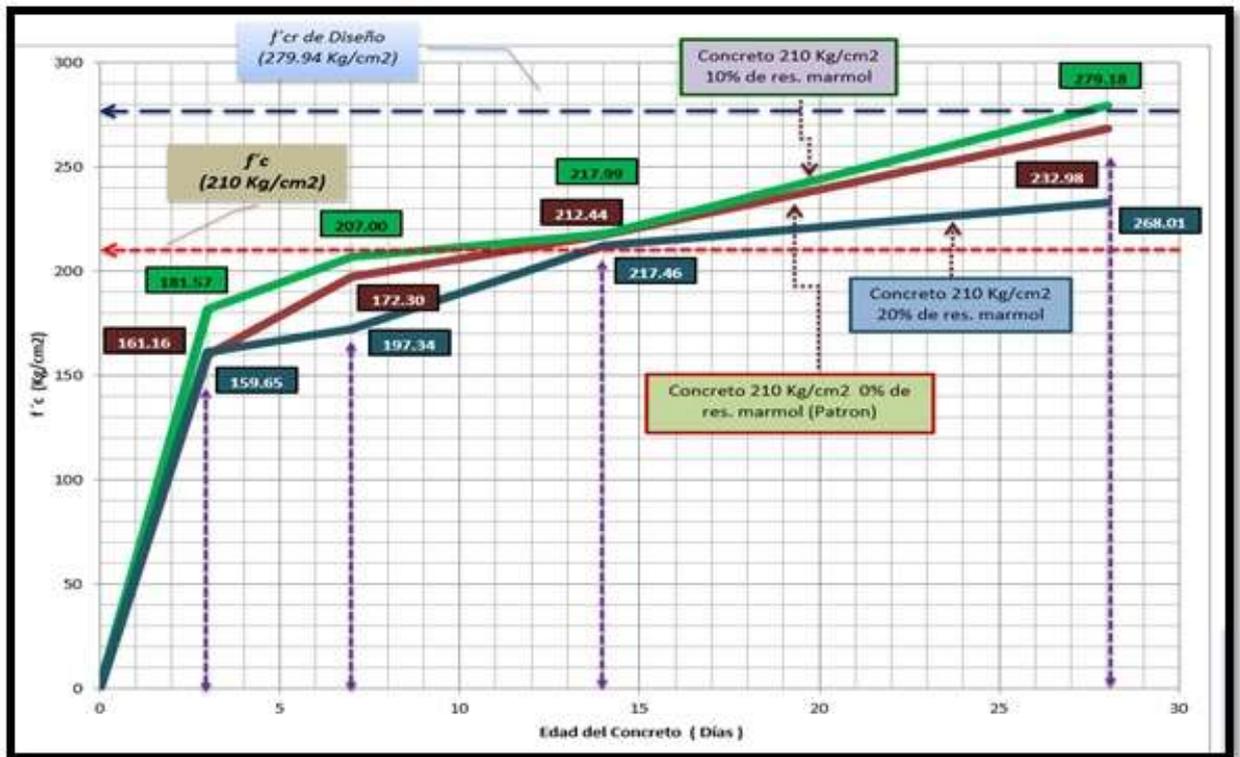
HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Hipótesis 01

Ho: Los residuos de mármol influye en la resistencia a la compresión del concreto.

Para la comprobación del mismo se muestra el siguiente gráfico:

Gráfico N° 51: Comparación de f_c de concreto patrón y concreto con residuos de mármol 10% y 20%.



Fuente: Elaboración propia

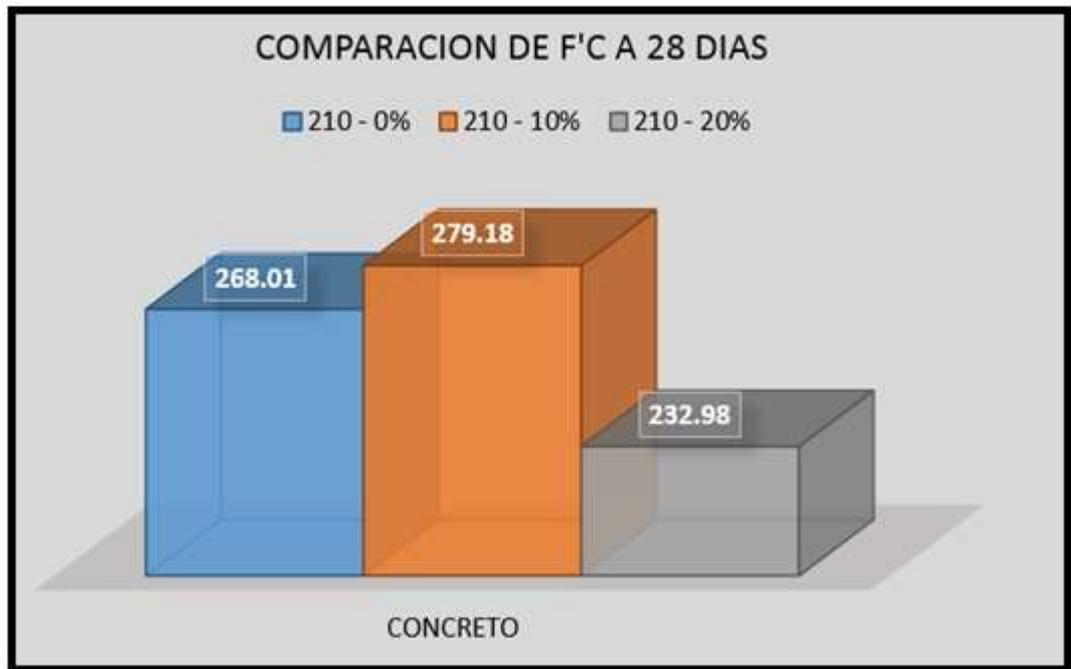
Analizando en gráfico se aprecia claramente del concreto patrón, concreto con 10% de residuos de mármol, concreto con 20% de residuos de mármol a los 3,7,14,28 modifica su magnitud por lo que se afirma que los residuos de mármol influye en la resistencia a la compresión del concreto.

Hipótesis 02

Ho: Los residuos de mármol aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

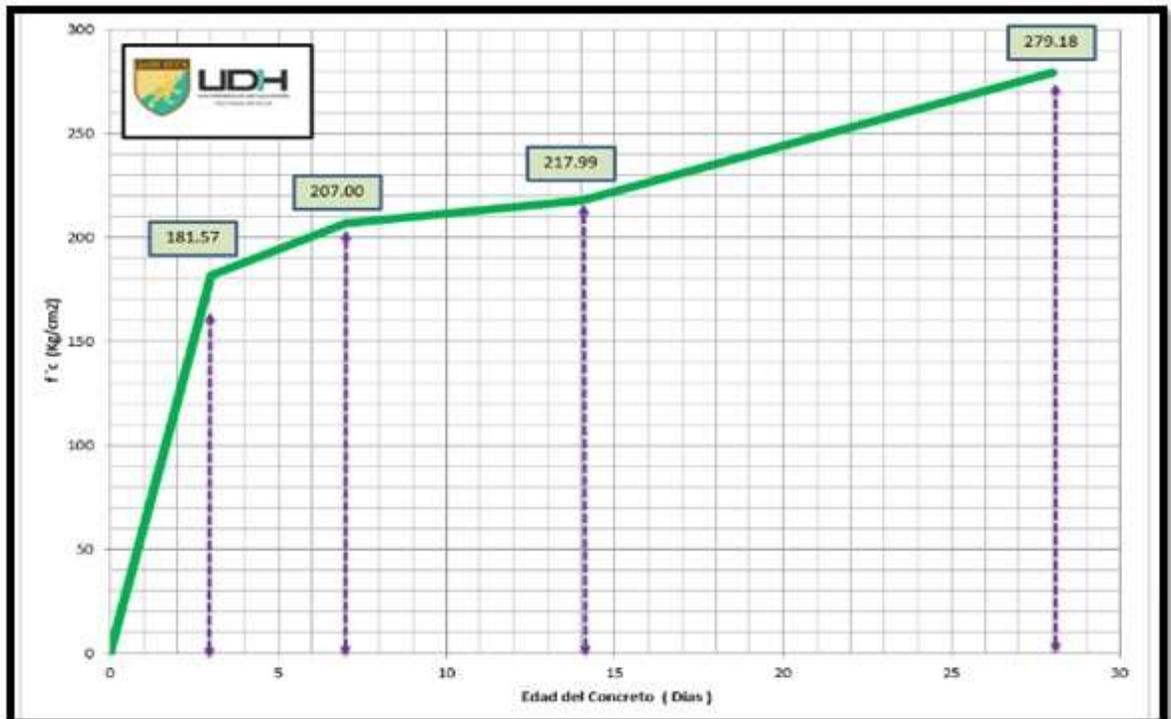
Para la comprobación del mismo se van a analizar los siguientes gráficos:

Gráfico N° 52: Comparación de F'c a 28 días.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 53: Evolución del concreto con residuos de mármol.



Fuente: Elaboración propia

Con el análisis respectivo se afirma que los residuos de mármol aumenta la resistencia del concreto pero a una edad relativamente avanzada (28 días), por lo tanto afirmamos que:

Los residuos de mármol aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

Hipótesis 03

Ho: Un concreto reforzado con residuos de mármol será técnica-económicamente factible para su empleo.

Confirmado ya las hipótesis anteriores el cual corrobora que los residuos de mármol aumenta la resistencia del concreto procederemos a sacar los costos de un concreto de 210 kg/cm²:

Calculo del volumen de la probeta:

1 molde (15x30)

1 MOLDE 15x30

CALCULO DEL VOLUMEN

π : 3.1416
 RADIO: 0.075 m
 ALTURA: 0.3 m

FORMULA $V = \pi \cdot \text{Radio}^2 \cdot \text{Altura}$

V= 0.00530145 M3

El volumen de la probeta es 0.005 m³ de mezcla

60 moldes tendrán **0.318** m³ de mezcla

Los requerimientos y costos son los siguientes:

N°	REQUERIMIENTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTOS S/.
01	CEMENTO	190.18	Kg.	94.21
02	AGUA	0.105	M3	0.26
03	AGREGADO GRUESO	332.64	Kg.	20.00
04	AGREGADO FINO	389.76	Kg.	26.60
			TOTAL S/.	141.07

Por consiguiente para preparar 0.318 m³ de mezcla de concreto de 210 kg/cm². Se gasta S/. 141.07

Con lo que respecta a la parte económica el residuo de mármol es cero costo, debido a que en la ciudad de Huánuco se cuenta tres lugares en donde podemos encontrar este material. El trabajo principal con el mármol son los acabados en cocinas, SS.HH., diversos trabajos funerarios, lo que se utiliza para la elaboración del concreto son los residuos de los diferentes cortes que se han realizado para la realización de un trabajo determinado.

Lo que se afirma que no hay un costo adicional con respecto a la adquisición de residuos de mármol, debido que es un material que se desecha.

En cuanto a la parte técnica se pudo analizar que técnicamente el concreto elaborado con residuos de mármol es trabajable.

Por consiguiente un concreto reforzado con residuos de mármol si es técnica-económicamente factible para su empleo.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

5.1. CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS.

El ensayo de rotura a la compresión a los especímenes de concreto se siguió según la Norma ASTM C 39, donde se determinó que el concreto elaborado con 10% de residuo de mármol tiene relativamente una mayor resistencia, alcanzando la resistencia de 279.18 kg/cm²; con el concreto patrón se alcanzó una resistencia de 268.01 kg/cm², teniendo una diferencia de 11.17 kg/cm².

En cambio, el concreto con 20% de residuos de mármol dio como resultado una menor resistencia a comparación del concreto patrón y el concreto con 10% de residuos de mármol dando un resultado de 232.98 kg/cm².

En ensayo de peso unitario del concreto se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 138, NTP 339.046; donde se determinó que el concreto patrón tiene una media de 2.20 gr/cm³, el concreto con 10% de residuos de mármol tiene una medida de 2.19 gr/cm³ y el concreto con 20% de residuos de mármol tiene una medida de 2.17 gr/cm³. En los tres tipos de concretos estudiados el peso unitario no varía mucho.

CONCLUSIONES.

El trabajo desarrollado conlleva a las siguientes conclusiones:

- Como se puede apreciar en el siguiente cuadro, la resistencia a la compresión del concreto elaborado con residuos de mármol con porcentaje de 0%,10%, 20 % a los 3,7,14,28 días influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia - % de residuo de mármol			
EDAD	210 - 0%	210 - 10%	210 - 20%
0	0	0	0
3	159.65	181.57	161.16
7	197.34	207.00	172.30
14	217.46	217.99	212.44
28	268.01	279.18	232.98

- La adición de residuos de mármol incrementa la resistencia a compresión del concreto. Al añadir 10% de residuos de mármol a los 28 días alcanzó una resistencia de 279.18 kg/cm². Al agregar 20% de residuos de mármol disminuye a 232.98 kg/cm².
- En cuanto al aspecto técnico y económico para el empleo de residuos de mármol en la elaboración del concreto se concluye que tiene la propiedad de trabajabilidad, en cuanto a la parte económica es factible debido que estos residuos de mármol tiene cero costo, ya que provienen de trabajos empleados en cocinas, SS.HH, trabajos funerarios, etc.

Finalmente se afirma que la adición de 10 % de residuos de mármol mejora la resistencia del concreto convencional a los 28 días.

RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones son las siguientes:

- Se recomienda tener cuidado con las lecturas del equipo de rotura, ya que de ello dependerá la exactitud en los resultados y gráficos; la edad de los especímenes tiene que estar bien determinado, se tiene que tener cuidado en el buen centrado de la probeta para realizar el ensayo.
- En cuanto a la adición de residuos de mármol al concreto se recomienda utilizar el porcentaje de 10%, el cual alcanza hasta 279.18 Kg/cm² a los 28 días, el cual tiene mayor resistencia.
- Se recomienda utilizar los residuos de mármol en esta línea de investigación, así como investigaciones futuras, debido a que se debe aprovechar este material para contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Como líneas de investigación futuras a esta investigación se recomienda:

- Determinar la durabilidad, impermeabilidad y la resistencia a flexión del concreto elaborado con 10% de residuos de mármol.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

LIBROS

- GERARDO GARAY ROBLES, JORGE HILARIO CARDENAS, ROSARIO VARGAS RONCAL. (2012). EL PROYECTO DE INVESTIGACION. HUANUCO: UNION GRAFICA.
- ROBERTO B. AVILA ACOSTA. (2001). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. LIMA: MACRO.
- ROBERTO HERNANDES, CARLOS FERNANDEZ, PILAR BAPTISTA. (1998). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. COLOMBIA: MAC GRAW HILL.
- ING. ENRIQUE RIVVA LOPEZ. (2008). MATERIALES PARA EL CONCRETO. LIMA: ICG.
- ING. JUAN EMILIO ORTEGA GARCIA. (2014). DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO. LIMA: MACRO.
- ING. FLAVIO ABANTO CASTILLO. (1996). TECNOLOGIA DEL CONCRETO. LIMA: SAN MARCOS
- A.M. NEVILLE, J.J. BROOKS. (1990). CONCRETE TECHNOLOGY SEGUNDA EDICION. ENGLAND. PEARSON
- ING. ENRIQUE RIVVA LOPEZ. (2002). CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA. LIMA: ICG.
- MORALES M. ROBERTO. (2006). DISEÑO EN CONCRETO ARMADO. PERÚ: ICG.
- EDIFICACIONES (2015). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES ESTRUCTURAS-NORMA E-060. PERÚ: ICG.

REVISTAS

- SANTOS, A.; VILLEGAS ,N.; BETANCOURT, J. (2012). RESIDUO DE MARMOL COMO INSUMO EN LA CONSTRUCCION CIVIL-DIAGNOSTICO DE LA COMARCA LAGUNERA . REVISTA DE LA CONSTRUCCION , 11, 10-15.
- GLASS MACHINERY PLANTS & ACCESORIES Nº 1 (1995) EL RECICLADO DE MÁRMOL Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, PÁGS.93-97.

- JULIO BETANCOURT CHAVEZ, LILIANA G. LIZARRAGA MENDIOLA, RAJESWARI NARAYANASAMY, FRANCISCO J. OLGUIN COCA, AGUSTIN S. LOPEZ. (2015) USO DE RESIDUOS DE MARMOL, PARA ELABORAR MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION, REVISTA DE ARQUITECTURA E INGENIERIA, VOL 9, N°3.

NORMAS TECNICAS PERUANA

- **NTP 339.036:2011.** CONCRETO. PRACTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE MEZCLAS DE CONCRETO FRESCO.
- **NTP 339.184:2013.** CONCRETO. METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLAS DE CONCRETO.
- **NTP 339.035:2015.** CONCRETO. METODO DE ENSAYO PARA LA MEDICION DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND.
- **NTP 339.046:2008.** (revisada el 2013). HORMIGON (CONCRETO). METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (METODO GRAVIMETRICO) DEL HORMIGON (CONCRETO).
- **NTP 339.081.2011** (REVISADA EL 2016). CONCRETO. METODO DE ENSAYO VOLUMETRICO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE AIRE DEL HORMIGON FRESCO ELABORADO CON AGREGADO LIGERO, ESCORIAS Y CUALQUIER OTRO TIPO DE AGREGADO POROSO.
- **NTP 339.033:2015.** CONCRETO. PRACTICA NORMALIZADA PARA LA ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE CONCRETO EN CAMPO.
- **NTP 339.034:2015.** CONCRETO. METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILINDRICAS

NORMAS DE LA SOCIEDAD ESTADOUNIDENSE PARA PRUEBAS Y MATERIALES

- ASTM C172. MUESTREO DE CONCRETO FRESCO
- ASTM C1064. METODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE TEMPERATURA DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRAULICO RECIEN MEZCLADO.
- ASTM C143. METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA ASENTAMIENTO DE CONCRETO DE CEMENTO HIDRAULICO.
- ASTM C138. METODO DE ENSAYO NORMALIZADO DE DENSIDAD (PESO UNITARIO), RENDIMIENTO, Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DEL CONCRETO.
- ASTM C173. METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA DETERMINAR POR EL METODO VOLUMETRICO EL CONTENIDO DE AIRE DEL CONCRETO RECIEN MEZCLADO.
- ASTM C31. PRACTICA NORMALIZADA PARA PREPARACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE ENSAYO DE CONCRETO EN LA OBRA.
- ASTM C39. METODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE ESPECIMENES CILINDRICOS DE CONCRETO.

ANEXOS.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

DISEÑO TEÓRICO.			
PROBLEMA.	OBJETIVOS.	HIPÓTESIS.	VARIABLES.
<p style="text-align: center;">Problema General.</p> <p>¿De qué manera el residuo de mármol influenciara en la resistencia a compresión del concreto de 210 kg/cm² elaborado para elementos estructurales?</p> <p style="text-align: center;">Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera se verá influenciado la resistencia del concreto al reforzarlo con residuos de mármol? • ¿La resistencia a la compresión del concreto de $f'c=210$ kg/cm² aumentara o disminuirá con la adición de residuos de mármol? • ¿La elaboración del concreto de $f'c=210$ kg/cm² reforzado con residuos de mármol será económicamente adecuada? 	<p style="text-align: center;">Objetivo General.</p> <p>Determinar la influencia del concreto convencional (concreto estructural de $f'c=210$ kg/cm²) adhiriendo residuos de mármol con el fin de obtener un concreto de alta calidad.</p> <p style="text-align: center;">Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con residuos de mármol. • Determinar si la adición de la dosis de residuos de mármol incrementa o disminuye de la resistencia a compresión del concreto. • Analizar los beneficios en el uso de residuos de mármol considerando el aspecto técnico y económico. 	<p style="text-align: center;">Hipótesis General.</p> <p>Mediante la adición de residuos de mármol al concreto convencional se obtendrá un concreto de alto rendimiento en su resistencia.</p> <p style="text-align: center;">Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los residuos de mármol influye en la resistencia a la compresión del concreto. • Los residuos de mármol aumenta la resistencia a la compresión del concreto. • Un concreto reforzado con residuos de mármol será técnico-económicamente factible para su empleo. 	<p style="text-align: center;">Variable Independiente</p> <p>Resistencia a la compresión del concreto.</p> <p style="text-align: center;">Variable dependiente</p> <p>Las propiedades mecánicas de los residuos de mármol</p> <p style="text-align: center;">Variable Interviniente</p> <p>Tiempo</p>