

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE ESPECÍFICA DE LOS
AGREGADOS; DE RÍO Y DE CERRO, EN LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DE UN CONCRETO DE $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$ EN
CAJAMARCA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

Presentado Por:

Wendy Marisol Burga Arango

Asesor:

ING. EVER RODRIGUEZ GUEVARA

CAJAMARCA, PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres, José y Flora, quienes me dieron la vida, que, con su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, me han permitido llegar hasta aquí.

A mis hermanos por ser mi motivación para lograr cada uno de mis sueños.

AGRADECIMIENTO

Principalmente doy gracias a Dios, por ser mi guía y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de mis más anhelados deseos.

A mi familia por haberme brindado su apoyo incondicional durante todo este tiempo.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, por todo el aprendizaje adquirido a lo largo de mi carrera profesional.

A mi asesor por su apoyo brindado en el desarrollo de este proyecto de investigación y a los miembros del Jurado quienes, con sus sugerencias y consejos, aportaron a la mejora del mismo.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Hipótesis de la Investigación.....	2
1.4. Justificación de la investigación.....	2
1.5. Alcances de la investigación.....	3
1.6. Objetivo de la investigación.....	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes Teóricos.....	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	5
2.1.3. Antecedentes Locales:.....	5
2.2. Bases Teóricas.....	7
2.2.1. Concreto.....	7
2.2.2. Componentes del concreto.....	7
2.2.2.1. Cemento.....	7
2.2.2.2. Agua para Concreto.....	11
2.2.2.3. Agregado fino.....	11
2.2.2.4. Agregado grueso.....	12
2.2.3. Propiedades de los agregados.....	16
2.2.3.1. Contenido de humedad.....	16
2.2.3.2. Peso Unitario.....	16
2.2.3.3. Peso Específico.....	17
2.2.3.4. Absorción.....	18
2.2.3.5. Análisis Granulométrico.....	18
2.2.3.6. Módulo de finura.....	19

2.2.3.7.	Porcentaje que pasa el tamiz N°200.....	19
2.2.3.8.	Resistencia a la abrasión	20
2.2.3.9.	Superficie Específica.....	20
2.2.4.	Propiedades del Concreto Fresco:	23
2.2.4.1.	Consistencia:	23
2.2.4.2.	Trabajabilidad	23
2.2.5.	Propiedades del Concreto Endurecido:	24
2.2.5.1.	Resistencia a compresión:	24
2.3.	Definición de términos básicos:.....	26
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....		29
3.1.	Ubicación Geográfica.....	29
3.1.1.	Ubicación Geográfica de la Investigación.....	29
3.1.2.	Ubicación Geográfica del Origen de los Agregados:	29
3.1.2.1.	Agregado de Cerro:	29
3.1.2.2.	Agregado de Río:	30
3.2.	Tiempo de realización de la investigación:.....	31
3.3.	Metodología	31
3.3.1.	Tipo de investigación:	31
3.3.2.	Nivel de la investigación:	31
3.3.3.	Diseño de la investigación:.....	31
3.3.4.	Método de la investigación:	31
3.3.5.	Población de estudio:.....	31
3.3.6.	Muestra:.....	31
3.3.8.	Variables.....	31
3.3.9.	Procedimiento:.....	32
3.4.	Técnicas e instrumentación para la recolección de datos:	33
3.4.1.	Propiedades de los Agregados:.....	33
3.4.1.1.	Contenido de Humedad.....	33
3.4.1.2.	Peso Unitario.....	34
3.4.1.3.	Peso Específico y absorción del agregado grueso.....	35
3.4.1.4.	Peso Específico y absorción del agregado fino	37
3.4.1.5.	Porcentaje que pasa el tamiz N°200.....	39
3.4.1.6.	Resistencia a la abrasión	40
3.4.1.7.	Granulometría	41

3.4.1.8. Superficie Específica.....	42
3.4.2. Diseño de Mezcla:	43
3.4.2.1. Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.	43
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	47
4.1. Análisis de los Resultados.....	47
4.1.1. Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.	47
4.1.2. Análisis de la Superficie Específica de los agregados.....	48
4.1.3. Análisis de los Diseños de Mezcla	49
4.1.4. Análisis de los Pesos Unitarios del concreto en estado fresco:	51
4.1.5. Análisis de los ensayos de Resistencia a la compresión:.....	51
4.2. Discusión de los resultados.	53
4.2.1. Discusión de los resultados contrastados con la hipótesis.....	53
4.2.2. Discusión de los resultados contrastados con los antecedentes teóricos.	54
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
5.1. Conclusiones.	55
5.2. Recomendaciones.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	57
ANEXOS	61
ANEXO N°01: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE RÍO.....	61
ANEXO N°02: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE CERRO	77
ANEXO N°03: DISEÑOS DE MEZCLA - CANTERA HUAYOBAMBA.....	93
ANEXO N°04: DISEÑO DE MEZCLA - CANTERA EL GAVILÁN.....	97
ANEXO N°05: ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	101
ANEXO N°06: ENSAYOS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO.....	107
ANEXO N°07: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I.....	109
ANEXO N°08: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	110
ANEXO N°09: PANEL FOTOGRÁFICO.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Porcentaje de variación de los compuestos del cemento.	8
Tabla N° 02: Sustancias perjudiciales en el agregado fino.	11
Tabla N° 03: Husos granulométricos del agregado fino.	12
Tabla N° 04: Sustancias perjudiciales en el agregado grueso.	13
Tabla N° 05: Husos granulométricos del agregado grueso.	15
Tabla N° 06: Tamices Standard.....	19
Tabla N° 07: Valor de los diámetros medios de los tamices utilizados.	22
Tabla N° 08: Consistencia y trabajabilidad según el asentamiento.....	24
Tabla N° 09: Tipos de facturas.....	25
Tabla N° 10: Muestra de la investigación.	31
Tabla N° 11: Tamaño de la muestra de agregado.....	33
Tabla N° 12: Carga Abrasiva.	41
Tabla N° 13: Módulo de fineza de la combinación de agregados.	44
Tabla N° 14: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados de río.	47
Tabla N° 15: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados de cerro.	48
Tabla N° 16: Superficie Específica de los agregados.....	48
Tabla N° 17: Dosificación del concreto – Cantera Huayobamba.....	50
Tabla N° 18: Dosificación del concreto – Cantera El Gavilán.....	50
Tabla N° 19: Superficie Específica de los agregados.....	51
Tabla N° 20: Resistencia a la compresión promedio de los especímenes de concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	52
Tabla N° 21: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de río.	61
Tabla N° 22: Peso Específico del Agua.	61
Tabla N° 23: Factor f para el agregado grueso de río.....	61
Tabla N° 24: Ensayo del peso unitario suelto seco del agregado grueso de río.	62
Tabla N° 25: Ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso de río.	62
Tabla N° 26: Ensayo del peso específico del agregado grueso de río.....	62
Tabla N° 27: Ensayo de absorción del agregado grueso de río.	63
Tabla N° 28: Ensayo del porcentaje que pasa el tamiz N°200 del agregado grueso de río.	63
Tabla N° 29: Ensayo de la resistencia a la abrasión del agregado grueso de río.	63
Tabla N° 30: Ensayo N°01 del análisis granulométrico del agregado grueso de río.	64

Tabla N° 31: Ensayo N°02 del análisis granulométrico del agregado grueso de río.	65
Tabla N° 32: Ensayo N°03 del análisis granulométrico del agregado grueso de río.	66
Tabla N° 33: Ensayo N°01 de la superficie específica del agregado grueso de río.	67
Tabla N° 34: Ensayo N°02 de la superficie específica del agregado grueso de río.	67
Tabla N° 35: Ensayo N°03 de la superficie específica del agregado grueso de río.	68
Tabla N° 36: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino de río.....	69
Tabla N° 37: Peso específico del agua.	69
Tabla N° 38: Factor f para el agregado fino de río.....	69
Tabla N° 39: Ensayo del peso unitario suelto seco del agregado fino de río.	70
Tabla N° 40: Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino de río.	70
Tabla N° 41: Ensayo del peso específico del agregado fino de río.	70
Tabla N° 42: Ensayo de absorción del agregado fino de río.	71
Tabla N° 43: Ensayo del porcentaje que pasa el tamiz N°200 del agregado fino de río.	71
Tabla N° 44: Ensayo N°01 del análisis granulométrico del agregado fino de río.....	72
Tabla N° 45: Ensayo N°02 del análisis granulométrico del agregado fino de río.....	73
Tabla N° 46: Ensayo N°03 del análisis granulométrico del agregado fino de río.....	74
Tabla N° 47: Ensayo N°01 de la superficie específica del agregado fino de río.....	75
Tabla N° 48: Ensayo N°02 de la superficie específica del agregado fino de río.....	75
Tabla N° 49: Ensayo N°03 de la superficie específica del agregado fino de río.....	76
Tabla N° 50: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de cerro.....	77
Tabla N° 51: Peso Específico del agua.....	77
Tabla N° 52: Factor f para el agregado grueso de cerro.....	77
Tabla N° 53: Ensayo del peso unitario suelto seco del agregado grueso de cerro.	78
Tabla N° 54: Ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso de cerro.	78
Tabla N° 55: Ensayo del peso específico del agregado grueso de cerro.	78
Tabla N° 56: Ensayo de absorción del agregado grueso de cerro.	79
Tabla N° 57: Ensayo del porcentaje que pasa el tamiz N°200 del agregado grueso de cerro.	79
Tabla N° 58: Ensayo de resistencia a la abrasión del agregado grueso de cerro.....	79
Tabla N° 59: Ensayo N°01 del análisis granulométrico del agregado grueso de cerro..	80
Tabla N° 60: Ensayo N°02 del análisis granulométrico del agregado grueso de cerro..	81
Tabla N° 61: Ensayo N°03 del análisis granulométrico del agregado grueso de cerro..	82
Tabla N° 62: Ensayo N°01 de la superficie específica del agregado grueso de cerro....	83
Tabla N° 63: Ensayo N°02 de la superficie específica del agregado grueso de cerro....	83

Tabla N° 64: Ensayo N°03 de la superficie específica del agregado grueso de cerro....	84
Tabla N° 65: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino de cerro.....	85
Tabla N° 66: Peso específico del agua.	85
Tabla N° 67: Factor f para el agregado fino de cerro.	85
Tabla N° 68: Ensayo del peso unitario suelto seco del agregado fino de cerro.	86
Tabla N° 69: Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino de cerro.....	86
Tabla N° 70: Ensayo del peso específico del agregado fino de cerro.	86
Tabla N° 71: Ensayo de absorción del agregado fino de cerro.	87
Tabla N° 72: Ensayo del porcentaje que pasa el tamiz N°200 del agregado fino de cerro.	87
Tabla N° 73: Ensayo N°01 del análisis granulométrico del agregado fino de cerro.	88
Tabla N° 74: Ensayo N°02 del análisis granulométrico del agregado fino de cerro.	89
Tabla N° 75: Ensayo N°03 del análisis granulométrico del agregado fino de cerro.	90
Tabla N° 76: Ensayo N°01 de la superficie específica del agregado fino de cerro.....	91
Tabla N° 77: Ensayo N°02 de la superficie específica del agregado fino de cerro.....	91
Tabla N° 78: Ensayo N°03 de la superficie específica del agregado fino de cerro.....	92
Tabla N° 79: Resistencia a compresión del concreto a los 7 días – Cantera Huayobamba.	101
Tabla N° 80: Resistencia a compresión del concreto a los 14 días – Cantera Huayobamba.....	102
Tabla N° 81: Resistencia a compresión del concreto a los 28 días – Cantera Huayobamba.....	103
Tabla N° 82: Resistencia a compresión del concreto a los 7 días – Cantera El Gavilán.	104
Tabla N° 83: Resistencia a compresión del concreto a los 14 días – Cantera El Gavilán.	105
Tabla N° 84: Resistencia a compresión del concreto a los 28 días – Cantera El Gavilán.	106
Tabla N° 85: Peso Unitario del concreto en estado fresco – Cantera Huayobamba. ...	107
Tabla N° 86: Peso Unitario del concreto en estado fresco – Cantera El Gavilán.....	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Diagrama del procedimiento usado en la Investigación.	32
Gráfico N° 02: Superficie Específica promedio de los agregados.	49
Gráfico N° 03: Proporción de los materiales para 1m ³ de concreto elaborado con los agregados de río.....	50
Gráfico N° 04: Proporción de los materiales para 1m ³ de concreto elaborado con los agregados de cerro.	51
Gráfico N° 05: Resistencia promedio a la compresión del concreto vs tiempo.	52
Gráfico N° 06: Resistencia promedio a la compresión del concreto según la cantera. ...	53
Gráfico N° 07: Curva granulométrica N°01 del agregado grueso de río.	64
Gráfico N° 08: Curva granulométrica N°02 del agregado grueso de río.	65
Gráfico N° 09: Curva granulométrica N°03 del agregado grueso de río.	66
Gráfico N° 10: Curva granulométrica N°01 del agregado fino de río.....	72
Gráfico N° 11: Curva granulométrica N°02 del agregado fino de río.....	73
Gráfico N° 12: Curva granulométrica N°03 del agregado fino de río.....	74
Gráfico N° 13: Curva granulométrica N°01 del agregado grueso de cerro.....	80
Gráfico N° 14: Curva granulométrica N°02 del agregado grueso de cerro.....	81
Gráfico N° 15: Curva granulométrica N°03 del agregado grueso de cerro.....	82
Gráfico N° 16: Curva granulométrica N°01 del agregado fino de cerro.	88
Gráfico N° 17: Curva granulométrica N°02 del agregado fino de cerro.	89
Gráfico N° 18: Curva granulométrica N°03 del agregado fino de cerro.	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Superficie específica en función del fraccionamiento y forma de las partículas.....	21
Figura N° 02: Ubicación geográfica del lugar de investigación.....	29
Figura N° 03: Ubicación geográfica de la cantera El Gavilán.	30
Figura N° 04: Ubicación geográfica de la cantera Huayobamba.	30
Figura N° 05: Obteniendo agregado grueso de la cantera Huayobamba.....	136
Figura N° 06: Obteniendo agregado fino de la cantera Huayobamba.....	136
Figura N° 07: Obteniendo agregado grueso de la cantera El Gavilán.....	137
Figura N° 08: Obteniendo agregado fino de la cantera El Gavilán.	137
Figura N° 09: Factor F del recipiente.	138
Figura N° 10: Peso específico del agua.	138
Figura N° 11: Peso unitario suelto seco del agregado grueso de río.	139
Figura N° 12: Peso unitario suelto seco del agregado fino de río.	140
Figura N° 13: Peso unitario suelto seco del agregado grueso de cerro.	141
Figura N° 14: Peso unitario suelto seco del agregado fino de cerro.	141
Figura N° 15: Peso unitario compactado del agregado grueso de río.	142
Figura N° 16: Peso unitario compactado del agregado fino de río.....	142
Figura N° 17: Peso unitario compactado del agregado grueso de cerro.....	143
Figura N° 18: Peso unitario compactado del agregado fino de cerro.....	144
Figura N° 19: Peso específico del agregado grueso de río.....	145
Figura N° 20: Peso específico del agregado fino de río.....	145
Figura N° 21: Peso específico del agregado grueso de cerro.....	146
Figura N° 22: Peso específico del agregado fino de cerro.....	146
Figura N° 23: Ensayo de partículas < N°200 de los agregados de cerro.....	147
Figura N° 24: Ensayo de partículas < N°200 de los agregados de cerro.....	147
Figura N° 25: Análisis Granulométrico del agregado grueso de río.	148
Figura N° 26: Análisis Granulométrico del agregado fino de río.	148
Figura N° 27: Análisis Granulométrico del agregado grueso de cerro.	149
Figura N° 28: Análisis Granulométrico del agregado fino de cerro.....	149
Figura N° 29: Mezclado de materiales del concreto - Cantera Huayobamba.	150
Figura N° 30: Determinación de la consistencia del concreto - Cantera Huayobamba.	150

Figura N° 31: Elaboración de los especímenes de concreto - Cantera Huayobamba. .	151
Figura N° 32: Mezclado de materiales del concreto - Cantera El Gavilán.	151
Figura N° 33: Determinación de la consistencia del concreto - Cantera El Gavilán....	152
Figura N° 34: Elaboración de los especímenes de concreto - Cantera El Gavilán.....	152
Figura N° 35: Especímenes de concreto desencofrados.....	153
Figura N° 36: Curado de los especímenes de concreto.	153
Figura N° 37: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 7 días - Cantera Huayobamba.....	154
Figura N° 38: Fractura del espécimen de concreto, tipo 6.	154
Figura N° 39: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 14 días - Cantera Huayobamba.....	155
Figura N° 40: Fractura del espécimen de concreto, tipo 3.	155
Figura N° 41: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 28 días - Cantera Huayobamba.....	156
Figura N° 42: Fractura del espécimen de concreto, tipo 5.	156
Figura N° 43: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 7 días - Cantera El Gavilán.	157
Figura N° 44: Fractura del espécimen de concreto, tipo 5.	157
Figura N° 45: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 14 días - Cantera El Gavilán.	158
Figura N° 46: Fractura del espécimen de concreto, tipo 5.	158
Figura N° 47: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 28 días - Cantera El Gavilán.	159
Figura N° 48: Fractura del espécimen de concreto, tipo 2.	159

RESUMEN

Los agregados conforman gran parte del volumen del concreto, razón por la cual es importante conocer a detalle todas sus propiedades. Una de las propiedades que menos consideraciones tiene es la superficie específica de los agregados, esta se relaciona con el requerimiento de la pasta de cemento y la trabajabilidad del concreto, por lo que resulta importante conocer la influencia que tiene en la resistencia del concreto.

La presente investigación analizó la superficie específica de agregados de diferente procedencia, de río (Cantera Huayobamba) y de cerro (Cantera El Gavilán), así como también su influencia en la resistencia a compresión del concreto.

Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los agregados en estudio; según los ensayos normalizados; por otro lado, se determinaron las superficies específicas de los agregados a partir de su granulometría y peso específico. Luego se realizaron los diseños de mezcla por el método de módulo de finura de la combinación de agregados, los cuales fueron ajustados por rendimiento. Seguidamente, se elaboraron los especímenes de concreto para cada diseño de mezcla (90) para ser ensayados a los 7, 14 y 28 días, para determinar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

La superficie específica del agregado grueso es de; 1.29 cm²/g para la cantera de río y de 1.97 cm²/g para la cantera de cerro. Mientras que la superficie específica del agregado fino es de; 38.43 cm²/g para la cantera de río y de 49.37 cm²/g para la cantera de cerro.

La resistencia a compresión del concreto elaborado con los agregados de río fue mayor en un 10.54% que la resistencia del concreto elaborado con los agregados de cerro, evaluado a los 28 días.

Finalmente, se verificó que la superficie específica de los agregados afecta notablemente la consistencia del concreto, la cual se reflejó en el requerimiento de la pasta de manera proporcional y si la relación agua/cemento es constante, la resistencia a la compresión del concreto disminuye a medida que aumenta la superficie específica de los agregados.

Palabras clave: Superficie específica, agregados, consistencia, concreto, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

Aggregates make up a large part of the volume of concrete, which is why it is important to know all of its properties in detail. One of the properties that has less consideration is the specific surface of the aggregates, this is related to the requirement of the cement paste and the workability of the concrete, so it is important to know the influence it has on the resistance of the concrete.

The present investigation analyzed the specific surface of aggregates from different origins, river (Huayobamba Quarry) and hill (El Gavilán Quarry), as well as their influence on the compressive strength of concrete.

The physical and mechanical properties of the aggregates under study were determined; according to standardized tests; on the other hand, the specific surfaces of the aggregates were determined from their granulometry and specific weight. Then the mix designs were made by the fineness modulus method of the combination of aggregates, which were adjusted for performance. Next, the concrete specimens for each mix design (90) were prepared to be tested at 7, 14 and 28 days, to determine the properties of the concrete in the fresh and hardened state.

The specific surface of the coarse aggregate is; 1.29 cm²/g for the river quarry and 1.97 cm²/g for the hill quarry. While the specific surface of the fine aggregate is; 38.43 cm²/g for the river quarry and 49.37 cm²/g for the hill quarry.

The compressive strength of concrete made with river aggregates was 10.54% higher than the strength of concrete made with hill aggregates, evaluated at 28 days.

Finally, it was verified that the specific surface of the aggregates notably affects the consistency of the concrete, which was reflected in the requirement of the paste proportionally and if the water/cement ratio is constant, the compressive strength of the concrete decreases to as the specific surface area of the aggregates increases.

Keywords: Specific surface, aggregates, consistency, concrete, compressive strength.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del problema

La necesidad de contar con un concreto de buena calidad hace que sea esencial conocer a detalle todos sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen tanto de las propiedades físicas, como mecánicas de dichos componentes, especialmente de los agregados. Sin embargo, uno de los problemas que generalmente se encuentra al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que usualmente propicia resultados diferentes a los esperados. (Cerón et al. 1996).

Si bien es cierto, los agregados pétreos son componentes fundamentales del concreto hidráulico, sus características afectan no solo las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido sino también el costo de este mismo. Se sabe que los agregados conforman entre el 70% y el 80% del volumen del concreto, razón por la cual es importante conocer sus propiedades y la influencia que tienen en las propiedades del concreto para optimizar no solo su uso y explotación, sino también su diseño de mezcla. (Quiroga, 2003).

Una de las características físicas de los agregados que menos menciones tiene, es la superficie específica; no hay estudios experimentales que demuestren una relación directa con la resistencia del concreto. Sin embargo, teóricamente influye en los requerimientos de agua (pasta de cemento) para mojar y unir todas las partículas del agregado.

La superficie específica del agregado se define como la relación que hay entre la superficie exterior de una partícula y el volumen que ocupa esa partícula. (Sánchez, 2001)

Según Shilstone (1999), el requerimiento de pasta de cemento de una mezcla de concreto está asociado a la superficie específica de los agregados. Las partículas de forma redondeada o cúbica, con una superficie específica menor, requieren menos pasta de cemento para alcanzar la misma trabajabilidad que una mezcla de concreto elaborada

con agregados de mayor superficie específica como aquellos que están compuestas por partículas elongadas y aplanadas.

Adicionalmente, Legg (1998) afirma que las partículas alargadas, aplanadas, angulares y rugosas al acomodarse tienen un alto contenido de vacíos, que hacen que la mezcla requiera de más arena para proporcionar un concreto con mejor manejabilidad. Lo que ocasiona que la finura de la mezcla de agregados sea mayor, es decir que tiene una superficie específica mayor, y por ende el requerimiento de pasta se incrementa.

La presente investigación, analizó la superficie específica de los agregados; de río (Cantera Huayobamba) y de cerro (Cantera El Gavilán) y su influencia en la resistencia a compresión de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con los mismos.

1.2. Formulación del problema

¿En qué medida influye la superficie específica de los agregados; de río y de cerro, en la resistencia a compresión de un concreto de $f'c=210\text{kg/cm}^2$?

1.3. Hipótesis de la Investigación

Hipótesis General

Para una relación agua/cemento constante y considerando agregados de diferente origen (río y cerro), la resistencia a la compresión del concreto disminuirá a medida que aumente la superficie específica de los agregados.

Hipótesis Específica

La superficie específica de los agregados de cerro (Cantera El Gavilán) es mayor que la de los agregados de río (Cantera Huayobamba).

1.4. Justificación de la investigación

Actualmente se sabe que es de gran importancia conocer a detalle las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, para poder obtener un concreto de buena calidad, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen en su mayoría de estas.

La superficie específica es una de las propiedades de los agregados que menos consideraciones tiene en los diseños de mezcla; sin embargo, muchos autores coinciden

que dicha propiedad se relaciona con el requerimiento de la pasta de cemento y la trabajabilidad del concreto, por lo que resulta importante conocer la influencia que tiene en la resistencia a compresión del concreto.

Así mismo, este estudio es una base para realizar nuevas investigaciones que permitan desarrollar mejores diseños de mezcla de concreto.

1.5. Alcances de la investigación

La presente investigación está dirigida a toda persona que se encuentre involucrada en el campo de la tecnología del concreto y afines, tales como: ingenieros civiles, técnicos en construcción, maestros de obra y estudiantes de ingeniería civil.

La investigación se situó en el distrito de Cajamarca perteneciente a la provincia y región con el mismo nombre.

Si bien es cierto, la resistencia a compresión del concreto depende de diferentes factores, sin embargo, para esta investigación se consideraron agregados de diferente origen; de río (Cantera Huayobamba) y de cerro (Cantera El Gavilán), con diferentes superficies específicas y su influencia en la resistencia a compresión de un concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Se utilizó cemento Pacasmayo tipo I de la norma ASTM C – 150.

1.6. Objetivo de la investigación

Objetivo general

- Determinar la influencia de la superficie específica de los agregados; de río y de cerro, en la resistencia a compresión de un concreto de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.
- Determinar la superficie específica de los agregados.
- Realizar el diseño de mezcla para un concreto de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar el peso unitario de concreto fresco.
- Determinar la resistencia a compresión de los especímenes de concreto simple.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- ✓ **Estrada, C. y Páez, R. (2014)** en su tesis **“Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto”** de la Universidad Veracruzana, México; concluyen que la composición mineralógica, forma y textura de los agregados, varían de una zona a otra e incluso en el mismo lugar de donde se extraen. Los agregados redondeados, que son los más económicos y con mayor disponibilidad, obtuvieron bajas resistencias que el agregado triturado, pero esto no significa que el agregado redondeado sea de baja calidad, ya que los especímenes elaborados con este agregado alcanzaron su resistencia óptima; sin embargo el agregado triturado superó dichos resultados de resistencia en 200 Kg/cm² y 250 Kg/cm², siendo la misma relación agua/cemento para el primer diseño en ambos casos de agregados (grava y grava triturada) y; así mismo, dos relaciones de agua/cemento diferentes en los diseños de 250 Kg/cm² y 300 Kg/cm².

- ✓ **Positieri1, M. et al. (2016)**, presentaron una investigación sobre la **“Influencia de la forma y textura de las arenas en la demanda de agua de los hormigones”** en Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; donde realizaron una síntesis del estado del arte referida a las características de los agregados que influyen en la demanda de agua de los hormigones. Tuvo como principal objetivo presentar una metodología de caracterización de la forma y textura de arenas de cuencas aluvionales de la provincia de Córdoba y de algunas provenientes de la trituración de rocas. Donde hicieron mención de algunas variables que afectan la demanda de agua del concreto, revelando las diferencias entre las características de los materiales provenientes de distintas regiones, particularmente las arenas, que debido a su mayor superficie específica afectan el contenido de agua requerido por el concreto con mayor intensidad.

Los resultados permitieron cuantificar la variación de la demanda de agua en morteros en los que se variaron las relaciones agua-cemento para obtener mezclas de diferente fluidez.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- ✓ **Abrill, H. (2018)** en su tesis de postgrado, “**Estudio comparativo de las propiedades de adherencia, superficie específica de los agregados gruesos de canto rodado de Piñipampa y piedra triturada de Caicay, e influencia sobre las propiedades resistentes de flexión y compresión del concreto $f'c$ 280 Kg/cm²**” de la Universidad Andina del Cusco, estudió comparativamente las propiedades de adherencia con el mortero y superficie específica de dos agregados gruesos de diferente procedencia, uno de piedra triturada de la cantera de Caicay, y otro de canto rodado de las playas de Piñipampa, donde planteó nuevos ensayos. Para poder determinar la adherencia del agregado con el mortero, sometió a los testigos a tracción en la maquina universal; y para determinar la superficie específica del agregado determinó el volumen y área para cada testigo. Donde a través de análisis comparativos y por medio de pruebas de calidad de compresión y flexión, concluyó que el agregado grueso de piedra triturada de Caicay presenta 14.65% mayor superficie específica y 19.54 % mayor adherencia con el mortero que el agregado de canto rodado de Piñipampa, por lo que el concreto $f'c=280$ kg/cm² preparado con piedra triturada de Caicay desarrolla 10.91% mayor resistencia a compresión y 19.75% mayor resistencia a flexión que el concreto $f'c=280$ kg/cm² preparado con canto rodado de Piñipampa.

2.1.3. Antecedentes Locales:

- ✓ **Contreras, W. (2018)** en su tesis de pregrado, “**Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la Cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén - Cajamarca**” de la Universidad Nacional de Cajamarca, analizó la influencia de la forma y textura del agregado grueso de la Cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, tomando los dos perfiles de agregado grueso más conocidos y utilizados en el distrito de Jaén, el primero es la piedra chancada de forma irregular y textura

áspera y el otro la grava de río de forma redondeada y textura lisa. Para demostrar dicha influencia realizó dos diseños de mezcla para concretos de $f_c = 175$ y 210 Kg/cm², con propiedades de la piedra chancada. Los resultados de consistencias fueron plásticas para mezclas con piedra chancada y coincidieron con lo diseñado, pero las mezclas con grava redondeada arrojaron una consistencia fluida, diferenciándose de los asentamientos anteriores hasta en 3". En los resultados a compresión los especímenes con piedra chancada superaron la resistencia de los especímenes de grava redondeada en porcentajes que varían entre 8 y 16 % más. Finalmente concluyó que tanto la forma como la textura de estos dos agregados influyen en gran medida en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Concreto

A continuación, se mencionan algunas definiciones de diferentes autores:

Según la definición dada por la norma NTP 339.047-2014, el concreto es una mezcla de material aglomerante, agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento Portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos.

Rivva (2013), menciona que a la mezcla de concreto se le puede añadir aditivos con el fin de modificar alguna de sus propiedades, por ejemplo, acelerar o retardar el fraguado y el endurecimiento inicial, mejorar la trabajabilidad e incrementar la resistencia.

Para Palbol (1996), el concreto es un material pétreo artificial obtenido de la mezcla, de pasta y agregados minerales, en determinadas proporciones. La pasta se compone de cemento y agua, que al endurecerse une a los agregados formando un conglomerado semejante a una roca debido a la reacción química entre estos componentes. Para lograr las mejores propiedades mecánicas, el concreto debe contar con un esqueleto pétreo empacado lo más densamente posible, y con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que éste deje.

Generalmente, la pasta de cemento y agua constituyen entre el 25% al 40% del volumen total del concreto. El volumen absoluto de cemento está comprendido usualmente entre el 7% y 15%, el agua del 14 al 21% y el agregado constituye aproximadamente del 60 al 80% del volumen total de este. (Estrada y Páez, 2014)

2.2.2. Componentes del concreto

2.2.2.1. Cemento

Rivva (2000), define como cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables.

Compuestos principales del cemento Portland:

Los óxidos principales (C= CaO, S= SiO₂, A= Al₂O₃, F= FeO₃) constituyen prácticamente más del 90% en peso del Clínter. De los cuatro óxidos principales la cal es de carácter básico y los otros tres de carácter ácido, de ellos la sílice y la cal son componentes activos, y la alúmina y el hierro actúan como fundentes. Podemos

ver los porcentajes de variación de los compuestos en la siguiente tabla:

Tabla N° 01: Porcentaje de variación de los compuestos del cemento.

NOMBRE DEL COMPUESTO	NOMENCLATURA	% DE VARIACIÓN
Silicato Tricálcico	C ₃ S	40-60
Silicato Dicálcico	C ₂ S	15-30
Aluminato Tricálcico	C ₃ A	2-14
Ferro aluminato Tetracálcico	C ₄ AF	8-12

Fuente: ASTM C150

Tipos de cemento portland (NTP 334.009)

Los cementos portland por lo general, se fabrican en cinco tipos, cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de las especificaciones de la norma ASTM C 150.

- ✓ **Cemento portland tipo I:** para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- ✓ **Cemento portland tipo II:** para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- ✓ **Cemento portland tipo III:** para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- ✓ **Cemento portland tipo IV:** para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- ✓ **Cemento portland tipo V:** para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Propiedades físicas del cemento portland:

1. Superficie específica del cemento (NTP 334.002, ASTM C 150).

La finura es el tamaño de las partículas que componen el cemento; llamada también superficie específica, se expresa en cm^2/gr y se dice que, a mayor superficie específica, mejor y más rápido el tiempo de fraguado.

Entre mayor sea la superficie de contacto, mayor será la superficie del cemento.

La superficie específica del cemento está comprendida entre 2500 a 4500 cm^2/gr .

La resistencia a la compresión se incrementa conforme aumenta la fineza del cemento. La resistencia a la compresión está relacionada a la resistencia a la flexión como la raíz cuadrada de la superficie específica. La contracción parece ser una función lineal de la superficie específica y el agrietamiento puede relacionarse con el grado de desarrollo de resistencia del concreto y en general, los cementos que ganan rápidamente su resistencia son más propensos a agrietarse.

2. Peso específico (NTP 334.005, ASTM C 150).

El peso específico o densidad aparente expresa la relación entre el peso de una muestra de cemento y el volumen absoluto del mismo; se expresa en gr/cm^3 . Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{Absoluto}}}$$

Donde:

m = *Peso de la muestra de cemento.*

V_{Absoluto} = *Volumen de la materia sólida.*

El peso específico del cemento es el valor usado en el diseño de mezclas; el cual debería estar comprendido entre los valores de 3.10 a 3.15 gr/cm^3 .

Cabe resaltar que un valor bajo de peso específico, nos indica poca presencia de Clínter y alta de yeso.

3. Consistencia normal del cemento (NTP 334.003, ASTM C 150).

La consistencia normal del cemento se expresa como: un porcentaje en peso o volumen de agua con relación al peso seco de del cemento, necesario para obtener una pasta con fluidez. Siendo esta una propiedad óptima de hidratación.

La consistencia normal del cemento es determinada por la viscosidad de la pasta, la lubricación de los agregados (concretos), entre otros factores. Siendo sus valores normales los comprendidos entre 24% y 32%.

4. Tiempo de fraguado (NTP 334.056, ASTM C 150)

Fraguado Inicial: Es el transcurrido desde la adición de agua hasta alcanzar el estado de plasticidad y dureza, en este tiempo la pasta se deforma por la acción de pequeñas cargas. Es el tiempo que disponemos para fabricar, transportar, vibrar y colocar el concreto en las obras.

Fraguado Final: Va desde el fraguado inicial hasta que la pastas se endurezca se vuelva indeformable. En este caso se produce la unión con los agregados en una mezcla de concreto.

5. Calor de hidratación (NTP 334.064, ASTM C 150).

Al reaccionar el agua con el cemento, genera un calor de hidratación en los procesos

de fraguado y endurecimiento, incrementándose la temperatura del concreto originando una rápida evaporación del agua, que lleva a la contracción del material y un ocasional agrietamiento.

6. Estabilidad de volumen (NTP 334.004, ASTM C 150).

Un cemento es estable, cuando ningún elemento principal experimenta expansión perjudicial o destructiva después del fenómeno de hidratación. Pero generalmente el concreto endurecido presenta ligeros cambios de volumen (retracción), debido a variaciones en la temperatura, en la humedad, en los esfuerzos aplicados, entre otros. Estos cambios de volumen o de longitud pueden variar de 0.01% hasta 0.08%.

7. Resistencia Mecánica (NTP 334.051, ASTM C 150).

Es la propiedad más importante del cemento endurecido en cuanto a los requisitos estructurales, la resistencia mecánica debe ser a la tracción, flexión y compresión. Es un requisito que debe cumplir todo cemento, se mide a la compresión y mide la calidad de cemento. Esta propiedad se hace sobre mortero (Agua + Cemento+ Arena), en cubos de 2"x2"x2"; la proporción de la mezcla debe ser 1:3 en volumen. A los 28 días adquiere la resistencia de 100%.

2.2.2.2. Agua para Concreto

Según la norma E.060 del RNE, el agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable y, en caso de no serlo, debe ser agua limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que pueden ser dañinas al concreto.

Permite proveer una relación agua/cemento acorde con las necesidades de trabajabilidad y resistencia, pero es evidente, que, para usarla en el lavado de agregados, en la preparación de la mezcla o durante el curado del concreto, es importante conocer su calidad química y física. (Alvarado, 2010)

2.2.2.3. Agregado fino

La norma técnica NTP 400.011 define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 9.51 mm (3/8”) y queda retenido en el tamiz 0.074 mm (N°200).

Según la norma NTP 400.011 o la norma ASTM C 33, el agregado fino deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Puede estar constituido de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro, compacto y resistente.
- Deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- El agregado fino no deberá indicar presencia de materia orgánica de acuerdo a los requisitos de la norma NTP 400.013 o la norma ASTM C 40.

Tabla N° 02: Sustancias perjudiciales en el agregado fino.

SUSTANCIA	PORCENTAJE DEL TOTAL DE LA MUESTRA (% MAX)
-----------	--

Terrones de arcilla y partículas friables	3.0
Material más fino que el tamiz N°200: Concreto sujeto a abrasión Otro concretos	3.0 ^A 5.0 ^A
Carbón y Lignito: Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante Otros concretos	0.50 1.0

Fuente: NTP 400.037

- Se recomienda que la granulometría se encuentre dentro de los límites de la norma NTP 400.037, según la siguiente tabla:

Tabla N° 03: Husos granulométricos del agregado fino.

TAMIZ	PORCENTAJE DE PESO QUE PASA (%)			
	LÍMITES TOTALES	C	M	F
3/8" (9.50mm)	100	100	100	100
N°4 (4.75mm)	95-100	95-100	89-100	89-100
N°8 (2.36mm)	80-100	80-100	65-100	80-100
N°16 (1.18mm)	50-85	50-85	45-100	70-100
N°30 (0.60mm)	25-60	25-60	25-80	55-100
N°50 (0.30mm)	10-30	10-30	5-48	5-70
N°100 (0.15mm)	2-10	2-10	0-12	0-12

Fuente: NTP 400.037

- El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor asumido para la selección de las proporciones del concreto; siendo recomendable que el valor asumido esté entre 2.30 y 3.10.

2.2.2.4. Agregado grueso

La norma NTP 400.011 define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4). El agregado grueso podrá consistir de grava o piedra partida de origen natural o artificial. Según la norma NTP 400.011, el agregado grueso deberá cumplir con los siguientes requerimientos:

- Deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

- Las partículas deberán de ser químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.
- La granulometría seleccionada deberá ser de preferencia continua.
- La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto, con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.
- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.
- Las normas de diseño estructural recomiendan el tamaño nominal máximo del agregado grueso sea mayor que pueda ser económicamente disponible, siempre que él sea compatible con la estructura. En ningún caso el tamaño nominal máximo del agregado no deberá ser mayor de:
 - Un quinto de la menos dimensión entre las caras encofradas.
 - Un tercio del peralte de las losas.
 - Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo.
- El agregado grueso empleado en concreto para pavimentos, estructuras sometidas a procesos de erosión, abrasión o cavitación, no deberá tener una pérdida mayor del 50% en el ensayo de abrasión según la norma NTP 400.019 y norma NTP 400.020.
- El lavado de las partículas de agregado grueso se deberá hacer con agua preferentemente potable. De no ser así, deberá estar libre de sales, materia orgánica, o sólidos en suspensión.
- El porcentaje de partículas inconvenientes en el agregado grueso no deberá de exceder los siguientes valores de la siguiente tabla.

Tabla N° 04: Sustancias perjudiciales en el agregado grueso.

SUSTANCIA	PORCENTAJE DEL TOTAL DE LA MUESTRA (% MAX)
Terrones de arcilla y partículas friables	5.0
Material más fino que la malla normalizada 75 µm (N°200)	1.0 ^A

Horsteno (menos de 2.40 de densidad)	5.0 ^B
Carbón y Lignito: Cuando la apariencia de la superficie del concreto es importante	0.50
Otros concretos	1.0

Fuente: NTP 400.037

- El agregado grueso debe estar gradado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037, tal como se detalla:

Tabla N° 05: Husos granulométricos del agregado grueso.

REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS ASTM C-33 PARA AGREGADO GRUESO														
TAMAÑO N°	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS	PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDARD (%)												
		4" (100mm)	3 1/2" (90mm)	3" (75mm)	2 1/2" (63mm)	2" (50mm)	1 1/2" (37.5mm)	1" (25mm)	3/4" (19mm)	1/2" (12.5mm)	3/8" (9.5mm)	N°4 (4.75mm)	N°8 (100mm)	N°16 (1.18mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	--	25 a 60	--	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
2	2 1/2" a 1 1/2"	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--	--
3	2" a 1"	--	--	--	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--	--
357	2" a N°4	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	--	0 a 5	--	--
4	1 1/2" a 3/4"	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	--	0 a 5	--	--	--
467	1 1/2" a N°4	--	--	--	--	100	95 a 100	--	35 a 70	--	10 a 30	0 a 5	--	--
5	1" a 1/2"	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--	--	--
56	1" a 3/8"	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	--	--
57	1" a N°4	--	--	--	--	--	100	95 a 100	--	25 a 60	--	0 a 10	0 a 5	--
6	3/4" a 3/8"	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	--	--
67	3/4" a N°4	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	--	20 a 55	0 a 10	0 a 5	--
7	1/2" a N°4	--	--	--	--	--	--	--	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	--
8	3/8" a N°4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.03

2.2.3. Propiedades de los agregados

Entre las propiedades más importantes que serán desarrolladas en esta investigación tenemos:

2.2.3.1. Contenido de humedad

Los agregados presentan poros internos, los cuales se conocen como “abiertos” cuando son accesibles al agua o humedad exterior sin requisito de presión, diferenciándose de la porosidad cerrada, en el interior del agregado, sin canales de comunicación con la superficie a la que se alcanza mediante fluidos bajo presión. (Awad, 2007).

Según la norma NTP 339.185; es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad de agua se expresa como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se le denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

2.2.3.2. Peso Unitario

Se denomine peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario. Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen (Cerón D. F., 1996).

Según la norma técnica NTP 400.017; es el peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplean en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa. El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

- **Peso Unitario Seco Suelto:**

Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es importante porque permite convertir pesos en volúmenes y viceversa.

- **Peso Unitario Seco Compactado:**

Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material en capas dentro del molde, éste se usa en algunos métodos de diseño de mezcla.

Según la norma NTP 400.017, existen dos procesos para determinar el peso unitario seco compactado; por apisonado, para agregados que tienen un tamaño nominal máximo de 37.5 mm o menos y por percusión, para agregados que tienen un tamaño nominal mayor que 37.5 mm y no excedan los 125 mm.

2.2.3.3. Peso Específico

Aplicado a agregados el concepto de peso específico se refiere a la densidad de las partículas individuales y no a la masa del agregado como un todo. Pudiendo definirse al peso específico como la relación, a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen de agua destilada, libre de gas. El peso específico de la mayoría de los agregados comúnmente empleados está comprendido dentro de los límites de 2.6 a 3.0. (Gusman, 2006).

La gravedad específica como se define en la especificación ASTM C12 corresponde al peso específico relativo, y para agregados finos se determina por métodos descritos en la norma NTP 400.021 y para agregado grueso NTP 400.022, que consiste en medir el desplazamiento del agua, producido por un peso conocido de agregado en condición saturada y de superficie seca, se usa para este objeto una probeta calibrada.

2.2.3.4. Absorción

Según la norma NTP 400.021 para agregado fino y la norma NTP 400.022 para agregado grueso; la capacidad de los agregados para incorporar agua en su estructura interna, lo que resulta en un aumento de su peso, se conoce como absorción. Es fundamental considerar esta característica al diseñar mezclas de concreto, ya que tiene el potencial de eliminar o agregar agua de las mezclas.

La cantidad de agua requerida para llevar un agregado al estado saturado superficialmente seco está representada por el porcentaje de agua requerido.

2.2.3.5. Análisis Granulométrico

La norma NTP 400.012 define al análisis granulométrico como; el estudio en forma y tamaño en que se encuentran distribuidas las partículas de un agregado. La cantidad de material se considerará de acuerdo a la NTP 400.012.

Consiste en separar por medio de una serie de tamices de aberturas progresivamente menores para la determinación de la distribución del tamaño de las partículas. (Norma NTP 400.037, 2014).

La granulometría y el tamaño máximo de agregado afectan las proporciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, capacidad de bombeo, economía, porosidad, contracción y durabilidad del concreto.

Del análisis granulométrico se desprende los siguientes conceptos:

- **Tamaño máximo:** es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.
- **Tamaño máximo nominal:** es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada en la que se produce el primer retenido.

La serie de tamices estándar ASTM para concreto tiene la particularidad de que empieza por el tamiz de abertura cuadrada 3'' y el siguiente tiene una abertura igual

a la mitad de la anterior. A partir de la malla 3/8'' se mantiene la misma secuencia, pero el nombre de las mallas se establece en función del número de aberturas por pulgada cuadrada.

Tabla N° 06: Tamices Standard.

DENOMINACIÓN DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILIMETROS
3"	3.00	75.00
1 1/2"	1.50	37.50
3/4"	0.75	19.00
3/8"	0.375	9.50
N°4	0.187	4.75
N°8	0.0937	2.36
N°16	0.0469	1.18
N°30	0.0234	0.59
N°50	0.0117	0.295
N°100	0.0059	0.1475
N°200	0.0029	0.0737

Fuente: ASTM C 136

2.2.3.6. Módulo de finura.

Es el indicador del grosor predominante de las partículas de un agregado. Puede considerarse como un tamaño promedio ponderado, pero que no representa la distribución de las partículas. El módulo de finura está en relación inversa a las áreas superficiales; por lo que la cantidad de agua por área superficial será menor, mientras mayor sea el módulo de finura. (NTP 334.045, ASTM C 136).

El módulo de fineza se calcula a partir de los resultados del análisis granulométrico, sumando los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100; y dividiendo dicha suma entre 100.

2.2.3.7. Porcentaje que pasa el tamiz N°200

Según la norma NTP 400.018, son materiales muy finos del agregado, se presentan en forma de recubrimientos superficiales (arcillas), o en forma de partículas sueltas (limo).

La primera interfiere en la adherencia entre el agregado y el cemento, y la segunda incrementa la cantidad de agua de mezclado, logrando disminuir la resistencia.

- Las partículas muy finas como la arcilla, el limo y el polvo de trituración pueden ser eliminadas de los agregados mediante el lavado de los mismos con agua potable o su similar.
- El porcentaje que pasa el tamiz N°200, se calcula mediante tamizado por lavado en la malla N°200. A la pérdida en peso debido al lavado, calculado en porcentaje en peso de la muestra original.

2.2.3.8. Resistencia a la abrasión

Según la norma NTP 400.018, es la fuerza que presentan los agregados al ser sometidos a fuerzas de impacto, al desgaste por abrasión y frotamiento. Cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste.

El método de prueba usado es el de la Máquina los Ángeles, por su rapidez y porque se puede aplicar a cualquier agregado.

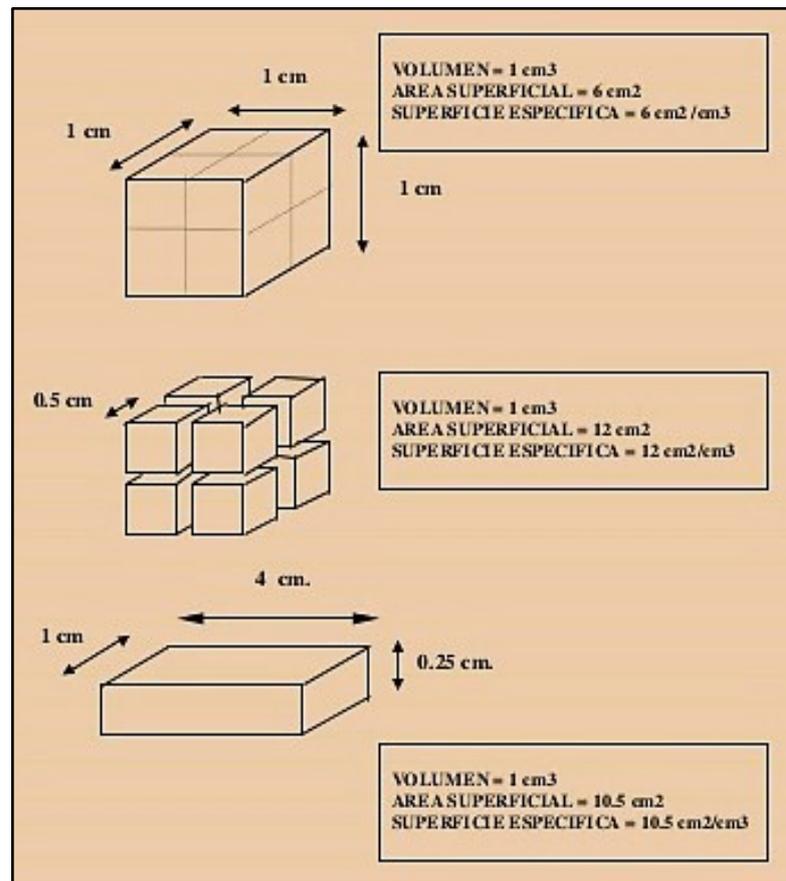
2.2.3.9. Superficie Específica

El concepto de superficie específica fue introducido dentro del campo de la Tecnología del Concreto en el año 1918 por L.E. Edwards, siendo esta característica de gran importancia ya que a partir de la superficie de pega se calculan los requerimientos de agua (pasta de cemento) para mojar y unir todas las partículas del agregado (Sanchez, 2001).

Según Pasquel (1999), la superficie específica es otra caracterización numérica de la granulometría de agregados, que, si bien no es tan práctica en su aplicación, es importante desde el punto de vista que permite comprender conceptualmente varias relaciones y propiedades entre los agregados y la pasta de cemento.

Por otro lado, Portugal (2007), define como superficie específica de una partícula de agregado al área superficial de la misma, teniendo influencia en las características del concreto tanto en estado fresco como endurecido, sobre todo en concretos con baja relación agua/cemento donde tiene especial influencia en la resistencia a la compresión.

Figura N° 01: Superficie específica en función del fraccionamiento y forma de las partículas.



Fuente: Pasquel (1999)

Según Neville (1996), la superficie específica, SE, para partículas monogranulares esféricas de diámetro d , se puede calcular según la siguiente ecuación:

$$SE = \frac{\text{Superficie de la esfera}}{\text{Volumen de la esfera}} = \frac{\pi * d^2}{\frac{\pi * d^3}{6}} = \frac{6}{d} \text{ (m}^{-1}\text{) o (pie}^{-1}\text{)}$$

De la expresión anterior se puede ver que la superficie específica de las partículas es inversamente proporcional al diámetro de las mismas, supuesto partículas de diámetro uniforme.

Según Rivva (2000), la superficie específica de una partícula de agregado se expresa en cm²/g. Cuanto mayor es la superficie específica mayor el área superficial a ser cubierta con pasta y menor el diámetro de las partículas. La consistencia del concreto disminuye conforme la superficie específica se incrementa. Por tanto, no es posible variar la superficie específica del agregado sin variar la consistencia.

Para obtener la superficie específica se divide, para cada uno de los tamices, el valor del porcentaje retenido parcial entre el valor de diámetro medio. La superficie específica del conjunto se determina por la ecuación:

$$SE = \frac{0.06}{\gamma} \times \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{d_i} \left(\frac{cm^2}{g} \right)$$

Donde:

SE: Superficie Específica

γ: Peso Específico del agregado.

P_i: Porcentaje retenido en el tamiz i

d_i: Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz i

El valor de la superficie específica del agregado será igual a la suma de la superficie específica de cada tamiz.

Tabla N° 07: Valor de los diámetros medios de los tamices utilizados.

TAMIZ	ABERTURA (cm)	DIÁMETRO MEDIO (cm)
3"	7.62	---
2"	5.08	6.35
1 ½"	3.81	4.44
1"	2.54	3.17
¾"	1.90	2.22
½"	1.27	1.58
3/8"	0.95	1.11
N° 4	0.48	0.714
N° 8	0.238	0.357
N° 16	0.119	0.179
N° 30	0.059	0.089
N° 50	0.0297	0.044
N° 100	0.0149	0.022
N° 200	0.0074	0.011
N° 400	0.0037	0.0056

Fuente: Rivva (2000)

2.2.4. Propiedades del Concreto Fresco:

Según Rivva López, E. (2000), las propiedades del concreto en estado fresco incluyen la consistencia, trabajabilidad, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación y peso unitario.

A continuación, se abordará algunas de las propiedades del concreto en estado fresco utilizadas en esta investigación.

2.2.4.1. Consistencia:

La consistencia es una propiedad que define la humedad de una mezcla por su grado de fluidez; por tanto, cuanto más homogénea sea la mezcla, mayor será la facilidad con la que fluirá el hormigón durante su colocación. La consistencia está ligada a la trabajabilidad, aunque no es sinónimo de ella. El grado de asentamiento de una mezcla suele utilizarse para definir su consistencia. Los asentamientos más pequeños corresponden a las mezclas más secas, mientras que los más grandes corresponden a las mezclas más fluidas. (Rivva, 2000).

Gamero, O. 2008, el método de determinación empleado es el ensayo del Cono de Abrams ó slump (NTP 339.035 y ASTM C 143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento (es decir, cuanto más húmeda es la mezcla, mayor es el asentamiento), medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección cónica, siendo el asentamiento la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico y la masa de concreto.

2.2.4.2. Trabajabilidad

Gamero, O. 2008, define a la trabajabilidad como aquella propiedad del concreto que determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad, así como para ser acabado sin que se presente segregación. Según el asentamiento de la mezcla, se puede clasificar en baja, media o alta.

La siguiente tabla muestra rangos de asentamiento en centímetros que definen la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco.

Tabla N° 08: Consistencia y trabajabilidad según el asentamiento.

Consistencia	Asentamiento (pulg.)	Trabajabilidad
Seca	0 – 2	Baja
Plástica	3 – 4	Media
Fluida o húmeda	5 a mas	Alta

Fuente: Gamero, O. (2008)

2.2.4.3. Peso unitario:

Es el peso varillado expresado en kg /m³, de una manera representativa del concreto, se emplea principalmente para determinar o comprobar el rendimiento de la mezcla, determinar el contenido de materiales (cemento, agua y agregado) por metro cúbico de concreto, así como el contenido de aire. Formándose una idea de la calidad del concreto y de su grado de compactación. (Manual de la construcción, 2013).

2.2.5. Propiedades del Concreto Endurecido:

2.2.5.1. Resistencia a compresión:

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Según Abanto (1994), es la carga máxima para una unidad de área de una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura), generalmente se expresa en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

La resistencia a la compresión de una probeta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right); A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

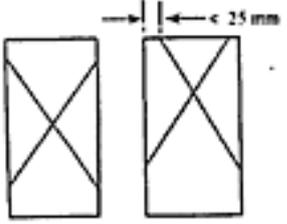
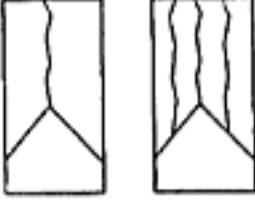
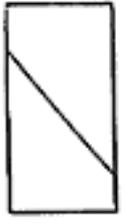
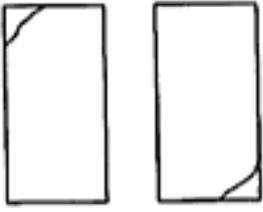
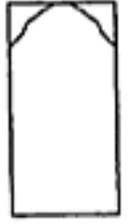
Donde:

f'c: Resistencia de rotura a la compresión del concreto.

P: Carga de rotura (Kg).

φ: Diámetro de la probeta cilíndrica.

Tabla N° 09: Tipos de facturas.

TIPO DE FRACTURA	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
TIPO I	Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas en capas.	
TIPO II	Conos bien formados sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base.	
TIPO III	Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.	
TIPO IV	Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.	
TIPO V	Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.	
TIPO VI	Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.	

Fuente: NTP 339.034

2.3. Definición de términos básicos:

- **Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011. Se les llama también áridos. [NTP 400.011]
- **Agregado anguloso:** Son agregados que poseen aristas bien definidas formadas por la inserción de superficies aproximadamente planas. [NTP 400.011]
- **Agregado bien graduado:** Agregado cuya distribución de tamaños de partículas produce una densidad máxima, es decir minimiza los vacíos. [NTP 400.011]
- **Agregado fino:** Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. [NTP 400.011]
- **Agregado grueso:** Agregado grueso retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de roca. [NTP 400.011]
- **Agregado que pasa:** Por un tamiz determinado, expresado generalmente en peso o porcentaje siempre que no retenga más del 5 % en masa (peso) del material tamizado. [NTP 400.011]
- **Agregado retenido:** Un agregado es retenido por un tamiz cuando este no deja pasar más de un 5% en masa (peso) del material tamizado. [NTP 400.011]
- **Cemento Portland:** Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. [NTP 400.017]
- **Concreto de peso normal:** Tipo de concreto producido con agregados de densidad normal, frecuentemente piedra triturada o grava, y que tiene una densidad de aproximadamente 2400 kg/m³. [NTP 339.047]
- **Contenido de aire:** Es el volumen total de vacíos de aire, sea incluido o atrapado, en la pasta de cemento, mortero u hormigón (concreto). El aire agregado aumenta la durabilidad del mortero u hormigón (concreto) que ha estado expuesto a congelación y descongelación , así como la trabajabilidad de las mezclas frescas. [NTP 339.047]

- **Curado:** Es el proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto). [NTP 339.047-2006]
- **Curva granulométrica:** Es la representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. [NTP 400.011]
- **Densidad:** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico). [NTP 400.021]
- **Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. [NTP 339.047]
- **Durabilidad:** Es la capacidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento Portland de resistir a la acción de la intemperie y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión. [NTP 339.047]
- **Granulometría:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. [NTP 400.011]
- **Módulo de finura (MF):** Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. [NTP 400.011]
- **Peso específico:** Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas, a una temperatura especificada. [NTP 339.047]
- **Plasticidad:** Aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo. [NTP 339.047]
- **Relación agua-cemento (a/c):** Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto. [NTP 339.047]
- **Rendimiento:** Volumen por amasada (bachada, pastón) de concreto que se expresa en metros cúbicos (pies cúbicos). [NTP 339.047]

- **Resistencia a la abrasión:** Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste. [NTP 400.019]
- **Resistencia a compresión:** Resistencia máxima que una probeta de concreto o mortero puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. [NTP 339.034]
- **Saturado superficialmente seco (SSS):** En relación a las partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas del agregado están llenos de agua hasta el punto en el que han alcanzado, por inmersión en agua, durante el periodo de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas. [NTP 400.022]
- **Tamaño máximo del agregado:** Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. [NTP 400.011]
- **Tamaño nominal máximo del agregado:** Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. [NTP 400.011]
- **Trabajabilidad:** Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque fresco, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. [NTP 339.047]

CAPITULO III

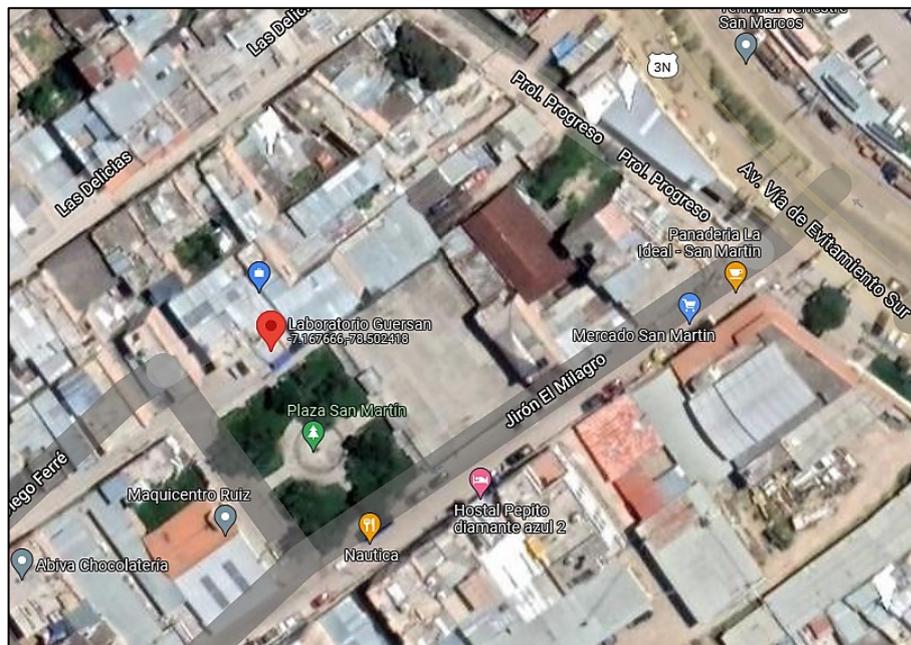
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación Geográfica

3.1.1. Ubicación Geográfica de la Investigación

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de mecánica de suelos y concreto “Guersan Ingenieros”, ubicada en Psj. Diego Ferré N°295, Barrio San Martín, Cajamarca, cuyas coordenadas UTM son; 9206965.7 N, 775846.1 E y una altitud de 2696 msnm.

Figura N° 02: Ubicación geográfica del lugar de investigación.



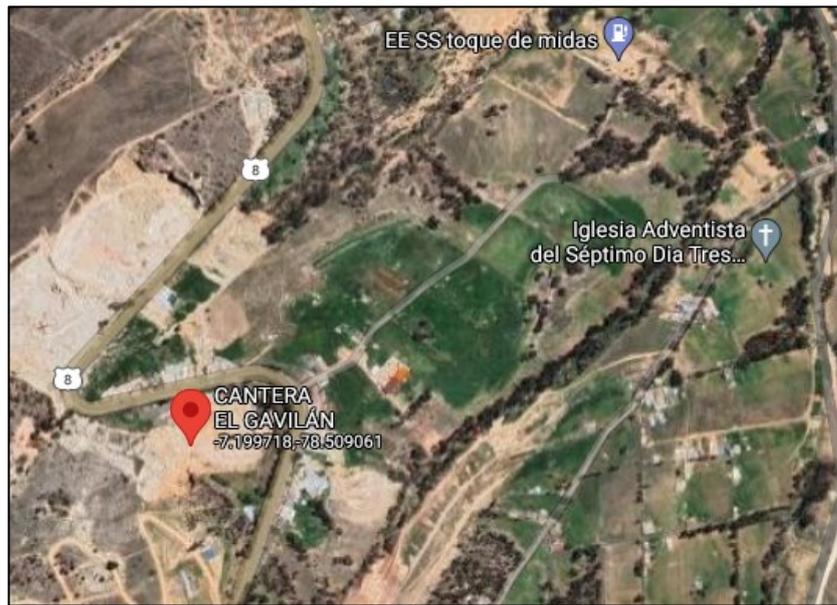
Fuente: Google Maps

3.1.2. Ubicación Geográfica del Origen de los Agregados:

3.1.2.1. Agregado de Cerro:

Los agregados de cerro usados en la presente investigación pertenecen a la cantera “El Gavilán”, la cual está ubicada a 5 Km en la margen derecha de la carretera Cajamarca - Ciudad de Dios. Sus coordenadas UTM son; 9203088.86 N, 775042.37 E y una altitud de 2984 msnm.

Figura N° 03: Ubicación geográfica de la cantera “El Gavilán”.

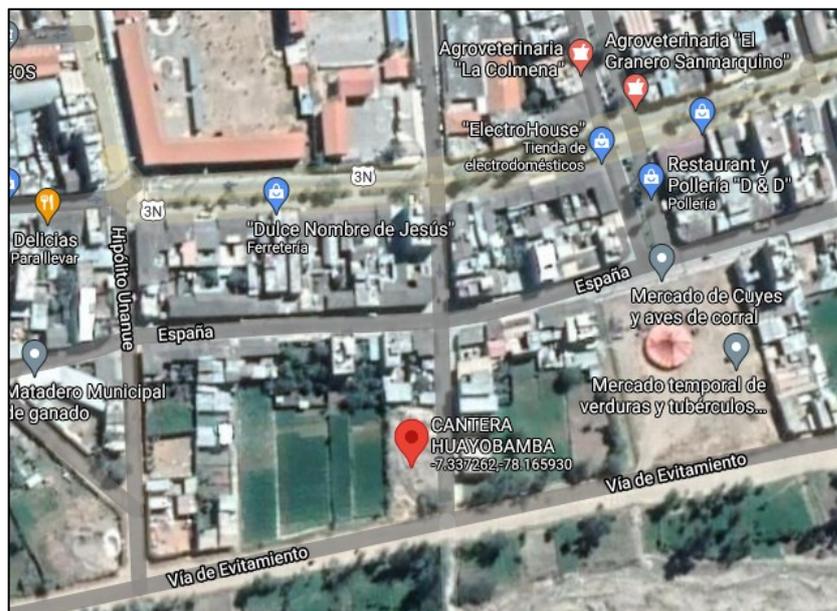


Fuente: Google Maps

3.1.2.2. Agregado de Río:

Los agregados de río usados en la presente investigación pertenecen a la cantera “Huayobamba”, ubicada en la provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca. Sus coordenadas UTM son; 9187980.29N, 812922.35 E y una altitud de 2265 msnm.

Figura N° 04: Ubicación geográfica de la Cantera Huayobamba.



Fuente: Google Maps

3.2. Tiempo de realización de la investigación:

La investigación se desarrolló dentro del periodo comprendido entre Marzo y Noviembre del 2021.

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo de investigación:

Aplicada.

3.3.2. Nivel de la investigación:

Descriptivo, explicativo y Comparativo.

3.3.3. Diseño de la investigación:

Experimental.

3.3.4. Método de la investigación:

Cuantitativo.

3.3.5. Población de estudio:

Conjunto de especímenes de concreto elaborados con los agregados de río (Cantera Huayobamba) y de cerro (Cantera El Gavilán).

3.3.6. Muestra:

Se elaboraron 90 especímenes de concreto, los cuales se clasificaron de la siguiente manera:

Tabla N° 10: Muestra de la investigación.

ESPECÍMENES DE CONCRETO		
ENSAYO A COMPRESIÓN	CANtera HUAYOBAMBA	CANtera EL GAVILAN
A los 7 días	15	15
A los 14 días	15	15
A los 28 días	15	15
Total	90	

Fuente: Elaboración Propia

3.3.7. Unidad de análisis:

Especímenes de concreto $f'c=210$ Kg/cm².

3.3.8. Variables

- **Variable independiente:**

Superficie específica y otras propiedades físicas de los agregados.

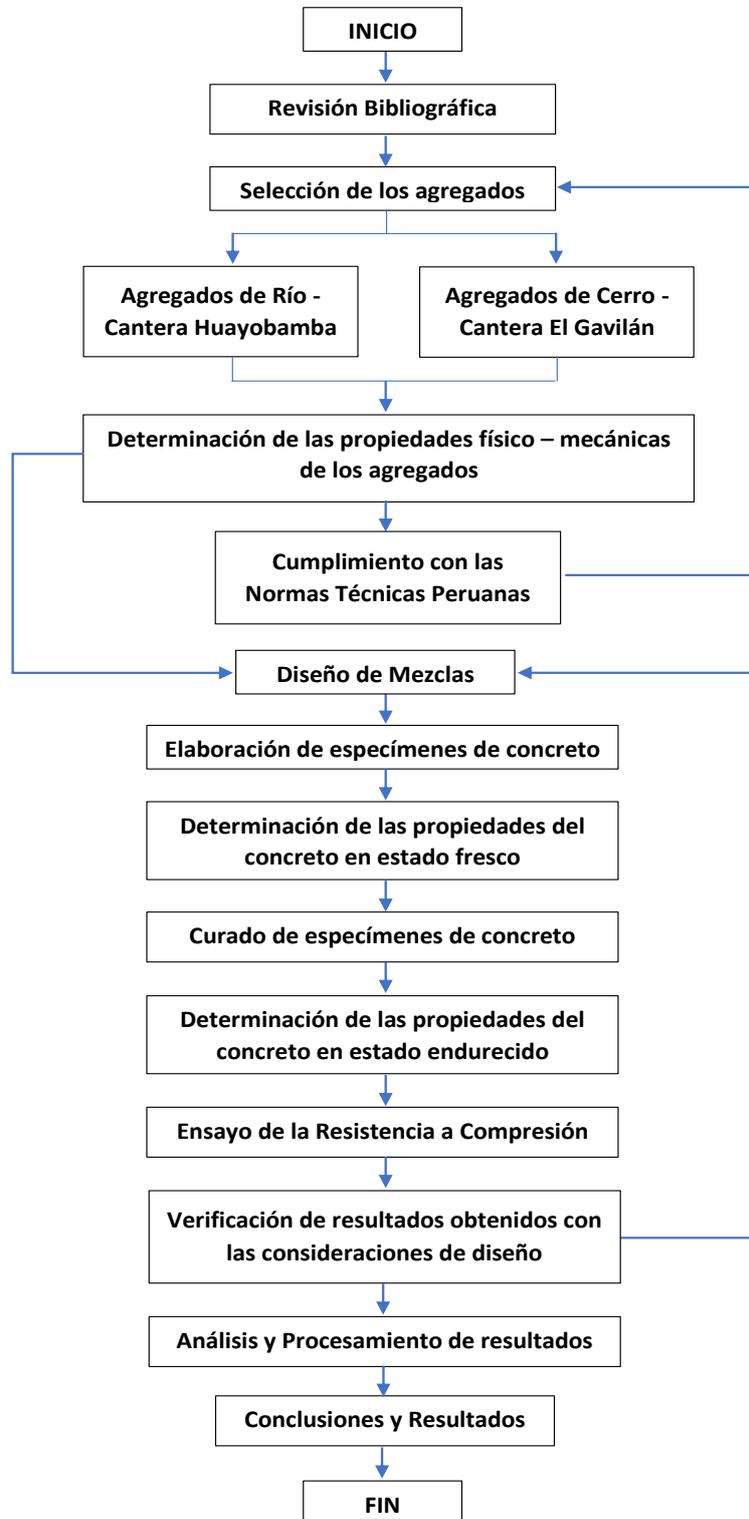
- **Variable dependiente:**

La resistencia a compresión del concreto simple.

3.3.9. Procedimiento:

Para alcanzar los objetivos planteados en la presente investigación de tipo experimental, se propuso el siguiente diagrama:

Gráfico N° 01: Diagrama del procedimiento usado en la Investigación.



Fuente: Elaboración propia

3.4. Técnicas e instrumentación para la recolección de datos:

3.4.1. Propiedades de los Agregados:

3.4.1.1. Contenido de Humedad

Este ensayo se realizó según lo estipulado en las normas NTP 339.185 y ASTM C566, las cuales describen el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado.

Aparatos:

- Balanza con sensibilidad al 0,1 % del peso de la prueba en cualquier punto del rango de uso.
- Fuente de calor; horno ventilado capaz de mantener la temperatura alrededor de la muestra a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Recipiente para la muestra
- Cuchara de metal, que servirá de revolvedor.

Muestra de ensayo:

El tamaño representativo se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 11: Tamaño de la muestra de agregado.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA (kg)
4.75 mm (N°4)	0.50
9.5 mm (3/8")	1.50
12.5 mm (1/2")	2.00
19.0 mm (3/4")	3.00
5.0 mm (1")	4.00
37.5 mm (1 1/2")	6.00
50.0 mm (2")	8.00
63.0 mm (2 1/2")	10.00
75.0 mm (3")	13.00
90.0 mm (3 1/2")	16.00
100.0 mm (4")	25.00
150.0 mm (6")	50.00

Fuente: NTP 339.185

Procedimiento:

1. Se determinó la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %.
2. Se secó la muestra en el recipiente por medio del horno, durante 24 horas a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
3. Se retiró la muestra del horno, se dejó enfriar y se volvió a pesar.
4. Se determinó el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$P(\%) = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

P (%) = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje.

W = masa de la muestra húmeda original en gramos.

D = masa de la muestra seca en gramos.

3.4.1.2. Peso Unitario

Este ensayo se realizó según lo estipulado en las normas NTP 400.017 y ASTM C29, las cuales describen la determinación del peso unitario del agregado en condición suelto o compactado.

Aparatos:

- Balanza con exactitud dentro el 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg.
- Varilla de apisonado
- Recipiente
- Pala o cucharón
- Fiola con capacidad de 500 cm³

Muestra de ensayo:

El tamaño de la muestra fue aproximadamente de 125% a 200% la cantidad requerida para llenar el recipiente y fue manipulada de manera de evitar la segregación.

Procedimiento:

1. Se secó la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Peso Suelto:
 - Se llenó el recipiente hasta el reboce con una pala o cucharón, dejando caer el agregado desde una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior.
 - Se niveló la superficie del agregado con una regla o espátula.
 - Se determinó el peso del recipiente con el agregado y del recipiente vacío.
3. Peso Compactado:
 - Se llenó el recipiente a un tercio del total y se niveló la superficie.
 - Se compactó la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado.
 - Se llenó el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente se niveló y apisonó.
 - Finalmente, se llenó el recipiente a sobre-volumen y se compactó nuevamente.
 - Se eliminó el excedente del agregado con una regla y se determinó el peso del recipiente con el agregado y del recipiente vacío.
4. Con los datos obtenidos, se calculó el peso unitario suelto y compactado, según la siguiente fórmula:

$$PU = (A - B) \times f \quad (2)$$

Donde:

PU = Peso Unitario.

A = Peso de la muestra seca + recipiente.

B = Peso del recipiente.

NOTA:

En el apisonado de la primera capa, procurar no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. En el apisonado de la 2da y 3ra capas, usar un esfuerzo vigoroso, pero no mayor de la que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado.

3.4.1.3. Peso Específico y absorción del agregado grueso

Este ensayo se realizó según lo estipulado en las normas NTP 400.021 y ASTM C127, las cuales describen el método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

Aparatos:

- Balanza con sensibilidad de 0.5 gr. La balanza deberá estar equipada con un aparato adecuado para suspender el recipiente de la muestra en el agua desde el centro de la plataforma de la balanza.
- Recipiente para muestra; canastilla de alambre de 3.35mm o de malla fina. El recipiente deberá ser construido, de modo que, evite la retención de aire cuando se sumerge en agua.
- Tanque de agua; recipiente hermético, en el que se colocará el recipiente de la muestra mientras esté suspendido debajo de la balanza.
- Tamiz N°4
- Estufa

Muestra de ensayo:

Se seleccionó por el método del cuarteo, aproximadamente 5 kg., del agregado que se desea ensayar, rechazando todo el material que pase el tamiz 4.75 mm (N°4).

Procedimiento:

1. Se secó la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se ventiló en un lugar fresco a temperatura ambiente de 1 h a 3 h.
2. Inmediatamente se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.
3. Se removió la muestra del agua y se hizo rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer el agua superficialmente visible, aunque la superficie de las partículas aun parezca húmeda.
4. Se pesó la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.
5. Luego, se colocó la muestra saturada con superficie seca, en la cesta de alambre y se determinó el peso de la muestra sumergida en agua.
6. Después, se secó la muestra de ensayo en la estufa a una temperatura entre $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se dejó enfriar hasta la temperatura de ambiente, durante 1 h a 3 h.
7. Finalmente, se reemplazó los datos obtenidos en las siguientes fórmulas:

Peso específico de masa (P.e.m.)

$$P. e. m. = \frac{A}{B - C} \quad (3)$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca (P.e.m. SSS)

$$P. e. m. SSS = \frac{B}{B - C} \quad (4)$$

Peso específico nominal o aparente (P.e.a.)

$$P. e. a. = \frac{A}{A - B} \quad (5)$$

Absorción (Abs)

$$Abs(\%) = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

A = Peso en el aire de la muestra secada al horno a 105°C.

B = Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

3.4.1.4. Peso Específico y absorción del agregado fino

Este ensayo se realizó según lo estipulado en las normas NTP 400.022 y ASTM C128, las cuales describen el método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino

Aparatos:

- Balanza que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensible a 0.1 g o menos y una precisión de 0.1%.
- Picnómetro (para usarse con el procedimiento gravimétrico), un matraz aforado de 500 cm³ de capacidad.
- Molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad. El molde metálico deberá tener la forma de un tronco de cono con las dimensiones de la siguiente manera: 40 mm ± 3 mm de diámetro interior en la parte superior, 90 mm ± 3 mm de diámetro interior en la parte inferior y 75 mm ± 3 mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0.8 mm. La barra

compactadora de metal tendrá una masa de $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$ y una cara plana circular de apisonamiento de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro.

- Estufa, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Preparación de la muestra:

1. Se colocó la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y se secó en la estufa a una temperatura $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. Se dejó enfriar y se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente por un periodo de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.
2. Prueba de humedad superficial:
 - Se colocó el molde firmemente sobre una superficie no absorbente suave con el diámetro mayor hacia abajo.
 - Se colocó una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope.
 - Se apisonó el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora, aproximadamente a 5 mm por encima de la superficie superior.
 - Se retiró la arena suelta de la base y se levantó el molde verticalmente. (Si la humedad de la superficie está todavía presente, el agregado fino conservará la forma moldeada. La ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de superficie seca).

Procedimiento:

1. Se llenó parcialmente el picnómetro con agua y 500 g de agregado fino de la muestra saturada seca superficialmente y se llenó de agua adicional hasta aproximadamente el 90% de su capacidad.
2. Se agitó manualmente el picnómetro para eliminar las burbujas de aire visibles.
3. Después de la eliminación de todas las burbujas de aire, se llevó el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad de calibración.
4. Se determinó la masa total del picnómetro, del espécimen y del agua.
5. Se retiró el agregado fino del picnómetro, se secó en el horno a una masa constante, a temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$, se dejó enfriar y se determinó la masa.
6. Se determinó la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua.
7. Finalmente, se reemplazaron los datos obtenidos en las siguientes fórmulas:

Peso específico de masa

$$Pe. m. = \frac{A}{B + S - C} \quad (7)$$

Peso específico de masa saturada superficialmente seca.

$$Pe. m. (S.S.S.) = \frac{S}{B + S - C} \quad (8)$$

Peso específico nominal o aparente.

$$Pe. a. = \frac{A}{B + A - C} \quad (9)$$

Absorción

$$Abs (\%) = \frac{S - A}{A} \times 100 \quad (10)$$

Donde:

A = Masa de la muestra seca al horno.

B = Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración.

C = Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración.

S = Masa de la muestra de saturado superficialmente seca.

3.4.1.5. Porcentaje que pasa el tamiz N°200

Se realizó conforme las normas NTP 400.018 y ASTM 117, las cuales describen el método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75um (N°200) por lavado agregados.

Aparatos:

- Tamices N°16 y N°200
- Recipientes
- Balanza sensible a 0,1% del peso medido
- Estufa
- Agua

Procedimiento:

1. Se secó la muestra de ensayo a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Se pesó la muestra después de secar y enfriar.
3. Se colocó en un recipiente y se agregó agua en cantidad suficiente para separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz N° 200 y hacer que éstas queden en suspensión.
4. Se vertió el agua que contiene los sólidos suspendidos y disueltos en el juego de tamices, evitando en lo posible decantación de las partículas más gruesas de la muestra.
5. Se agregó agua nuevamente, a las muestras que se hallan en el envase, se agitó y decantó como el caso anterior. Se repitió esta operación hasta que el agua de lavado sea clara.
6. Se devolvió todo el material retenido en el juego de tamices a la muestra lavada.
7. Se secó el material a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
8. Con los datos obtenidos se reemplazó en la siguiente fórmula:

$$A = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \quad (11)$$

Donde:

A= Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 μm (N°200) por vía húmeda.

P1 = Peso seco de la muestra original, gramos.

P2= Peso seco de la muestra ensayada, gramos

3.4.1.6. Resistencia a la abrasión

Se realizó conforme las normas NTP 400.019 y ASTM C131, las cuales describen el método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaño menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.

Aparatos:

- Máquina de Los Ángeles
- Tamices conforme con la NTP 350.001
- Balanza con exactitud al 0.1%

- Estufa
- Carga, esferas de acero. La carga de abrasión será tal:

Tabla N° 12: Carga Abrasiva.

GRADACIÓN	NÚMERO DE ESFERAS	PESO DE LA CARGA
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	08	3330 ± 20
D	06	2500 ± 15

Fuente: NTP 400.019

Procedimiento:

1. Se colocó la muestra y la carga en la Máquina de Los Ángeles y se giró a una velocidad entre 30 a 33 rpm, por 500 revoluciones.
2. Se descargó el material y se hizo una separación preliminar de la muestra en un tamiz cuya abertura sea mayor que el tamiz N°12.
3. Se tamizó la porción fina por el tamiz N°12
4. Se lavó el material más grueso por el tamiz N° 12
5. Se secó a temperatura de 110 °C ± 5 °C y se reemplazaron los datos en la siguiente fórmula:

$$De(\%) = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \quad (12)$$

Donde:

- De* = Porcentaje de desgaste.
- Wo* = Peso original de la muestra.
- Wf* = Peso final de la muestra.

3.4.1.7. Granulometría

Se realizó conforme las normas NTP 400.012, las cuales describen el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino y grueso.

Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menos, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

Para el agregado fino y grueso se utilizaron 500 gr y 8000 gr respectivamente.

Aparatos:

- Horno a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Balanza con una aproximación de 0,1 g y una exactitud a 0,1 g o 0,1% de la masa de la muestra.
- Tamices: Se utilizará los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 para agregados finos. Mientras que para agregado grueso se utilizara los tamices 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4.
- Cazoleta

Procedimiento:

1. Se secó la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
2. Se seleccionó los tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material.
3. Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y se colocó la muestra sobre el tamiz superior.
4. Luego, se agregó la muestra de tal manera que se prevenga la sobrecarga del material sobre los tamices.
5. Después, se continuó el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasara a través de él durante 1 min de tamizado manual.
6. Se pesó cada uno de los tamices con las muestras de agregado retenido.
7. Se calculó el porcentaje retenido y acumulado, y finalmente se halló el módulo de finura mediante la siguiente fórmula:

$$M.F. = \frac{\%Ret. Acum. Tamices(3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \quad (13)$$

3.4.1.8. Superficie Específica

Debido a que no existe ensayos normados para determinar la superficie específica de los agregados, esta se obtuvo a partir del análisis granulométrico.

Para obtener la superficie específica se divide, para cada uno de los tamices, el valor del porcentaje retenido parcial entre el valor de diámetro medio. La superficie específica del conjunto se determina por la ecuación:

$$SE = \frac{0.06}{\gamma} \times \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{d_i} \left(\frac{cm^2}{g} \right)$$

Donde:

SE: Superficie Específica

γ : Peso Específico del agregado.

P_i: Porcentaje retenido en el tamiz i

d_i: Diámetro de las partículas retenidas en el tamiz i

El valor de la superficie específica del agregado será igual a la suma de la superficie específica de cada tamiz.

3.4.2. Diseño de Mezcla:

El diseño de mezcla es el proceso que consiste en calcular las proporciones de los componentes que forman el concreto (agregados, cemento y agua) para que pueda cumplir con los requisitos impuestos al momento de su diseño.

Existen diferentes diseños de mezcla propuestos, unos más complejos que otros, estos dependen de los componentes o de las condiciones en que se desarrollará el concreto. Para la presente investigación se realizó el diseño de las mezclas por el método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

3.4.2.1. Método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

Las investigaciones realizadas en la Universidad de Maryland han permitido establecer que la combinación de los agregados fino y grueso, cuando éstos tienen granulometrías comprendidas dentro de los límites que establece la Norma ASTM C 33, debe producir un concreto trabajable en condiciones ordinarias, si el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores indicados en la siguiente tabla.

Tabla N° 13: Módulo de fineza de la combinación de agregados.

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso		Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para contenidos de cemento en sacos/metro cúbico indicados.				
mm.	Pulg.	5	6	7	8	9
10	3/8	3.88	3.96	4.04	4.11	4.19
12.5	1/2	4.38	4.46	4.54	4.61	4.69
20	3/4	4.88	4.96	5.04	5.11	5.19
25	1	5.18	5.26	5.34	5.41	5.49
40	1 1/2	5.48	5.56	5.64	5.71	5.79
50	2	5.78	5.86	5.94	6.01	6.09
70	3	6.08	6.16	6.24	6.31	6.39

* Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado, con un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

** Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

Fuente: ASTM C 33

De la tabla N° 13 se obtuvo el módulo de fineza de la combinación de agregados (m_c), conociendo, previamente, con los valores de los módulos de fineza del agregado fino (m_f) y del agregado grueso (m_g), de los cuales se hizo uso para obtener el porcentaje de agregado fino respecto al volumen total de agregados mediante la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} \times 100$$

Donde:

r_f = Porcentaje del volumen de agregado fino con respecto al volumen total de agregados.

Entonces los volúmenes de agregado fino y agregado grueso por metro cúbico de concreto son:

$$\text{Vol. total de agregados} = 1 - (\text{Vol. agua} + \text{Vol. aire} + \text{Vol. cemento})$$

$$\text{Vol. agregado fino (m}^3\text{)} = \frac{r_f}{100} \times (\text{Vol. total de agregados})$$

$$\text{Vol. agregado grueso (m}^3\text{)} = \text{Vol. total de agregados} - \text{Vol. agregado fino}$$

Por tanto, los pesos de los agregados en un metro cúbico de concreto son:

$$\text{Peso agregado fino (kg)} = (\text{Vol. agregado fino}) \times (\text{Peso especif. agregado fino})$$

3.4.3. Elaboración de los especímenes de concreto.

Los especímenes de concreto se elaboraron de acuerdo a la norma NTP 339.183, el procedimiento es el siguiente:

- Se prepararon los materiales: cemento, agregados y agua; los cuales deben estar a temperatura ambiente.
- Se realizó el mezclado en una mezcladora de concreto, con la adición de los materiales en los pesos calculados, iniciando con los agregados, el cemento y el agua.
- Se realizó el mezclado durante 3 minutos hasta obtener homogeneidad y consistencia.
- Se realizó la medición del slump, mediante el método del Cono de Abrams.
- Se colocó el concreto en moldes cilíndricos (diámetro de 150mm y altura de 300mm), en 3 capas de 1/3 del volumen total cada una, para luego para ser consolidado mediante el varillado, en un número de 25 golpes por capa y después de cada varillada de golpeó los lados del molde suavemente de 10 a 15 veces con el martillo de goma.
- Se dejó fraguar el concreto.
- Se desmoldó los especímenes después de 24 horas de vaciado.
- Se realizó el curado de los especímenes.

3.4.4. Determinación del peso unitario del concreto en estado fresco.

De acuerdo a la norma NTP 339.046, después de elaborar las mezclas de concreto, se obtuvo los pesos unitarios para cada tipo de diseño, según el volumen y el peso de los moldes metálicos empleados.

3.4.5. Determinación de la resistencia a compresión.

El ensayo de la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, se realizó según la norma NTP 339.034 para cada tipo de diseño.

3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados:

El tratamiento y el análisis de los datos se realizaron después de ejecutar los ensayos en el laboratorio, los cuales se muestran de forma más detallada y ordenada en los anexos de la presente investigación.

Para la presentación de los resultados, se hicieron uso de tablas, cuadros y gráficos estadísticos para facilitar el análisis comparativo entre los agregados de cada cantera antes mencionada; los cuales fueron discutidos en función de los objetivos y la hipótesis planteada.

Se empleó el uso de Microsoft Office Excel 2016 para procesar los resultados y obtener los gráficos representativos.

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Análisis de los Resultados.

4.1.1. Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

Las tablas N° 14 y N° 15 muestra las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de río (Cantera Huayobamba) y de cerro (Cantera El Gavilán). El procedimiento de cada ensayo se muestra en los ANEXOS N° 01 Y N° 02.

Tabla N° 14: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados de río.

Propiedades	Agregado grueso	Agregado fino
Tamaño máximo nominal	3/4"	...
Peso específico de masa	2.63 g/cm ³	2.62 g/cm ³
Peso específico aparente	2.71 g/cm ³	2.70 g/cm ³
Peso unitario suelto	1434 Kg/m ³	1648 Kg/m ³
Peso unitario compactado	1563 Kg/m ³	1762 Kg/m ³
Contenido de humedad	0.70 %	6.00 %
Absorción	1.10 %	1.20 %
Módulo de finura	7.50	2.60
Abrasión (%)	32.50 %	...
% Que pasa malla N°200	0.63 %	3.40 %

- ✓ **Para el agregado grueso:** Cumple con lo estipulado en la NTP 400.037, posee una gradación que cumple con los límites establecidos en el huso granulométrico N° 56; el porcentaje de material fino que pasa la malla N° 200 es 0.63%, el cual es menor al 1% según norma; y el porcentaje de abrasión es de 27.00% que no supera el valor máximo del 50%.
- ✓ **Para el agregado fino:** Cumple con lo estipulado en la NTP 400.037; el módulo de finura es de 2.60, el cual está dentro de los límites establecidos (2.30 – 3.1), posee una gradación que cumple con los límites establecidos en el huso granulométrico M y el porcentaje de material fino que pasa la malla N° 200 es 3.40%, el cual es menor al 5% según norma.

Tabla N° 15: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados de cerro.

Propiedades	Agregado grueso		Agregado fino	
Tamaño máximo nominal	3/4"		...	
Peso específico de masa	2.58	g/cm ³	2.57	g/cm ³
Peso específico aparente	2.66	g/cm ³	2.76	g/cm ³
Peso unitario suelto	1346	Kg/m ³	1562	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1498	Kg/m ³	1730	Kg/m ³
Contenido de humedad	0.80	%	4.20	%
Absorción	1.20	%	2.70	%
Módulo de finura	7.03		2.31	
Abrasión (%)	50.00	%	...	
% Que pasa malla N°200	0.80	%	14.10	%

- ✓ **Para el agregado grueso:** Cumple con lo estipulado en la NTP 400.037, posee una gradación que cumple con los límites establecidos en el huso granulométrico N° 67; el porcentaje de material fino que pasa la malla N° 200 es 0.80%, el cual es menor al 1% según norma; y el porcentaje de abrasión es de 50.00% el cual se encuentra al límite del valor máximo del 50%.
- ✓ **Para el agregado fino:** Cumple con lo estipulado en la NTP 400.037; el módulo de finura es de 2.31, el cual está dentro de los límites establecidos (2.30 – 3.1) y posee una gradación que cumple con los límites establecidos en el huso granulométrico M, por otro lado, el porcentaje de material fino que pasa la malla N° 200 es 14.10%, el cual excede el 5% del máximo permisible.

4.1.2. Análisis de la Superficie Específica de los agregados.

La siguiente tabla muestra la superficie específica promedio de los agregados en estudio. El procedimiento de los datos se muestra en el ANEXO N° 01 y N° 02.

Tabla N° 16: Superficie Específica de los agregados.

SUPERFICIE ESPECÍFICA	Agregado de río		Agregado de cerro	
S.E. Agregado grueso	1.29	cm ² /g	1.97	cm ² /g
S.E. Agregado fino	38.43	cm ² /g	49.37	cm ² /g
S.E. Total	39.72	cm²/g	51.34	cm²/g

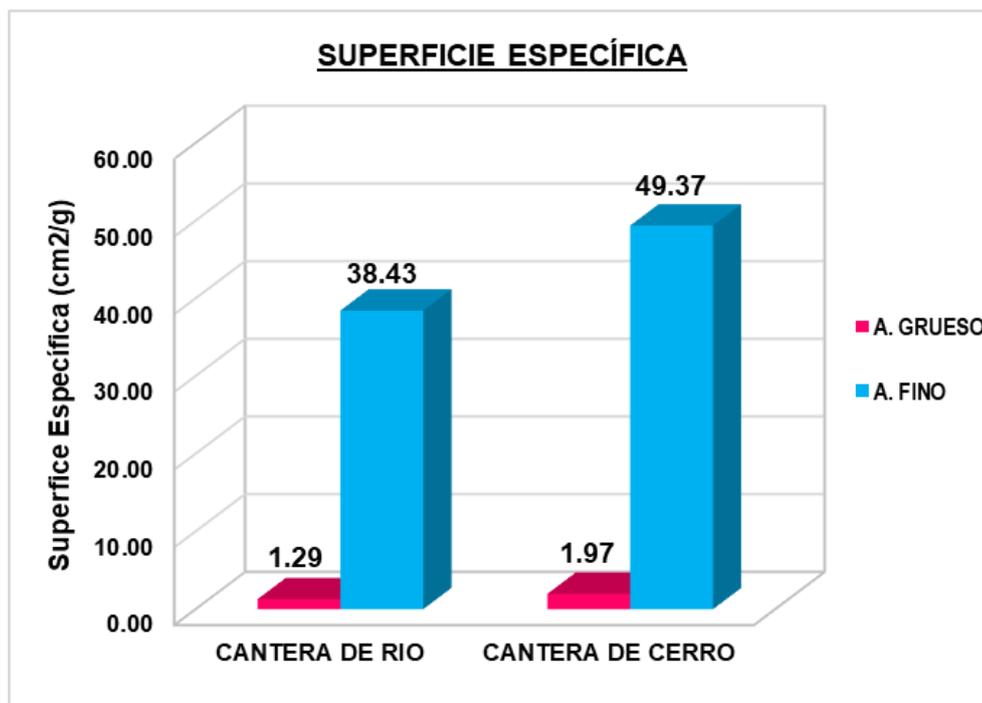


Gráfico N° 02: Superficie Específica promedio de los agregados.

- ✓ La superficie específica del agregado grueso es de; 1.29 cm²/g para la cantera de río y de 1.97 cm²/g para la cantera de cerro. Mientras que la superficie específica del agregado fino es de; 38.43 cm²/g para la cantera de río y de 49.37 cm²/g para la cantera de cerro. Por lo tanto, el concreto elaborado con los agregados de cerro, tiene mayor área superficial que necesita ser cubierta por la pasta de cemento que el concreto elaborado con los agregados de río.

4.1.3. Análisis de los Diseños de Mezcla

Haciendo uso el método del Módulo de Fineza de la Combinación de agregados se determinó las proporciones de los materiales para una unidad cúbica de concreto, para un $f'c=210$ kg/cm² utilizando cemento Portland Tipo I.

Las siguientes tablas muestran las dosificaciones de concreto elaborado con los agregados de río (Cantera Huayobamba) y de cerro (Cantera El Gavilán). El procedimiento de cada diseño se muestra en los ANEXOS N° 03 Y N° 04.

Tabla N° 17: Dosificación del concreto – Cantera Huayobamba.

CANTIDAD PARA 1M ³		
CEMENTO	350.00	Kg
AGUA EFECTIVA	210.00	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	845.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	882.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

Tabla N° 18: Dosificación del concreto – Cantera El Gavilán.

CANTIDAD PARA 1M ³		
CEMENTO	361.00	Kg
AGUA EFECTIVA	216.00	Lt
AGREGADO FINO HUMEDO	683.00	Kg
AGREGADO GRUESO HUMEDO	986.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

En los gráficos que me muestran a continuación, se muestran los porcentajes de cada material de diseño para un metro cúbico de concreto, obtenidos de los diseños de mezclas ajustados por rendimiento.

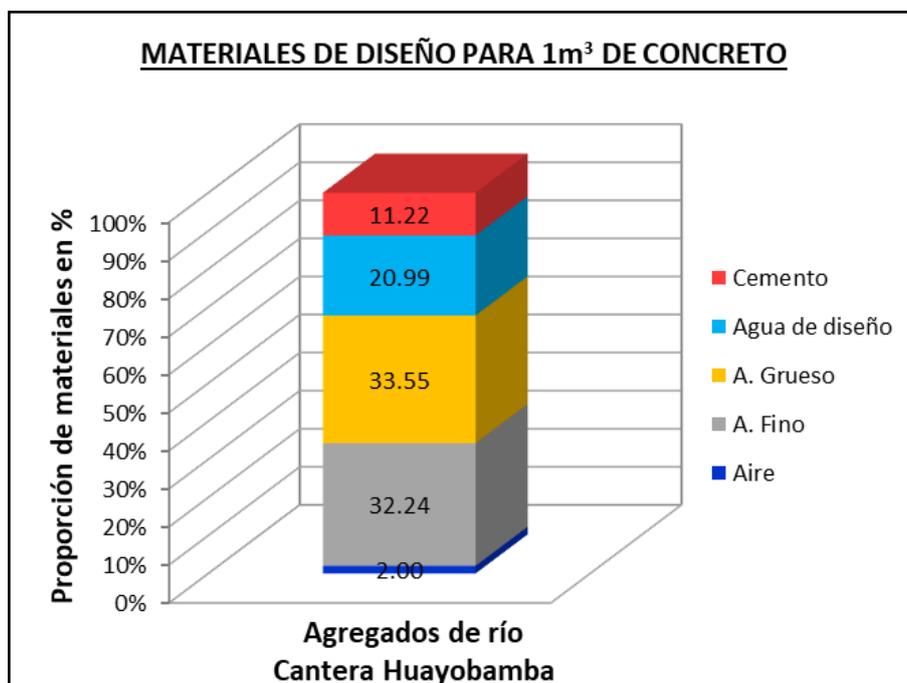


Gráfico N° 03: Proporción de los materiales para 1m³ de concreto elaborado con los agregados de río.

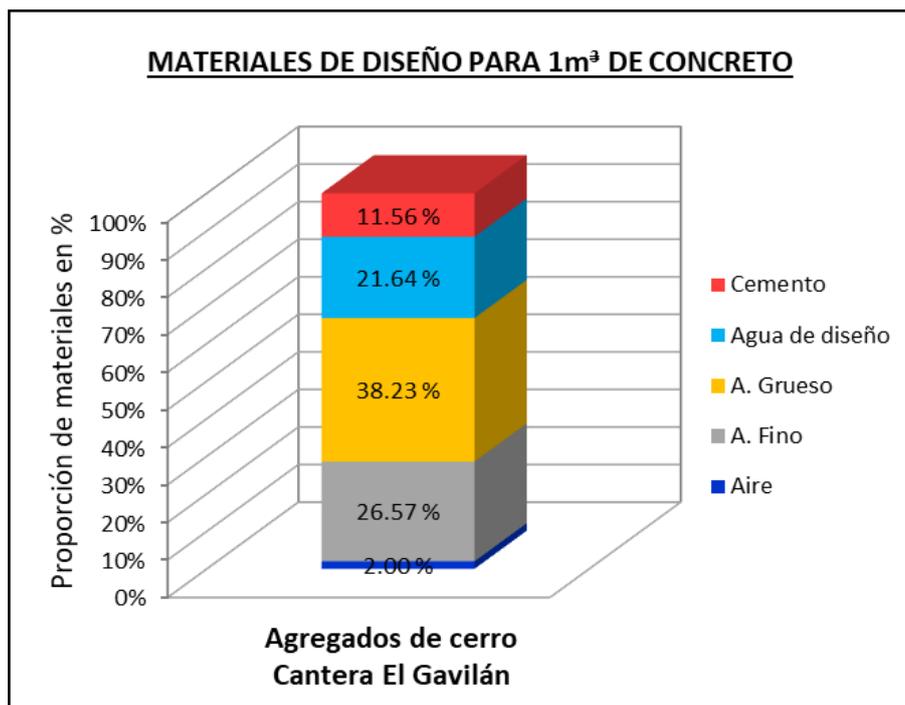


Gráfico N° 04: Proporción de los materiales para 1m³ de concreto elaborado con los agregados de cerro.

4.1.4. Análisis de los Pesos Unitarios del concreto en estado fresco:

En la siguiente tabla se muestran los resultados promedio de los pesos unitarios del concreto para cada tipo de diseño según el origen de los materiales.

Tabla N° 19: Superficie Específica de los agregados.

CANTERA	P.U. (kg/m ³)
HUAYOBAMBA (RÍO)	2304.00
EL GAVILÁN (CERRO)	2280.00

Según el gráfico, se observa que el peso unitario en estado fresco del concreto elaborado con los materiales de cerro es mayor que el de río y ambos valores se encuentran dentro de los límites normales permisibles (2240 kg/m³ -2460 kg/m³).

4.1.5. Análisis de los ensayos de Resistencia a la compresión:

A continuación; se muestran los resultados de la resistencia promedio a la compresión de los especímenes de concreto elaborado con los agregados de río (Cantera Huayobamba) y de cerro (Cantera El Gavilán). Las resistencias obtenidas de cada espécimen de concreto se muestran en los ANEXOS N°05 y N°06.

Tabla N° 20: Resistencia a la compresión promedio de los especímenes de concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

EDAD	RESISTENCIA PROMEDIO OBTENIDA			
	AGREGADOS DE RIO		AGREGADOS DE CERRO	
	CANTERA HUAYOBAMBA		CANTERA EL GAVILÁN	
	(kg/cm ²)	(%)	(kg/cm ²)	(%)
7 DIAS	170.69	81.28%	161.17	76.75%
14 DIAS	202.35	96.36%	188.18	89.61%
28 DIAS	270.96	129.03%	248.82	118.49%

El siguiente gráfico muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto vs el tiempo (7, 14 y 28 días,), para cada diseño de mezcla.

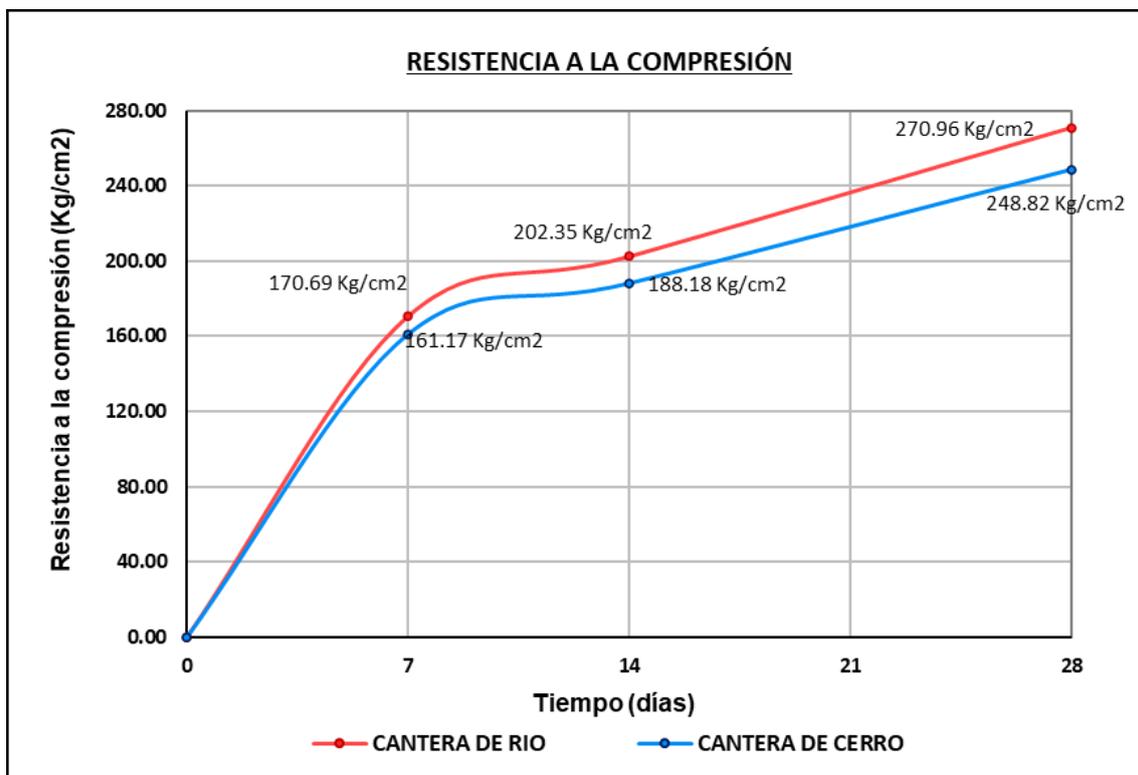


Gráfico N° 05: Resistencia promedio a la compresión del concreto vs tiempo.

El gráfico N°06 muestra el comportamiento de la resistencia del concreto, a diferentes edades; de donde podemos observar que ambos diseños alcanzaron la resistencia óptima; sin embargo, la resistencia del concreto elaborado con los materiales de río (Cantera Huayobamba) es mayor en un 10.54% que la resistencia del concreto elaborado con los materiales de cerro (Cantera El Gavilán).

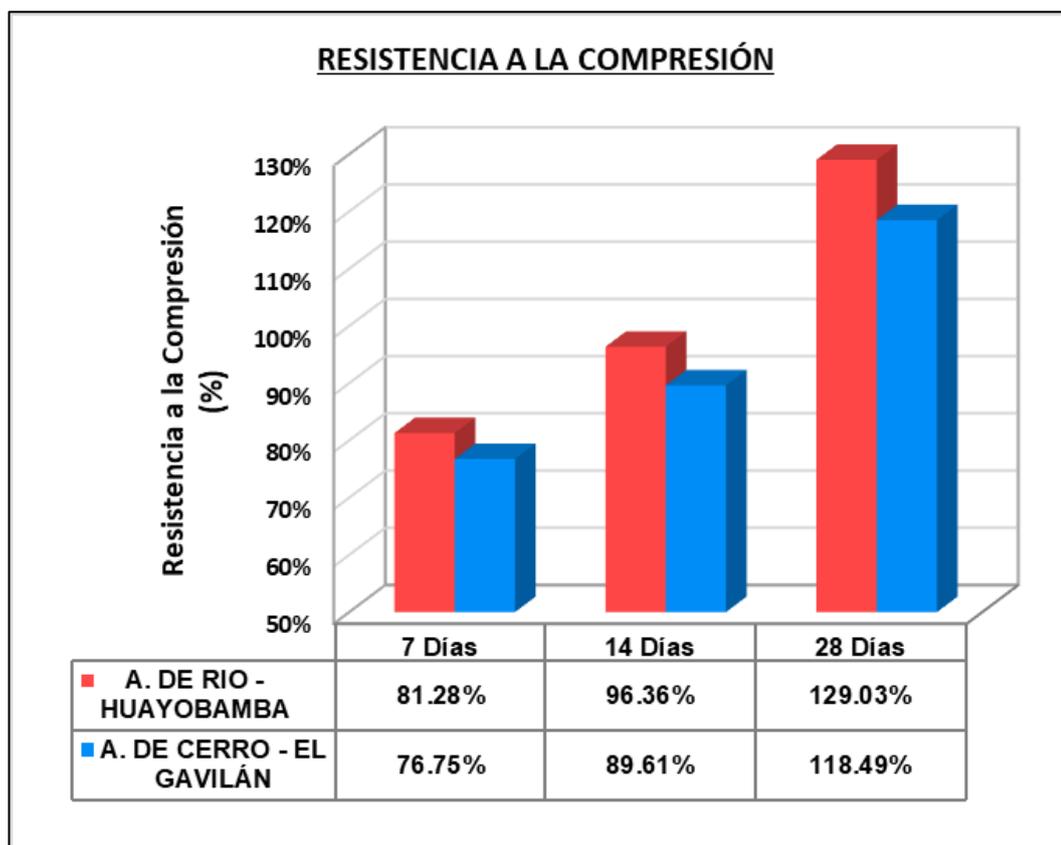


Gráfico N° 06: Resistencia promedio a la compresión del concreto según la cantera.

4.2. Discusión de los resultados.

4.2.1. Discusión de los resultados contrastados con la hipótesis.

Se verificó que la superficie específica de los agregados de cerro (Cantera El Gavilán) es mayor que el de los agregados de río (Cantera Huayobamba), la cual influye proporcionalmente en el incremento de la pasta de cemento en un 1.05% por m³ de concreto. Sin embargo, la resistencia a compresión promedio a los 28 días para el concreto elaborado con los agregados de río (Cantera Huayobamba) fue de 270.96 kg/cm² y para el concreto elaborado con los agregados de cerro (Cantera El Gavilán) fue de 248.82 kg/cm², teniendo una diferencia de 10.54%. Por

lo tanto, se confirma la hipótesis general, que para una relación agua/cemento constante, la resistencia a la compresión del concreto disminuye a medida que aumenta la superficie específica de los agregados.

4.2.2. Discusión de los resultados contrastados con los antecedentes teóricos.

De los resultados obtenidos se llega a coincidir con Abrill (2018) ya que la superficie específica de los agregados de cerro es mayor que la de río; sin embargo, en cuanto a la resistencia a compresión, el concreto elaborado con la cantera de río fue superior a la del cerro, esto se debe a que el agregado grueso de río que utilizamos, fue piedra chancada a diferencia de la investigación del mencionado autor que usó canto rodado.

Por otro lado, en cuanto a la variación de la demanda de agua, se verificó lo establecido en la investigación de Positieril, M. (2016). a mayor superficie específica del agregado fino, mayor será el agua requerida en el diseño de mezcla. Los agregados de cerro al tener más superficie específica requirieron 6 litros más de agua por m³ de concreto que los agregados de río.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- ✓ Se determinaron que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados de río (Cantera Huayobamba) y de cerro (Cantera El Gavilán) cumplen con los parámetros establecidos en las Normas Técnicas Peruanas, a excepción del porcentaje de finos que pasa la malla N° 200, para el agregado fino de cerro, excede el 5% del máximo permisible y el porcentaje de abrasión del agregado grueso de cerro se encuentra en el límite del valor máximo del 50%.
- ✓ La superficie específica del agregado grueso es de; 1.29 cm²/g para la cantera de río y de 1.97 cm²/g para la cantera de cerro. Mientras que la superficie específica del agregado fino es de; 38.43 cm²/g para la cantera de río y de 49.37 cm²/g para la cantera de cerro. Siendo estos valores directamente proporcionales con los requerimientos de pasta del concreto, es decir los agregados de cerro que tienen mayor superficie específica requirieron un 1.05% más de pasta por metro cúbico, que el concreto elaborado con los agregados de río.
- ✓ El peso unitario del concreto fresco elaborado con los agregados de río tuvo un valor de 2304 kg/m³ mientras que el concreto elaborado con los agregados de cerro tuvo un valor de 2280 kg/m³.
- ✓ Los especímenes de concreto elaborados con los agregados de cada una de las canteras en estudio cumplen con la resistencia óptima. Siendo la resistencia a compresión del concreto elaborado con los agregados de río, mayor en un 10.54% que la resistencia del concreto elaborado con los agregados de cerro, evaluado a los 28 días.

- ✓ Finalmente se concluye que la superficie específica de los agregados afecta notablemente la consistencia del concreto, el cual se refleja en el requerimiento de la pasta de manera proporcional y si la relación agua/cemento son constantes, la resistencia a la compresión del concreto disminuye a medida que aumenta la superficie específica de los agregados.

5.2. Recomendaciones.

- ✓ Con la finalidad de profundizar la investigación, se recomienda evaluar la superficie específica de los agregados para diferentes canteras de la zona y su influencia con la resistencia a la compresión del concreto.
- ✓ Debido a que el agregado fino de cerro (Cantera El Gavilán) excede el porcentaje máximo permisible de finos que pasa la malla N° 200, se recomienda lavarlo hasta obtener un valor menor al 5% según lo estipulado en la norma NTP 400.037.
- ✓ Para mantener el TMN (3/4") y obtener una mejor distribución granulométrica, se recomienda tamizar el agregado grueso en las canteras de estudio utilizando el tamiz de 1".
- ✓ Debido a que los agregados presentan una humedad variable, se recomienda ajustar periódicamente el agua de mezcla en función del rendimiento, peso unitario del concreto fresco y su consistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (1994). Tecnología del Concreto. Lima, Perú. San Marcos Editores.
- Brill, H. (2018). Estudio comparativo de las propiedades de adherencia, superficie específica de los agregados gruesos de canto rodado de Piñipampa y piedra triturada de Caicay, e influencia sobre las propiedades resistentes de flexión y compresión del concreto f_c 280 Kg/cm². Tesis de Pregrado. Cusco, Perú. Universidad Andina del Cusco. Perú.
- Alvarado, NJ. (2010). Influencia de la morfología de pétreos: volcánicos, triturados y cantos rodados; correlacionando matemáticamente los módulos de elasticidad, estático y dinámico, en cilindros de concreto de 10cm x 20cm. Tesis de pregrado. México Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Casas, V. (2015). El módulo de elasticidad en morteros de cemento con arenas de las canteras de la ciudad de Iquitos. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Awad, R. (2007). Hormigón Reforzado. Colombia. Fondo Editorial. Universidad EAFIT.
- Cerón, M.; Duarte, F.; Castillo, W. (1996). Propiedades físicas de los agregados pétreos de la Ciudad de Mérida. México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Contreras, W. (2018). Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la Cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén – Cajamarca. Tesis de pregrado. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional De Cajamarca.
- Espinoza, E. (2003). Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán. México. Ingeniería Revista Académica.
- Estrada, C y Páez, R. (2014). Influencia de la morfología de los agregados en la resistencia del concreto. Tesis Ing. Civil. Universidad Veracruzana. México.

- Gamero, O. (2008). Análisis comparativo del comportamiento del concreto simple con el concreto reforzado con fibras de acero wirand. Tesis de pregrado. Lima, Perú. Universidad Ricardo Palma.
- Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. Conceptos básicos del concreto. México, Ciudad de México. IMCYC. 2004.
- Legg F. (1998), "Aggregates: Chapter 2" Concrete Construction Handbook. Cuarta edición, Editado por McGraw-Hill: New York, USA.
- López, I. (2008). Materiales Para El Concreto. Lima, Perú. ICG.
- Manual de la construcción. (2013). Lima, Perú. ICG.
- Neville A. y Brook J. (2010), Concrete Technology. Segunda Edición. London, England. Editorial Pearson.
- NTP 334.009-2016: CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos.
- NTP 339.034-2015: CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- NTP 339.046-2008: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)
- NTP 339.088-2014: CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.
- NTP 339.183-2013: CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio
- NTP 339.185-2013: AGREGADOS, método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- NTP 400.010-2011: AGREGADOS, extracción y preparación de muestras.

- NTP 400.012-2013: AGREGADOS, Análisis granulométrico del agregado fino, agregado grueso y agregado global.
- NTP 400.017-2011: AGREGADOS, método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en el agregado.
- NTP 400.018-2013: AGREGADOS, método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N° 200) por lavado en agregados.
- NTP 400.019-2014: AGREGADOS, método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles.
- NTP 400.021 -2013: AGREGADOS, método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- NTP 400.022-2013: AGREGADOS, métodos de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.
- NTP 400.037-2011: AGREGADOS, Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.
- Palbol L. (1996). Optimización de los agregados para concreto. “Construcción y tecnología”. México.
- Pasquel, E. (1999). Tópicos de Tecnología del Concreto. Colegio de Ingenieros del Perú. Lima, Perú.
- Portugal B. (2007). Tecnología del concreto de Alto Desempeño. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Positieri, M.; López, R.; Baronetto, C.; Gonzalez, M. (2016). Influencia de la forma y textura de las arenas en la demanda de agua de los hormigones. Tesis de posgrado. Córdoba, Argentina. Universidad Nacional de Córdoba.

- Rivva, E. (1992). Tecnología del concreto: Diseño de mezclas. Lima, Perú. Editorial Hozlo S.C.R.L.
- Rivva, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. ACI - Perú. Lima, Perú.
- Rivva, E. (2013). Tecnología de concreto. Diseño de mezcla. Segunda edición. Lima, Perú. Imprenta Williams.
- Sanchez, D. (2011). Durabilidad y Patología. Colombia. Editorial Asocreto.
- Sanchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Pontificia Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá. Colombia.
- Shilstone J. (1999), "The Aggregate: The Most Important Value-Adding Component in Concrete". International Center for Aggregates. Research; Memorias del Simposio Internacional Austin. Texas, USA.
- Singh, B. G. (1957). The effect of Specific Surface of Aggregates on Consistency of Concrete. Journal of the American Concrete Institute. Vol. 53.
- Quiroga P. (2003). The Effect of the Aggregates Characteristics on the Performance of Portland Cement. Tesis doctoral. Texas, USA. Universidad de Texas.

ANEXOS

ANEXO N°01: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE RÍO CANTERA HUAYOBAMBA

AGREGADO GRUESO

1.0. Contenido de Humedad.

El ensayo se realizó según la norma NTP 339.185 / ASTM C-566.

Tabla N° 21: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	128.00	112.00	115.00	
Peso del Recipiente + muestra Húmeda	g	2086.00	2165.00	2250.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	2072.00	2151.00	2235.00	
Contenido de Humedad	W %	0.72	0.69	0.71	0.70

2.0. Peso Unitario Suelto Seco.

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.017 / ASTM C-29.

2.1. Peso Específico del Agua.

Tabla N° 22: Peso Específico del Agua.

Descripción	Unid.	M-1
Peso de la fiola	g	195.9
Peso de la fiola + agua	g	695.2
Volumen de la fiola	cm ³	500.00
Peso específico	g/cm ³	0.99860
Peso específico	Kg/m³	998.60

2.2. Factor f.

Tabla N° 23: Factor f para el agregado grueso de río.

Descripción	Unid.	M-1
Peso del Molde	g	4227.00
Peso del Molde + Agua	g	13627.00
Peso Agua	kg	9.4000
Factor f	1/m³	106.234

2.3. Peso Unitario Suelto Seco.

Tabla N° 24: Ensayo del peso unitario suelto seco del agregado grueso de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4227.00	4227.00	4227.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	17726.00	17720.00	17734.00	
Peso de la muestra suelta	g	13499.00	13493.00	13507.00	
Factor (f)	l/m ³	106.234	106.234	106.234	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.434	1.433	1.435	1.434
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1434	1433	1435	1434

3.0. Peso Unitario Compactado

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.017 / ASTM C-29.

Tabla N° 25: Ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4227.00	4227.00	4227.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	18942.00	18951.00	18921.00	
Peso de muestra compactada	g	14715.00	14724.00	14694.00	
Factor (f)	l/m ³	106.234	106.234	106.234	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.563	1.564	1.561	1.563
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1563	1564	1561	1563

4.0. Peso Específico

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.021 / ASTM C-127.

Tabla N° 26: Ensayo del peso específico del agregado grueso de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumerg.	g	2773.30	2773.50	2772.50	
Peso de canastilla sumergida	g	901.80	901.80	901.80	
Peso de la muestra superficialmente. seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2967.30	2967.80	2967.50	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1871.50	1871.70	1870.70	
Peso Específico de Masa	g/cm³	2.629	2.630	2.628	2.630
Peso Específico de Masa SSS.	g/cm³	2.658	2.659	2.657	2.660
Peso Específico de Aparente	g/cm³	2.708	2.708	2.706	2.710

5.0. Absorción (%)

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.021 / ASTM C-127.

Tabla N° 27: Ensayo de absorción del agregado grueso de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente. Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2967.30	2967.80	2967.50	
Absorción (%)	%	1.102	1.085	1.095	1.100

6.0. Material más fino que pasa el tamiz N°200

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.018 / ASTM C-117.

Tabla N° 28: Ensayo del porcentaje que pasa el tamiz N°200 del agregado grueso de río.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2981.00	2980.50	2981.80	
Peso del Material que pasa el Tamiz N°200	g	19.00	19.50	18.20	
% de Material que Pasa el Tamiz N°200	%	0.63	0.65	0.61	0.63

7.0. Resistencia a la Abrasión:

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.019 / ASTM C-702.

Tabla N° 29: Ensayo de la resistencia a la abrasión del agregado grueso de río.

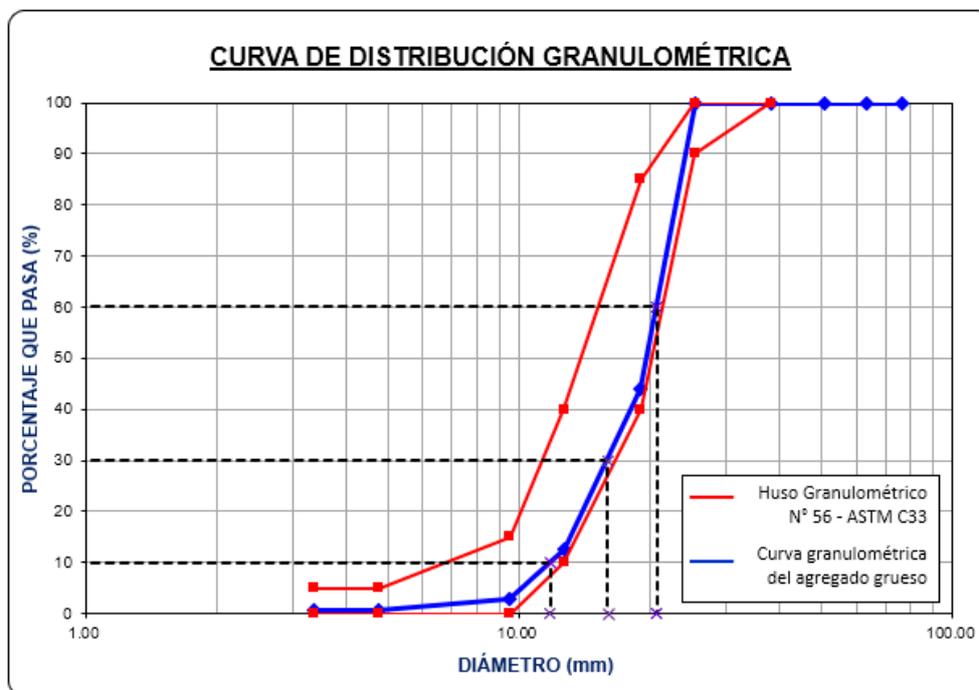
Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revol.	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra (gr)
B	Máquina de los Angeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N°12 lavado y secado al horno (g)				3376	3370	3379
% Desg. =((Pi -Pf) / Pi) x 100				32.48	32.60	32.42
Abrasión % Desgaste Promedio				32.50		

8.0. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.012 / ASTM C-136.

Tabla N° 30: Ensayo N°01 del análisis granulométrico del agregado grueso de río.

ENSAYO N°01					
Peso Seco Inicial (gr)			10500.00		
N°	Tamiz	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	5880.00	56.00	56.00	44.00
1/2"	12.70	3307.50	31.50	87.50	12.50
3/8"	9.53	1029.00	9.80	97.30	2.70
N°4	4.75	220.50	2.10	99.40	0.60
N°8	3.36	0.00	0.00	99.40	0.60
N 16	1.18	0.00	0.00	99.40	0.60
N 30	0.60	0.00	0.00	99.40	0.60
N 50	0.30	0.00	0.00	99.40	0.60
N 100	0.15	0.00	0.00	99.40	0.60
N 200	0.075	0.00	0.00	99.40	0.60
Cazoleta	--	63	0.60	100.00	0.00
TOTAL		10500.00			
MÓDULO DE FINURA			7.497		



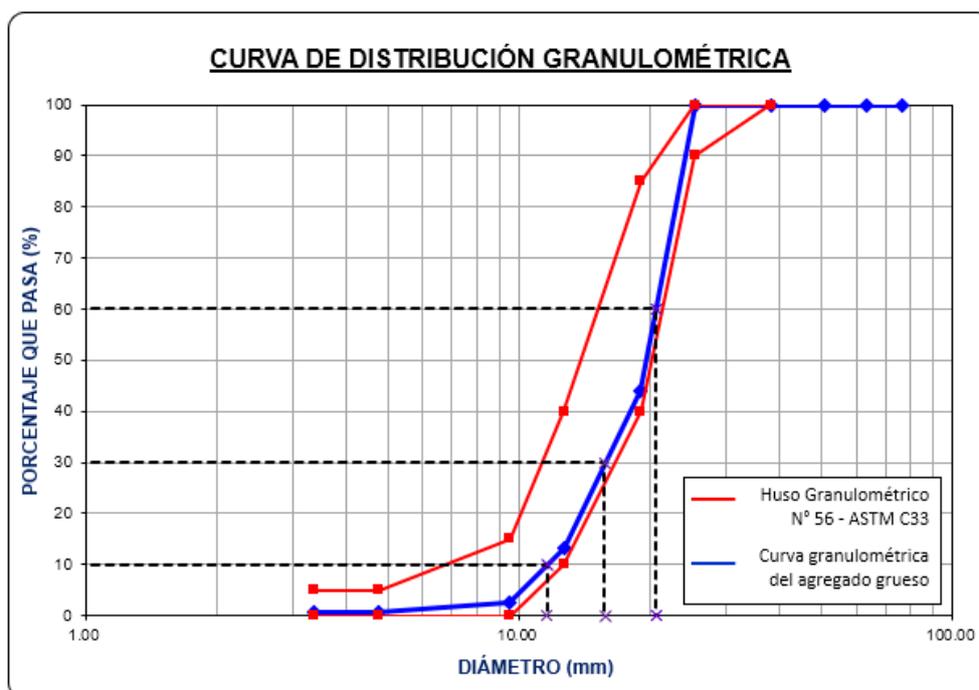
D60	20.80
D30	16.00
D10	11.80
Cu	1.76
Cc	1.04

Gráfico N° 07: Curva granulométrica N°01 del agregado grueso de río.

- La curva granulométrica del agregado grueso está cerca al límite inferior del uso granulométrico N°56 de la norma A.S.T.M. C 33M - 16.
- El módulo de finura del agregado grueso estudiado es de 7.497.

Tabla N° 31: Ensayo N°02 del análisis granulométrico del agregado grueso de río.

ENSAYO N°02					
Peso Seco Inicial (gr)			10500.00		
N°	Tamiz	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	5891.00	56.10	56.10	43.90
1/2"	12.70	3229.00	30.75	86.86	13.14
3/8"	9.53	1105.00	10.52	97.38	2.62
N°4	4.75	210.00	2.00	99.38	0.62
N°8	3.36	0.00	0.00	99.38	0.62
N 16	1.18	0.00	0.00	99.38	0.62
N 30	0.60	0.00	0.00	99.38	0.62
N 50	0.30	0.00	0.00	99.38	0.62
N 100	0.15	0.00	0.00	99.38	0.62
N 200	0.075	0.00	0.00	99.38	0.62
Cazoleta	--	65	0.62	100.00	0.00
TOTAL		10500.00			
MÓDULO DE FINURA			7.498		



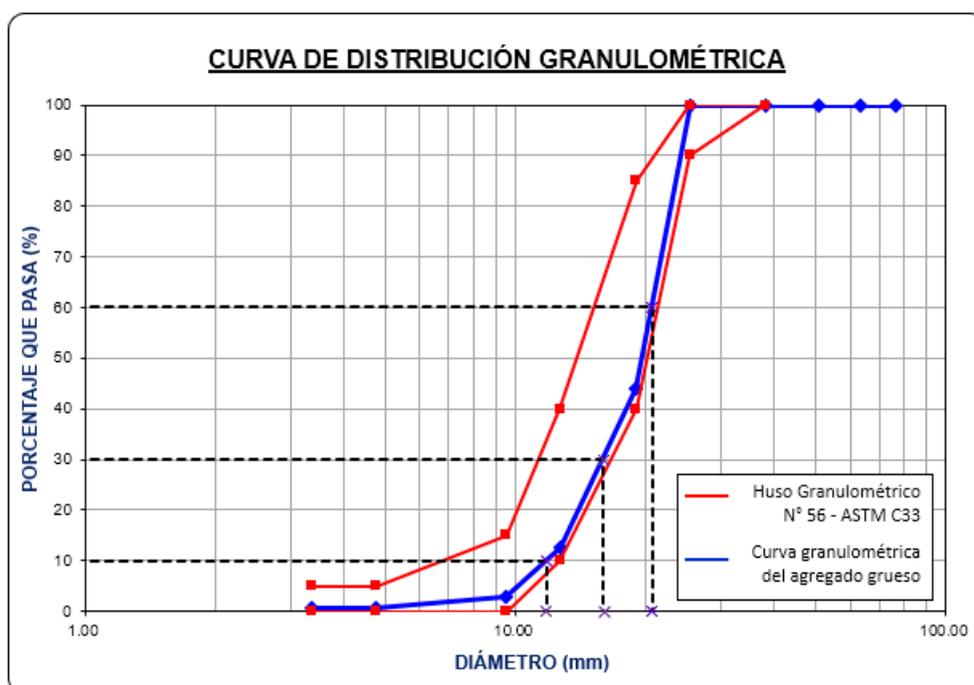
D60	20.70
D30	15.70
D10	11.60
Cu	1.78
Cc	1.03

Gráfico N° 08: Curva granulométrica N°02 del agregado grueso de río.

- La curva granulométrica del agregado grueso está cerca al límite inferior del uso granulométrico N°56 de la norma A.S.T.M. C 33M-16.
- El módulo de finura del agregado grueso estudiado es de 7.498.

Tabla N° 32: Ensayo N°03 del análisis granulométrico del agregado grueso de río.

ENSAYO N°03					
Peso Seco Inicial (gr)				10500.00	
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	5968.00	56.84	56.84	43.16
1/2"	12.70	3220.00	30.67	87.50	12.50
3/8"	9.53	1061.00	10.10	97.61	2.39
N°4	4.75	183.00	1.74	99.35	0.65
N°8	3.36	0.00	0.00	99.35	0.65
N 16	1.18	0.00	0.00	99.35	0.65
N 30	0.60	0.00	0.00	99.35	0.65
N 50	0.30	0.00	0.00	99.35	0.65
N 100	0.15	0.00	0.00	99.35	0.65
N 200	0.075	0.00	0.00	99.35	0.65
Cazoleta	--	68	0.65	100.00	0.00
TOTAL		10500.00			
MÓDULO DE FINURA =			7.506		



D60	20.80
D30	16.00
D10	11.80
Cu	1.76
Cc	1.04

Gráfico N° 09: Curva granulométrica N°03 del agregado grueso de río.

- La curva granulométrica del agregado grueso está cerca al límite inferior del uso granulométrico N°56 de la norma A.S.T.M. C 33M-16.
- El módulo de finura del agregado grueso estudiado es de 7.506.

9.0. Superficie Específica del Agregado Grueso

Tabla N° 33: Ensayo N°01 de la superficie específica del agregado grueso de río.

ENSAYO N°01					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	-	-	-	-
3/4"	19.05	2.22	56.00	56.00	25.20
1/2"	12.70	1.59	31.50	87.50	19.84
3/8"	9.53	1.11	9.80	97.30	8.82
N°4	4.75	0.71	2.10	99.40	2.94
Superficie Total (1/cm)					56.800
Peso Específico del A.G. (g/cm³)					2.630
Superficie Específica del A.G. (cm²/g)					1.296

Tabla N° 34: Ensayo N°02 de la superficie específica del agregado grueso de río.

ENSAYO N°02					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	-	-	-	-
3/4"	19.05	2.22	56.10	56.10	25.24
1/2"	12.70	1.59	30.75	30.75	19.37
3/8"	9.53	1.11	10.52	10.52	9.47
N°4	4.75	0.71	2.00	2.00	2.80
Superficie Total (1/cm)					56.888
Peso Específico del A.G. (g/cm³)					2.630
Superficie Específica del A.G. (cm²/g)					1.298

Tabla N° 35: Ensayo N°03 de la superficie específica del agregado grueso de río.

ENSAYO N°03					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	-	-	-	-
3/4"	19.05	2.22	56.84	56.84	25.57
1/2"	12.70	1.59	30.67	87.50	19.32
3/8"	9.53	1.11	10.10	97.61	9.09
N°4	4.75	0.71	1.74	99.35	2.44
Superficie Total (1/cm)					56.427
Peso Específico del A.G. (g/cm³)					2.630
Superficie Específica del A.G. (cm²/g)					1.287

- La superficie específica promedio del agregado grueso de río es de 1.29 cm²/g.

AGREGADO FINO

1.0. Contenido de Humedad:

El ensayo se realizó según la norma NTP 339.185/ASTM C-566.

Tabla N° 36: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	132.60	115.00	112.40	
Peso del Recipiente + muestra Húmeda	g	1348.50	1660.20	1797.60	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1279.70	1573.00	1702.00	
Contenido de Humedad	W %	6.00	5.98	6.01	6.00

2.0. Peso Unitario Suelto Seco

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.017 / ASTM C-29.

2.1. Peso Específico del Agua:

Tabla N° 37: Peso específico del agua.

Descripción	Unid.	M-1
Peso de la fiola	g	195.9
Peso de la fiola + agua	g	695.2
Volumen de la fiola	cm ³	500
Peso específico	g/cm ³	0.9986
Peso específico	Kg/m³	998.6

2.2. Factor f

Tabla N° 38: Factor f para el agregado fino de río.

Descripción	Unid.	M-1
Peso del Molde	g	1997
Peso del Molde + Agua	g	4856
Peso Agua	kg	2.859
Factor f	1/m³	349.28

2.3. Peso Unitario Suelto Seco

Tabla N° 39: Ensayo del peso unitario suelto seco del agregado fino de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1997.00	1997.00	1997.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	6715.00	6710.00	6717.00	
Peso de la muestra suelta	g	4718.00	4713.00	4720.00	
Factor (f)	l/m ³	349.283	349.283	349.283	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.648	1.646	1.649	1.648
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1648	1646	1649	1648

3.0. Peso Unitario Compactado

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.017 / ASTM C-29.

Tabla N° 40: Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1997.00	1997.00	1997.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	7043.00	7037.00	7045.00	
Peso de muestra compactada	g	5046.00	5040.00	5048.00	
Factor (f)	l/m ³	349.283	349.283	349.283	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.762	1.760	1.763	1.762
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1762	1760	1763	1762

4.0. Peso Específico

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.022 / ASTM C-127.

Tabla N° 41: Ensayo del peso específico del agregado fino de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	195.9	195.9	195.9	
Peso de la fiola + agua hasta menisco	g	695.2	695.2	695.2	
Peso de la fiola + agua + muestra	g	1007.4	1007.1	1006.9	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	494.10	494.20	494.10	
Volumen de agua añadida al frasco	g	311.50	311.20	311.00	
Peso Específico de Masa	g/m³	2.621	2.618	2.614	2.620
Peso Específico de Masa SSS	g/m³	2.653	2.648	2.646	2.650
Peso Específico de Aparente	g/m³	2.706	2.701	2.699	2.700

5.0. Absorción (%)

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.021 / ASTM C-127.

Tabla N° 42: Ensayo de absorción del agregado fino de río.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	494.10	494.20	494.10	
Absorción (%)	%	1.194	1.174	1.194	1.200

6.0. Material más fino que pasa el tamiz N°200

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.018 / ASTM C-117.

Tabla N° 43: Ensayo del porcentaje que pasa el tamiz N°200 del agregado fino de río.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	481.40	486.10	481.50	
Peso del Material que pasa el Tamiz N°200	g	18.60	13.90	18.50	
% de Material que Pasa el Tamiz N°200	%	3.72%	2.78%	3.70%	3.40%

7.0. Análisis Granulométrico del Agregado Fino

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.012/ ASTM C-136.

Tabla N° 44: Ensayo N°01 del análisis granulométrico del agregado fino de río.

ENSAYO N°01					
Peso Seco Inicial (gr)			500.00		
Tamiz		Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	16.50	3.30	3.30	96.70
N°8	3.36	75.30	15.06	18.36	81.64
N 16	1.18	48.00	9.60	27.96	72.04
N 30	0.60	98.30	19.66	47.62	52.38
N 50	0.30	121.20	24.24	71.86	28.14
N 100	0.15	95.20	19.04	90.90	9.10
N 200	0.075	35.50	7.10	98.00	2.00
Cazoleta	--	10.00	2.00	100.00	0.00
TOTAL		500.00			
MÓDULO DE FINURA			2.600		

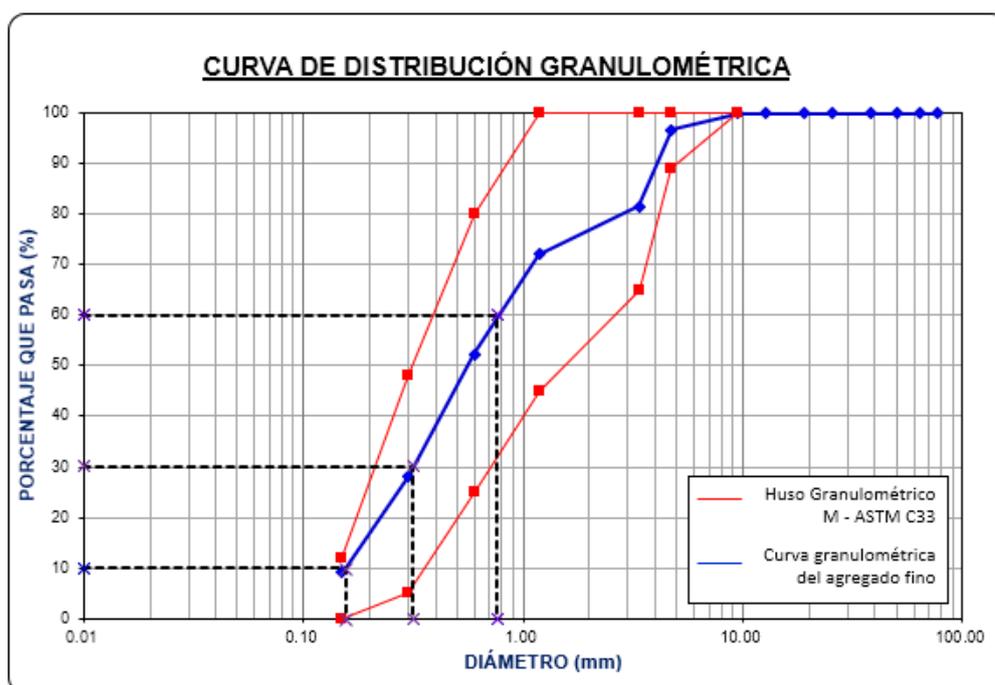


Gráfico N° 10: Curva granulométrica N°01 del agregado fino de río.

- La curva granulométrica del agregado fino el huso granulométrico “M” de la norma NTP 400.017 – ASTM C33.
- El módulo de finura del agregado fino estudiado es de 2.600.

Tabla N° 45: Ensayo N°02 del análisis granulométrico del agregado fino de río.

ENSAYO N°02					
Peso Seco Inicial (gr)				500.00	
Tamiz		Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	17.20	3.44	3.44	96.56
N°8	3.36	74.00	14.80	18.24	81.76
N 16	1.18	48.10	9.62	27.86	72.14
N 30	0.60	98.70	19.74	47.60	52.40
N 50	0.30	120.80	24.16	71.76	28.24
N 100	0.15	94.00	18.80	90.56	9.44
N 200	0.075	36.80	7.36	97.92	2.08
Cazoleta	--	10.40	2.08	100.00	0.00
TOTAL		500.00			
MÓDULO DE FINURA			2.595		

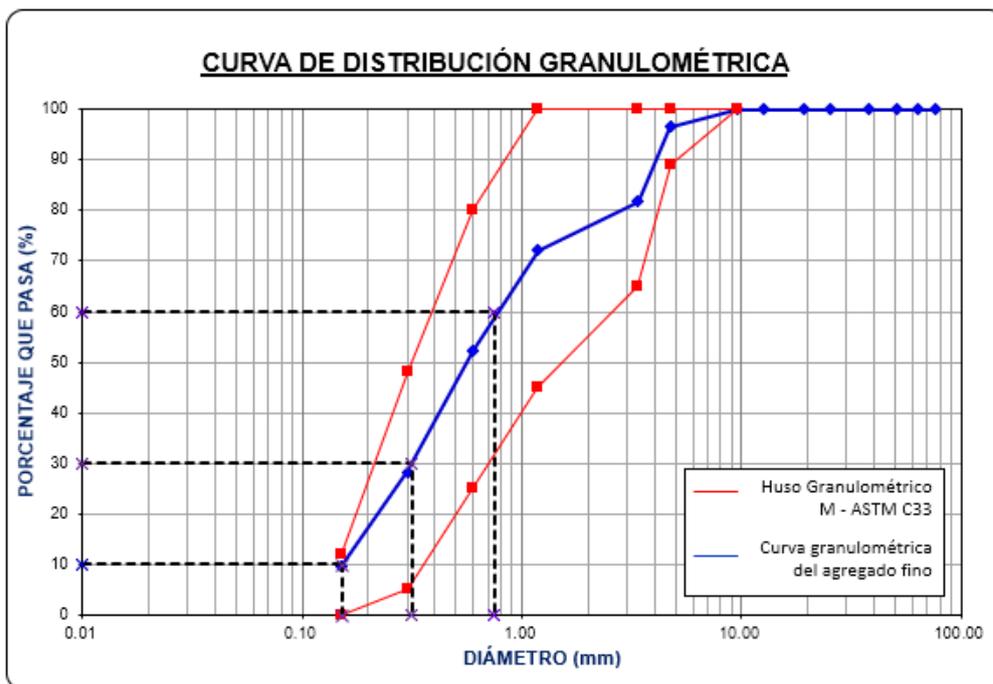
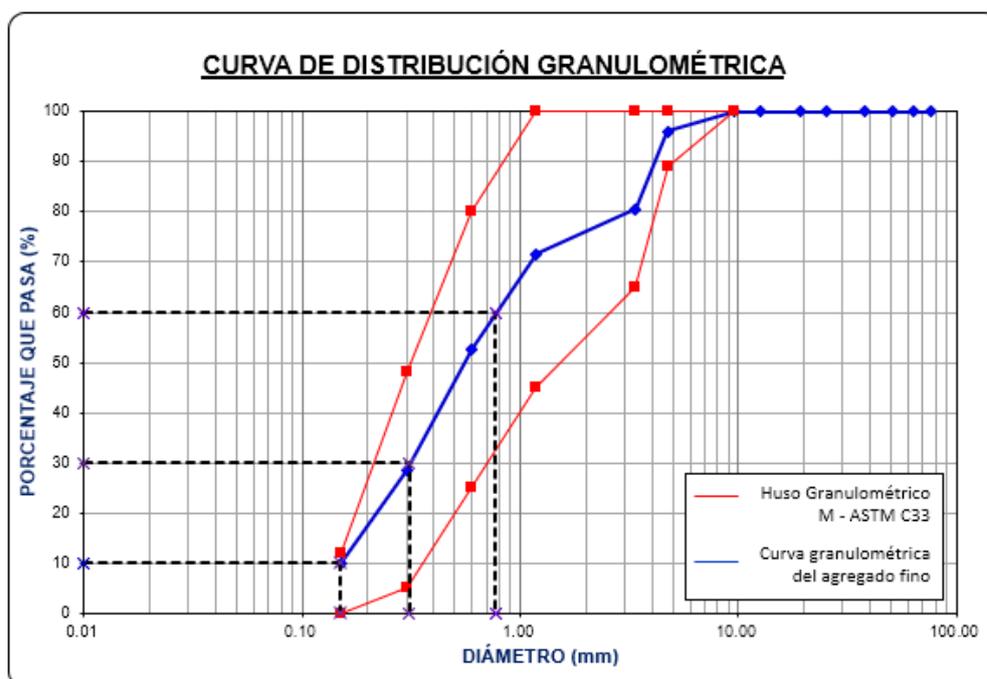


Gráfico N° 11: Curva granulométrica N°02 del agregado fino de río.

- La curva granulométrica del agregado fino el huso granulométrico “M” de la norma NTP 400.017 – ASTM C33.
- El módulo de finura del agregado fino estudiado es de 2.595.

Tabla N° 46: Ensayo N°03 del análisis granulométrico del agregado fino de río.

ENSAYO N°03					
Peso Seco Inicial (gr)				500.00	
Tamiz		Peso Retenido Parcial	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	19.70	3.94	3.94	96.06
N°8	3.36	77.00	15.40	19.34	80.66
N 16	1.18	45.40	9.08	28.42	71.58
N 30	0.60	94.20	18.84	47.26	52.74
N 50	0.30	121.60	24.32	71.58	28.42
N 100	0.15	93.50	18.70	90.28	9.72
N 200	0.075	38.80	7.76	98.04	1.96
Cazoleta	--	9.80	1.96	100.00	0.00
TOTAL		500.00			
MÓDULO DE FINURA =			2.608		



D60	0.77
D30	0.31
D10	0.15
Cu	5.13
Cc	0.83

Gráfico N° 12: Curva granulométrica N°03 del agregado fino de río.

- La curva granulométrica del agregado fino el huso granulométrico “M” de la norma NTP 400.017 – ASTM C33.
- El módulo de finura del agregado fino estudiado es de 2.608.

8.0. Superficie Específica del Agregado Fino

Tabla N° 47: Ensayo N°01 de la superficie específica del agregado fino de río.

ENSAYO N°01					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	-	-	-	-
N°4	4.75	0.71	3.30	3.30	4.62
N°8	3.36	0.41	15.06	18.36	37.14
N°16	1.18	0.23	9.60	27.96	42.29
N°30	0.60	0.09	19.66	47.62	220.90
N°50	0.30	0.05	24.24	71.86	538.67
N°100	0.15	0.02	19.04	90.90	846.22
Superficie Total (1/cm)					1689.841
Peso Especifico del A.F. (g/cm3)					2.620
Superficie Especifica del A.F. (cm2/g)					38.699

Tabla N° 48: Ensayo N°02 de la superficie específica del agregado fino de río.

ENSAYO N°02					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	-	-	-	-
N°4	4.75	0.71	3.44	3.44	4.82
N°8	3.36	0.41	14.80	18.24	36.50
N°16	1.18	0.23	9.62	27.86	42.38
N°30	0.60	0.09	19.74	47.60	221.80
N°50	0.30	0.05	24.16	71.76	536.89
N°100	0.15	0.02	18.80	90.56	835.56
Superficie Total (1/cm)					1677.939
Peso Especifico del A.F. (g/cm3)					2.620
Superficie Especifica del A.F. (cm2/g)					38.426

Tabla N° 49: Ensayo N°03 de la superficie específica del agregado fino de río.

ENSAYO N°03					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	-	-	-	-
N°4	4.75	0.71	3.94	3.94	5.52
N°8	3.36	0.41	15.40	19.34	37.98
N°16	1.18	0.23	9.08	28.42	40.00
N°30	0.60	0.09	18.84	47.26	211.69
N°50	0.30	0.05	24.32	71.58	540.44
N°100	0.15	0.02	18.70	90.28	831.11
Superficie Total (1/cm)					1666.739
Peso Específico del A.F. (g/cm3)					2.620
Superficie Específica del A.F. (cm2/g)					38.170

- La superficie específica promedio del agregado fino de río es de 38.43 cm²/g.

ANEXO N°02: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE CERRO
CANTERA EL GAVILÁN
AGREGADO GRUESO

1.0. Contenido de Humedad

El ensayo de se realizó según la norma NTP 339.185/ASTM C-566.

Tabla N° 50: Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	355.00	359.00	357.00	
Peso del Recipiente + muestra Húmeda	g	2131.00	2680.00	2028.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	2117.00	2661.00	2015.00	
Contenido de Humedad	W %	0.79	0.83	0.78	0.80

2.0. Peso Unitario Suelto Seco

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.017 / ASTM C-29.

2.1. Peso Específico del Agua

Tabla N° 51: Peso Específico del agua.

Descripción	Unid.	M-1
Peso de la fiola	g	195.9
Peso de la fiola +agua	g	695.2
Volumen de la fiola	cm ³	500.00
Peso especifico	g/cm ³	0.99860
Peso especifico	Kg/m³	998.60

2.2. Factor f

Tabla N° 52: Factor f para el agregado grueso de cerro.

Descripción	Unid.	M-1
Peso del Molde	g	4227.00
Peso del Molde +Agua	g	13627.00
Peso Agua	kg	9.4000
Factor f	1/m³	106.234

2.3. Peso Unitario Suelto Seco

Tabla N° 53: Ensayo del peso unitario suelto seco del agregado grueso de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4227.00	4227.00	4227.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	16894.00	16908.00	16896.00	
Peso de la muestra suelta	g	12667.00	12681.00	12669.00	
Factor (f)	1/m ³	106.234	106.234	106.234	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.346	1.347	1.346	1.346
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1346	1347	1346	1346

3.0. Peso Unitario Compactado

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.017 / ASTM C-29.

Tabla N° 54: Ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	4227.00	4227.00	4227.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	18319.00	18324.00	18328.00	
Peso de muestra compactada	g	14092.00	14097.00	14101.00	
Factor (f)	1/m ³	106.234	106.234	106.234	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.497	1.498	1.498	1.498
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1497	1498	1498	1498

4.0. Peso Específico

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.021 / ASTM C-127.

Tabla N° 55: Ensayo del peso específico del agregado grueso de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumerg.	g	2758.00	2760.00	2756.00	
Peso de canastilla sumergida	g	906.00	906.00	906.00	
Peso de la muestra superficialmente. seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2965.00	2965.50	2965.90	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1852.00	1854.00	1850.00	
Peso Específico de Masa	g/cm³	2.583	2.588	2.579	2.580
Peso Específico de Masa SSS.	g/cm³	2.613	2.618	2.609	2.610
Peso Específico de Aparente	g/cm³	2.664	2.668	2.658	2.660

5.0. Absorción (%)

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.021 / ASTM C-127.

Tabla N° 56: Ensayo de absorción del agregado grueso de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente Seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2965.00	2965.50	2965.90	
Absorción (%)	%	1.180	1.163	1.150	1.200

6.0. Material más fino que pasa el tamiz N°200

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.018 / ASTM C-117.

Tabla N° 57: Ensayo del porcentaje que pasa el tamiz N°200 del agregado grueso de cerro.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2975.20	2976.30	2975.40	
Peso del Material que pasa el Tamiz N°200	g	24.80	23.70	24.60	
% de Material que Pasa el Tamiz N°200	%	0.827%	0.790%	0.820%	0.80%

7.0. Resistencia a la Abrasión:

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.019 / ASTM C-702.

Tabla N° 58: Ensayo de resistencia a la abrasión del agregado grueso de cerro.

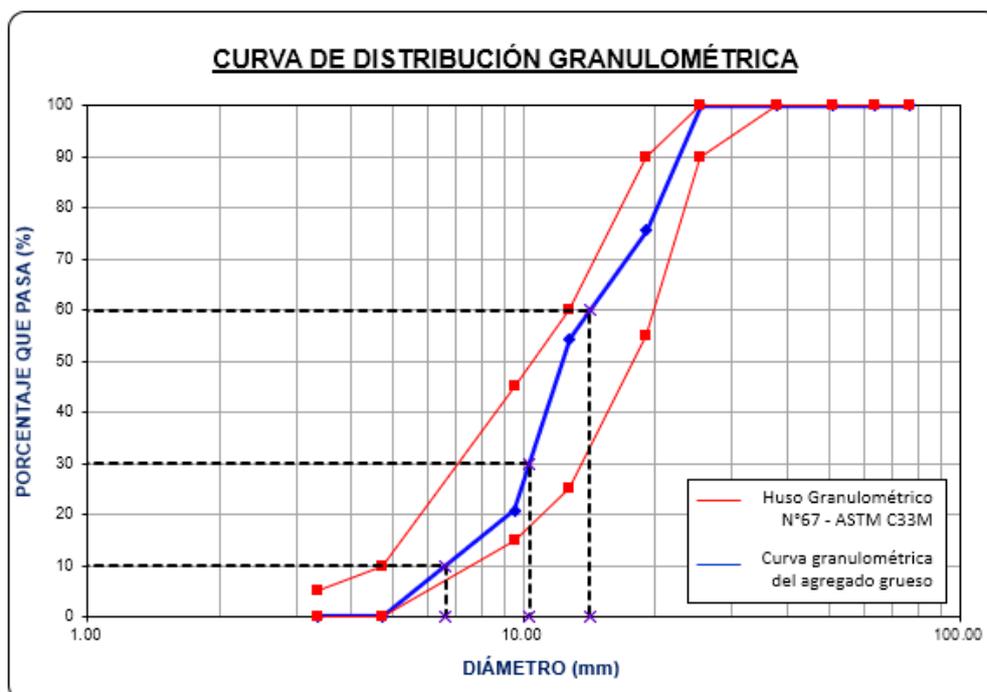
Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev./mim)	N° de Revol.	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (gr)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N°12 lavado y secado al horno (g)				2490	2495	2492
% Desg. =((Pi -Pf) / Pi) x 100				50.20	50.10	50.16
Abrasión % Desgaste Promedio				50.00		

8.0. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso:

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.012/ ASTM C-136.

Tabla N° 59: Ensayo N°01 del análisis granulométrico del agregado grueso de cerro.

ENSAYO N°01					
Peso Seco Inicial (gr)			9500.00		
N°	Tamiz	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	2195.00	24.39	24.39	75.61
1/2"	12.70	1920.00	21.33	45.72	54.28
3/8"	9.53	3008.00	33.42	79.14	20.86
N°4	4.75	1863.00	20.70	99.84	0.16
N°8	3.36	0.00	0.00	99.84	0.16
N 16	1.18	0.00	0.00	99.84	0.16
N 30	0.60	0.00	0.00	99.84	0.16
N 50	0.30	0.00	0.00	99.84	0.16
N 100	0.15	0.00	0.00	99.84	0.16
N 200	0.075	0.00	0.00	99.84	0.16
Cazoleta	--	14.00	0.16	100.00	0.00
TOTAL		9000.00			
MÓDULO DE FINURA			7.026		



D60	14.15
D30	10.30
D10	6.60
Cu	2.14
Cc	1.14

Gráfico N° 13: Curva granulométrica N°01 del agregado grueso de cerro.

- La curva granulométrica del agregado grueso cumple el huso granulométrico N°67 de la norma A.S.T.M. C 33M - 16.
- El módulo de finura del agregado grueso estudiado es de 7.026.

Tabla N° 60: Ensayo N°02 del análisis granulométrico del agregado grueso de cerro.

ENSAYO N°02					
Peso Seco Inicial (gr)				9500.00	
Tamiz		Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	2218.00	24.64	24.64	75.36
1/2"	12.70	2032.00	22.58	47.22	52.78
3/8"	9.53	3040.00	33.78	81.00	19.00
N°4	4.75	1700.00	18.89	99.89	0.11
N°8	3.36	0.00	0.00	99.89	0.11
N 16	1.18	0.00	0.00	99.89	0.11
N 30	0.60	0.00	0.00	99.89	0.11
N 50	0.30	0.00	0.00	99.89	0.11
N 100	0.15	0.00	0.00	99.89	0.11
N 200	0.075	0.00	0.00	99.89	0.11
Cazoleta	--	10.00	0.11	100.00	0.00
TOTAL		9000.00			
MÓDULO DE FINURA			7.050		

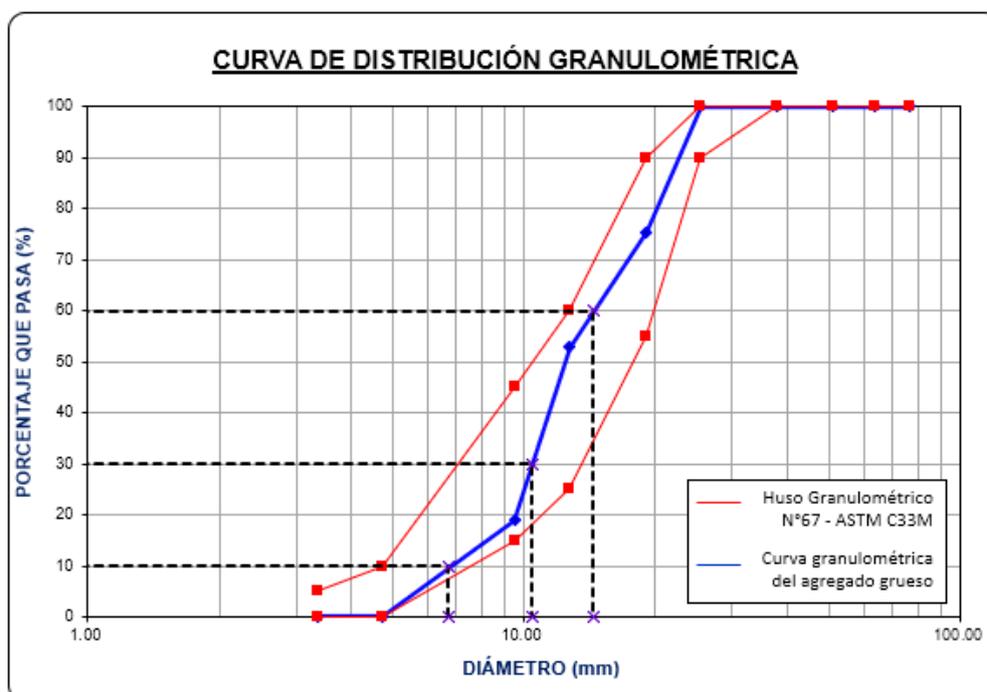
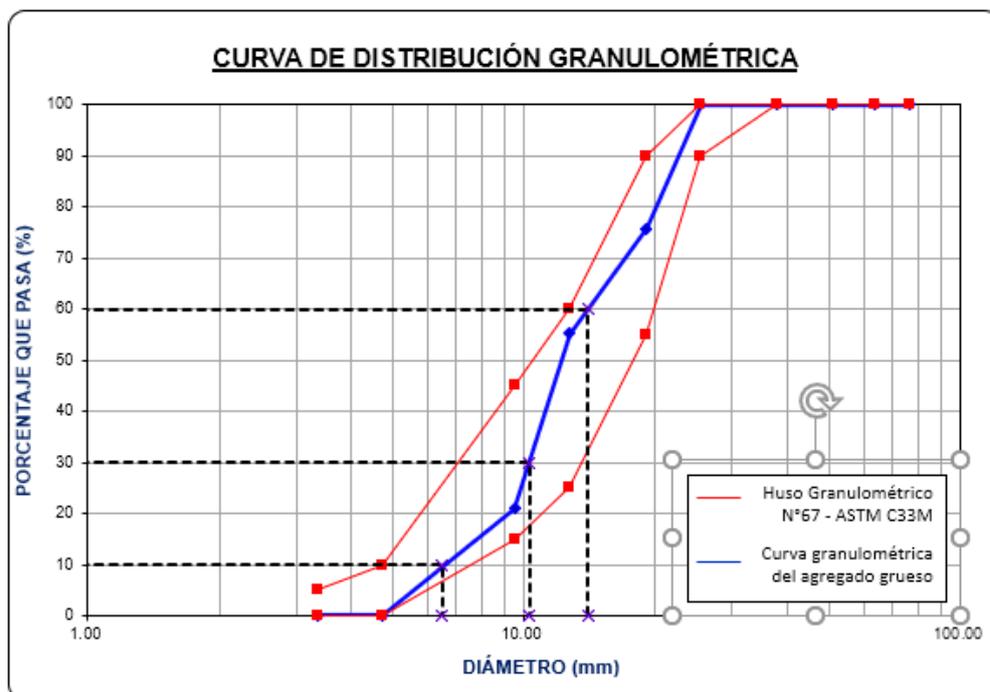


Gráfico N° 14: Curva granulométrica N°02 del agregado grueso de cerro.

- La curva granulométrica del agregado grueso está cerca al límite inferior del uso granulométrico N°67 de la norma A.S.T.M. C 33M-16.
- El módulo de finura del agregado grueso estudiado es de 7.050.

Tabla N° 61: Ensayo N°03 del análisis granulométrico del agregado grueso de cerro.

ENSAYO N°03					
Peso Seco Inicial (gr)				9500.00	
N°	Tamiz	Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	2180.00	24.22	24.22	75.78
1/2"	12.70	1846.00	20.51	44.73	55.27
3/8"	9.53	3081.00	34.23	78.97	21.03
N°4	4.75	1885.00	20.94	99.91	0.09
N°8	3.36	0.00	0.00	99.91	0.09
N 16	1.18	0.00	0.00	99.91	0.09
N 30	0.60	0.00	0.00	99.91	0.09
N 50	0.30	0.00	0.00	99.91	0.09
N 100	0.15	0.00	0.00	99.91	0.09
N 200	0.075	0.00	0.00	99.91	0.09
Cazoleta	--	8.00	0.09	100.00	0.00
TOTAL		9000.00			
MÓDULO DE FINURA =			7.027		



D60	14.00
D30	10.30
D10	6.50
Cu	2.15
Cc	1.17

Gráfico N° 15: Curva granulométrica N°03 del agregado grueso de cerro.

- La curva granulométrica del agregado grueso cumple el huso granulométrico N°67 de la norma A.S.T.M. C 33M-16.
- El módulo de finura del agregado grueso estudiado es de 7.027.

9.0. Superficie Específica del Agregado Grueso

Tabla N° 62: Ensayo N°01 de la superficie específica del agregado grueso de cerro.

ENSAYO N°01					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	-	-	-	-
3/4"	19.05	2.22	24.39	24.39	10.97
1/2"	12.70	1.59	21.33	45.72	13.44
3/8"	9.53	1.11	33.42	79.14	30.08
N°4	4.75	0.71	20.70	99.84	29.00
...	-	-	-
Superficie Total (1/cm)					83.490
Peso Específico del A.G. (g/cm³)					2.580
Superficie Específica del A.G. (cm²/g)					1.942

Tabla N° 63: Ensayo N°02 de la superficie específica del agregado grueso de cerro.

ENSAYO N°02					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	-	-	-	-
3/4"	19.05	2.22	24.64	24.64	11.09
1/2"	12.70	1.59	22.58	47.22	14.22
3/8"	9.53	1.11	33.78	81.00	30.40
N°4	4.75	0.71	18.89	99.89	26.46
...	-	-	-
Superficie Total (1/cm)					82.171
Peso Específico del A.G. (g/cm³)					2.580
Superficie Específica del A.G. (cm²/g)					1.911

Tabla N° 64: Ensayo N°03 de la superficie específica del agregado grueso de cerro.

ENSAYO N°03					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	-	-	-	-
3/4"	19.05	2.22	24.22	24.22	10.90
1/2"	12.70	1.59	20.51	44.73	12.92
3/8"	9.53	1.11	34.23	78.97	30.81
N°4	4.75	0.71	20.94	99.91	29.34
...	-	-	-
Superficie Total (1/cm)					83.969
Peso Específico del A.G. (g/cm³)					2.580
Superficie Específica del A.G. (cm²/g)					1.953

- La superficie específica promedio del agregado grueso de cerro es de 1.97 cm²/g.

AGREGADO FINO

1.0. Contenido de Humedad:

El ensayo se realizó según la norma NTP 339.185/ASTM C-566.

Tabla N° 65: Ensayo de contenido de humedad del agregado fino de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del Recipiente	g	362.00	359.00	357.00	
Peso del Recipiente + muestra Húmeda	g	1607.00	1642.00	1553.00	
Peso del Recipiente + muestra seca	g	1556.00	1590.00	1506.00	
Contenido de Humedad	W %	4.27	4.22	4.09	4.20

2.0. Peso Unitario Suelto Seco

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.017 / ASTM C-29.

2.1. Peso Específico del Agua:

Tabla N° 66: Peso específico del agua.

Descripción	Unid.	M-1
Peso de la fiola	g	195.9
Peso de la fiola + agua	g	695.2
Volumen de la fiola	cm ³	500
Peso específico	g/cm ³	0.9986
Peso específico	Kg/m³	998.6

2.2. Factor f

Tabla N° 67: Factor f para el agregado fino de cerro.

Descripción	Unid.	M-1
Peso del Molde	g	1997
Peso del Molde + Agua	g	4856
Peso Agua	kg	2.859
Factor f	1/m³	349.28

2.3. Peso Unitario Suelto Seco

Tabla N° 68: Ensayo del peso unitario suelto seco del agregado fino de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1997.00	1997.00	1997.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	6470.00	6468.00	6472.00	
Peso de la muestra suelta	g	4473.00	4471.00	4475.00	
Factor (f)	1/m ³	349.283	349.283	349.283	
Peso Unitario Suelto	g/cm ³	1.562	1.562	1.563	1.562
Peso Unitario Suelto	Kg/m³	1562	1562	1563	1562

3.0. Peso Unitario Compactado

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.017 / ASTM C-29.

Tabla N° 69: Ensayo del peso unitario compactado del agregado fino de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	1997.00	1997.00	1997.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	6956.00	6948.00	6950.00	
Peso de muestra compactada	g	4959.00	4951.00	4953.00	
Factor (f)	1/m ³	349.283	349.283	349.283	
Peso Unitario Compactado	g/cm ³	1.732	1.729	1.730	1.730
Peso Unitario Compactado	Kg/m³	1732	1729	1730	1730

4.0. Peso Específico

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.022 / ASTM C-127.

Tabla N° 70: Ensayo del peso específico del agregado fino de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	195.9	195.9	195.9	
Peso de la fiola + agua hasta menisco	g	695.2	695.2	695.2	
Peso de la fiola + agua + muestra	g	1006.5	1006.2	1006.4	
Peso de la muestra superficialmente Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	486.80	487.00	487.40	
Volumen de agua añadida al frasco	g	310.60	310.30	310.50	
Peso Específico de Masa	g/m³	2.570	2.567	2.572	2.570
Peso Específico de Masa SSS	g/m³	2.640	2.636	2.639	2.640
Peso Específico de Aparente	g/m³	2.763	2.756	2.755	2.760

5.0. Absorción (%)

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.021 / ASTM C-127.

Tabla N° 71: Ensayo de absorción del agregado fino de cerro.

Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra Superficialmente. Seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	486.80	487.00	487.40	
Absorción (%)	%	2.712	2.669	2.585	2.700

6.0. Material más fino que pasa el tamiz N°200

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.018 / ASTM C-117.

Tabla N° 72: Ensayo del porcentaje que pasa el tamiz N°200 del agregado fino de cerro.

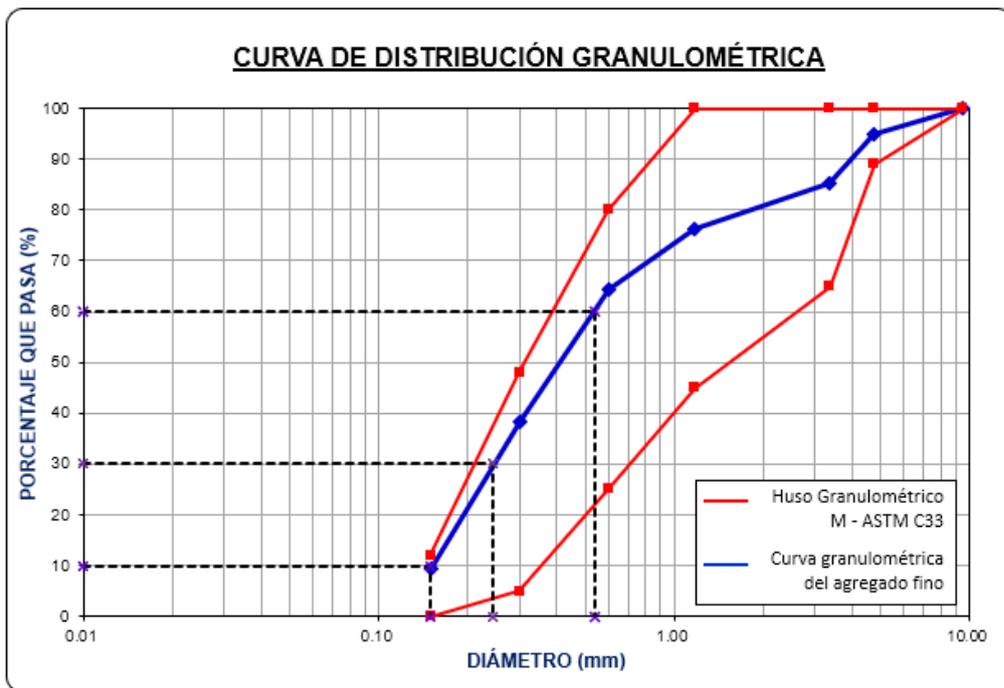
Descripción	Unid.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	430.90	428.50	429.10	
Peso del Material que pasa el Tamiz N°200	g	69.10	71.50	70.90	
% de Material que Pasa el Tamiz N°200	%	13.820%	14.300%	14.180%	14.10%

7.0. Análisis Granulométrico del Agregado Fino

El ensayo se realizó según la norma NTP 400.012/ ASTM C-136.

Tabla N° 73: Ensayo N°01 del análisis granulométrico del agregado fino de cerro.

ENSAYO N°01					
Peso Seco Inicial (gr)			500.00		
Tamiz		Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	25.30	5.06	5.06	94.94
N°8	3.36	44.10	8.82	13.88	86.12
N 16	1.18	42.50	8.50	22.38	77.62
N 30	0.60	69.00	13.80	36.18	63.82
N 50	0.30	126.20	25.24	61.42	38.58
N 100	0.15	151.40	30.28	91.70	8.30
N 200	0.075	29.20	5.84	97.54	2.46
Cazoleta	--	12.30	2.46	100.00	0.00
TOTAL		500.00			
MÓDULO DE FINURA			2.306		



D60	0.54
D30	0.25
D10	0.16
Cu	3.48
Cc	0.72

Gráfico N° 16: Curva granulométrica N°01 del agregado fino de cerro.

- La curva granulométrica del agregado fino cumple el huso granulométrico “M” de la norma NTP 400.017 – ASTM C33.
- El módulo de finura del agregado fino estudiado es de 2.306.

Tabla N° 74: Ensayo N°02 del análisis granulométrico del agregado fino de cerro.

ENSAYO N°02					
Peso Seco Inicial (gr)				500.00	
Tamiz		Peso Retenido Parcial (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	28.10	5.62	5.62	94.38
N°8	3.36	43.80	8.76	14.38	85.62
N 16	1.18	44.20	8.84	23.22	76.78
N 30	0.60	62.90	12.58	35.80	64.20
N 50	0.30	124.80	24.96	60.76	39.24
N 100	0.15	152.00	30.40	91.16	8.84
N 200	0.075	29.30	5.86	97.02	2.98
Cazoleta	--	14.90	2.98	100.00	0.00
TOTAL		500.00			
MÓDULO DE FINURA			2.309		

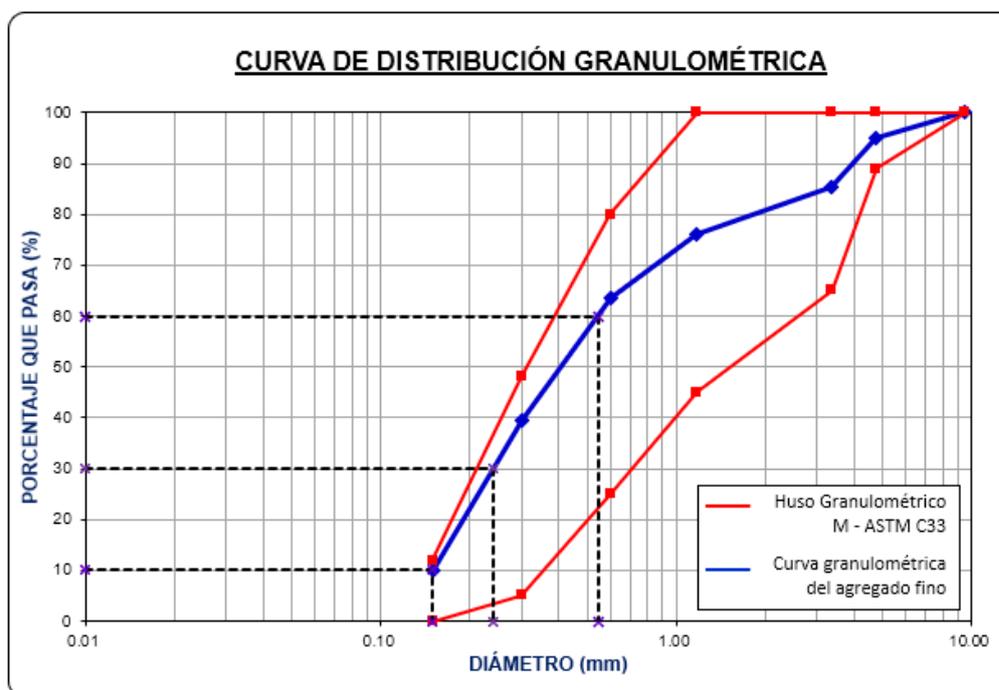


Gráfico N° 17: Curva granulométrica N°02 del agregado fino de cerro.

- La curva granulométrica del agregado fino cumple el huso granulométrico “M” de la norma NTP 400.017 – ASTM C33.
- El módulo de finura del agregado fino estudiado es de 2.309.

Tabla N° 75: Ensayo N°03 del análisis granulométrico del agregado fino de cerro.

ENSAYO N°03					
Peso Seco Inicial (gr)				500.00	
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	26.10	5.22	5.22	94.78
N°8	3.36	45.80	9.16	14.38	85.62
N 16	1.18	44.30	8.86	23.24	76.76
N 30	0.60	64.20	12.84	36.08	63.92
N 50	0.30	127.00	25.40	61.48	38.52
N 100	0.15	148.80	29.76	91.24	8.76
N 200	0.075	31.40	6.28	97.52	2.48
Cazoleta	--	12.40	2.48	100.00	0.00
TOTAL		500.00			
MÓDULO DE FINURA =			2.316		

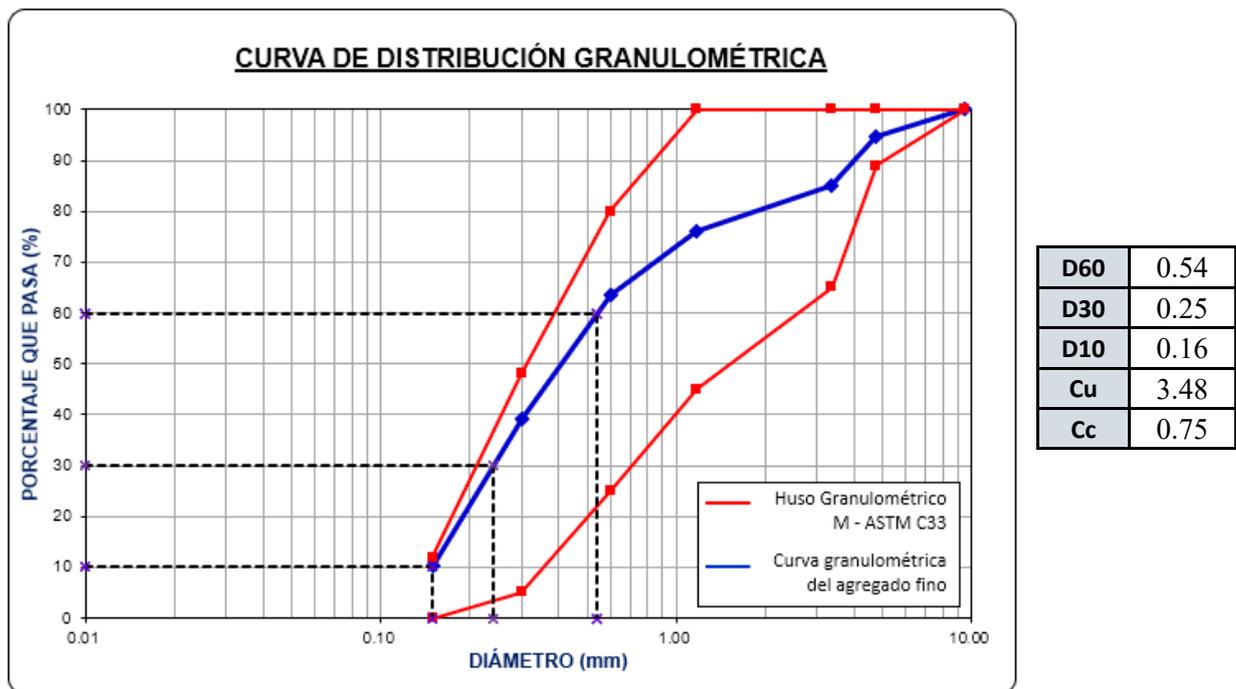


Gráfico N° 18: Curva granulométrica N°03 del agregado fino de cerro.

- La curva granulométrica del agregado fino el huso granulométrico “M” de la norma NTP 400.017 – ASTM C33.

- El módulo de finura del agregado fino estudiado es de 2.316.

8.0. Superficie Específica del Agregado Fino

Tabla N° 76: Ensayo N°01 de la superficie específica del agregado fino de cerro.

ENSAYO N°01					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	-	-	-	-
N°4	4.75	0.71	5.06	5.06	7.09
N°8	3.36	0.41	8.82	13.88	21.75
N°16	1.18	0.23	8.50	22.38	37.44
N°30	0.60	0.09	13.80	36.18	155.06
N°50	0.30	0.05	25.24	61.42	560.89
N°100	0.15	0.02	30.28	91.70	1345.78
Superficie Total (1/cm)					2128.008
Peso Especifico del A.F. (g/cm3)					2.570
Superficie Especifica del A.F. (cm2/g)					49.681

Tabla N° 77: Ensayo N°02 de la superficie específica del agregado fino de cerro.

ENSAYO N°02					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	-	-	-	-
N°4	4.75	0.71	5.62	5.62	7.87
N°8	3.36	0.41	8.76	14.38	21.60
N°16	1.18	0.23	8.84	23.22	38.94
N°30	0.60	0.09	12.58	35.80	141.35
N°50	0.30	0.05	24.96	60.76	554.67
N°100	0.15	0.02	30.40	91.16	1351.11
Superficie Total (1/cm)					2115.546
Peso Especifico del A.F. (g/cm3)					2.570
Superficie Especifica del A.F. (cm2/g)					49.390

Tabla N° 78: Ensayo N°03 de la superficie específica del agregado fino de cerro.

ENSAYO N°03					
Tamiz		Ø medio (cm)	% Retenido	% Retenido Acumulado	Superficie Específica
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	-	-	-	-
N°4	4.75	0.71	5.22	5.22	7.31
N°8	3.36	0.41	9.16	14.38	22.59
N°16	1.18	0.23	8.86	23.24	39.03
N°30	0.60	0.09	12.84	36.08	144.27
N°50	0.30	0.05	25.40	61.48	564.44
N°100	0.15	0.02	29.76	91.24	1322.67
Superficie Total (1/cm)					2100.314
Peso Específico del A.F. (g/cm³)					2.570
Superficie Específica del A.F. (cm²/g)					49.035

- La superficie específica promedio del agregado fino de cerro es de 49.37 cm²/g.

ANEXO N°03: DISEÑOS DE MEZCLA - CANTERA HUAYOBAMBA

1. DISEÑO PATRÓN – CANTERA HUAYOBAMBA

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS; DE RÍO Y DE CERRO, EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO DE $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ EN CAJAMARCA"

TESISTA: BURGA ARANGO, WENDY MARISOL

CANTERA: HUAYOBAMBA

A. CEMENTO (NTP 334.009 / ASTM C 150):

Tipo:	PACASMAYO PORTLAND TIPO I
Peso específico:	3.12 g/cm ³

B. AGREGADOS:

Propiedades	Agregado grueso		Agregado fino	
Tamaño máximo nominal	3/4"		...	
Peso específico de masa	2.63	g/cm ³	2.62	g/cm ³
Peso específico aparente	2.71	g/cm ³	2.70	g/cm ³
Peso unitario suelto	1434	Kg/m ³	1648	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1563	Kg/m ³	1762	Kg/m ³
Contenido de humedad	0.70	%	6.00	%
Absorción	1.10	%	1.20	%
Módulo de finura	7.50		2.60	
Abrasión (%)	32.50	%	...	
% Que pasa malla N°200	0.63	%	3.40	%

C. CONCRETO:

$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

$F'cr = 263 \text{ Kg/cm}^2$

TMN = 3/4"

SLUMP = 3" - 4" (Consistencia plástica)

D. PROCEDIMIENTO – DISEÑO:

- 1) **Volumen unitario de mezclado:** AGUA = 205.0 Lt/m³
- 2) **Contenido de aire atrapado:** AIRE TOTAL = 2.0 %
- 3) **Relación Agua/Cemento:** A/C = 0.60
- 4) **Factor cemento:** C = 341.67 Kg/m³ → **FC = 8.04 Bolsas/m³**

DISEÑO PATRÓN – CANTERA HUAYOBAMBA

5) Determinación del módulo de combinación (Mc) para:

$$\begin{aligned}
 M_c &= 5.113 \\
 \% \text{ AF} &= 49.00 \% \\
 \% \text{ AG} &= 51.00 \%
 \end{aligned}$$

6) Determinación de volúmenes:

CEMENTO	=	0.109509	m3
AGUA	=	0.205	m3
<u>AIRE (%)</u>	=	<u>0.02</u>	<u>m3</u>
VOLUMEN DE LA PASTA	=	0.334509	m3
VOLUMEN DE AGREGADOS	=	0.665491	m3

7) Materiales de Diseño:

CEMENTO	342.00	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
A. FINO SECO	854.00	Kg
A. GRUESO SECO	893.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

8) Materiales corregidos por humedad:

CEMENTO	342.00	Kg
AGUA EFECTIVA	167.60	Lt
A. FINO HUMEDO	905.00	Kg
A. GRUESO HUMEDO	899.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

9) Proporciones:

En peso = 1 : 2.65 : 2.63 : 20.80 Lt/bls.
 En volumen = 1 : 2.28 : 2.73 : 20.80 Lt/bls.

10) Materiales húmedos para mezcla de prueba:

TANDA	0.02	m3
CEMENTO	6.84	Kg
AFH	18.10	Kg
AGH	17.98	Kg
AGUA EFECTIVA	3.35	Lt

2. AJUSTE DE DISEÑO – CANTERA HUAYOBAMBA

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS; DE RÍO Y DE CERRO, EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO DE $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ EN CAJAMARCA"

TESISTA: BURGA ARANGO, WENDY MARISOL

CANTERA: HUAYOBAMBA

A. DATOS DE MEZCLA DE LABORATORIO:

Tanda = 0.02 m^3

Agua adicional = 0.150 lt

SLUMP medido = $3.2'' = 8.12\text{ cm}$

PUCF = 2304 Kg/cm^3

B. PROCEDIMIENTO – AJUSTE:

1) Volumen unitario de mezclado:

Cemento = 6.84 Kg

Agua añadida = 3.502 Lt (A. efectiva + A. adicional)

A. fino = 18.10 Kg

A. grueso = 17.98 Kg

Peso tanda = 46.42 Kg

2) Requerimiento: $P. \text{ tanda} / \text{PUCF} = 0.0201484\text{ m}^3$

3) Agua de mezcla de tanda:

A. añadida = 3.50 Lt

Aporte AF = 0.819 Lt

Aporte AG = -0.072 Lt

Agua de mezcla = 4.25 Lt

4) Agua requerida por m^3 : AGUA DE DISEÑO = 210.93 Lt

SLUMP diseño = $3''$ (7.62cm) \rightarrow SLUMP medido = $3.2''$ (8.12cm)

NUEVA AGUA DE DISEÑO = 209.93 Lt

5) Nuevo contenido de cemento: $A/C = 0.60$

$C = 350.00\text{ Kg/m}^3 \rightarrow FC = 8.24\text{ Bolsas/m}^3$

6) Volúmenes absolutos de la tanda:

Vabs. Cemento = 0.002192 m^3

Vabs. A. efectiva = 0.004250 m^3

Vabs. A fino = 0.006519 m^3

Vabs. A grueso = 0.006791 m^3

Vabs. Tanda = $0.019752\text{ m}^3 \rightarrow \% \text{ Aire} = 1.97\% \approx 2.00\%$

AJUSTE DE DISEÑO – CANTERA HUAYOBAMBA

7) Volúmenes absolutos de materiales de diseño

Vabs. Cemento = 0.112179 m³

Vabs. A. diseño = 0.209929 m³

Aire = 0.020000 m³

Vabs de pasta = 0.342108 m³

Vabs Agregados = 0.657892 m³

% A. fino = 49 % → A. fino = 845.00 Kg

% A. grueso = 51 % → A. grueso = 882.00 Kg

8) Materiales de diseño:

CEMENTO	350.00	Kg
AGUA DE DISEÑO	210.00	Lt
A. FINO SECO	845.00	Kg
A. GRUESO SECO	882.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

9) Materiales corregidos por humedad:

CEMENTO	350.00	Kg
AGUA EFECTIVA	173.00	Lt
A. FINO HUMEDO	797.00	Kg
A. GRUESO HUMEDO	876.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

10) Materiales húmedos para mezcla de prueba:

TANDA	0.02	m³
CEMENTO	7.00	Kg
AFH	15.94	Kg
AGH	17.52	Kg
AGUA EFECTIVA	3.46	Lt

ANEXO N°04: DISEÑO DE MEZCLA - CANTERA EL GAVILÁN

1. DISEÑO PATRÓN – CANTERA EL GAVILÁN

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS; DE RÍO Y DE CERRO, EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO DE $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ EN CAJAMARCA"

TESISTA: BURGA ARANGO, WENDY MARISOL

CANTERA: EL GAVILÁN

A. CEMENTO (NTP 334.009 / ASTM C 150):

Tipo:	PACASMAYO PORTLAND TIPO I
Peso específico:	3.12/cm ³

B. AGREGADOS:

Propiedades	Agregado grueso		Agregado fino	
Tamaño máximo nominal	3/4"		...	
Peso específico de masa	2.58	g/cm ³	2.57	g/cm ³
Peso específico aparente	2.66	g/cm ³	2.76	g/cm ³
Peso unitario suelto	1346	Kg/m ³	1562	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1498	Kg/m ³	1730	Kg/m ³
Contenido de humedad	0.80	%	4.20	%
Absorción	1.20	%	2.70	%
Módulo de finura	7.05		2.31	
Abrasión (%)	50.00	%	...	
% Que pasa malla N°200	0.800	%	14.10	%

C. CONCRETO:

$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

$F'cr = 263 \text{ Kg/cm}^2$

TMN = 3/4"

SLUMP = 3" - 4" (Consistencia plástica)

D. PROCEDIMIENTO – DISEÑO:

- 1) **Volumen unitario de mezclado:** AGUA = 205.0 Lt/m³
- 2) **Contenido de aire atrapado:** AIRE TOTAL = 2.0 %
- 3) **Relación Agua/Cemento:** A/C = 0.60
- 4) **Factor cemento:** C = 341.67 Kg/m³ → **FC = 8.04 Bolsas/m³**

DISEÑO PATRÓN – CANTERA EL GAVILÁN

5) Determinación del módulo de combinación (Mc) para:

$$Mc = 5.113$$

$$\% AF = 41.00 \%$$

$$\% AG = 59.00 \%$$

6) Determinación de volúmenes:

CEMENTO	=	0.109509	m3
AGUA	=	0.205	m3
<u>AIRE (%)</u>	=	<u>0.02</u>	<u>m3</u>
VOLUMEN DE LA PASTA	=	0.334509	m3
VOLUMEN DE AGREGADOS	=	0.665491	m3

7) Materiales de Diseño:

CEMENTO	342.00	Kg
AGUA DE DISEÑO	205.00	Lt
A. FINO SECO	701.00	Kg
A. GRUESO SECO	1013.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

8) Materiales corregidos por humedad:

CEMENTO	342.00	Kg
AGUA EFECTIVA	198.60	Lt
A. FINO HUMEDO	730.00	Kg
A. GRUESO HUMEDO	1021.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

9) Proporciones:

En peso = 1 : 2.13 : 2.99 : 24.70 Lt/bls.
 En volumen = 1 : 1.96 : 3.31 : 24.70 Lt/bls.

10) Materiales húmedos para mezcla de prueba:

TANDA	0.02	m3
CEMENTO	6.84	Kg
AFH	14.60	Kg
AGH	20.42	Kg
AGUA EFECTIVA	3.97	Lt

2. AJUSTE DE DISEÑO – CANTERA EL GAVILÁN

TESIS: "INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS; DE RÍO Y DE CERRO, EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO DE $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ EN CAJAMARCA"

TESISTA: BURGA ARANGO, WENDY MARISOL

CANTERA: EL GAVILÁN

A. DATOS DE MEZCLA DE LABORATORIO:

Tanda = 0.02 m^3
Agua adicional = 0.276 lt
SLUMP medido = $3'' (7.62\text{cm})$
PUCF = 2280 Kg/cm^3

B. PROCEDIMIENTO – AJUSTE:

1) **Volumen unitario de mezclado:** AGUA = 205.0 Lt/m^3

Cemento = 6.84 Kg
Agua añadida = 4.25 Lt (A. efectiva + A. adicional)
A. fino = 14.60 Kg
A. grueso = 20.42 Kg
Peso tanda = 46.11 Kg

2) **Requerimiento:** P. tanda / PUCF = 0.0202228 m^3

3) **Agua de mezcla de tanda:**

A. añadida	=	4.25	Lt
Aporte AF	=	0.210	Lt
<u>Aporte AG</u>	=	<u>-0.081</u>	<u>Lt</u>
Agua de mezcla	=	4.38	Lt

4) **Agua requerida por m³:** AGUA DE DISEÑO = 216.43 Lt

5) **Nuevo contenido de cemento:** A/C = 0.60

C = 360.72 Kg/m^3 → FC = 8.49 Bolsas/m^3

6) **Volúmenes absolutos de la tanda:**

Vabs. Cemento = 0.002192 m^3
Vabs. A. efectiva = 0.004377 m^3
Vabs. A fino = 0.005455 m^3
Vabs. A grueso = 0.007853 m^3
Vabs. Tanda = 0.019877 m^3

% Aire = 1.71% → % Aire = 2.00%

AJUSTE DE DISEÑO – CANTERA EL GAVILÁN

7) Volúmenes absolutos de materiales de diseño

Vabs. Cemento = 0.115615 m³

Vabs. A. diseño = 0.216433 m³

Aire = 0.020000 m³

Vabs de pasta = 0.352048 m³

Vabs Agregados = 0.647952 m³

% A. fino = 41 % → A. fino = 683.00 Kg

% A. grueso = 59 % → A. grueso = 986.00 Kg

8) Materiales de diseño:

CEMENTO	361.00	Kg
AGUA DE DISEÑO	216.00	Lt
A. FINO SECO	683.00	Kg
A. GRUESO SECO	986.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

9) Materiales corregidos por humedad:

CEMENTO	361.00	Kg
AGUA EFECTIVA	210.00	Lt
A. FINO HUMEDO	655.00	Kg
A. GRUESO HUMEDO	978.00	Kg
AIRE TOTAL	2.00	%

10) Materiales húmedos para mezcla de prueba:

TANDA	0.02	m³
CEMENTO	7.22	Kg
AFH	13.10	Kg
AGH	19.56	Kg
AGUA EFECTIVA	4.20	Lt

ANEXO N°05: ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla N° 79: Resistencia a compresión del concreto a los 7 días – Cantera Huayobamba.

N°	IDENT.	Ø(cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (kg)	F'c (kg/cm ²)	% OBTENIDO	TIPO FALLA
1	M-1	15.149	180.24	31733.69	176.06	83.84%	5
2	M-2	15.153	180.34	30399.89	168.57	80.27%	6
3	M-3	15.150	180.27	30177.59	167.41	79.72%	3
4	M-4	15.142	180.08	30425.39	168.96	80.46%	5
5	M-5	15.161	180.53	30269.37	167.67	79.84%	5
6	M-6	15.142	180.08	31629.67	175.65	83.64%	5
7	M-7	15.148	180.22	30402.95	168.70	80.33%	6
8	M-8	15.065	178.25	31635.79	177.48	84.51%	3
9	M-9	15.124	179.65	30200.03	168.11	80.05%	5
10	M-10	15.241	182.44	31024.98	170.06	80.98%	5
11	M-11	15.225	182.06	32149.73	176.59	84.09%	6
12	M-12	15.241	182.44	30298.94	166.08	79.08%	5
13	M-13	15.138	179.98	30430.48	169.08	80.51%	5
14	M-14	15.094	178.94	30163.32	168.57	80.27%	6
15	M-15	15.216	181.84	31164.68	171.38	81.61%	5
Resistencia a la compresión promedio					170.69	81.28%	
Desviación Estándar					3.80		
Coefficiente de Variación					2.22		

Tabla N° 80: Resistencia a compresión del concreto a los 14 días – Cantera Huayobamba.

N°	IDENT.	Ø(cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (kg)	F'c (kg/cm ²)	% OBTENIDO	TIPO FALLA
16	M-16	15.205	181.58	35665.73	196.42	93.53%	5
17	M-17	15.140	180.03	36115.42	200.61	95.53%	5
18	M-18	15.115	179.43	37058.66	206.53	98.35%	6
19	M-19	15.208	181.65	36103.19	198.75	94.64%	5
20	M-20	15.118	179.51	37297.28	207.78	98.94%	3
21	M-21	15.142	180.08	35600.46	197.70	94.14%	5
22	M-22	15.041	177.68	35765.66	201.29	95.85%	4
23	M-23	15.108	179.27	37317.67	208.17	99.13%	5
24	M-24	15.106	179.22	35501.55	198.09	94.33%	6
25	M-25	15.142	180.08	37305.44	207.16	98.65%	6
26	M-26	15.161	180.53	35864.57	198.66	94.60%	3
27	M-27	15.028	177.37	36728.27	207.07	98.60%	5
28	M-28	15.163	180.58	37550.17	207.95	99.02%	3
29	M-29	15.146	180.17	36166.41	200.73	95.59%	5
30	M-30	15.109	179.29	35572.93	198.41	94.48%	5
Resistencia a la compresión promedio					202.35	96.36%	
Desviación Estándar					4.48		
Coefficiente de Variación					2.29		

Tabla N° 81: Resistencia a compresión del concreto a los 28 días – Cantera Huayobamba.

N°	IDENT.	Ø(cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (kg)	F'c (kg/cm ²)	% OBTENIDO	TIPO FALLA
31	M-31	15.194	181.32	48991.43	270.20	128.67%	6
32	M-32	15.252	182.70	50870.77	278.44	132.59%	5
33	M-33	15.187	181.15	47125.34	260.15	123.88%	5
34	M-34	15.239	182.39	50866.69	278.89	132.80%	3
35	M-35	15.159	180.48	48377.56	268.05	127.64%	5
36	M-36	15.212	181.75	50479.20	277.75	132.26%	5
37	M-37	15.185	181.10	46933.63	259.16	123.41%	3
38	M-38	15.218	181.89	47774.90	262.66	125.08%	5
39	M-39	15.174	180.84	50180.42	277.49	132.14%	5
40	M-40	15.132	179.84	50185.52	279.06	132.89%	3
41	M-41	15.125	179.67	47208.96	262.75	125.12%	3
42	M-42	15.104	179.17	49369.74	275.54	131.21%	4
43	M-43	15.152	180.31	48775.25	270.50	128.81%	5
44	M-44	15.081	178.63	49982.60	279.81	133.24%	5
45	M-45	15.036	177.56	46867.35	263.95	125.69%	3
Resistencia a la compresión promedio					270.96	129.03%	
Desviación Estándar					7.67		
Coefficiente de Variación					2.83		

Tabla N° 82: Resistencia a compresión del concreto a los 7 días – Cantera El Gavilán.

N°	IDENT.	Ø(cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (kg)	F'c (kg/cm ²)	% OBTENIDO	TIPO FALLA
1	M-1	15.257	182.82	28862.15	157.87	75.18%	6
2	M-2	15.248	182.61	30205.13	165.41	78.77%	5
3	M-3	15.142	180.08	29998.12	166.59	79.33%	5
4	M-4	15.265	183.01	28414.50	155.26	73.93%	6
5	M-5	15.230	182.18	29024.29	159.32	75.87%	6
6	M-6	15.201	181.48	29806.42	164.24	78.21%	5
7	M-7	15.162	180.55	28801.99	159.52	75.96%	5
8	M-8	15.171	180.77	29802.34	164.87	78.51%	6
9	M-9	15.128	179.74	29865.56	166.16	79.12%	3
10	M-10	15.135	179.91	28210.55	156.80	74.67%	5
11	M-11	15.089	178.82	29119.12	162.84	77.54%	3
12	M-12	15.204	181.55	28411.44	156.49	74.52%	3
13	M-13	15.237	182.34	30197.99	165.61	78.86%	5
14	M-14	15.148	180.22	28860.12	160.14	76.26%	6
15	M-15	15.156	180.41	28226.87	156.46	74.50%	6
Resistencia a la compresión promedio					161.17	76.75%	
Desviación Estándar					4.09		
Coefficiente de Variación					2.54		

Tabla N° 83: Resistencia a compresión del concreto a los 14 días – Cantera El Gavilán.

N°	IDENT.	Ø(cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (kg)	F'c (kg/cm ²)	% OBTENIDO	TIPO FALLA
16	M-16	15.212	181.75	33524.31	184.46	87.84%	5
17	M-17	15.148	180.22	33035.87	183.31	87.29%	5
18	M-18	15.173	180.81	34525.68	190.95	90.93%	3
19	M-19	15.233	182.25	33952.60	186.30	88.71%	3
20	M-20	15.190	181.22	35515.83	195.98	93.32%	6
21	M-21	15.108	179.27	33148.04	184.91	88.05%	6
22	M-22	15.123	179.62	32650.41	181.77	86.56%	5
23	M-23	15.208	181.65	33871.02	186.46	88.79%	5
24	M-24	15.217	181.86	34683.74	190.71	90.82%	4
25	M-25	15.138	179.98	35310.86	196.19	93.42%	3
26	M-26	15.095	178.96	32769.72	183.11	87.20%	5
27	M-27	15.162	180.55	34132.07	189.04	90.02%	5
28	M-28	15.218	181.89	33628.33	184.88	88.04%	6
29	M-29	15.178	180.93	34315.62	189.66	90.31%	3
30	M-30	15.206	181.60	35399.58	194.93	92.82%	4
Resistencia a la compresión promedio					188.18	89.61%	
Desviación Estándar					4.78		
Coefficiente de Variación					2.54		

Tabla N° 84: Resistencia a compresión del concreto a los 28 días – Cantera El Gavilán.

N°	IDENT.	Ø(cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (kg)	F'c (kg/cm ²)	% OBTENIDO	TIPO FALLA
31	M-31	15.264	182.99	46495.15	254.09	120.99%	3
32	M-32	15.045	177.78	44067.20	247.88	118.04%	3
33	M-33	15.156	180.41	44591.34	247.17	117.70%	3
34	M-34	15.241	182.44	45656.94	250.26	119.17%	5
35	M-35	15.169	180.72	46109.70	255.15	121.50%	5
36	M-36	15.154	180.36	42852.71	237.59	113.14%	3
37	M-37	15.135	179.91	44118.19	245.22	116.77%	5
38	M-38	15.216	181.84	46812.29	257.44	122.59%	5
39	M-39	15.204	181.55	44423.08	244.68	116.52%	6
40	M-40	15.228	182.13	43564.48	239.20	113.90%	4
41	M-41	15.104	179.17	44264.01	247.05	117.64%	3
42	M-42	15.126	179.70	46695.02	259.86	123.74%	5
43	M-43	15.214	181.79	44312.95	243.76	116.07%	3
44	M-44	15.172	180.79	47033.57	260.16	123.88%	6
45	M-45	15.169	180.72	43880.59	242.81	115.62%	5
Resistencia a la compresión promedio					248.82	118.49%	
Desviación Estándar					7.13		
Coefficiente de Variación					2.87		

ANEXO N°06: ENSAYOS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Tabla N° 85: Peso Unitario del concreto en estado fresco – Cantera Huayobamba.

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO (NTP 339.046)								
N°	Ø (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm²)	VOL. (cm³)	P. MOLDE (g)	P. MOLDE + CONCRETO (g)	PESO CONCRETO (g)	P.U. (Kg/m³)
1	15.149	30.20	180.24	5443.33	3965.00	16523.00	12558.00	2307.04
2	15.153	30.15	180.34	5437.19	3521.00	16053.00	12532.00	2304.87
3	15.241	30.10	182.44	5491.40	3722.00	16382.00	12660.00	2305.42
4	15.225	30.10	182.06	5479.88	3865.00	16443.00	12578.00	2295.31
5	15.208	30.00	181.65	5449.48	3824.00	16405.00	12581.00	2308.66
6	15.118	30.25	179.51	5430.05	3982.00	16481.00	12499.00	2301.82
7	15.163	30.05	180.58	5426.31	3875.00	16395.00	12520.00	2307.28
8	15.146	30.20	180.17	5441.18	3962.00	16468.00	12506.00	2298.40
9	15.185	30.05	181.10	5442.07	3845.00	16406.00	12561.00	2308.13
10	15.218	30.10	181.89	5474.84	3862.00	16487.00	12625.00	2306.00
PROMEDIO								2304.29

Tabla N° 86: Peso Unitario del concreto en estado fresco – Cantera El Gavilán.

ENSAYO DE PESO UNITARIO DE CONCRETO (NTP 339.046)								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

N°	Ø (cm)	ALT. (cm)	ÁREA (cm ²)	VOL. (cm ³)	P. MOLDE (g)	P. MOLDE + CONCRETO (g)	PESO CONCRETO (g)	P.U. (Kg/m ³)
1	15.257	30.10	182.82	5502.94	3745.00	16295.00	12550.00	2280.60
2	15.248	30.20	182.61	5514.71	3628.00	16198.00	12570.00	2279.36
3	15.135	30.05	179.91	5406.29	3745.00	16072.00	12327.00	2280.12
4	15.089	30.10	178.82	5382.42	3512.00	15786.00	12274.00	2280.39
5	15.233	30.15	182.25	5494.75	3845.00	16354.00	12509.00	2276.54
6	15.190	30.10	181.22	5454.71	3910.00	16338.00	12428.00	2278.40
7	15.218	30.25	181.89	5502.12	3624.00	16180.00	12556.00	2282.03
8	15.178	30.05	180.93	5437.05	3756.00	16156.00	12400.00	2280.65
9	15.135	30.10	179.91	5415.28	3817.00	16183.00	12366.00	2283.54
10	15.216	30.20	181.84	5491.59	3692.00	16218.00	12526.00	2280.94
PROMEDIO								2280.26

ANEXO N°07: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



Cemento Portland tipo I

Requisitos Normalizados

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

Resultado promedio de nuestros productos.

Propiedades Químicas

QUÍMICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO ₃ (%)	3.0 máx.	2.7
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.7

Propiedades Físicas

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (cm ² /g)	2600 mín.	3810
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.12
Densidad (g/mL)	A	3.12
Resistencia a la compresión mín. (MPa)		
1 día	A	15.8
3 días	12.0	30.3
7 días	19.0	37.0
28 días ⁽¹⁾	28.0	42.1
Tiempo de Fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	110
Final, no mayor que:	375	238

A No especifica.
(1) Requisito opcional.

VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado garantiza máxima frescura.

ANEXO N°08: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00102926

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 020280-2017/DSD - INDECOPI de fecha 29 de septiembre de 2017, quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación GUERSAN INGENIEROS SRL y logotipo (se reivindican los colores), conforme al modelo adjunto
Distingue	:	Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y desarrollo en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industrial; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software
Clase	:	42 de la Clasificación Internacional.
Solicitud	:	0713930-2017
Titular	:	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.
País	:	Perú
Vigencia	:	29 de septiembre de 2027
Tomo	:	0515
Folio	:	140



- ✓ Cualquier persona interesada puede solicitar la **cancelación por falta de uso** del registro otorgado, si han transcurrido tres (03) años durante los cuales **la marca no ha sido utilizada**.
- ✓ Frente a una solicitud de cancelación de registro, **usted deberá demostrar** que viene usando la marca; de lo contrario, el registro será cancelado y perderá el derecho sobre la marca.
- ✓ **El uso** de la marca **debe ser demostrado** de conformidad con lo establecido en el artículo 165 y siguientes de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, Régimen Común Sobre Propiedad Industrial.

b) Actualización de datos del titular

- ✓ En caso exista algún cambio respecto de su domicilio procesal durante el plazo de vigencia del registro otorgado, deberá informarlo a la Dirección de Signos Distintivos.
- ✓ Es importante que informe respecto del cambio de su **domicilio procesal** toda vez que, en caso algún tercero solicitara la cancelación o nulidad del registro otorgado, se le notificará al último domicilio procesal consignado por usted, y esta notificación se tendrá por válida.

c) Renovación del registro

- ✓ La vigencia del registro otorgado es de diez (10) años **renovables**.
- ✓ Si desea renovar su registro, debe hacerlo dentro de los seis (06) meses anteriores o dentro de los seis (06) meses posteriores al vencimiento del registro.
- ✓ Si no solicita la renovación de su registro, éste **caducará** y usted perderá el derecho sobre el mismo.

d) Lemas Comerciales

- ✓ La cancelación, nulidad o caducidad del registro de una marca a la que se vincule un lema comercial, determinará también la cancelación, nulidad o caducidad, respectivamente, del registro del lema comercial, aun cuando no haya vencido el plazo de diez (10) años de vigencia del mismo.

Lima, 29 de septiembre de 2017

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 24 de julio de 2017, GUERSAN INGENIEROS S.R.L., de Perú, solicitó el registro de marca de servicio constituida por null, para distinguir servicios de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

2. EXAMEN DE REGISTRABILIDAD:

Realizado el examen de registrabilidad del signo solicitado con relación a los servicios que pretende distinguir, y habiendo tenido a la vista la totalidad de antecedentes fonéticos y figurativos en la clase solicitada, se concluye que cumple con los requisitos previstos en el artículo 134 de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, y no se encuentra comprendido en las prohibiciones señaladas en los artículos 135 y 136 del dispositivo legal referido.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36, 40 y 41 de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, concordante con el artículo 4 del Decreto Legislativo N° 1075.

3. DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS:

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de servicio de la Propiedad Industrial, a favor de GUERSAN INGENIEROS S.R.L., de Perú, la marca de servicio constituida por null, se consignará en el certificado correspondiente; para distinguir servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software, de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

El presente registro queda bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contados a partir de la fecha de la presente Resolución.

Regístrese y Comuníquese



CARLOS CAMPOS FRANCO
DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS

1. Expediente	210486	Este certificado de documenta la trazabilidad patrones nacionales o internacionales que realizan las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.	
3. Dirección	Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	
Capacidad Máxima	30 000 g	
División de escala (d)	1 g	Los resultados son válidos desde el momento de la calibración. El solicitante le corresponde durante su momento la ejecución de la recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a la fecha vigente.
Div. de verificación (e)	10 g	
Clase de exactitud	III	
Marca	OHAUS	
Modelo	R31P30	
Número de Serie	8340410364	
Capacidad mínima	20 g	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-08-14	METROLOGÍA & TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN se responsabiliza de los procedimientos que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin el sello carece de validez.

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-09-22



Firmado digitalmente por



6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-001 1ra Ed. "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIIA DM.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18,3	18,5
Humedad Relativa (%)	45	47

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL LM-075-2020	Pesa (exactitud E2)	LM-C-257-2020
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL IP-214-2020	Pesas (exactitud M1)	SGM-A-2194-2020
PESA (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-152-2020	Pesa (exactitud M1)	SGM-A-2145-2020
PESA (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-153-2020	Pesa (exactitud M1)	SGM-A-2146-2020
PESA (Clase de exactitud E1) HAFNER: 101876-D-K-15192-01-00	Pesa (exactitud F1)	M-0759-2020

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	18,5 °C	18,5 °C

Medición Nº	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,5	0,0	30 000	0,5	0,0
2	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
3	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,4	0,1	30 000	0,6	-0,1
7	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,1
8	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
9	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
10	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,1
	Diferencia Máxima		0,2	Diferencia Máxima		0,1
	Error Máximo Permisible		$\pm 20,0$	Error Máximo Permisible		$\pm 30,0$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de
las cargas

	Inicial	Final
Temperatura	18,5 °C	18,3 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E_0				Determinación del Error Corregido E_c			
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	E_0 (g)	Carga (L)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0
2		10	0,4	0,1		10 000	0,6	-0,1
3	10,0 g	10	0,5	0,0	10 000,0 g	10 000	0,6	-0,1
4		10	0,4	0,1		10 000	0,5	0,0

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	18,3 °C	18,3 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE			CARGA DECRECIENTE				
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
10,0	10	0,5	0,0					
20,0	20	0,5	0,0	0,0	20	0,6	-0,1	-0,1
100,0	100	0,6	-0,1	-0,1	100	0,5	0,0	0,0
500,0	500	0,7	-0,2	-0,2	500	0,6	-0,1	-0,1
1 000,0	1 000	0,6	-0,1	-0,1	1 000	0,4	0,1	0,1
5 000,0	5 000	0,6	-0,1	-0,1	5 000	0,3	0,2	0,2
10 000,0	10 000	0,4	0,1	0,1	10 000	0,6	-0,1	-0,1
15 000,1	15 000	0,5	-0,1	-0,1	15 000	0,4	0,0	0,0
20 000,1	20 001	0,3	1,2	1,2	20 000	0,3	0,2	0,2
25 000,1	25 000	0,5	-0,1	-0,1	25 000	0,3	0,1	0,1
30 000,1	30 001	0,4	1,0	1,0	30 001	0,4	1,0	1,0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL : Carga adicional.
E: Error encotrado

E_0 : Error en cero.
 E_c : Error corregido.

LECTURA CORREGIDA

$$: R_{\text{CORREGIDA}} = R - 2,17 \times 10^{-5} \times R$$

INCERTIDUMBRE

$$: U = 2 \times \sqrt{2,55 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 6,70 \times 10^{-11} \times R^2}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variación a largo plazo.

1. Expediente	210486	Este certificado de documenta la trazabi patrones nacionales o in que realizan las unic medición de acuerdo a Internacional de Unidad
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.	
3. Dirección	Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martin de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca	
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA	Los resultados son v momento de la ca solicitante le correspond su momento la ejecu recalibración, la cual es del uso, conse mantenimiento del ins medición o a reglamento METROLOGÍA & TÉCN no se responsabiliza de que pueda ocasion inadecuado de este instr una incorrecta interpre resultados de la cali declarados. Este certificado de c podrá ser reproducido sin la aprobación por laboratorio que lo emite. El certificado de calibrac sello carece de validez.
Capacidad Máxima	5000 g	
División de escala (d)	0,1 g	
Div. de verificación (e)	0,1 g	
Clase de exactitud	II	
Marca	ELECTRONIC BALANCE	
Modelo	HZ5001A	
Número de Serie	8076353	
Capacidad mínima	5 g	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-08-14	

Fecha de Emisión
2021-09-22

Jefe del Laboratorio de Metrología

/

Firmado digitalmente por

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación directa, según el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOP, 2da Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18,8	19,1
Humedad Relativa (%HR)	47	48

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-075-2020	PESAS (Clase de Exactitud: E2)	LM-C-257-2020
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-063-2018		
PESA (Clase de exactitud E1) HAFNER: 101876-D-K-15192-01-00	PESA (Clase de Exactitud F1)	M-0760-2020

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18,8	18,8

Medición N°	Carga L1 = 2 500,0 g			Carga L2 = 5 000,0 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	2 500,0	0,04	0,01	5 000,0	0,04	0,00
2	2 500,0	0,05	0,00	5 000,0	0,05	-0,01
3	2 500,0	0,05	0,00	5 000,0	0,04	0,00
4	2 500,0	0,06	-0,01	5 000,0	0,06	-0,02
5	2 500,0	0,05	0,00	5 000,0	0,06	-0,02
6	2 500,0	0,04	0,01	5 000,0	0,05	-0,01
7	2 500,0	0,05	0,00	5 000,0	0,04	0,00
8	2 500,0	0,05	0,00	5 000,0	0,05	-0,01
9	2 500,0	0,06	-0,01	5 000,0	0,06	-0,02
10	2 500,0	0,07	-0,02	5 000,0	0,06	-0,02
	Diferencia Máxima		0,03	Diferencia Máxima		0,02
	Error Máximo Permisible		$\pm 0,30$	Error Máximo Permisible		$\pm 0,30$

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
	1
3	4

Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18,8	19,2

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido			
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1		1,0	0,05	0,00		1 600,0	0,05	0,00
2		1,0	0,06	-0,01		1 599,9	0,03	-0,08
3	1,0 g	1,0	0,05	0,00	1 600,0	1 600,0	0,06	-0,01

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,2	19,1

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES			
	I (g)	ΔL(g)	E(g)	Ec (g)	I (g)	ΔL(g)	E(g)	Ec (g)
1,0	1,0	0,05	0,00					
5,0	5,0	0,05	0,00	0,00	5,0	0,04	0,01	0,01
10,0	10,0	0,06	-0,01	-0,01	10,0	0,03	0,02	0,02
50,0	50,0	0,06	-0,01	-0,01	50,0	0,04	0,01	0,01
100,0	100,0	0,05	0,00	0,00	100,0	0,05	0,00	0,00
500,0	500,0	0,07	-0,02	-0,02	500,1	0,06	0,09	0,09
1 000,0	1 000,0	0,06	-0,01	-0,01	1 000,0	0,05	0,00	0,00
2 000,0	2 000,0	0,06	-0,01	-0,01	2 000,0	0,04	0,01	0,01
3 000,0	3 000,1	0,05	0,10	0,10	3 000,0	0,04	0,01	0,01
4 000,0	4 000,1	0,06	0,09	0,09	4 000,1	0,05	0,10	0,10
5 000,0	5 000,1	0,07	0,07	0,07	5 000,1	0,07	0,07	0,07

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R - 0,0000122 R$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{(0,00276 \text{ g}^2 + 0,0000000002)}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona una confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre y factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variación a largo plazo.

Fin del documento

1. Expediente	210486
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.
3. Dirección	Pj. Diego Ferre Nº 295 Bar. San Martin de Porres, Cajamarca - Cajamarca - CAJAMARCA
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 300 °C
Marca	PYS EQUIPOS
Modelo	STHX-2A
Número de Serie	190334
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	NO INDICA

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRÓNICO	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración **2021-08-14**

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2021-09-22



Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.09.22 12:06:33



Este certificado de calibración documenta la trazabilidad de los patrones nacionales o internacionales que realizan las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al cliente le corresponde disponer en su momento de la ejecución de una recalibración, la cual está en función de la conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a la normativa vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS de calibración se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración que no tiene el sello carece de validez.

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI en 2009.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Diego Ferre Nº 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - CAJAMARCA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	17,8 °C	18,8 °C
Humedad Relativa	48 %	49 %

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 180 minutos.

El controlador se seteo en 110 °C

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 091 - 2019	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	LT - 0083 - 2021
Fluke Corporation C0721069		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C													
Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	max-T _m
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,6	111,5	111,5	112,9	110,0	109,8	110,3	110,7	112,2	111,1	109,8	111,0	3,0
02	110,8	111,4	111,5	113,9	110,3	109,9	110,3	110,9	112,7	111,1	109,3	111,1	4,6
04	109,7	110,2	110,3	112,5	109,1	108,6	109,5	110,6	111,6	110,2	108,2	110,1	4,2
06	110,5	111,1	111,3	113,0	110,1	110,0	110,2	110,8	112,5	111,4	110,0	111,0	3,0
08	109,8	110,8	111,3	113,5	110,0	109,5	109,8	110,6	112,4	111,2	109,3	110,8	4,2
10	110,4	111,0	111,2	112,4	109,7	109,8	110,4	111,2	112,5	111,0	109,8	110,9	2,8
12	110,1	110,6	111,1	113,0	109,6	109,2	109,7	110,1	111,9	110,5	109,6	110,5	3,8
14	110,2	111,3	111,6	114,2	110,4	110,0	110,5	111,2	112,7	111,7	109,9	111,4	4,3
16	111,2	111,1	112,1	114,1	109,8	109,2	109,7	110,9	112,1	110,3	109,2	110,8	4,9
18	110,7	111,0	111,9	113,8	110,0	109,5	109,9	110,7	112,4	110,9	109,0	110,9	4,8
20	110,3	110,4	111,5	112,7	110,2	109,7	110,1	110,2	111,7	111,7	109,5	110,8	3,1
22	110,8	110,0	110,9	112,8	110,4	110,4	110,1	110,7	111,2	112,0	109,8	110,8	2,9
24	110,6	110,6	111,1	112,3	110,5	110,0	109,6	110,3	111,7	112,5	109,3	110,8	3,1
26	110,5	111,1	111,4	112,8	109,9	109,6	110,1	110,6	112,2	111,0	108,8	110,7	3,9
28	110,0	110,8	111,6	113,7	109,9	109,5	109,7	110,7	112,4	111,0	109,3	110,9	4,4
30	110,6	111,5	111,5	112,9	110,0	109,8	110,3	110,7	112,2	111,1	109,8	111,0	3,0
32	110,8	111,4	111,5	113,9	110,3	109,9	110,3	110,9	112,7	111,1	109,3	111,1	4,6
34	109,7	110,2	110,3	112,5	109,1	108,6	109,5	110,6	111,6	110,2	108,2	110,1	4,2
36	110,5	111,1	111,3	113,0	110,1	110,0	110,2	110,8	112,5	111,4	110,0	111,0	3,0
38	109,8	110,8	111,3	113,5	110,0	109,5	109,8	110,6	112,4	111,2	109,3	110,8	4,2
40	110,4	111,0	111,2	112,4	109,7	109,8	110,4	111,2	112,5	111,0	109,8	110,9	2,8
42	110,1	110,6	111,1	113,0	109,6	109,2	109,7	110,1	111,9	110,5	109,6	110,5	3,8
44	110,2	111,3	111,6	114,2	110,4	110,0	110,5	111,2	112,7	111,7	109,9	111,4	4,3
46	110,0	111,1	111,2	113,7	110,0	109,5	110,0	110,8	112,6	111,4	109,6	111,0	4,2
48	109,8	111,0	111,6	114,2	110,2	109,7	110,2	110,9	112,8	111,1	109,4	111,1	4,8
50	110,2	110,7	111,8	113,7	110,5	110,1	109,7	111,3	112,5	110,9	109,1	111,0	4,6
52	110,0	110,5	112,2	114,3	111,0	109,6	110,1	111,5	112,9	111,5	109,6	111,3	4,7
54	110,5	110,7	111,8	114,5	110,7	109,9	110,5	111,6	113,3	112,1	109,9	111,5	4,6
56	110,3	110,9	111,4	113,7	110,4	109,5	110,0	111,1	112,9	111,9	110,3	111,2	4,2
58	110,0	111,0	111,6	114,2	110,2	109,8	110,2	111,4	112,8	111,7	109,6	111,3	4,6
60	110,2	110,7	111,8	113,7	110,5	110,1	109,7	111,3	112,5	110,9	109,1	111,0	4,6
T.PROM	110,3	110,9	111,4	113,4	110,1	109,7	110,1	110,8	112,3	111,2	109,5	110,9	
T.MAX	111,2	111,5	112,2	114,5	111,0	110,4	110,5	111,6	113,3	112,5	110,3		
T.MIN	109,7	110,0	110,3	112,3	109,1	108,6	109,5	110,1	111,2	110,2	108,2		
DTT	1,5	1,5	1,9	2,3	2,0	1,8	1,0	1,5	2,1	2,3	2,1		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,5	0,3
Mínima Temperatura Medida	108,2	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,3	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,9	0,1
Estabilidad Medida (±)	1,1	0,04
Uniformidad Medida	4,9	0,1

T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de ca
T prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "**desviación de temperatura en el espacio**" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

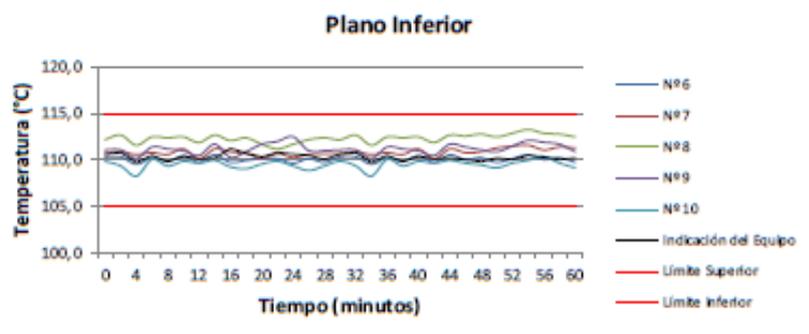
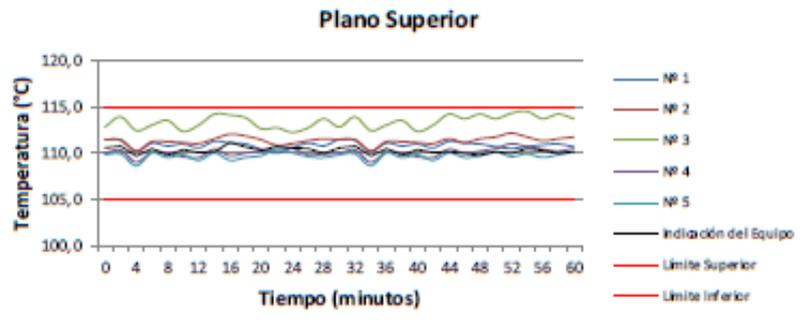
Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre y factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variación a largo plazo.

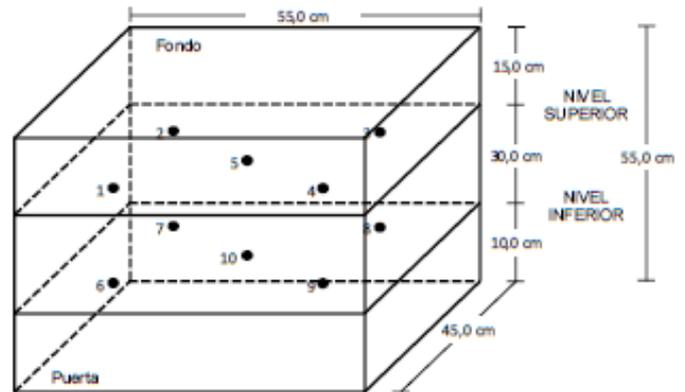
La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales en un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C ± 5 °C



DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del horno para calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que se obtiene al multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona una confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento

1. Expediente	210486	Este certificado de calibración garantiza la trazabilidad a los patrones internacionales, que realizaron la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.	
3. Dirección	Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martin de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca	
4. Instrumento de medición	MÁQUINA PARA PRUEBAS DE ABRASIÓN TIPO LOS ÁNGELES	Los resultados son válidos en el ámbito de la calibración. Al solicitar la ejecución de una recalibración, el usuario está en función del uso, condiciones de mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
Fabricante	A&A INSTRUMENTS	
Número de Serie	190952	
Modelo	STMH-3	
Alcance de Indicación	0 a 9999 Vueltas	METROLOGÍA & TÉCNICAS DE CALIBRACIÓN responsabiliza de los procedimientos que no pueda ocasionar el uso indebido de este instrumento, ni de una interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Div. de escala / Resolución	1 Vuelta	
Identificación	NO INDICA	
Procedencia	CHINA	Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo de indicación	DIGITAL	
5. Fecha de Calibración	2021-08-14	
6. Lugar de calibración	INSTALACIONES DEL CUENTE	El certificado de calibración sin el sello carece de validez.

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Se
2021-09-22		Firmado digitalmente por Eleazar Cesar Chavez Raraz 

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al D se tomó como referencia la norma internacional ASTM C131 "Resistance to Degradation of Small Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine".

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18,2 °C	18,2 °C
Presión Atmosférica	50 %	51 %

9. Patrones de referencia

Se utilizaron patrones trazables al SNM-INDECOPI, con los siguientes certificados de calibración:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Tacómetro Óptico LTF-C-018-2020	TACÓMETRO ÓPTICO Incertidumbre del orden de 0,2 rpm	T's-0019-2021
Anillo Patrón INACAL DM / LLA-005-2020	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 11 um	F-1039-2020
Cilindro Patrón INACAL DM / LLA-037-2020		
Bloques Patrón (grado 0) INACAL DM / LLA-275-2018		
Bloques Patrón (grado 1) INACAL DM / LLA-C-035-2019		
Regla Metálica LLA-445-2020	REGLA METÁLICA con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	L-0132-2021
Magnificador Óptico LLA-122-2019		
PATRONES DE REFERENCIA DE Dirección de Metrología - INACAL	BALANZA - OHAUS Con clase de exactitud II	MT-LM-013-2021

10. Resultados

Características de las esferas

Nº	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro (mm)	Peso (g)
1	46,21	418,2
2	46,39	418,4
3	46,51	418,5

Nº	MEDICIÓN DE LAS ESFERAS	
	Diámetro (mm)	Peso (g)
7	46,77	418,4
8	46,75	418,5
9	46,78	418,5

Determinación del vuelta/tiempo

Tiempo (seg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN			Giro de la Máquina (rpm)
	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	NÚMERO DE VUELTAS	
60	32	32	32	32,0
120	64	64	64	32,0
180	96	96	96	32,0
240	128	128	128	32,0
300	160	160	160	32,0
360	192	192	192	32,0
420	224	224	224	32,0
480	256	256	256	32,0
540	288	288	288	32,0
600	320	320	320	32,0
660	352	352	352	32,0
720	384	384	384	32,0
780	416	416	416	32,0
840	448	448	448	32,0
900	480	480	480	32,0

Características del tambor del equipo

Diámetro Interior	712 mm
Longitud Interior	507 mm

Nota 1.- El peso adecuado para las esferas debe ser de entre 390 g y 445 g. el diámetro debe estar entre 47,63 mm y 47,63 mm.

Nota 2.- El cilindro del equipo debe girar a una velocidad comprendida entre 30 y 33 rpm.

Nota 3.- El rango admisible para el diámetro interior del tambor del equipo es de 711 ± 5 mm.

Nota 4.- El rango admisible para la longitud interior del tambor del equipo es de 508 ± 5 mm.

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

Fin del documento

1. Expediente	210486	Este certificado de documenta la trazabilidad patrones nacionales o intern que realizan las unidades medición de acuerdo con Internacional de Unidades (
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.	
3. Dirección	Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martin de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca	Los resultados son valid momento de la calibr solicitante le corresponde su momento la ejecución recalibración, la cual está del uso, conserva mantenimiento del instru medición o a reglamento vi
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	PYS	
Modelo	STYE-2000	METROLOGÍA & TÉCNIC no se responsabiliza de lo que pueda ocasionar inadecuado de este instrum una incorrecta interpretaci resultados de la calibra declarados.
Número de Serie	170253	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	Este certificado de calibr podrá ser reproducido p sin la aprobación por laboratorio que lo emite.
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 / 0,1 kN (*)	El certificado de calibración sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2021-08-14	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

2021-09-22



Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.09.29 12:16:58



6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.

Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18,6 °C	18,5 °C
Humedad Relativa	37 % HR	39 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-187747 / 2020-195857	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-024-21A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) La resolución del indicador es 0,01 kN para lecturas menores a 1000 kN y 0,1 kN para lecturas mayores a 1000 kN.

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$
10	100,00	100,1	100,0	100,1	100,1
20	200,00	200,7	200,5	200,6	200,6
30	300,00	300,5	300,6	300,1	300,4
40	400,00	400,0	400,0	399,9	400,0
50	500,00	499,9	499,9	499,8	499,8
60	600,00	599,3	599,3	599,1	599,3
70	700,00	699,6	699,6	699,8	699,7
80	800,00	800,1	800,1	800,2	800,1
90	900,00	899,6	899,6	899,7	899,7
100	1000,00	999,6	999,5	999,8	999,6
Retomo a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
100,00	-0,05	0,20	--	0,01	0,52
200,00	-0,31	0,10	--	0,01	0,52
300,00	-0,15	0,16	--	0,00	0,52
400,00	0,01	0,02	--	0,00	0,52
500,00	0,03	0,02	--	0,00	0,52
600,00	0,12	0,03	--	0,00	0,52
700,00	0,05	0,03	--	0,00	0,52
800,00	-0,01	0,01	--	0,00	0,52
900,00	0,04	0,01	--	0,00	0,52
1000,00	0,04	0,03	--	0,00	0,52

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de medición.

1. Expediente	210486	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad de los patrones nacionales o internacionales que realizan las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GUERSAN INGENIEROS S.R.L.	
3. Dirección	Pj. Diego Ferre 295 Bar. San Martín de Porres, Cajamarca - Cajamarca - Cajamarca	Los resultados son válidos desde el momento de la calibración. El solicitante le corresponde desde su momento la ejecución de la recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Instrumento de Medición	VERNIER (PIE DE REY)	
Alcance de indicación	0 mm a 300 mm	
División de Escala / Resolución	0,01 mm	
Marca	INSIZE	METROLOGÍA & TÉCNICA S.A. no se responsabiliza de los daños que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento. Una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración no son declarados.
Modelo	1108-300W	
Número de Serie	1702144208	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	Este certificado de calibración podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Tipo de indicación	DIGITAL	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2021-08-14	El certificado de calibración sin sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-09-22



Jefe del Laboratorio de Metrología

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez

Sello



6. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación entre bloques patrones calibrados y la indicación del instrumento calibrar tomando como referencia el método descrito en el PC-012: "Procedimiento de Calibración de Rey" del SNM-INDECOPI. Quinta Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	mínima	máxima
Temperatura	17,8 °C	18,1 °C
Humedad Relativa	51 %	52 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47	DM / INACAL LLA-149-2020
COMPARADOR MECANICO DE BLOQUES: LLA-125-2020		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autbadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

11. Resultados de Medición

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN PROMEDIO DEL PIE DE REY		MAXIMO ERROR ENCONTRADO ($\pm \mu\text{m}$)	ERRORES MAXIMOS PERMITIDOS ($\pm \mu\text{m}$)
	EXTERIOR (mm)	INTERIOR (mm)		
30,00	30,00	30,00	0	20
50,00	50,00	50,00	3	20
100,00	100,00	100,00	0	20
150,00	150,00	150,00	3	20
200,00	200,01	200,00	10	30
250,00	250,02	249,99	17	30
300,00	300,02	299,99	20	30

INCERTIDUMBRE DE MEDICION : $14,2 \mu\text{m}$; para $k=2$

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre y factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variación a largo plazo.

Fin de documento

ANEXO N°09: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura N° 05: Obteniendo agregado grueso de la cantera Huayobamba.



Figura N° 06: Obteniendo agregado fino de la cantera Huayobamba.



Figura N° 07: Obteniendo agregado grueso de la cantera El Gavilán.



Figura N° 08: Obteniendo agregado fino de la cantera El Gavilán.

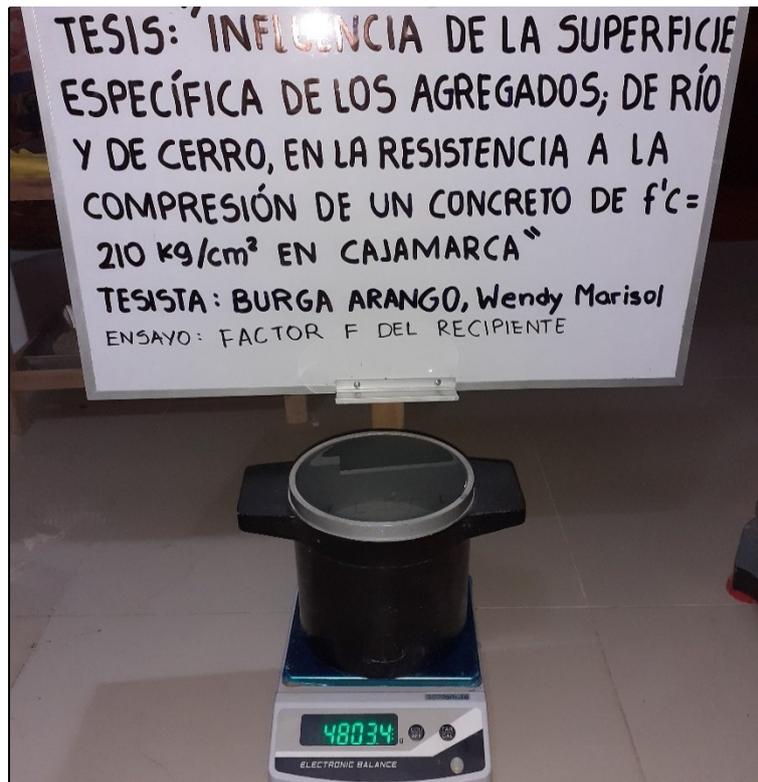


Figura N° 09: Factor F del recipiente.

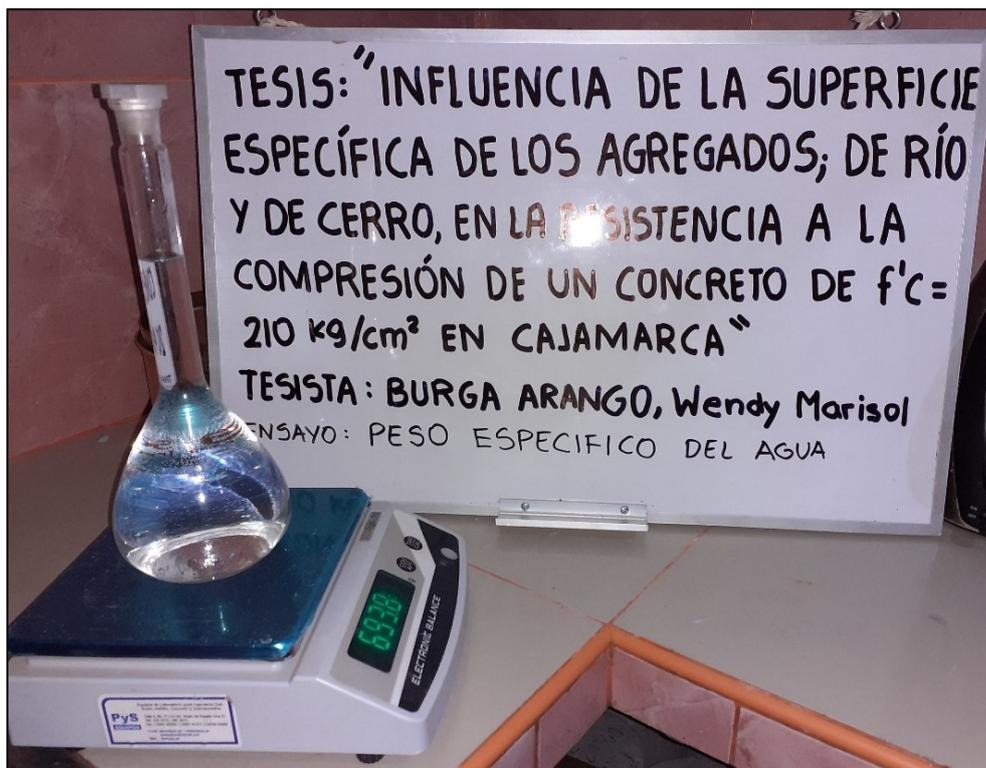


Figura N° 10: Peso específico del agua.

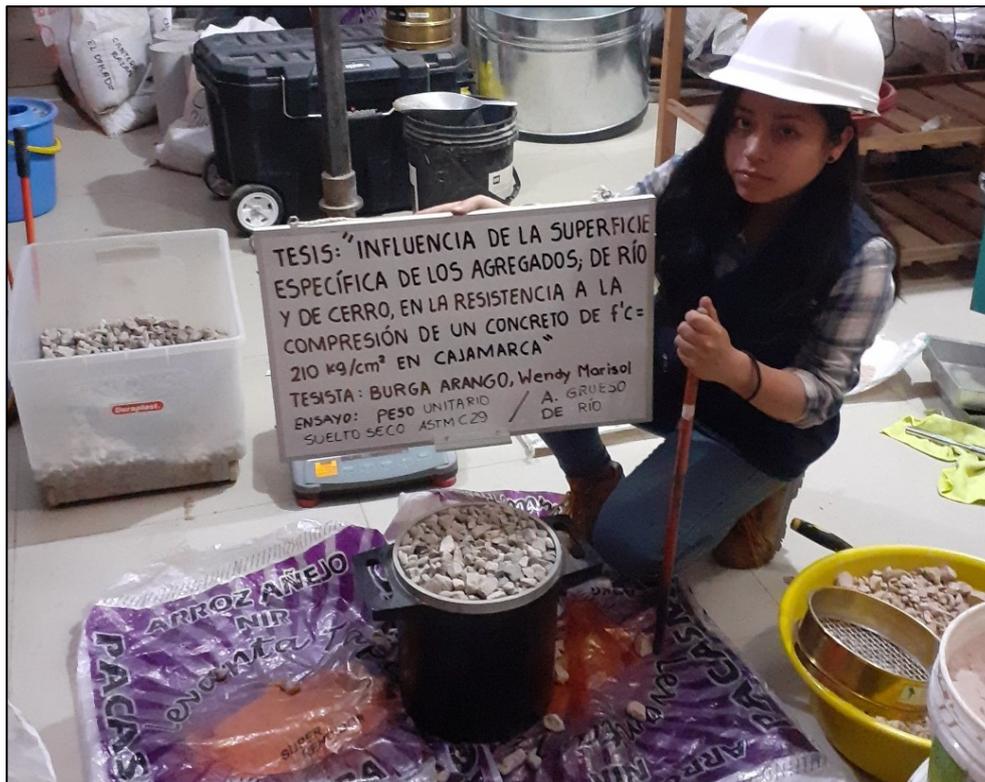


Figura N° 11: Peso unitario suelto seco del agregado grueso de río.



Figura N° 12: Peso unitario suelto seco del agregado fino de río.



Figura N° 13: Peso unitario suelto seco del agregado grueso de cerro.

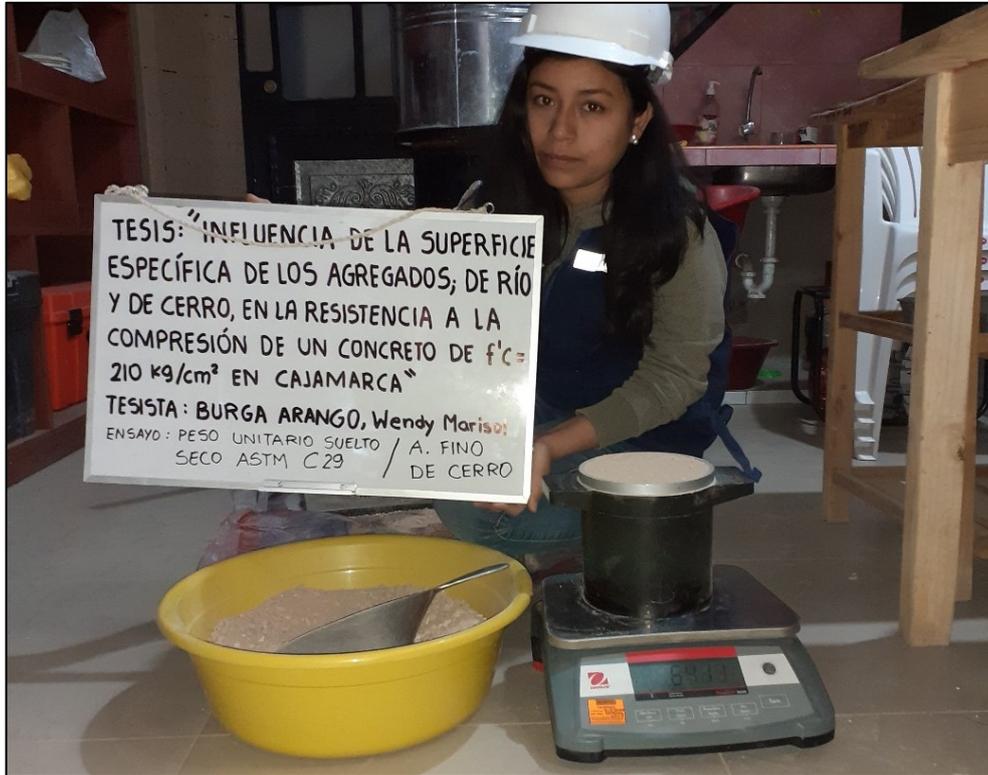


Figura N° 14: Peso unitario suelto seco del agregado fino de cerro.

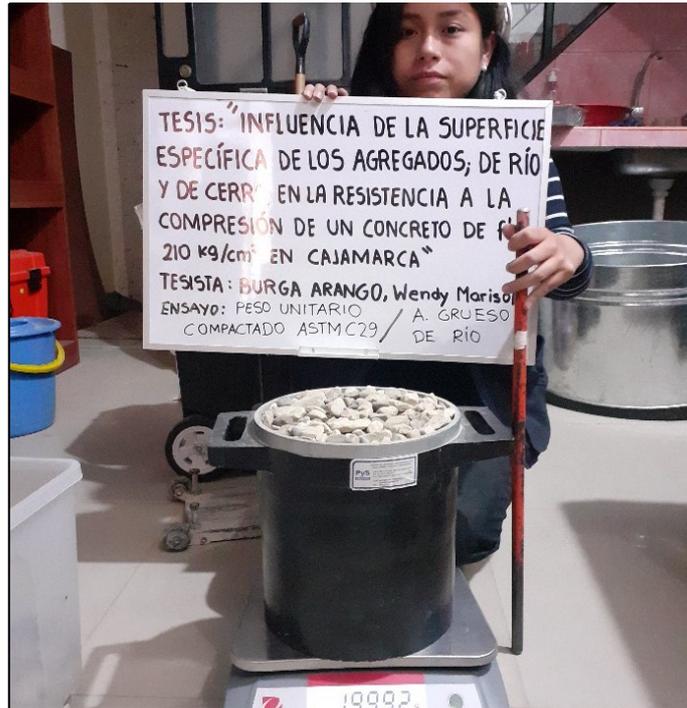


Figura N° 15: Peso unitario compactado del agregado grueso de río.

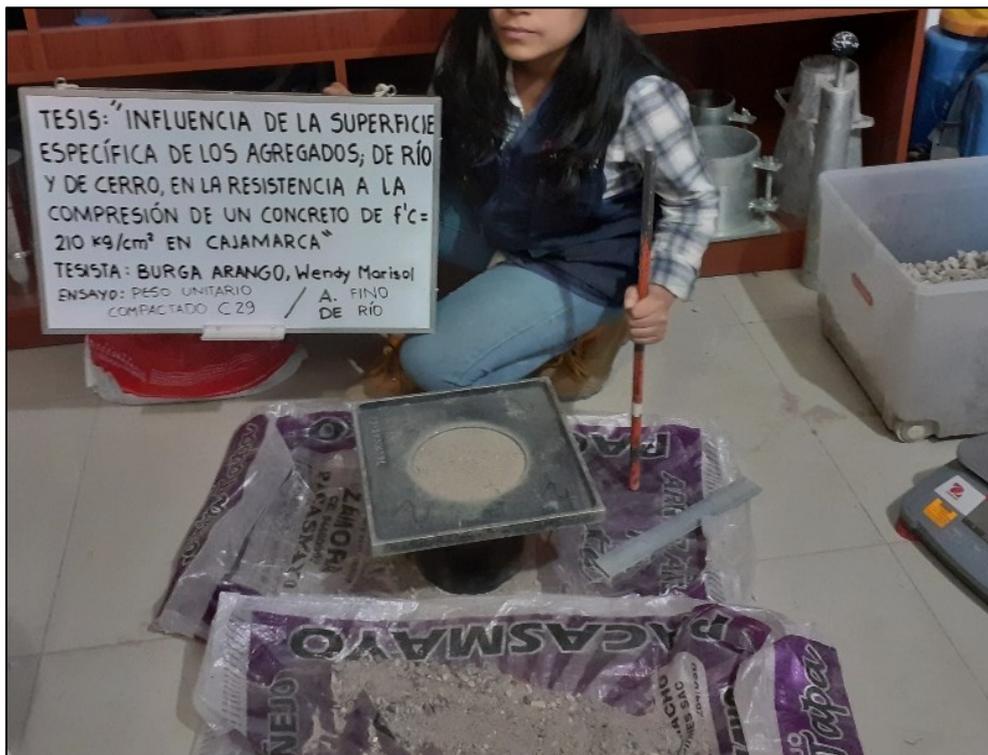


Figura N° 16: Peso unitario compactado del agregado fino de río.



Figura N° 17: Peso unitario compactado del agregado grueso de cerro.

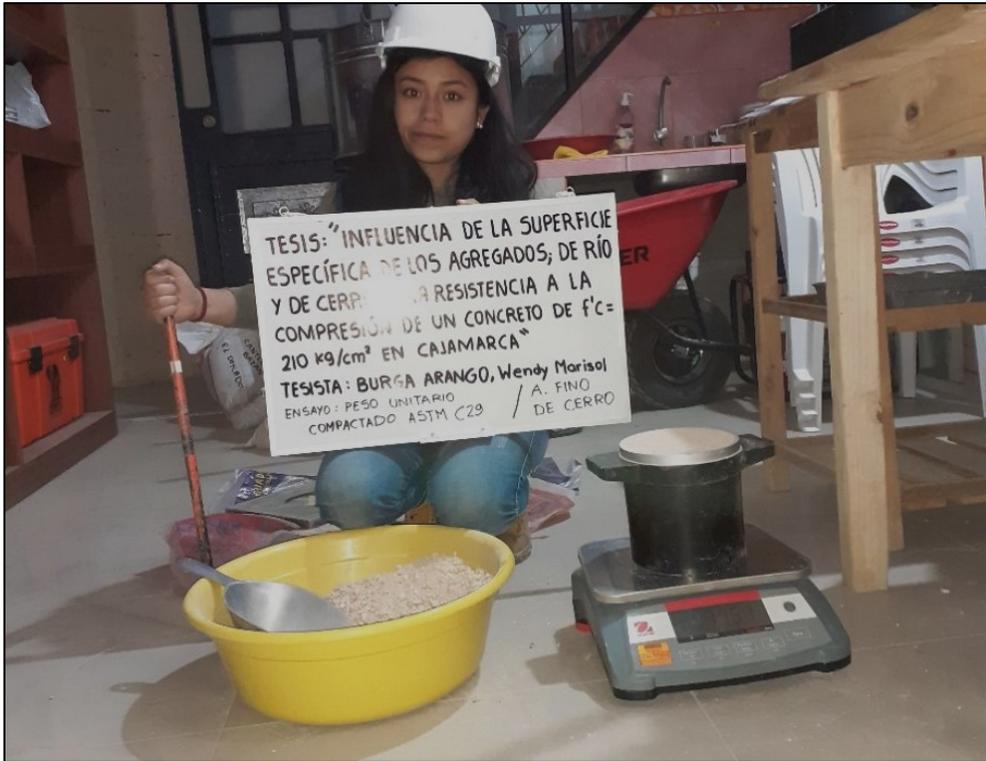


Figura N° 18: Peso unitario compactado del agregado fino de cerro.



Figura N° 19: *Peso específico del agregado grueso de río.
(Peso del agregado sumergido en agua)*



Figura N° 20: *Peso específico del agregado fino de río.
(Agregado saturado superficialmente seco)*

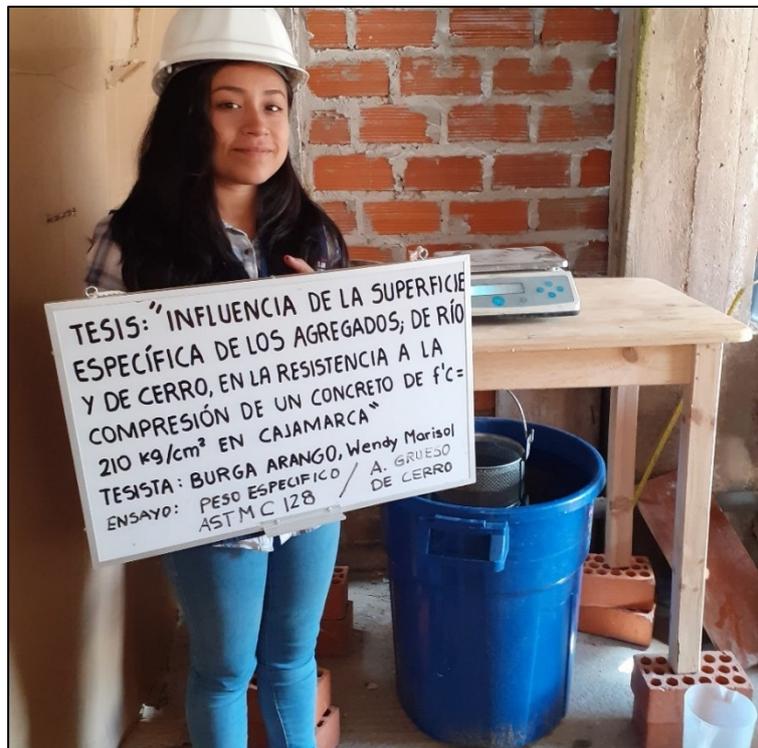


Figura N° 21: *Peso específico del agregado grueso de cerro.
(Peso del agregado sumergido en agua)*



Figura N° 22: *Peso específico del agregado fino de cerro.
(Agregado saturado superficialmente seco)*



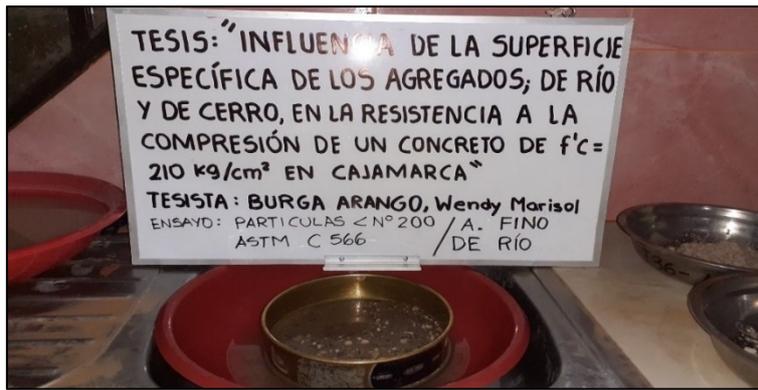


Figura N° 23: Ensayo de partículas < N°200 de los agregados de cerro.

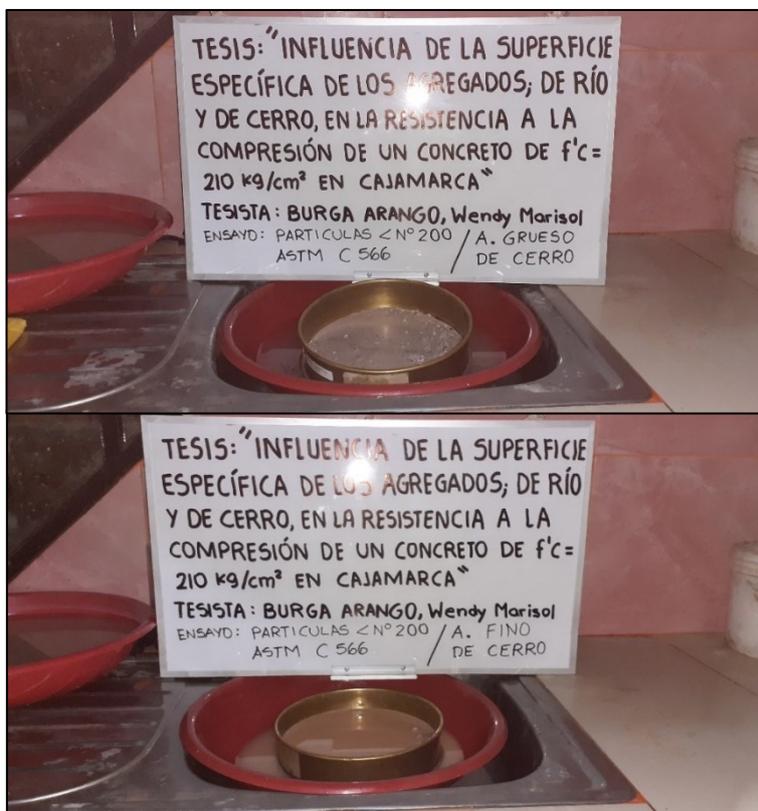


Figura N° 24: Ensayo de partículas < N°200 de los agregados de cerro.



Figura N° 25: Análisis Granulométrico del agregado grueso de río.

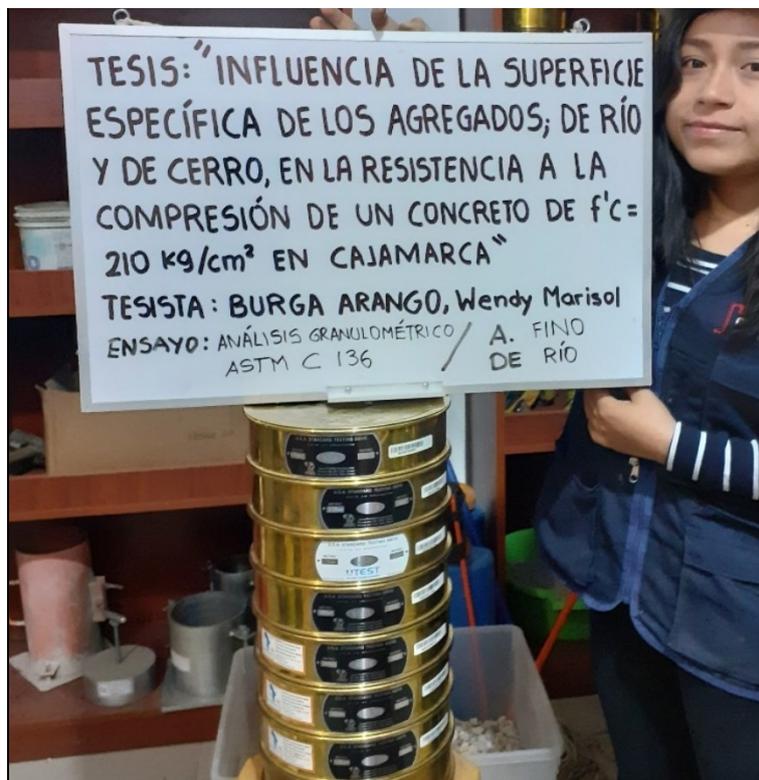


Figura N° 26: Análisis Granulométrico del agregado fino de río.



Figura N° 27: Análisis Granulométrico del agregado grueso de cerro.



Figura N° 28: Análisis Granulométrico del agregado fino de cerro.

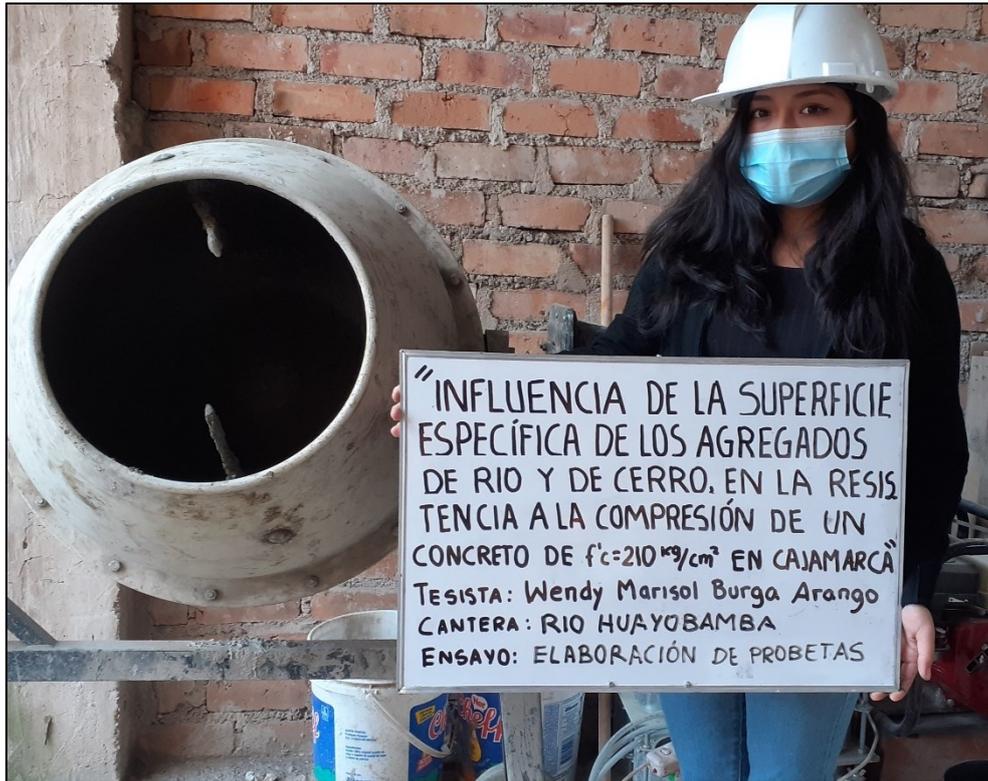


Figura N° 29: Mezclado de materiales del concreto - Cantera Huayobamba.



Figura N° 30: Determinación de la consistencia del concreto - Cantera Huayobamba.



Figura N° 31: Elaboración de los especímenes de concreto - Cantera Huayobamba.

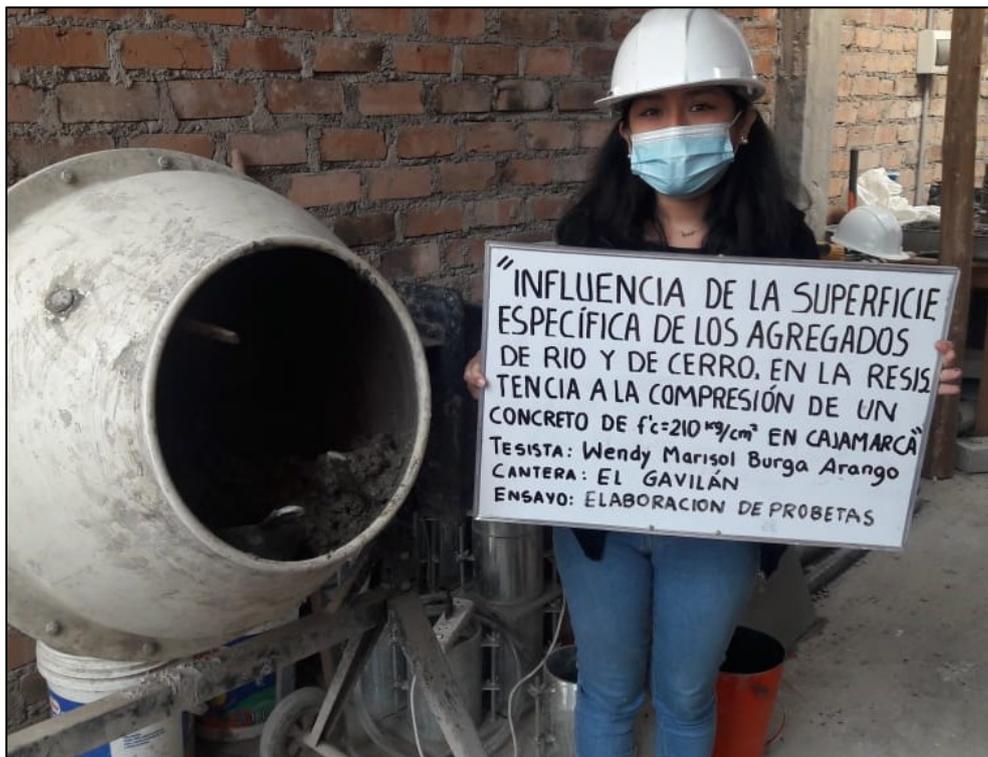


Figura N° 32: Mezclado de materiales del concreto - Cantera El Gavilán.



Figura N° 33: Determinación de la consistencia del concreto - Cantera El Gavilán.



Figura N° 34: Elaboración de los especímenes de concreto - Cantera El Gavilán.



Figura N° 35: Especímenes de concreto desencofrados.

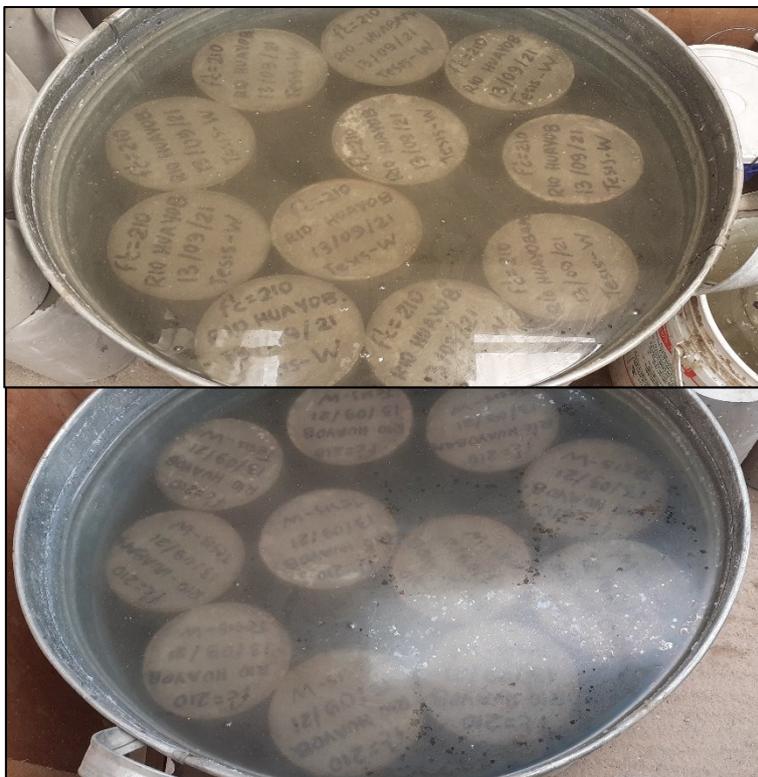


Figura N° 36: Curado de los especímenes de concreto.



Figura N° 37: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 7 días - Cantera Huayobamba.



Figura N° 38: Fractura del espécimen de concreto, tipo 6.



Figura N° 39: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 14 días - Cantera Huayobamba.



Figura N° 40: Fractura del espécimen de concreto, tipo 3.



Figura N° 41: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 28 días - Cantera Huayobamba.



Figura N° 42: Fractura del espécimen de concreto, tipo 5.



Figura N° 43: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 7 días - Cantera El Gavilán.



Figura N° 44: Fractura del espécimen de concreto, tipo 5.



Figura N° 45: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 14 días - Cantera El Gavilán.

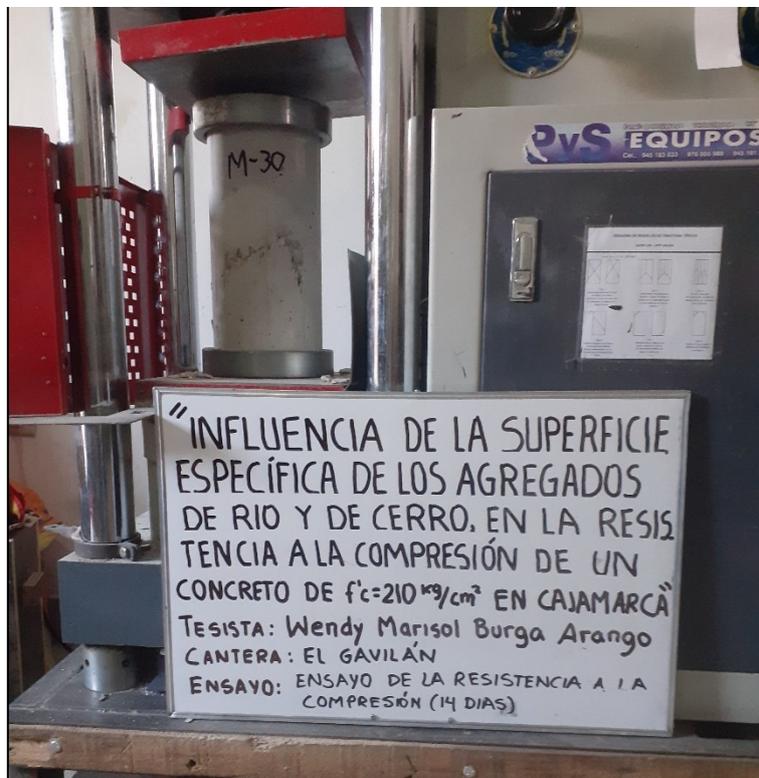


Figura N° 46: Fractura del espécimen de concreto, tipo 5.



Figura N° 47: Ensayo de la resistencia a la compresión a los 28 días - Cantera El Gavilán.

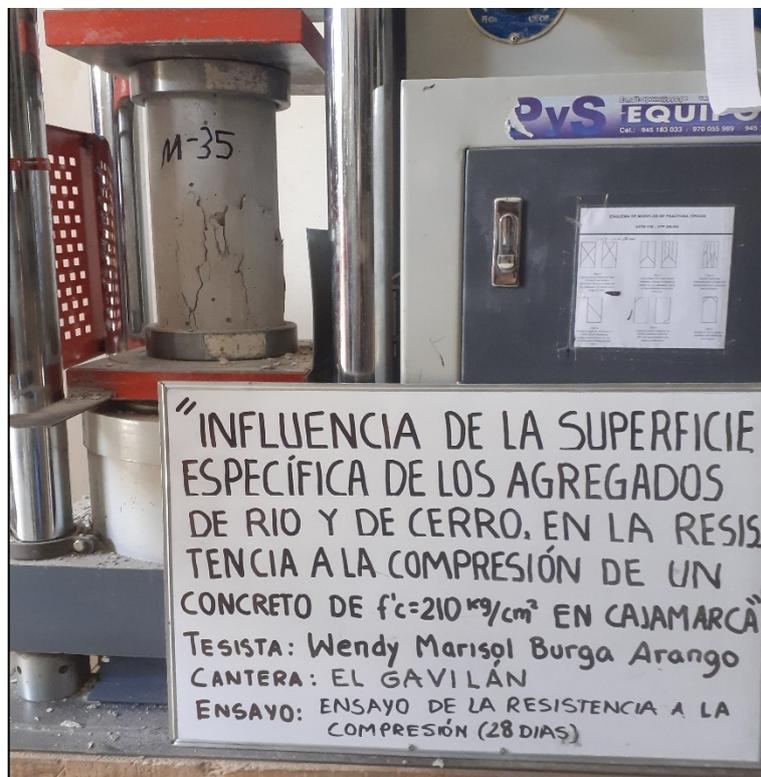


Figura N° 48: Fractura del espécimen de concreto, tipo 2.